အခန်း (၁)

လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်းနှင့်လုပ်ငန်းစစ်

INSPECTION AND INSPECTOR

လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်းဆိုတာဘာလဲ? (what is inspection?)

ယေဘုယျအားဖြင့်ဆိုရလျှင် ကွန်ကရစ် ဆောက်လုပ်ရေးဆိုင်ရာ လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်းတွင် အောက်ပါတို့ ပါဝင်ပါသည်။

- ❖ အမျိုးအမည်သိအောင်ပြုလုပ်ခြင်း၊စစ်ဆေးခြင်း၊လက်ခံခြင်းနှင့်ဆောက်လုပ်ရေး ပစ္စည်းများကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် စမ်းသပ်ခြင်း။
- ❖ ရောစပ်မည့် အချိုးအစားနှင့် ချိန်တွယ်စပ်ခြင်းများကို ထိန်းကျောင်းပေးခြင်း၊ ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ ၊ လေပါဝင်မှု နှင့် တစ်ယူနစ်အလေးချိန် တို့ကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း။
- ❖ သံချောင်းများ၊ ငြမ်းများ၊ ပုံစံခွက်များနှင့် အခြားသော ကွန်ကရစ်လောင်းရန် ပြင်ဆင်ထားမှုများကို စစ်ဆေးခြင်း။
- ❖ ကွန်ကရစ်ရောစပ်ခြင်း၊ သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း၊ နေရာချခြင်း(လောင်းခြင်း)၊ ကျစ်လျစ်သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း၊ အချောကိုင်ခြင်းနှင့် အသားသေအောင် ပြုလုပ်ခြင်း တို့ကို ဆက်လက်စစ်ဆေးခြင်း။
- ❖ ဓါတ်ခွဲခန်းစမ်းသပ်မှုအတွက် လိုအပ်သည့် သတ်မှတ်ကွန်ကရစ် စမ်းသပ်တုံးများ ကို ပြုလုပ်ခြင်း။
- ❖ စက်ရုံအလုပ်ရုံနှင့်ပစ္စည်းကိရိယာများ၊ လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေများ၊ ရာသီဥတု နှင့် ကွန်ကရစ်ကို ဩဇာလွှမ်းမိုးနိုင်သည့် အခြားသော အချက်အလက်များကို ယေဘုယျ အကဲခတ်လေ့လာခြင်း။
- ❖ မှတ်တမ်းမှတ်ရာများရေးသားခြင်း၊ရလဒ်များကိုတန်ဘိုးဖြတ်ခြင်းနှင့်အစီရင်ခံစာ ရေးသားခြင်း။

တို့ပါဝင်ပါသည်။

လုပ်ငန်းစစ် (inspector)

လုပ်ငန်းစစ်သည် သမာသမတ် ရှိသောသူ ဖြစ်ရမည်။ ၄င်းပြင် လက်တွေ့အတွေ့အကြုံ ရှိသည့်အပြင် မိမိတာဝန်ကျသော လုပ်ငန်းနှင့်ပတ်သက်သည့် သဘောတရားများ ၊ စည်းမျဉ်း ဥပဒေသများကိုလည်း နားလည်သဘောပေါက်ထားသူ ဖြစ်သင့်သည်။ ၄င်းသည် လုပ်ငန်းတစ်ခု အား မည်ကဲ့သို့ ဆောင်ရွက်ရမည်ဆိုသည်ကို သော်လည်းကောင်း၊ မည်သည့် အကြောင်းကြောင့် ဤကဲ့သို့ ဆောင်ရွက်သင့်သည် ဆိုသည်ကို သော်လည်းကောင်း သိသူဖြစ်သင့်သည်။ ပညာရပ်ဆိုင်ရာ သင်တန်းများ တက်ထားသူပင် ဖြစ်စေကာမူ ပိုမိုအတွေ့အကြုံရင့်ကျက်သူ တစ်ဦး၏ ကြီးကြပ်မှု အောက်တွင် အချိန်ကာလတစ်ခုကြာအောင် လက်တွေ့လုပ်ကိုင်ဆောင်ရွက်ပြီးမှသာ လုပ်ငန်း စစ်ဆေးခြင်းကိစ္စကို မိမိဖာသာသီးခြား တာဝန်ခံဆောင်ရွက်သင့်ပါသည်။

လုပ်ငန်းစစ်တစ်ဦးသည် အခြားသူများနှင့်ဆက်ဆံရာတွင် မြဲမြဲမြံမြံ သို့သော် မျှမျှတတ ဆက်ဆံရန် အရေးကြီးသည်။ ထို့ပြင် ၄င်း၏တာဝန်ဝတ္တရားအပေါ်တွင် သစ္စာရှိရမည်။ လုပ်ငန်း ကောင်းတစ်ခု ဖြစ်ပေါ်လာရေးနှင့် အကုန်အကျ အသက်သာဆုံး ဖြစ်စေရေးအတွက် အလုပ်သမား များနှင့်သော်လည်းကောင်း၊ လုပ်ငန်းကြပ်များနှင့်သော်လည်းကောင်း ပူးပေါင်းဆောင်ရွက်နိုင်သူ ဖြစ်ရမည်။ လုပ်ငန်းစစ်သည် လေ့လာမှုအားကောင်းသူဖြစ်ရမည်။ အရေးကြီးသည့် ကိစ္စကိုပို၍ ဂရုစိုက်နိုင်ရန် အရေးကြီးမှု အချိုးအစားကို ခံစားသိမြင်နိုင်သည့် အာရုံရှိလျှင် ကောင်းပါသည်။

လုပ်ငန်းသည်ပုံစံ (plan) နှင့် စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) အတိုင်း တိကျစွာ အကောင်အထည် ဖော်လျက်ရှိနေစေရန် လုပ်ငန်းစစ်က ကြည့်ပေးရမည့် တာဝန်ရှိသည်။ ၄င်း၏ ပေါ့လျော့မှုကြောင့် အပြစ်အနာအဆာပါသည့် ဆောက်လုပ်ရေး လုပ်ငန်းတစ်ခု ဖြစ်သွားနိုင် သကဲ့သို့ အချို့ကိစ္စရပ်များတွင် လူ့အသက်ကိုပါ ထိခိုက်သည်အထိ ဖြစ်သွားစေနိုင်သည်။ ၄င်းသည် စံသတ်မှတ်ချက်များကို နောကျေအောင်သိထားရန် တာဝန်ရှိသကဲ့သို့ မှန်ကန်ကောင်းမွန်သော ချင့်ချိန်ဆုံးဖြတ်မှုကို ပြုလုပ်ပေးရန်လည်း တာဝန်ရှိသည်။ ရံဖန်ရံခါ ဆိုသလို လုပ်ငန်းစစ်တစ်ဦး၏ လုပ်ဆောင်မှုသည် အဆင့်မြင့်သော လုပ်ငန်းတစ်ခုနှင့် အလယ်အလတ်တန်းစား (သို့) နိမ့်ကျသော လုပ်ငန်းတစ်ခု ကြားတွင် အဆုံးအဖြတ် ပေးနိုင်သည့် အချက်ဖြစ်တတ်သည်။

လုပ်ငန်းစစ်တစ်ဦးက တစ်ခုခုအပြောင်းအလဲလုပ်ရန် အကြံဉာဏ်ပေး တိုက်တွန်းခြင်းသည် အာဏာပြရန်သက်သက်မဟုတ်ပဲ လုပ်ငန်း၏ အကျိုးအတွက်သာ ဖြစ်စေရမည်ဟူသော စိတ်သဘော ထားမျိုးဖြင့်သာ အကြံပေးတိုက်တွန်းသင့်သည်။ သူသည် အထူးသဖြင့် အခြားလူများ၏ အားနည်း ချက်များအား ဖော်ထုတ်နိုင်ခြင်းကို ဂုဏ်ယူခြင်းမှ ရှောင်ကြဉ်သင့်သည်။

ညွှန်ကြားချက်များကို လုပ်ငန်းကြပ် (သို့) အလုပ်သမားခေါင်းဆောင် များကိုသာ တိုက်ရိုက်ပေးသင့်ပြီး သာမန်အလုပ်သမားများကိုမူ အရေးမကြီးသည့် သမရိုးကျလုပ်ရိုးလုပ်စဉ် ကိစ္စနှင့်ပတ်သက်၍သာ တိုက်ရိုက်ညွှန်ကြားသင့်သည်။ ညွှန်ကြားချက်များပေးသည့် အခါတွင်လည်း ညံ့ဖျင်းသည့်လုပ်ငန်းတစ်ခုကို လက်ခံနိုင်မည်မဟုတ်ကြောင်း ကြိုတင်အသိပေးသည့် သဘောမျိုး ဖြစ်ပါက ပိုကောင်းပါသည်။

အစကောင်းရန် အရေးကြီးသည်။ လုပ်ငန်း၏ အစပိုင်းတွင် မြဲမြံစွာ ရပ်တည်ခြင်းအားဖြင့် နောင်တွင်တောက်လျှောက်အချင်းပွားနေရမည့် အရေးကိုရှောင်လွှဲနိုင်စရာ ရှိပါသည်။ အမှားတစ်ခု ကိုပြင်ရာတွင်ပထမဆုံးအကြိမ်အမှားပြုလုပ်ချိန်၌ပြင်ခြင်းသည်အချိန်အတန်ကြာအမှားလုပ်ဆောင် ပြီးမှ ပြင်ခြင်းထက် ပို၍ လွယ်ကူသည်။

လုပ်ငန်းစစ်သည် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန်တိုင်းတွင် လုပ်ငန်းခွင်၌ရှိနေသင့်သည်။ တိုင်းထွာမှုတစ်ခုကို မည်မျှဂရုစိုက်၍ ဆောင်ရွက်သည်ဖြစ်စေတိကျမှု အပြည့်အဝရှိနိုင်မည် မဟုတ် သည်ကို လုပ်ငန်းစစ်အနေဖြင့် အသိအမှတ်ပြုရမည်ဖြစ်ပြီး မည်သည့်ထူးခြားသော ကိစ္စတွင်မည်မျှ အတိုင်းအတာထိ အမှားအယွင်းခံမည်ဆိုသည်ကို ချင့်ချိန်ဆုံးဖြတ်တတ်ရန် လိုပါသည်။ ဥပမာ အုတ်မြစ်လုပ်ငန်း တစ်ခုတွင် သံချောင်းများ ၁၂ လက်မ နေရာ လွဲမှားနေခြင်းသည် များစွာ အရေး မကြီးနိုင်သော်လည်း ပါးလွှာသော ကွန်ကရစ်ကြမ်းခင်း တစ်ခုတွင် သံချောင်းများ ၁၂ လက်မ အနိမ့်အမြင့် နေရာလွဲနေပါကအဆိုပါကြမ်းခင်း၏ ခံနိုင်ရည်အားကိုများစွာ ထိခိုက်စေနိုင်ပါသည်။ ထို့အတူ အရေးမကြီးသော အဆောက်အဦးတစ်ခု (သို့) ၎င်း၏ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုတွင် ပိုမို၍ အမှားခံနိုင်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် မြင်ကွင်းတွင် မကျရောက်သော အစိတ်အပိုင်းများ အတွက် ပို၍အမှားခံနိုင်ပါသည်။ အကယ်၍ အမှားအယွင်း ပါမည်ဆိုပါကလည်း ပို၍ ခိုင်ခန့်သည့်ဘက်၌ မှားယွင်းခြင်းက မခိုင်ခံ့သည့်ဘက်၌ မှားယွင်းခြင်းထက် ပိုကောင်းသေးသည် ဟုဆိုနိုင်သည်။ ဥပမာ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုသည် ရှိသင့်သည်ထက် သေးငယ်ပါးလွှာ နေခြင်းထက် ရှိသင့်သည် ထက်ပို၍ ကြီးမားထူထဲနေခြင်းက ခံသာသေးသည်ဟု မှတ်ယူရပါမည်။လုပ်ငန်းစစ်သည် ဥပါဒ် အန္တရာယ်ဖြစ်နိုင်သည့် အကြောင်းရင်းများကို ထောက်ပြခြင်းအားဖြင့် ပို၍လုံခြုံစိတ်ချရသော လုပ်ငန်းခွင် အလေ့အကျင့်များ ဖန်တီးခြင်းကို အားပေးသင့်ပါသည်။

အခန်း (၂)

ကွန်ကရစ်၏ အခြေခံအကြောင်းအရာများ

FUNDAMENTALS OF CONCRETE

ဤအခန်းတွင် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်းကို ဩဇာသက်ရောက်စေသည့် ကွန်ကရစ်၏ အခြေခံလက္ခဏာသွင်ပြင်များကို တင်ပြမည် ဖြစ်သည်။

ကွန်ကရစ်၏ လိုအပ်ချက်များ (requirements of concrete)

မာပြီးကွန်ကရစ်တစ်ခုအနေဖြင့်–

(၁) လိုအပ်သောခံနိုင်ရည်အားရရှိရန် (required strength)

(၂) နေရာအနှံ့အပြား တူညီမှုရှိရန် နှင့် ရေလုံရန် (uniform, watertight)

(၃) ရာသီဥတုဒဏ်၊ပွတ်တိုက်ခြင်းဒဏ်နှင့်အခြားဖျက်ဆီးတတ်သည့်အကြောင်းများကို ခံနိုင်ရည်ရှိရန် (resistant to weather, wear and other destructive agencies)

(၄) အေးသောအခါ (သို့) ခြောက်သွေ့သောအခါ များတွင် အလွန်အကျွံ ကျုံ့ဝင်ခြင်း မရှိစေရန်

(၅) အချို့သောကိစ္စများတွင်အထူးလိုအပ်ချက်များအနေဖြင့် မီးလောင်မှုကိုခံနိုင်ရည်ရှိရန်၊ ဓါတုဗေဒ ပစ္စည်းများ၏ ဓာတ်ပြု တိုက်စားခြင်းကို ခံနိုင်ရည်ရှိစေရန်၊ အလေးချိန်ပေါ့ပါးသောကွန်ကရစ်ဖြစ်စေရန်နှင့်အထူးချောမွေ့သော မျက်နှာပြင်ရရှိရန်

စသည့် ဂုဏ်သတ္တိတို့ကို လိုအပ်လာနိုင်ပါသည်။

ကွန်ကရစ်၏ သဘာဝ

NATURE OF CONCRETE

ကွန်ကရစ်ကို အဓိက အစိတ်အပိုင်း (major component) နှစ်မျိုးဖြင့် ပေါင်းစပ်ဖွဲ့စည်းထားသည်ဟု မှတ်ယူ၍ရသည်။ ၎င်းတို့မှာ–

(၁) ဘိလပ်မြေအနှစ်အဖွဲ့အစည်း (matrix of paste) (၎င်းတွင် ဘိလပ်မြေ၊ လေ၊ ရေ စသည်တို့ပါဝင်သည်။) နှင့်

(၂) တွင်းထွက်ကျောက် ရောစာ (mineral aggregate) တို့ဖြစ်ကြပါသည်။

ရောစာများကြား နေရာလွတ်များတွင် ဘိလပ်မြေအနှစ် (paste) များဖြင့် ပြည့်နေခြင်းဖြစ်သည်။ အရော (mix) တစ်ခုလုံး၏ ထုထည်စုစုပေါင်းသည် အနှစ် (paste) ၏ အသားထုထည် (solid volume)၊ ရောစာ၏ အသားထုထည်နှင့် ခိုအောင်းနေသော လေ၏ ထုထည်စုစုပေါင်းနှင့် တူညီသည်။ ၎င်းတို့ ပေါင်းစပ်ပါဝင်နေပုံမှာ ဥပမာအားဖြင့် အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။

Air	Water	Cement	Aggregate (Fine & Coarse)
5%	15%	10%	70%

ဘိလပ်မြေအနှစ် (paste) ← → ဓါတ်မပြုသည့်တွင်းထွက်ကျောက် အဖြည့်ပစ္စည်း (inert mineral filler)

Fig. 1 Volume of components in a typical concrete mix

လေပါဝင်မှု (air content)

မည်သည့်ကွန်ကရစ်တွင်မဆို လေပါဝင်မှုရှိသည်။ သေချာစွာ သိပ်သည်းမှုပေးထားသော (properly compacted) ကွန်ကရစ်တွင်ပင် ထုထည်အားဖြင့် 2% နီးပါး ပါဝင်နိုင်သည်။ လေပါဝင်မှုနှင့်ပတ်သက်သည့် ဂုဏ်သတ္တိအချို့မှာ အောက်ပါအတိုင်း ဖြစ်ပါသည်။

(၁) အကယ်၍ ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency) နှင့် ရောစာအရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation) ကို ပုံသေ (constant) ထားခဲ့လျှင် ဘိလပ်မြေ နှင့် အခြား သေးငယ်သည့်အမှုန်များ (fines) နည်းလေလေ လေပါဝင်မှု များလေလေ ဖြစ်သည်။

(၂) ကွန်ကရစ်အရော၏ အချိုးအစား ပါဝင်ပုံနှင့် ရောစာ၏စရိုက်လက္ခဏာများကို မူသေထားခဲ့လျှင် ဖျော်ပြီးစ ကွန်ကရစ် မာခဲလေလေ (သို့) ကွန်ကရစ်အအိ နည်းလေလေ လေပါဝင်မှု များလေလေဖြစ်သည်။

(၃) လေခိုအောင်းမှုသည် ကွန်ကရစ်အရောတစ်ခုကို ပျော့ပျောင်း (plastic) စေ၍ လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းစေရန် အထောက်အကူပြုသည်။

ဤလေပါဝင်မှုသည် ကွန်ကရစ်ထဲတွင် သဘာဝအလျောက် ခိုနေသောလေ သို့မဟုတ် ပိတ်မိနေသောလေ (entrapped air) နှင့်သာ ပတ်သက်၍ လေခိုဓါတုပစ္စည်း (air-entraining agent) ထည့်ပြီး တမင်တကာ လေခိုအောင်းစေရန် ပြုလုပ်ထားသော လေ (entrained air) နှင့် မသက်ဆိုင်ချေ။

အနည်ထိုင်ခြင်း (settlement)

Settlement ဆိုသည်မှာ အနှောင့်အယှက်မရှိသည့် ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ် (fresh concrete) တွင်ပါဝင်သော ဝတ္ထုပစ္စည်းများ တဖြည်းဖြည်းချင်း အနည်ထိုင်သွားခြင်း ဖြစ်ပြီး တချိန်တည်းတွင် ရေကို အပေါ်ယံတွင် ချန်ထားခဲ့သည်။ ၎င်းရေကို မြင်နိုင်ပြီး ဤဖြစ်ရပ်ကို ရေထွက်ခြင်း (bleeding) ဟုခေါ်သည်။ အနည်ထိုင်ခြင်းကြောင့် အောက်ခြေမှစ၍ အစိုင်အခဲများ တင်းကြပ်စွာ သိပ်သည်းခြင်း (closely packed) ဖြစ်လာသည်။ အောက်ဘက်မျက်နှာပြင်မှစ၍ အပေါ်သို့ တဖြည်းဖြည်း သိပ်သည်းလာခြင်းဖြစ်သည်။

အနည်ထိုင်ခြင်း (သို့) ရေထွက်ခြင်း အပေါ် ဩဇာသက်ရောက်သော အချက်များမှာ

(၁) ကျောက်ပုံးနှင့်ပွတ်တိုက်ခြင်း (friction against the form)

(၂) အပူချိန် (temperature)

(၃) အရော၏ ရောစပ်ပါဝင်ပုံနှင့် ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (composition & consistency of the mix)

သာမန်အားဖြင့် bleeding ကို ဖျောက်နိုင်လျှင် ကောင်းသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် bleeding ဖြစ်နေပါကမျက်နှာပြင်ချောခြင်း (finishing) ကိုလုပ်ရန် အချိန်နှောင့်နှေး စေပါသည်။ စိုနေပါက အချောကိုင်လုပ်ငန်းများ လုပ်ရန်မသင့်လျော်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။

ရေများအပေါ်သို့ တက်လာခြင်းဖြင့် ရောစာတုံးများ၏ အောက်ဘက်နားတွင် အက်ကွဲကြောင်း (fissure) များဖြစ်ပေါ်စေတတ်သည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား (strength)နှင့်ရေမစိမ့်နိုင်ခြင်း(impermeability) ဂုဏ်သတ္တိများကိုကျဆင်းစေနိုင်သည်။ စာတွေ့အားဖြင့်ဆိုရလျှင် ရေထွက်ခြင်းကြောင့် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (water-cement ratio) ကိုကျဆင်းစေသဖြင့် ကွန်ကရစ်၏ အရည်အသွေးကိုပိုကောင်းလာစေမည်ဟု ယူဆရသော်လည်း အထက်ဖော်ပြပါအချက်အလက်များက ရေထွက်ခြင်းကြောင့် အကျိုးမများနိုင်ကြောင်း ဖော်ပြနေပါသည်။

ဘိလပ်မြေအနှစ်၏ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (composition of paste)

ကွန်ကရစ်ထဲတွင် ပါဝင်သော ရောစာတုံးများကြားတွင် အနှစ် (paste) များနှင့် ဝိုင်းရံပြည့်နှက်နေသဖြင့် ကွန်ကရစ်၏ခံနိုင်ရည်အားသည် အနှစ်၏ ခံနိုင်ရည်အားပေါ်တွင် အဓိကမူတည်နေသည်ဟု ဆိုနိုင်သည်။

ဘိလပ်မြေအနှစ် (paste) ၏ ခံနိုင်ရည်အားနှင့်သိပ်သည်းခြင်းသည်–

(၁) မူလက ဘိလပ်မြေအမှုန့်စေ့ငယ်များ ပတ်ဝန်းကျင်ရှိ ရေပြည့်နေသော နေရာပမာဏ (original amount of water-filled space surrounding the cement grains)

(၂) ကွန်ကရစ်ဖျော်ချိန်မှစ၍ ဓါတ်ပြုခြင်းဖြစ်ပြီးမှု အတိုင်းအတာ (extent of hydration)

ပေါ်တွင်မူတည်ပါသည်။

ရေပြည့်နေသော နေရာပမာဏမည်မျှထိ ခွင့်ပြုနိုင်သည် ဆိုသည်ကို ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးဖြင့်သတ်မှတ်လေ့ရှိပြီး အနိမ့်ဆုံးလိုလောက်မှုရှိသည့် ဓါတ်ပြုမှု သေချာပေါက်ရစေရန် အသားသေအောင် ပြုလုပ်သည့် အစီအစဉ် (curing schedule) များ သတ်မှတ်ပေးရသည်။

ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးကို ယခင်က gallon / sack of cement ပုံစံဖြင့် သတ်မှတ်ခဲ့ကြသော်လည်း lb/lb of cement ပုံစံအလေးချိန်အားဖြင့် သတ်မှတ်ခြင်းက ပိုကောင်းပါသည်။

မာမှုဖြစ်စဉ် (the hardening process)

Hydration ခေါ် ဘိလပ်မြေမှုန်များနှင့်ရေကြား ဓါတ်ပြုမှုကြောင့် gel ခေါ် ချွဲကျိသည့်ပစ္စည်းတစ်မျိုးကို ဖြစ်ပေါ်စေသည်။ ဤဓါတ်ပြုခြင်းနှင့် gel များဖြစ်ပေါ်စေခြင်း ဖြစ်စဉ်သည် ဘိလပ်မြေအားလုံးကုန်ဆုံးသည်အထိ (သို့) paste ထဲရှိ မူလလစ်လပ်နေရာအားလုံး ပြည့်သွားသည်အထိ ဆက်လက်ဖြစ်ပေါ်နေမည်ဖြစ်သည်။ သုံးနေကျ ကွန်ကရစ်အရောများတွင် ဘိလပ်မြေကုန်သွားခြင်းကြောင့် ရပ်တန့်သွားသည်က များသည်။ Paste များထဲမှ အစိုဓါတ်ကို မထိန်းသိမ်းထားနိုင်ခဲ့လျှင် paste ထဲမှရေများ အငွေ့ပျံထွက်သွားခြင်းကြောင့် ဓါတ်ပြုမှုဖြစ်စဉ် ရပ်တန့်သွားပါမည်။ ထို့ကြောင့် ဆုံးရှုံးသွားသော ရေများကို ပြန်လည်ဖြည့်ထည့်ပေးခြင်းဖြင့် အသားသေအောင် လိုလောက်စွာပြုလုပ်ပေးရန်အရေးကြီးပါသည်(curing)။ ပြီးပြည့်စုံသော ဓါတ်ပြုခြင်းဖြစ်မြောက်စေရန် ကြာမြင့်ချိန် (the time required for complete hydration) သည် –

(၁) ကွန်ကရစ်ထဲ၌ပါဝင်သော ဘိလပ်မြေအနည်းအများ (richness of mix)

(၂)　ဘိလပ်မြေအမျိုးအစား (type of cement)

(၃)　ပတ်ဝန်းကျင်အပူချိန် (ambient temperature)

(၄)　အကယ်၍ w/c < ၀. ၅၅ by weight ဖြစ်ခဲ့လျှင် ပြင်ပရေရရှိအောင် ပံ့ပိုးပေးနိုင်မှု တို့ပေါ်တွင် မူတည်ပြောင်းလဲပါသည်။

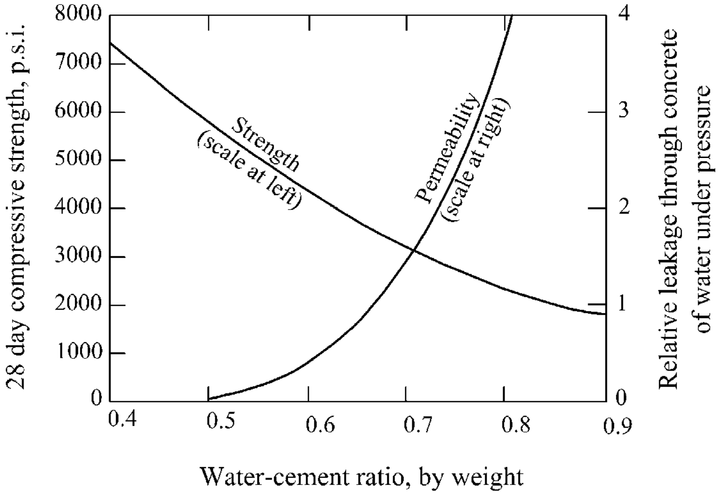

Fig. 2 Concrete of lower water-cement ratio is stronger and more watertight.
(for illustration only, to show trends)

ခါတ်ပြုခြင်းသည် စမ်းသပ်ခန်း အခြေအနေတွင် ဖြစ်ပါက တစ်လအကြာတွင် စုစုပေါင်း ဘိလပ်မြေ၏ ၇၀% အထိ ခါတ်ပြုပြီးဖြစ်သော်လည်း၊လက်တွေ့လုပ်ငန်းခွင်တွင်မူ ရက်အနည်းငယ် အတွင်းကွန်ကရစ်သည်တစ်စိတ်တစ်ဒေသအားဖြင့်ခြောက်သွေ့သွားတတ်သည်။အောက်ခံမြေကြီး ထဲမှ ရေစိမ့်ဝင်လာမှု (သို့) မိုးရွာချိန်များတွင် ရရှိသောရေမှ အစိုဓါတ် ရရှိမှုကြောင့် ခါတ်ပြုခြင်း ဆက်လက်ဖြစ်ပေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် ဘိလပ်မြေ၏ခါတ်ပြုမှုသည် ရေနှင့်ထိတွေ့တိုင်းဖြစ်ပေါ် နေသောကြောင့် နှစ်ပေါင်းများစွာကြာသည့်တိုင်အောင် ဆက်လက်ဖြစ်ပေါ်နေမည်။

ခါတ်ခွဲခန်း အခြေအနေများ အောက်တွင် ကွန်ကရစ်၏ အဆုံးစွန်ခံနိုင်ရည်အား (ultimate strength)၏ ထက်ဝက်ခန့်ကို ပထမတစ်ပတ် အကြာတွင် ရရှိနိုင်ပြီး တစ်လ အကြာတွင် လေးပုံသုံးပုံအထိ ရရှိနိုင်ပါသည်။ Paste ၏ ခံနိုင်ရည်အားသည် ခါတ်ပြုမှုပေါ်တွင် မူတည် သောကြောင့် ခါတ်ပြုမှု ဖြစ်နေသမျှ ခံနိုင်ရည်အားတက်၍ ခြောက်သွေ့သွားသောကြောင့် ခါတ်ပြုမှု ရပ်သွားလျှင် ခံနိုင်ရည်အား တက်ခြင်းလည်း ရပ်သွားမည်ဖြစ်ပါသည်။

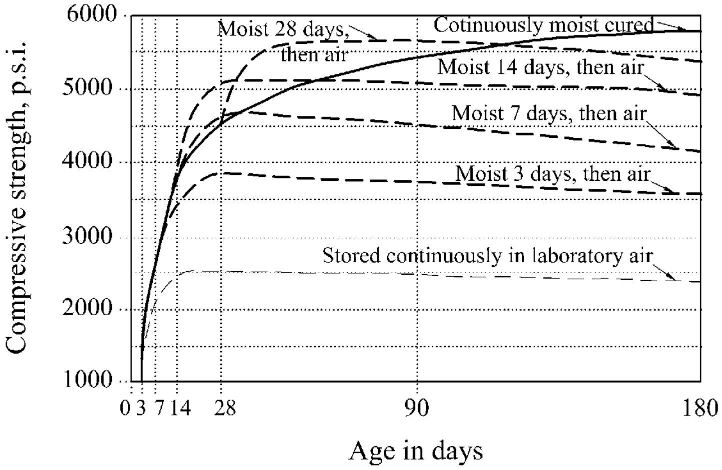

Fig. 3 Keeping concrete moist increases strength, especially at early ages

ပတ်ဝန်းကျင်အပူချိန်ကို မြင့်ပေးခြင်းဖြင့် ဓါတ်ပြုခြင်းနှုန်းကိုလည်း မြှင့်တင်ပေးနိုင်သည်။ မြင့်သောအပူချိန်ကြောင့် gel ကို ပြုပြင်ပြောင်းလဲစေရာ ၎င်းကြောင့် ကွန်ကရစ်၏ အဆုံးစွန် ခံနိုင်ရည်အားကို ကျဆင်းစေပါသည်။

အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (curing)

စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) တွင် ပေးထားသည့် curing ပြုလုပ်ချိန်သည် ကွန်ကရစ် ပျော့ပျောင်းနေချိန်တွင် ရေချက်ချင်းဆုံးရှုံးမှုကြောင့် မျက်နှာပြင်အက်ကွဲကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်မှုကို ကာကွယ်ရန်နှင့် သတ်မှတ်ခံနိုင်ရည်အားကို သေချာစွာရရှိစေရန် ရည်ရွယ်၍ ပေးထားခြင်း ဖြစ်သည်။ Beam များ ၊ column များနှင့် စိုနေသည့် မြေကြီးနှင့်ထိတွေ့မှုမရှိသော slab များထဲရှိ ဘိလပ်မြေသည် တမင်စီစဉ်ပြုလုပ်သည့် curing လုပ်ပြီးသည်နှင့် ဓါတ်ပြုမှု ရပ်ဆိုင်း သွားမည့် ဖြစ်နိုင်ခြေများစွာ ရှိသည်။ အကယ်၍ အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်း(structural member) တစ်ခုကို မိုးရေမှ ကာကွယ် ထားပါက စိုထိုင်းဆ ၈၀ ရာခိုင်နှုန်းကျော်မှသာ ဓါတ်ပြုမှု သိသိသာသာ ဆက်လက် ဖြစ်ပေါ်နိုင်ပါသည်။ သို့သော် မြေထိန်းနံရံ (retaining wall) နှင့် လမ်းကွန်ကရစ်ကြမ်းခင်းပြားကဲ့သို့ စိုနေသော မြေကြီးနှင့် ထိတွေ့နေသည့် အစိတ်အပိုင်း များမှာမူ တမင်စီစဉ် ပြုလုပ်သည့် curing မရှိသော်လည်း ဓါတ်ပြုခြင်း ကောင်းစွာ ဖြစ်နိုင်သည်။

ပေးထားသော အပူချိန်တစ်ခုတွင် အမြင့်ဆုံးနှုန်းဖြင့် ခါတ်ပြုခြင်းကို သေချာပေါက် ဖြစ်စေရန် ဘိလပ်မြေအနှစ် (cement paste) ကို ရေပြည့်ဝနိုင်သမျှ ပြည့်ဝအောင်ထားရမည်။

ဤကဲ့သို့ပြုလုပ်ရန် ရေကိုထည့်ပေးရာတွင် မျက်နှာပြင်မှ အငွေ့ပျံသွားသည့် ရေကို အစားထိုးရုံ သာမက ခါတ်ပြုမှုကြောင့် အထဲရှိ အပေါက်ငယ်များ (pores) ထဲမှ ရေများ ကုန်ခန်းသွားခြင်း [၎င်းကို အတွင်းရေကုန်ခန်းမှုဖြစ်စဉ် (self-desiccation) ဟုခေါ်သည်။] ကိုလည်း အစားထိုး ပေးရန် ရေကိုထည့်ပေးရမည်ဖြစ်သည်။ သမရိုးကျ အရောတစ်ခုအတွက် အတွင်း ရေကုန်ခမ်းမှု ဖြစ်စဉ်ကြောင့် ကုန်ခန်းသွားသည့် ရေကို ပြန်ဖြည့်ရန် ပထမအပတ်ထဲတွင် ရေ ၀.၀၄၄ lb/lb of cement (၁/၂ gal./sack of cement) ခန့်လိုအပ်ပါသည်။

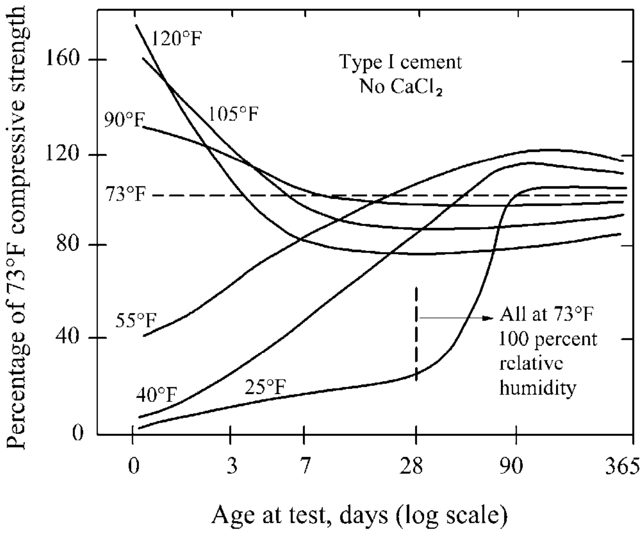

Fig. 4 At early ages, the higher the curing temperature the higher the strength. However, high curing temperature may result in relatively low strength at later ages

အကယ်၍ သက်နုကွန်ကရစ်တစ်ခု၏ မျက်နှာပြင်ကို ဖုံးပိတ်မည် ဆိုပါက အကယ်၍ ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးသည် ၀.၄ (by weight) (၄ ၁/၂ gal / sack) ထက်နည်းခဲ့လျှင် အတွင်း ရေကုန်ခမ်းမှု ဖြစ်စဉ်၏ အကျိုးဆက်အဖြစ် ခါတ်ပြုခြင်းရပ်ဆိုင်းသွားနိုင်သည်။ မူလက ရေပါဝင်မှု မြင့်မားသည့် အနှစ်များအတွက်မူ ဖော်ပြပါ အတွင်းရေကုန်ခန်းမှုဖြစ်စဉ်ကြောင့် ခါတ်ပြုခြင်း ရပ်ဆိုင်းသွားမည် မဟုတ်သော်လည်း နှေးကွေးသွားနိုင်သည်။

ကျုံ့ခြင်းနှင့်ပွခြင်း (shrinkage & swelling)

ကွန်ကရစ်သည် အမြဲစွတ်စိုနေပါက နှစ်ပေါင်းများစွာထိ ပွခြင်း၊ ရှည်ထွက်ခြင်းများ တဖြည်းဖြည်းချင်း ဆက်လက်ဖြစ်ပေါ်သည်။ သို့သော် ပွမှုနှုန်းသည် ပမာဏအလွန်သေးငယ်သောကြောင့် အပြောင်းအလဲမရှိဟု ယူဆ၍ရသည်။ လက်တွေ့လောကတွင် ကွန်ကရစ်ကို အမြဲတန်းစိုစွတ်နေအောင် ပြုလုပ်ပေးထားနိုင်မည် မဟုတ်ပါ။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်သည် ပွခြင်း ၊ ရှည်ခြင်း (expansion) ဖြစ်ခြင်းထက် ရေဆုံးရှုံးမှုကြောင့် ကျုံ့ခြင်း (shrinkage) ဖြစ်ရန် ပိုများသည်။

ကွန်ကရစ်သည် ပတ်ဝန်းကျင်၏လွှမ်းမိုးမှုကို ခံနေရသောကြောင့် ပတ်ဝန်းကျင် လေထုထဲရှိ စိုထိုင်းမှု (humidity) ပမာဏကျလျှင် ကွန်ကရစ်မှ ရေဆုံးရှုံး၍ လေထုထဲ၌ စိုထိုင်းမှု များလျှင် အစိုဓါတ် ပြန်ဝင်လာနိုင်သည်။ ဆိုလိုသည်မှာ ရေပါဝင်မှု အနည်းအများ ဖြစ်တိုင်း ကွန်ကရစ် (သို့) paste သည် ကျုံ့လိုက် ၊ ပွလိုက် ဖြစ်နေမည်။

ဥပမာအားဖြင့် စိုထိုင်းဆ (relative humidity) ကို ရာနှုန်းပြည့် ရေပြည့်ဝသော (saturated) အခြေအနေမှ တစိတ်ဒေသခြောက်သွေ့သောအခြေအနေ (ဥပမာ စိုထိုင်းဆ ၅၀%) သို့ လျှော့ချလိုက်လျှင် သာမန်ကွန်ကရစ်သည် ပေ ၁၀၀ လျှင် တစ်လက်မ၏ ၃ ပုံ ၂ ပုံခန့် ကျုံ့ဝင်သွားမည်။ အပူချိန်ကို ၁၀၀°F မှ ၀°F သို့လျှော့ချလိုက်လျှင် ဖြစ်လာသော ကျုံ့ဝင်မှု သည်လည်း ပေ ၁၀၀ အရှည်လျှင် တစ်လက်မ၏ ၃ ပုံ ၂ ပုံလောက်သာ ဖြစ်သဖြင့် အကြမ်းအားဖြင့် အတူတူလောက်ရှိသည်။

ကျုံ့ခြင်း (shrinkage) ကိုသြဇာညောင်းသောအချက်များမှာ–

(၁) ခဲပြီး paste တစ်ခုသည် ကျစ်လစ်သိပ်သည်းမှု နည်းလေလေ အကျုံ့ပိုများလေလေ ဖြစ်သည် (the more porous the hardened paste, the greater the shrinkage.)။

(၂) Paste အမျိုးအစားချင်းတူလျှင် paste ပါဝင်မှုများလေလေ အကျုံ့များလေလေ ဖြစ်သည်။

ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ်၏ စုစုပေါင်းရေပါဝင်မှု (total water content) နှင့်မာကြောပြီးသော အဆိုပါ ကွန်ကရစ် ခြောက်သွားစဉ် ဖြစ်လာသော အကျုံ့–ခြောက်သွေ့အကျုံ့ (drying shrinkage) ကြားတွင် ဆက်သွယ်ချက်ရှိသည်ကို အရောအချိုး အမျိုးမျိုးတွင် တွေ့ရသည်။ စုစုပေါင်း ရေပါဝင်မှု ၏ သြဇာလွှမ်းမိုးမှုမှာ ကြီးမားကြောင်းတွေ့ရှိရသည်။ (Fig. 5)

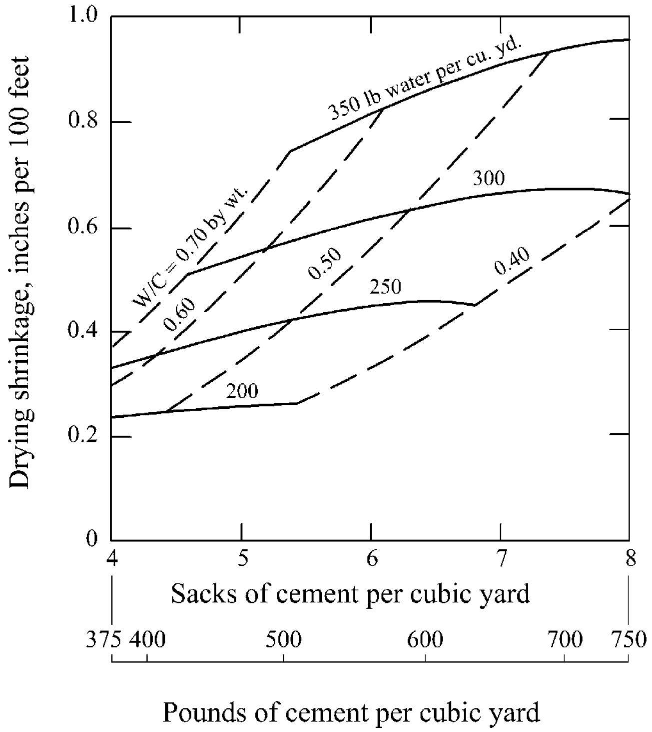

Fig. 5 Interrelation of shrinkage, cement content, water-cement ratio, and water content of concrete

ကွန်ကရစ်အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်းတစ်ခုကို အောက်ခံမြေကြီး၊ သံချောင်း သို့မဟုတ် အခြားအစိတ်အပိုင်းများနှင့် ဆက်သွယ်ထားမှုတစ်ခုခုက မကျုံ့နိုင်အောင် ထိန်းချုပ်ထားပါက ခြောက်သွေ့အကျုံ့ ဖြစ်လာသောအခါ အဆိုပါ ကွန်ကရစ်အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်းပေါ်တွင် အက်ကွဲကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ်လာတတ်သည်။ ၎င်းပြင်အကယ်၍အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်း တစ်ခု၏အပေါ်ယံမျက်နှာပြင်သည်အတွင်းသားထက်ပိုပြီးမြန်မြန်ခြောက်သွေ့ပါက ရုတ်တရက်ဒဏ် (transient stress) များဖြစ်ပေါ်လာပြီး အက်ကွဲကြောင်းကွန်ယက် (network of cracks) ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ အက်ကွဲကြောင်းများ၏အနက်သည် မျက်နှာပြင်မှ အကွာအဝေး အနည်းငယ်သို့ ရောက်သည့်တိုင် ရှိနိုင်သည်။

ဓါတ်ပြုအပူ **(heat of hydration)**

ဘိလပ်မြေတွင်ပါသော အချို့ပစ္စည်းများနှင့် ရေတို့၏ဓါတ်ပြုမှုကြောင့် အပူဓါတ်ထွက်ပေါ်လာသည်။ ထွက်လာသောအပူသည် အလွန်များလာလျှင် ကွန်ကရစ်၏ခံနိုင်ရည်အား (strength)ကို ထိခိုက်စေနိုင်ပါသည်။ ၎င်းပြင်အက်ကွဲကြောင်း(crack) ဖြစ်စေနိုင်သောဒဏ် (stress)များကိုလည်း ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည်။ကွန်ကရစ်အဆောက်အဦးအများစုတွင်အပူထွက်ပေါ်လာမှုနည်းသဖြင့်အရေးမကြီးလှပါ။

ထုထည်ကြီးမားသော ကွန်ကရစ် (mass concrete) တွင် ကွန်ကရစ်အတွင်းမှ အပူသည် အပြင်သို့ တဖြည်းဖြည်းချင်းသာ တိုးထွက်လာနိုင်ပြီး အပူချိန် မြင့်တက်လာပုံသည် Fig. 6 တွင် ပြထားသကဲ့သို့ ဖြစ်ပါသည်။ အပူချိန် မြင့်တက်လာမှုသည် ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားပေါ်တွင် မူတည်ကြောင်း တွေ့ရသည်။ ၎င်းပြင် ဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှုနှင့်လည်း အကြမ်းအားဖြင့် အချိုးကျကြောင်း တွေ့ရသည်။

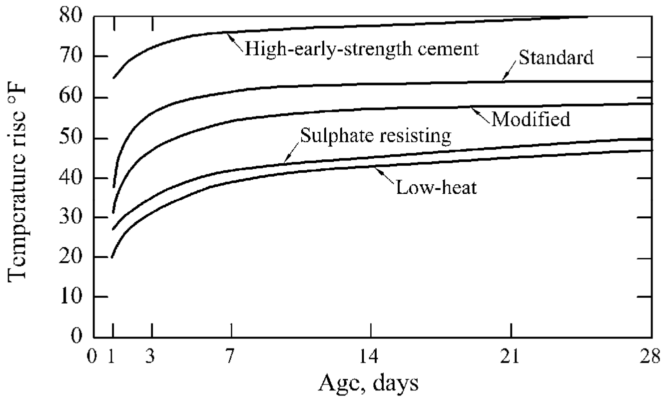

Fig. 6 Temperature rise of concrete, when no heat is lost, for various types of cement

အခန်း (၃)

အရောများ၏ အချိုးအစားပါဝင်မှုကို ရှာခြင်း

PROPORTIONING OF MIXES

သတ်မှတ်ထားသော ခံနိုင်ရည်အားအတွက် အချိုးအစားရှာခြင်း

(proportioning for specified strength)

အသုံးပြုမည့် ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားအား ဦးစွာရွေးချယ်ရမည်။ သာမန်ကိစ္စများအတွက် Type I ဘိလပ်မြေကို အသုံးပြုပြီး ထူးခြားသော ကိစ္စရပ်များအတွက် Type II မှ Type V ထိ ဘိလပ်မြေ များကို သင့်တော်သလို ရွေးချယ်အသုံးပြုနိုင်သည်။

ASTM type:
- (I) ရိုးရိုး ဘိလပ်မြေ (normal portland cement)
- (II) အသင့်တင့် အပူထွက်သော ဘိလပ်မြေ (moderate-heat cement)
- (III) စောစီးစွာ ခံနိုင်ရည်အား တက်သော ဘိလပ်မြေ (high-early-strength cement)
- (IV) အပူအနည်းငယ်သာထွက်သော ဘိလပ်မြေ (low-heat cement)
- (V) ဆာလဖိတ်ခံနိုင်ရည်အားကောင်းသောဘိလပ်မြေ (sulphate-resisting cement)

၎င်းနောက် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင် လိုချင်သော ကွန်ကရစ်ခံနိုင်ရည်အား (strength) ကို ကောင်းစွာ curing လုပ်သည့် အနေအထားတွင်ရရှိရန်အတွက် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 ဖျော်စပ်ရာ၌ ထည့်ရမည့် ဘိလပ်မြေပမာဏ (lb or sack) ကို သိရှိရန် လိုသည်။

ဘိလပ်မြေလိုအပ်ချက်သည် အောက်ပါအချက်များပေါ် တွင် မူတည်သည်။

(၁) ရောစာ၏အရွယ်အစားနှင့်အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (size and gradation of aggregate)

(၂) တွင်းထွက်ကျောက်ဓါတ်ရောစပ်ပါဝင်ပုံ ၊ ပုံသဏ္ဍာန် နှင့် မျက်နှာပြင်အကြမ်းအချော စသည့် ရောစာ၏ စရိုက်လက္ခဏာများ (aggregate characteristics such as mineral composition, shape, texture)

(၃) အရော၏ ရေပါဝင်မှုအတိုင်းအတာ (သို့) ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency of mix)

များသောအားဖြင့် နံပါတ်(၂)အချက်သည် အင်ဂျင်နီယာ၏ ထိန်းချုပ်မှု အောက်တွင် မရှိတတ်ကြသော်လည်း အကြီးဆုံးအရွယ်အစား၊ အရွယ်အစားများရောစပ်ပါဝင်ပုံ နှင့် ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ တို့သည် အင်ဂျင်နီယာ၏ ထိန်းချုပ်မှုအောက်တွင် ရှိသည်။

အကယ်၍ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation) နှင့် အကြီးဆုံးအရွယ်အစား (maximum size) ကိုပြောင်းလဲခြင်းမလုပ်၊ ရောစာကိုလည်း ဇစ်မြစ်တစ်နေရာထဲမှ ပုံသေရသည် ဆိုကြပါစို့။ ထိုအခြေအနေတွင် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (water-cement ratio) ကို ပုံသေထားမည် ဆိုပါက ရရှိလာမည့် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား အလားအလာသည်လည်း ပုံသေနီးပါးလောက် ဖြစ်ကြောင်းတွေ့ရသည်။ သို့ရာတွင်မိမိလိုချင်သောခံနိုင်ရည်အား (strength) နှင့် အအိ (slump) ကိုရရှိရန်အတွက် water-cement ratio အား ရောစာပေါ်မူတည်၍ အသင့်အတင့် ပြောင်းလဲ ပေးရသည်။ အထူးသဖြင့် ရောစာ၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (grading) နှင့် အကြီးဆုံး အရွယ်အစား (maximum size) တို့ပေါ်တွင် အတန်အသင့် မူတည်သည်။

Table 1 Compressive strength of concrete for various water-cement ratios (Non-air-entrained concrete)

Water-cement ratio by weight	Probable comp. strength at 28 days, psi (Non-air-entrained concrete)
0.35	6100
0.44	5000
0.46	4800
0.53	4000
0.57	3600
0.62	3200
0.69	2700
0.71	2550
0.80	2050

မည်သို့ဆိုစေ ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အားနှင့် ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးတို့ကြား တည်ရှိသော ပျမ်းမျှဆက်သွယ်မှုကို အစမ်းအရော (trial mix) ပြုလုပ်ရာတွင်ဖြစ်စေ ကနဦးအရော (starting mix) ပြုလုပ်ရာတွင်ဖြစ်စေ အသုံးပြုနိုင်သည်။ ထုတ်ဝေထားသည့် w/c နှင့် ခံနိုင်ရည်အားကြား ဆက်သွယ်မှုဇယားများမှ မိမိလိုချင်သော ခံနိုင်ရည်အားကိုရရန် အသုံးပြုရမည့် ခန့်မှန်း w/c ကို ရရှိနိုင်သည်။ ဥပမာ Table 1 မှ w/c တစ်ခုအတွက်မျှော်မှန်းနိုင်သော အမြင့်ဆုံးခံနိုင်ရည်အားကို

ရရှိနိုင်သည်။ ပျမ်းမျှရောစာအနေအထားအတွက် ပေးထားခြင်းဖြစ်သည်။ မည်သို့ဆိုစေ ဇယားပါ တန်ဘိုးများ မှန်–မမှန်သိရှိရန်နှင့် လိုအပ်သည့်ညှိယူမှုများပြုလုပ်နိုင်ရန် စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်သင့် ပါသည်။

၄င်းနောက် ရောစာ၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံနှင့် ရောစာသေးနှင့် ရောစာကြီးတို့၏ အချိုးတို့ကို ရှာဖွေရန်ဖြစ်သည်။ ထိုသို့ရှာဖွေရာတွင် လိုအပ်သော W/C တွင် ဘိလပ်မြေအနှစ် (paste) အနည်းဆုံးကိုသုံးပြီး လုပ်ရကိုင်ရကောင်းသည့် အရောကို ရရှိရန် ဦးတည်ရမည်ဖြစ်သည်။ အရောတစ်ခု၏ အချိုးအစားပါဝင်မှုကို ရှာဖွေရာတွင် ရရှိနိုင်သည့် ပစ္စည်းများကို သုံး၍ ပြုလုပ်သော စမ်းသပ်မှုများအပေါ် အခြေခံသင့်သည်။ လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းသည့် အရောများမှရရှိသော ခံနိုင်ရည်အား စမ်းသပ်မှုများမှ လိုအပ်သည့် အချက်အလက် (data) များကိုရရှိနိုင်သည်။ အကယ်၍ စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ရန် မဖြစ်နိုင်ပါက အတွေ့အကြုံပေါ် မူတည်သည့် ထောက်ခံချက်များနှင့် စာပေ (literature) ထဲရှိ ထောက်ခံချက်များကို အခြေခံရမည် ဖြစ်ပါသည်။ ရောစာတစ်မျိုးစီအတွက် gradation မျိုးစုံဖြင့် စမ်းသပ်သင့်သည်။ အထူးသဖြင့် သဲပါဝင်မှု အချိုးနှင့် ပတ်သက်၍ မျိုးစုံစမ်းသပ်သင့်သည်။ ပေးထားသော ပစ္စည်းများအတွက် အကောင်းဆုံး အရောဆိုသည်မှာ ပေးထားသော ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုတစ်ခုအတွက် လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းသည့် ကွန်ကရစ် တစ်ကုဗထုထည်ထွက်ရှိရန် ရေအနည်းဆုံးလိုအပ်သည့် အရောပင် ဖြစ်သည်။ တနည်းဆိုရလျှင် အကယ်၍ ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးကို ပုံသေထားပါက paste အနည်းဆုံးကို လိုအပ်စေမည့် အရောမျိုးကိုဆိုလိုသည်။ ကွန်ကရစ်တွင် အနှစ် (paste) သည် စျေးအကြီးဆုံး ဖြစ်သောကြောင့် paste အနည်းဆုံးအသုံးပြုခြင်းအပေါ် အခြေခံထားခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် paste ကိုလိုအပ်သည်ထက်ပိုသုံးလျှင် ကွန်ကရစ် ၏တန်ဖိုးမှာ မလိုအပ်ဘဲ တက်လာမည်။ သို့ဖြစ်ရာ လိုအပ်သော strength (သို့) W/C ကို အနည်းဆုံး paste ပမာဏကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ရရှိနိုင်မည့် ရောစာအရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံကို ရှာဖွေရန် လိုအပ် ပါသည်။

ဘိလပ်မြေ အနှစ် (paste) များများသုံးပါက ငွေကုန်ကျမှုများရှိ သက်သက်သာမဟုတ် ခြောက်လိုက်စိုလိုက် ဖြစ်သောအခါ ထုထည်ပြောင်းလဲခြင်း (volume change) များနှင့် အပူ ထွက်ခြင်း (heat of hydration) တို့ကိုလည်း ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် မလိုလား အပ်သော အပူချိန်တက်ခြင်းကိုလည်း ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်ပါသည်။

ကွန်ကရစ် တစ်ကုဗထုထည်ရရှိရန် လိုအပ်သည့် အနှစ် (paste) ပမာဏသည် အောက်ပါတို့ ပေါ်တွင် အဓိကမူတည်နေသည်။

(၁) အနှစ် (paste) တွင်ပါဝင်သော ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးအစား(w/c of paste)
(၄င်းသည် အကြမ်းအားဖြင့် လိုအပ်သည့်ခံနိုင်ရည်အားကို ပြသည်)

(၂) ဖျော်ပြီးစ ကွန်ကရစ်၏ အပျော့အမာ (consistency of fresh conc.)
(၄င်းသည် ကွန်ကရစ်လုပ်ရကိုင်ရကောင်းမွန်မှု အခြေအနေကိုပြသည်)

(၃) ရောစာအရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation of agg.)

(၄) ရောစာများ၏ ပုံသဏ္ဍာန်နှင့် မျက်နှာပြင်အကြမ်း၊ အချော (shape & texture of agg.)

Concrete ၏ consistency ကို ပုံသေသတ်မှတ်ထားလျှင် ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးပေါ်မူတည်၍ ကွန်ကရစ်ထဲအနှစ်(paste)ပါဝင်မှုအချိုးအစားနှင့် အသုံးပြုရမည့် ဘိလပ်မြေ ပမာဏတို့ ပြောင်းလဲပုံတို့ကို အောက်ပါ ဇယားတွင် ဥပမာ အဖြစ် တွေ့ရှိနိုင်ပါသည်။

Water-cement ratio of paste by weight	Paste fraction in a unit volume of concrete	Cement (lb/yd^3)
0.45	0.29	650
0.57	0.26	490
0.69	0.25	415

W/C နည်းလျှင်လိုအပ်သော consistency ရရန်ရေများများ ထည့်ရသည်။ရေများများ ထည့်ပါက ဘိလပ်မြေလည်းအချိုးကျများများထည့်ပေးရမည်။ ထို့ကြောင့် အနှစ် (paste) ပါဝင်မှု အချိုးများလာမည်။ W/C နည်းလျှင် ရေပါဝင်မှုနှင့်နှိုင်းစာလျှင် ဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှုကများသည်။ တနည်းဆိုရသော် ပေးထားသော ကွန်ကရစ် အပျော့အမာ တစ်ခုအတွက် w/c နိမ့်သော ကွန်ကရစ်တွင် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုမြင့်မားသည်။

W/C (သို့) ခံနိုင်ရည်အား ကို ပုံသေထားပါက ကွန်ကရစ် အပျော့အမာ (consistency) ပေါ်မူတည်၍ paste ပါဝင်မှု အချိုးအစားနှင့် အသုံးပြုရမည့် ဘိလပ်မြေပမာဏတို့ ပြောင်းလဲပုံကို အောက်ပါဇယားတွင် ဥပမာအဖြစ် တွေ့ရှိနိုင် ပါသည်။

Consistency	Paste fraction in a unit volume of concrete	Cement * (lb/yd^3)
Stiff	0.27	510
Medium	0.28	525
Soft	0.30	565

* ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး ၀.၅၇ by weight

Soft consistency ဖြစ်လေလေ ရေများများလိုလေလေ ဖြစ်သည်။ သို့သော် w/c ပုံသေဖြစ်ရန် ဘိလပ်မြေကိုလည်း အချိုးကျများများထည့်ရသည်။ ထို့ကြောင့် အနှစ် (paste) ပါဝင်မှု အချိုးအစားလည်း များလာသည်။

ရောစာ၏ သွင်ပြင်လက္ခဏာများထဲတွင် အကြီးဆုံးအရွယ်အစား (maximum size) သည် paste လိုအပ်ချက်ကို အဆုံးအဖြတ်ပေးသည့် အဓိကအချက်ဖြစ်သည်။ ရေ–ဘိလပ်မြေ (သို့) ခံနိုင်ရည်အားနှင့် ကွန်ကရစ် အပျော့အမာကို ပုံသေထားသည့် ကိစ္စအတွက် စံပြဆက်သွယ်မှု တစ်ရပ်ကို ဥပမာအဖြစ် ဖော်ပြထားပါသည်။

W/C နှင့် consistency တို့ကို ပုံသေထားလျှင် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား ကြီးလာလေလေ ဘိလပ်မြေ လိုအပ်ချက်နည်းလာလေလေ ဖြစ်ပါသည်။ အနှစ် (paste) ၏ ပါဝင်မှု အချိုးလည်း နည်းသွားလေလေ ဖြစ်သည်။

Max size of aggregate (in.)	Paste fraction in a unit volume of concrete	Cement * (lb/yd^3)
¼	0.40	750
¾	0.30	565
1 ½	0.26	490
3	0.22	415
6	0.21	395

* ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး ၀.၅၇ by weight

အခြားအချက်များတူညီနေလျှင် မျက်နှာပြင်ကြမ်းတမ်း၍ ထောင့်ချွန်များပါသော ရောစာများသည် မျက်နှာပြင်ချောမွေ့၍ လုံးဝန်းသော ပမာဏတူရောစာများထက် paste လိုအပ်ချက်ပိုပါသည်။

ခံနိုင်ရည်အားကိုမူတည်၍ ဆုံးဖြတ်မည်ဆိုပါက ချောမွေ့လုံးဝန်းသောသဘာဝရောစာများထက် ခွဲရောစာများက strength ပိုကောင်းသည်လည်းရှိတတ်သည်။အကယ်၍ w/c ကို အတူတူထားသော်လည်းသဘာဝရောစာထက်ခွဲရောစာကခံနိုင်ရည်အား ပိုကောင်းသည်ကို စမ်းသပ်မှုများမှတွေ့ရပါက ခွဲရောစါအတွက် w/c ကိုတိုး၍သုံးနိုင်သည်။ ဆိုလိုသည်မှာတူညီသော strength ကိုရရှိရန် ကွဲပြားခြားနားသော ရောစာများအတွက် ကွဲပြားခြားနားသော w/c ကိုသုံးရန် လိုအပ်ကောင်းလိုအပ်ပါမည်။

အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation) နှင့်ပတ်သက်၍ အသုံးပြုမည့် ရောစာသေးနှင့် ရောစာကြီး အရောတစ်စုံစီအတွက် အသင့်တော်ဆုံး (optimum) အချိုးအစားကို ရှာဖွေဖော်ထုတ်ထားရန်လိုအပ်သည်။ဤနေရာ၌အသင့်တော်ဆုံးအချိုးအစားဟုဆိုရာတွင်ပေးထားသော w/c တစ်ခုတွင် ကွန်ကရစ် တစ်ကုဗထုထည်ရရှိရေးအတွက် ရေပါဝင်မှု အနည်းဆုံးဖြင့် လုပ်ရကိုင်ရကောင်းသည့် ကွန်ကရစ်ကို ရရှိစေသည့် အချိုးအစားကို ဆိုလိုခြင်း ဖြစ်သည်။

အခန်း (၄)

အရောရ၏ အချိုးအစားပါဝင်မှုများကို ထိန်းကျောင်းခြင်း

CONTROL OF MIX PROPORTIONS

မိမိလိုချင်သော ဂုဏ်သတ္တိရှိသည့် concrete တစ်ခုကိုရရှိရန် ဘိလပ်မြေ ၊ ရေ ၊ ရောစာသေး ၊ ရောစာကြီးနှင့် အရောခါတုပစ္စည်း (admixture) တို့ကို အချိုးအစားမျှတစွာ ရောစပ်ရန် လိုသည်။ လိုချင်သော ဂုဏ်သတ္တိများမှာ –

(၁) ဖျော်ပြီးစအခြေအနေတွင် အလွန်အကျွံအရည်မကျဲဘဲ နေရာအနှံ့ ဂုဏ်သတ္တိတူညီစွာရရှိအောင် လောင်းနိုင်သည့် workability ရှိသော ကွန်ကရစ်ဖြစ်စေရေး ၊

(၂) မာသွားသောအခါ လိုအပ်သော ခံနိုင်ရည်အားရှိပြီး တာရှည်ခံနိုင်သည့်ကွန်ကရစ်ဖြစ်စေရေး၊

(၃) ပစ္စည်းနှင့် အလုပ်သမားကုန်ကျစရိတ် အနည်းဆုံးဖြင့် ဖော်ပြပါ ဂုဏ်သတ္တိများကို ရရှိရေး

တို့ ဖြစ်ကြပါသည်။

အရောရ၏ အချိုးအစားပါဝင်မှုများကို သတ်မှတ်ပုံနည်းလမ်းများ

METHODS OF SPECIFYING MIX PROPORTIONS

ကွန်ကရစ်အရောရ၏ လိုအပ်ချက်များကို သတ်မှတ်သည့် နည်းလမ်းအမျိုးမျိုးရှိပါသည်။ ၎င်းတို့ကို အကြမ်းအားဖြင့် (၄)မျိုးခွဲခြားနိုင်ပါသည်။

(၁) အချိုးအစား ပါဝင်မှုများ (proportions) နှင့် လိုအပ်သည့် ကွန်ကရစ်အပျော့အမာနယ် (consistency range) ကိုသတ်မှတ်ခြင်း

(လိုအပ်သည့် consistency ကို ရရှိရန် ရေပါဝင်မှုကို အဓိကထားညှိပေးရမည်)

(၂) ကွန်ကရစ်၏ခံနိုင်ရည်အား (strength) နှင့်လိုအပ်သည့် ကွန်ကရစ် အပျော့အမာနယ်ကို သတ်မှတ်ခြင်း

(w/c ကို ထိန်းပေးရန်လိုသည်။ ထို့ကြောင့် လိုအပ်သည့် consistency ကို ရရန် ရေရောဘိလပ်မြေကိုပါ တပြိုင်တည်း အတိုးအလျော့လုပ်ပေးရန်လိုသည်။)

(၃) အနိမ့်ဆုံးဘိလပ်မြေပါဝင်မှု (minimum cement content) သို့မဟုတ်သတ်မှတ်ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု နှင့် လိုအပ်သည့် ကွန်ကရစ်အပျော့အမာနယ်ကို သတ်မှတ်ခြင်း (လိုအပ်သည့် consistency ကိုရရှိရန် ရေပါဝင်မှုကို အဓိကထား ညှိပေးရမည်)

(၄) အမြင့်ဆုံး ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးနှင့်လိုအပ်သည့် ကွန်ကရစ်၏ အပျော့အမာနယ်ကို သတ်မှတ်ခြင်း
(လိုအပ်သည့် consistency ကို ရရန် ရေရောဘိလပ်မြေကိုပါ သတ်မှတ်ဘောင်အတွင်း တပြိုင်တည်း အတိုး အလျှော့ လုပ်ပေးရန်လိုသည်။)
စသည်တို့ဖြစ်ပါသည်။

ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အား တစ်ခုကို သတ်မှတ်ပေးသောအခါတွင် ၄င်းသည်ကွန်ကရစ် စမ်းသပ်မှုရလဒ်များထဲမှအနိမ့်ဆုံးတန်ဘိုးကိုဆိုလိုခြင်းမဟုတ်ပါ။ ကွန်ကရစ်၏အရောအချိုးအစား ပါဝင်မှုကိုရှာဖွေရာတွင်စမ်းသပ်ရာမှရရှိသည့်ခံနိုင်ရည်အားရလဒ်များသည်ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အား၏အောက်သို့ သတ်မှတ်အရေအတွက်ထက်ပိုမကျရောက်စေရန် အရော၏ပျမ်းမျှခံနိုင်ရည်အားတန်ဘိုးကို လိုအပ်သလို မြှင့်ထားပေးရန် လိုအပ်သည်။ လက်တွေ့ဆုံးဖြတ်နိုင်သည့် အခြေခံတစ်ခုမှာ စမ်းသပ်ရာမှ ရရှိသော ခံနိုင်ရည်အား ရလဒ်စုစုပေါင်း၏ ၁၀% သည် ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အား၏အထက်တွင် ရှိရမည်ဟုသတ်မှတ်ခြင်းဖြစ်သည်။ အချို့သောကွန်ကရစ်များအတွက် ၉၀% ပင်သတ်မှတ်ကြသည်။ ယခုခေတ်တွင် စာရင်းအင်းပညာကို အခြေခံသည့် နည်းလမ်းများ (statistical methods) ကို အသုံးပြုကြသည်။ ၄င်းတွင် စမ်းသပ်ရာမှ ရရှိသည့်ခံနိုင်ရည်အား ရလဒ်များ၏ ပျမ်းမျှတန်ဘိုးသည် ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အားထက် standard deviation နှင့် probability အခြေခံစဉ်းစားမှုမှ ရရှိသည့် ကိန်းသေတန်ဘိုးတစ်ခုတို့၏ မြှောက်ရကိန်းလောက် အနည်းဆုံးပိုရမည်ဟူ၍ ဖြစ်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် ပျမ်းမျှတန်ဘိုးသည် $f_c' + ၁.၃၄\sigma$ ဖြစ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ခြင်းမျိုး ဖြစ်သည်။ ၄င်းတွင် f_c' သည် ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အားဖြစ်ပြီး σ သည်တူညီသောပစ္စည်းများနှင့် အချိုးအစားကို အသုံးပြုထားသည့် ကွန်ကရစ်အတန်းအစားတစ်ခုအတွက်ရယူထားသော အခု (၃၀)ထက် မနည်းသည့် ခံနိုင်ရည်အားရလဒ်များကို မူတည်ကာတွက်ချက်ရယူထားသော standard deviation ဖြစ်ရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ ၁.၃၄ သည် probability အခြေခံမှရသော ကိန်းသေတန်ဘိုးတစ်ခုဖြစ်သည်။

ရွေးချယ်ပြီးအချိုးအစားပါဝင်မှုများကို ထိန်းကျောင်းခြင်း
CONTROL OF PROPORTIONS SELECTED

ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency) ကိုသတ်မှတ်ရာတွင် ကွန်ကရစ်လောင်းရာ၌ တွေ့ကြုံရမည့် လိုအပ်ချက်အပေါ် မူတည်၍ သတ်မှတ်ရသည်။ ပါဝင်ပစ္စည်းများ ၊ ရာသီဥတုနှင့် လုပ်ငန်းခွင်ရှိ အခြားအခြေအနေများ၏ ရှောင်လွှဲ၍မရနိုင်သည့် ပြောင်းလဲမှုများကြောင့် မည်မျှပင် တိတိကျကျ ကြိုးစားထိန်းကျောင်းထားသည်ဟု ဆိုစေကာမူကွန်ကရစ်အပျော့အမာသည် တသမတ်တည်း အမြဲ မတည်ရှိနိုင်ပါ။ မည်သို့ဆိုစေ ရောစာ၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်မှု (grading) နှင့် အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု (moisture content) ပို၍ညီညာလေလေ ညှိယူရန်လိုအပ်ချက် နည်းလေလေ ဖြစ်ပါမည်။ လက်တွေ့တွင်လုပ်ငန်းခွင်သို့ တတ်နိုင်သမျှ ညီညာသော consistency ရှိသည့် ကွန်ကရစ်ကိုပို့ဆောင်ပေးရမည့်တာဝန်ရှိသည်ဖြစ်ရာဖျော်စက်ကိုင်သူ(mixer operator) အနေဖြင့် လိုအပ်သည့် ရေအနည်းအများညှိယူမှု (adjustment) ကို စံနစ်တကျပြုလုပ် ပေးသင့်သည်။

ချိန်တွယ်ထည့်သော ရောစာ(အထူးသဖြင့်သဲ)၏ အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုကို အချိန်တော်တော်ကြာ တစ်ခါစီဖြစ်စေ အစိုဓါတ်အပြောင်းအလဲ ရှိသည်ဟု သံသယရှိသောအခါတိုင်းတွင်ဖြစ်စေ လုပ်ရိုးလုပ်စဉ် လုပ်ငန်းတစ်ရပ်အနေဖြင့် ရှာဖွေသင့်သည်။ ဤရလဒ်ပေါ် မူတည်ပြီးမှသာ ညီညာသော အရောကို အမြဲထိန်းထားနိုင်ရန် ညှိယူမှုများကို လိုအပ်သလို ပြုလုပ်နိုင်မည် ဖြစ်သည်။ ထိုကဲ့သို့ ရောစာ တစ်မျိုးစီ၏ အစိုဓါတ်အပြောင်းအလဲအတွက် ဖြစ်ပေါ်လာသည့် အလေးချိန် အပြောင်းအလဲကို ထည့်သွင်းစဉ်းစားပေးမှသာ မူလသတ်မှတ်ထားသော အချိုးအစားပါဝင်မှုအတိုင်း ညီညာစွာ ထိန်းထားနိုင်ပေလိမ့်မည်။

အပွထုထည် (loose volume) ဖြင့် ချိန်တွယ်ထည့်ခြင်းကို တခါတရံ သတ်မှတ်တတ်ကြသော်လည်း ၄င်းမှာကျေနပ်ဖွယ်ကောင်းသော နည်းလမ်းမဟုတ်သဖြင့် ရှောင်ကြဉ်သင့်ပါသည်။ ရောစာသေး၏ပွခြင်း (bulking) သည် ရေပါဝင်မှုပေါ် မူတည်၍ အပြောင်းအလဲများစွာ ဖြစ်နိုင်သည်။ ၄င်းဂုဏ်သတ္တိကြောင့်အရောထဲသို့အမှန်တကယ် ဝင်ရောက်လာသည့် ရောစာသေး၏ ပမာဏ ကွာခြားသွားနိုင်ပါသည်။

အသားထုထည်အားဖြင့် အချိုးအစားပါဝင်မှုများကိုရှာဖွေခြင်း
PROPORTIONS BY SOLID VOLUME

ပေးထားသည့် ရောစာ၏ ခြုံငုံထုထည် (overall volume) ထဲတွင် အမှန်တကယ် ပါဝင်နေသောအသားထည် (solid material) ၏ပမာဏသည်ရောစာ၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation) နှင့် သိပ်သည်းခြင်းအဆင့် တို့ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

ပေးထားသည့်အလေးချိန်ရှိသည့်ရောစာ သို့မဟုတ် ဘိလပ်မြေထဲတွင်အမှန်တကယ် ပါဝင်နေသောအသားထည (solid material)၏ပမာဏသည်ရင်းရောစာ(သို့)ဘိလပ်မြေ၏သိပ်သည်းဆ (specific gravity) ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ အဆိုပါ မသေချာမရေရာမှုများကို ပယ်ဖျောက်ရန် တခါတရံတွင်အချိုးအစားပါဝင်မှုကိုအသားထုထည်(သို့) particle အားလုံး၏ အမှန်တကယ်ရှိသော ထုထည်အားဖြင့် ဖော်ပြတတ်သည်။ အသားထုထည်ကို absolute volume, apparent volume, particles volume, displacement volume ဟူ၍လည်းခေါ်သည်။ ရေအတွက်ဆိုလျှင် ခြုံငုံထုထည် (overall volume) သည်ပကတိထုထည် (absolute volume) နှင့်အတူတူပင်ဖြစ်သည်။ သို့သော် လက်တွေ့တွင် ရောစာ သို့မဟုတ် ဘိလပ်မြေကို အသားထုထည် ဖြင့် တိုက်ရိုက်ချိန်တွယ် ထည့်ရန် မဖြစ်နိုင်သဖြင့် မိမိလိုချင်သော အသားထုထည်ကိုတူညီသောအလေးချိန်အဖြစ် ပြောင်းလဲ၍ ချိန်တွယ်ထည့်နိုင်သည်။ ပြောင်းပြန်သဘောအားဖြင့် အလေးချိန် အချိုးအစားများကို အသားထုထည် အဖြစ်ပြောင်းလဲပြီး အထွက်နှုန်း (yeild) ကိုလည်း တွက်ချက် နိုင်သည်။

ပစ္စည်း (material) တစ်ခု၏အသားထုထည် (solid volume) ကို အလေးချိန်နှင့် သိပ်သည်းဆမှ ရှာလိုသော် (ရောစာများအတွက် သိပ်သည်းဆသည် saturated surface-dry conditon-SSD condition ကိုအခြေခံသင့်သည်)

$$\text{Solid volume } (ft^3) = \frac{\text{weight (lb)}}{\text{specific gravity (SSD)} \times ၆၂.၄}$$

ဥပမာ ၁၁၂ lb အလေးချိန်ရှိသော ဘိလပ်မြေအိတ် တစ်အိတ်တွင် ပါဝင်သည့် အသားထုထည် (solid material) မှာ (ဘိလပ်မြေ၏ သိပ်သည်းဆကို ၃.၁၂ ဟုယူဆခဲ့လျှင်)

$$= \frac{၁၁၂}{၃.၁၂ \times ၆၂.၄} = ၀.၅၇၅\ ft^3 \text{ ဖြစ်သည်။}$$

$$\text{Percentage of solids} = \frac{\text{SSD weight per overall ft}^3 \text{ (lb)}}{\text{SSD s.g.} \times ၆၂.၄} \times ၁၀၀$$

Percentage of voids ကိုလိုချင်လျှင် ၁၀၀ % မှ percentage of solids ကို နှုတ်လျှင်ရသည်။

Percentage of voids = ၁၀၀ – percentage of solids

ဥပမာ ၁၁၀ lb/ft^3 အလေးချိန်ရှိသည့် dry-rodded aggregate တွင်ပါဝင်သော percentage of solids မှာ (SSD specific gravity of aggregate ကို ၂.၆၅ ဟု ယူဆခဲ့လျှင်)

$$= \frac{၁၁၀}{၂.၆၅ \times ၆၂.၄} \times ၁၀၀ = ၆၆.၆\%$$ ဖြစ်ပြီး percentage of voids မှာ ၁၀၀ – ၆၆.၆ = ၃၃.၄% ဖြစ်သည်။

အချိုးအစားပါဝင်မှုကို တွက်ချက်ခြင်း
COMPUTATIONS FOR PROPORTIONING

ရောစာအရွယ်အစားများရောစပ်ပါဝင်ပုံ (grading of aggregate)

ပထမအဆင့်တွင် ရောစာကို ဇကာချပြီး ရရှိသည့်ဇကာတင်အလေးချိန်များကို မှတ်သားထားကာ ၎င်းမှဇကာတစ်ခုစီကို ဖြတ်သွားသောရာခိုင်နှုန်း ၊ဇကာတစ်ခုစီတွင် တင်ကျန်ခဲ့သည့် ရာခိုင်နှုန်း သို့မဟုတ် ဆက်တိုက်ဇကာနှစ်ခုကြားတွင် ကျရောက်သည့် ရာခိုင်နှုန်း စသည့်ဖြင့် လိုအပ်သလို ပြောင်းလဲတွက်ချက်နိုင်သည်။ ၎င်းနောက် ရောစာတမျိုးစီ၏ Fineness Modulus ကို တွက်ချက်နိုင်သည်။ (နောက်ပိုင်းတွင် ဥပမာထဲ၌ တွက်ပြထားသည်) ရောစပ်ထားသော ရောစာအရော (mixed aggregate) ထဲတွင်ပါဝင်သော အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံသည် သတ်မှတ်ချက ဘောင်အတွင်း ကျရောက်မှု ရှိ–မရှိ သိနိုင်ရန် အောက်ပါကဲ့သို့ ဇယားတစ်ခုကို ရေးဆွဲပြီး ဆက်လက်တွက်ချက်နိုင်သည်။အောက်ပါ အချိုးအစားအတိုင်း ရောစပ်မည် ဆိုပါစို့။

၄၀ % သဲ

၂၀ % ရောစာကြီး A

၄၀ % ရောစာကြီး B

ရောစပ် လိုက်ပြီးလျှင် ထွက်ပေါ်လာသော နောက်ဆုံး column ရှိ mixed aggregate ၏ sieve size တစ်မျိုးစီအတွက် ပါဝင်မှုကို အထက်ပါအတိုင်း ရှာဖွေကာ standard graph ပေါ်တွင် တင်လိုက်ပြီးကြိုတင်ရွေးချယ်ထားသော (စံ)ဂရပ်နှင့်နှိုင်းယှဉ်၍တနေရာရာတွင် ၁%အထက် ကွဲလွဲ

ချက်ရှိနေပါကဒုတိယအကြိမ်စမ်းသပ်တွက်ချက်ရန် ပါဝင်မှုအချိုးကို လိုအပ်သလို အပြောင်းအလဲ လုပ်ပေးရမည်။ ခွင့်လွှတ်နိုင်သည့် ဘောင်အတွင်း ရောက်သည်အထိ စမ်းသပ်တွက်ချက်မှုများ ကို ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Table 2 Computation of percentage of each sieve size in mixed aggregate

Sieve Size or No.	Sieve analysis , % of each sieve size			% of each sieve size in mixed aggregate			
	Sand	Coarse Agg. A	Coarse Agg. B	Sand	Coarse Agg. A	Coarse Agg. B	Actual mixed agg.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0-100	2			0.8			0.8
100-50	10			4.0			4.0
50-30	25			10.0			10.0
30-16	22			8.8			8.8
16-8	22			8.8			8.8
8-4	18	10		7.2	2.0		9.2
4-⅜"	1	30		0.4	6.0		6.4
⅜"- ¾"		55	15		11.0	6.0	17.0
¾"-1 ½"		5	80		1.0	32.0	33.0
1 ½"-3"			5			2.0	2.0
Total	100	100	100	40.0	20.0	40.0	100.0

မှတ်ချက်။ Sieve No. 4 ထက်ကြီးလျှင် ရောစာကြီးဟု ယေဘုယျအားဖြင့် သတ်မှတ်နိုင်သည်။

အစပ်တွင်ပါဝင်သော ပစ္စည်းများပမာဏ (batch quantities)

ယခင်အချိန်က ၉၄ lb ရှိသော U.S. ဘိလပ်မြေ တစ်အိတ်လျှင် သဲ၊ကျောက် စသည့် ပစ္စည်းများ မည်မျှစီထည့်ရမည်ကို တွက်၍ ၎င်းမှ ထွက်လာမည့် ကွန်ကရစ်ထုထည်ပမာဏကို အထွက်နှုန်း (yield) ဟုခေါ်သည်။ ထို့ကြောင့် yield ကို ASTM C138 က အဓိပ္ပါယ် သတ်မှတ်ရာတွင် ၉၄ ပေါင် လေးသော ဘိလပ်မြေတစ်အိတ်ကို ဖျော်စပ်လျှင် ထွက်လာမည့်

ကွန်ကရစ် ကုဗပေ ဟုသတ်မှတ်ထားပါသည်။ မည်သို့ဆိုစေ တွက်ချက်မှုအားလုံးကို အလေးချိန်ပေါ် အခြေခံ၍ ပြုလုပ်ပါက ပို၍ လွယ်ကူပါသည်။

Table 3 Computation of batch quantities (by weight) for 1-sack batch
(with aggregate moisture content correction)

Property	Cement	Water	Sand	Coarse agg.		Total
				A	B	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Proportions by weight (Aggregate SSD)	1.00	0.57	2.36	1.18	2.36	
Wt. in 1-sack batch, lb (Aggregate SSD)	94.0	53.6	222.0	111.0	222.0	702.6
Total moisture in agg., % by wt. (determined by drying with heat)			4.0	1.0	0.0	
Absorption capacity of agg.,% by wt. (determined by test)			1.0	0.5	0.5	
Surface moisture in agg., % by wt. (total moisture minus absorbed moisture)			3.0	0.5	-0.5	
Surface moisture in agg., lb (% × wt. of agg. ÷ 100)			6.7	0.5	-1.1	6.1
Batch weight, lb	94.0	47.5	228.7	111.5	220.9	702.6

e.g: $\frac{\text{၃.၀} \times \text{၂၂၂.၀}}{\text{၁၀၀}} = \text{၆.၇}$ lb for surface moisture in sand.

၂၂၂.၀ + ၆.၇ = ၂၂၈.၇ lb – batch weight of sand

အစပ်ထဲသို့ ထည့်ရမည့် ရေပမာဏသည် လိုအပ်သော စုစုပေါင်းပမာဏ (၅၃.၆ ပေါင်) မှ ရောစာ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ကပ်နေသော အသားတင်ရေ (၆. ၁ ပေါင်) ကိုနုတ်ခြင်းနှင့် ညီမျှသည် (၄၇.၅ ပေါင်) ။

ကွန်ကရစ် ၁yd^3 တွင်ပါဝင်သော ဘိလပ်မြေအလေးချိန်နှင့် w/c အား သတ်မှတ်ပေးထားမည်ဆိုလျှင် ကွန်ကရစ် ၁yd^3 တွင်ပါဝင်သော aggregate အလေးချိန်၊ အရောထဲတွင် အလေးချိန်အရ ပါဝင်မှု အချိုးအစား နှင့်ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ် အလေးချိန်တို့အား အောက်ပါအတိုင်း တွက်ချက်ရရှိနိုင်ပါသည်။

Assume 2% air void; s.g. of cement =3.12; s.g. of agg: =2.65; agg: A /agg: B =1:2 by wt.; specified cement content per cubic yard of concrete = 500 lb/yd^3; water-cement ratio = 0.57

Cement = ၅၀၀ lb/yd^3 of conc.

W/C = ၀.၅၇

Weight of water = ၀.၅၇ × ၅၀၀ = ၂၈၅ lb/yd^3 of conc.

Volume of water = $\frac{၂၈၅}{၆၂.၄}$ = ၄. ၅၆၇ ft^3/yd^3 of conc.

Total solid vol. of aggregate /yd^3 of conc.

= ၂၇–၄.၅၆၇ (water) – $\frac{၅၀၀}{၃.၁၂ \times ၆၂.၄}$ (cement) – $\frac{၂ \times ၂၇}{၁၀၀}$ (air)

= ၂၇ – ၄.၅၆၇ – ၂.၅၆၈ – ၀.၅၄ = ၁၉.၃၂၅ ft^3/yd^3 of conc.

Wt. of water = ၄.၅၆၇ × ၆၂.၄ = ၂၈၅ lb/yd^3

Wt. of cement = ၅၀၀ lb/yd^3 (given)

Wt. of aggregate = ၁၉.၃၂၅ × ၂.၆၅ × ၆၂.၄ = ၃၁၉၆ lb/yd^3

Wt. of aggregate (A) = ၀.၃၃၃ × ၃၁၉၆ = ၁၀၆၄ lb/yd^3

Wt. of aggregate (B) = ၀.၆၆၇ × ၃၁၉၆ = ၂၁၃၂ lb/yd^3

	W	C	Agg.(A)	Agg. (B)	Air	Total
By solid vol. (ft^3/yd^3)	၄.၅၆၇	၂.၅၆၀	၁၉.၃၂၅		၀.၅၄	၂၇
By weight (lb/yd^3)	၂၈၅	၅၀၀	၁၀၆၄	၂၁၃၂	၀	၃၉၈၁
Mix proportion by wt.	၀.၅၇	၁	၂.၁၃	၄.၂၆	၀	

Unit weight of fresh concrete = $\frac{၃၉၈၁}{၂၇}$ = ၁၄၇.၄ lb/ft^3

အထွက်နှုန်း (yield)

ဘိလပ်မြေတစ်အိတ်ကို ဖျော်စပ်လျှင်ထွက်လာမည့် ကွန်ကရစ်ထုထည်(ft^3)ကို အထွက်နှုန်း (yield) ဟု အဓိပ္ပာယ် သတ်မှတ်ပြီး ၊ အစပ်တစ်ခုမှ ထွက်လာမည့် ကွန်ကရစ် ထုထည်ကိုရှာရန် အောက်ပါ နည်းလမ်းနှစ်မျိုး ရှိပါသည်။

နည်းလမ်း (၁) အသားထုထည်နည်းလမ်း (solid volume method)

(၂) တစ်ယူနစ်အလေးချိန်နည်းလမ်း (unit weight method)

အသားထုထည်နည်းလမ်း (yield by soild volume method)

အသားထုထည်နည်းလမ်းဖြင့် အထွက်နှုန်းကို ပစ္စည်းများ (SSD condition) ၏ အလေးချိန်နှင့် ၎င်းပစ္စည်းများ၏ သိပ်သည်းဆများမှ တွက်ချက်နိုင်သည်။ ရေနှင့်လေ အပါအဝင် ပစ္စည်းများအားလုံး၏ အသားထုထည်အားလုံးကို ပေါင်းယူ၍ တွက်ချက်နည်းဖြစ်ပြီး ဥပမာ တစ်ခုဖြင့် ရှင်းလင်းဖော်ပြပေးထားပါသည်။

အရောအချိုးအစား (by weight) နှင့် ဘိလပ်မြေ ၊ ရောစာတို့၏ သိပ်သည်းဆ များကို ပေးထားသည်။ အထွက်နှုန်းကို ရှာဖွေရန်ဖြစ်သည်။

Table 4 Computation of yield by solid volume method

Property	Cement	Water	Sand	Coarse agg: A	Coarse agg: B	Total
Mix proportion by wt. (agg. SSD)	1.00	0.57	2.36	3.54 (1:2)		7.47
Wt. in 1-sack batch, lb (agg. SSD)	94.0	53.6	222.0	111.0	222.0	702.6
s.g. (assumed for cement and determined by test for agg.)	3.12	1.00	2.65	2.60	2.70	-
Solid vol., $ft^3 = \dfrac{\text{weight}}{\text{s.g.} \times 62.4}$	0.48	0.86	1.34	0.68	1.31	4.67
Mix proportion by solid volume	1.00	1.79	2.79	1.42	2.73	9.92

Yield = cu. ft. of concrete per sack of cement = ၄.၆၇ cu. ft.

Sack of cement per cu. yd. of concrete = ၂၇/၄.၆၇ = ၅.၇၈

If air void is ၁%, vol. of air ≅ ၀.၀၁ × ၄.၆၇ = ၀.၀၅ ft^3/sack

Then, yield = ၄.၆၇ + ၀.၀၅ = ၄.၇၂ ft^3/sack

and sacks/yd^3 = ၂၇/၄.၇၂ = ၅.၇၂

အကယ်၍ အရောခါတုပစ္စည်းများ အသုံးပြုမည်ဆိုလျှင် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင် ပါဝင်သောအခြားပစ္စည်းများကဲ့သို့ ၎င်းကိုလည်းတွက်ချက်ပြီး အချိုးကျ ပါဝင်ရောစပ်ရမည် ။

တစ်ယူနစ်အလေးချိန်နည်းလမ်း (yield by unit weight method – ASTM C 138)

ဤနည်းလမ်းတွင် ဓါတ်ခွဲခန်း၌ ရှာဖွေ၍ရသော ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ် အလေးချိန်ကို အခြေခံထားခြင်း ဖြစ်သည်။လေကို အလိုအလျောက် ထည့်သွင်း စဉ်းစားထားပြီး ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ် ကို စမ်းသပ်အိုးထဲတွင်ထည့်ပြီး လုပ်ငန်းခွင်တွင် သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်သည့်နည်းနှင့် ဆင်တူစေရန် သံဒုတ်ဖြင့်ထိုး၍ဖြစ်စေ၊ တုန်ခါစက်သုံး၍ဖြစ်စေ သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်သည်။၎င်းနောက် ဘိလပ်မြေ တစ်အိတ်မှ ထွက်မည့် ကွန်ကရစ်ထုထည် (ကုဗပေ) ကို အောက်ပါ အတိုင်း ရှာဖွေသည်။

$$\text{Yield (ft}^3\text{/sack)} = \frac{\text{Total wt. of materials in a 1 – sack batch, lb/sack}}{\text{Unit wt. of conc., lb/ft}^3}$$

$$\left(\frac{\cancel{\text{lb}}}{\text{sack}} \times \frac{\text{ft}^3}{\cancel{\text{lb}}} = \text{ft}^3\text{/sack} \right)$$

No. of sacks / yd^3 = ၂၇ / yield

ဥပမာ **(example)**

ဘိလပ်မြေတစ်အိတ်လျှင် ရေ ၇ gal ထည့်၍ unit weight ၁၅၀ lb/ft^3 ရှိပြီး mix proportion ၁: ၂$\frac{၁}{၂}$: ၃$\frac{၁}{၂}$ (by weight) ရှိသည့် ကွန်ကရစ်၏ ထုထည် ၁ ကုဗကိုက် အတွက် ထည့်ဖျော်ရမည့် ဘိလပ်မြေအိတ် အရေအတွက်ကို ရှာပါ (တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကို စမ်းသပ်မှုမှ ရရှိသည်။)

The weight of materials in a 1-sack batch are:

Cement ------------------------------------ ၉၄ lb

SSD sand (၂ $\frac{၁}{၂}$ × ၉၄) -------------------- ၂၃၅ lb

SSD coarse aggregate (၃ $\frac{၁}{၂}$ × ၉၄) ------ ၃၂၉ lb

Water (၇ gal. at ၈ lb/gal.) ------------ ၅၈ lb

Total ၇၁၆ lb

Yield = $\frac{၇၁၆}{၁၅၀}$ = ၄.၇၇ cu.ft. of concrete per sack of cement

Then, the cement content is ၂၇/၄.၇၇ = ၅.၆၆ sacks/yd^3

[ft^3/yd^3 × sack/ft^3 = sack/yd^3]

လုပ်ငန်းခွင်တွင် အသုံးပြုနိုင်သည့် လွယ်ကူအောင်ပြုလုပ်ထားသော နည်းလမ်းတွင် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုနှင့်အထွက်နှုန်းကို ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန် (စမ်းသပ်မှုများမှ ရှာဖွေသည်) နှင့် ပစ္စည်းများ၏ အလေးချိန် (တိုင်းတာယူသည်) ကို အခြေခံ၍ တွက်ယူသည်။

For any size mixer batch,

$$\text{Yield per batch} = \frac{\text{Total wt. of all materials in batch, lb}}{\text{Fresh unit wt. of concrete, lb/ft}^3}\left[\frac{\text{ft}^3}{\text{batch}} = \frac{\text{lb}}{\text{batch}} \times \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}}\right]$$

and cement content in lb/yd^3 is

$$= \frac{၂၇ \times \text{Weight of cement per batch} \times \text{unit weight of concrete}}{\text{Total weight of batch}}$$

$$\left(\frac{\text{lb}}{\text{yd}^3} = \frac{\text{ft}^3}{\text{yd}^3} \times \frac{\text{lb}}{\text{batch}} \times \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times \frac{\text{batch}}{\text{lb}}\right)$$

$$= \frac{၂၇ \times \text{Weight of cement per batch}}{\text{Yield (ft}^3\text{ / batch)}}$$

ပိုမိုတိကျမှန်ကန်သော ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကို သိလိုလျှင် အနည်းဆုံး သုံးခါပျမ်းမျှကို ယူသင့်သည်။ အနည်းဆုံး $\frac{၁}{၂}$ ft^3 ရှိစမ်းသပ်ချင်ခွက်ကို သုံးနိုင်ရန် ကွန်ကရစ်နမူနာ ယူသည့်အခါတွင်လည်း ပမာဏ များများစားစား ယူသင့်သည်။ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်သော ဖျော်စက် (mixer) မှ (သို့) အရံသင့် ကွန်ကရစ် (ready-mixed-concrete) အား သယ်ဆောင်လာသော AG ကားမှ ကွန်ကရစ်အား သွန်ချစဉ်တွင် ၎င်းစုစုပေါင်းပမာဏကို စိတ်မှန်းဖြင့် သုံးပုံပုံကာ တစ်ကြိမ်စီလျှင် အဆိုပါသုံးပုံ ပုံထားသည့်အပုံ၏ အလယ် (mid point) မှယူ၍ စမ်းသပ်သင့်သည်။

အခန်း(၅)
ပစ္စည်းများအား စစ်ဆေးခြင်းနှင့် စမ်းသပ်ခြင်း
INSPECTION AND TESTING OF MATERIALS

ဘိလပ်မြေ
CEMENT

အတုအယောင်ခဲခြင်း (false set)

ဘိလပ်မြေ ရေနှင့်ထိတွေ့ပြီး မိနစ်အနည်းငယ်အတွင်းတွင် ထုံးစံမဟုတ်စောစီးစွာ ခဲသွားခြင်းကို အတုအယောင်ခဲခြင်း (false set) ဟုခေါ်သည်။ ကွန်ကရစ်သည် false set ကြောင့် အချိန်မတန်မီ (premature) ခဲခြင်းဖြစ်ပါက ကွန်ကရစ်ထဲသို့ ရေထပ်မထည့်ပဲ ဖျော်စက် အတွင်း ပြန်ထည့်၍မွှေပြီးပျော့ပျောင်းသော (plastic) အနေအထားတစ်ခုကို ပြန်လည်ရရှိအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ဤသို့ ပြုလုပ်ပါက ၎င်းကွန်ကရစ်သည် လုပ်ရကိုင်ရ ပြန်ကောင်းလာပြီး မူလ ခံနိုင်ရည်အားကိုလည်း မထိခိုက်စေပါ။ သာမန် ကွန်ကရစ်ကဲ့သို့ပင် လောင်းနိုင်သည်။ ဘိလပ်မြေ တွင် false set ဖြစ်နိုင် မဖြစ်နိုင်ကို lab. test ဖြင့်သေချာအောင် စမ်းသပ်၍ရနိုင်သည်။ False set ဖြစ်ပေါ်ခြင်း ရှိ မရှိ ဆိုသည်ကို အောက်ပါ နည်းလမ်း(၂)လမ်းဖြင့် စမ်းသပ် ရှာဖွေနိုင်သည်။

(၁) ASTM C 359 Mortar Method

(၂) ASTM C 451 Paste Method

သို့ရာတွင် ကွန်ကရစ် မြန်ဆန်စွာခဲခြင်း (fast setting) နှင့် အအိ (slump) အလွန်အကျွံလျော့နည်းသွားခြင်းများသည် false set တစ်ခုတည်းကြောင့်မဟုတ်ဘဲ ဖျော်ပြီးစ ကွန်ကရစ် (fresh concrete) ၏အပူချိန် များလွန်းနေလျှင်လည်းဖြစ်နိုင်ပါသည်။ တခါတရံကွန်ကရစ်တွင် ပါဝင်သော ပုံမှန်ထက် ရေစုပ်ယူမှု ကောင်းသည့် ရောစာများ (absorptive aggregates) ကြောင့်သော်လည်းကောင်း၊အောက်ခံမြေသား(subgrade) ကရေစုပ်ယူလျှင် သော်လည်းကောင်း၊ နေထိုးမှုနှင့် လေတိုက်မှု တို့ကြောင့်သော်လည်းကောင်း အခြေအနေကို ပိုမိုဆိုးဝါးစေပါသည်။

သိုလှောင်ခြင်းနှင့်ကိုင်တွယ်ခြင်း (storage & handling)

ဘိလပ်မြေ သိုလှောင်သောကန်များကို ရာသီဥတုဒဏ်ကာကွယ်နိုင်ရန် ရာသီဒဏ်ခံအောင် (weather–proof) ပြုလုပ်စီမံထားရမည်။ ဘိလပ်မြေများကို အိတ်ဖြင့်သိုလှောင်ရာ၌ ဘိလပ်

မြေအိတ်များကို ဖုံးအုပ်ကာကွယ်ထားပြီး မြေကြီးနှင့် တိုက်ရိုက်မထိတွေ့စေဘဲ သိုလှောင်ရမည်။ သိုလှောင်ထားသောဘိလပ်မြေကိုမသုံးဘဲ အကြာကြီးကျန်မနေစေရန်အတွက် မကြာခဏ လဲလှယ်၍ အသုံးပြုပေးရမည်။ လေထဲတွင်အစိုဓါတ်(mositure)များ ပါဝင်နေသောကြောင့်ဘိလပ်မြေအိတ်များ လေနှင့်တိုက်ရိုက် မထိတွေ့စေရန် အုပ်မိုးထားရမည်။ လေထဲတွင်ပါဝင်သော အစိုဓါတ် (moisture) ကြောင့် ဘိလပ်မြေ တစ်စိတ်တစ်ဒေသဓါတ်ပြုခြင်း (partial hydration) ဖြစ်ပြီး အစိုင်အခဲတုံး (lump) များဖြစ်လာနိုင်သည်။ ဤကဲသို့ဖြစ်လာပါက အစိုင်အခဲတုံးများ မာကြောမှု ရှိ–မရှိကို လက်မနှင့် လက်ချောင်းများကြားတွင် ထားကာ ဖိပြီး ချေဖျက်ကြည့်နိုင်သည်။ ချေဖျက်၍ ကြေသွားလျှင်(သို့) မာခဲနေသော အတုံးများကို ဇကာစိတ်ဖြင့်ချ၍ ထုတ်ပယ်ပစ်ပြီး ကျန်ဘိလပ်မြေ အခြေအနေ ကောင်းသေးပါက ၎င်းကို အသုံးပြုရန် ခွင့်ပြုနိုင်သည်။

ချိန်တွယ်စပ်ခြင်း (batching)

တစ်ချက်တစ်ချက်စီတွင် ဘိလပ်မြေအိတ်များ၏ အလေးချိန်ညီညာမှု ရှိ–မရှိ နှင့်ပျမ်းမျှ အလေးချိန် မှန်ကန်မှုရှိ–မရှိကို စစ်ဆေးနိုင်ရန် တစ်အိတ်ချင်း၏ အလေးချိန်ကို ချိန်တွယ်သင့်သည်။ ASTM စံသတ်မှတ်ချက်များအရ တစ်အိတ်ချင်းစီ၏ အလေးချိန်သည် စံချိန်အလေးချိန် ဖြစ်သော အသားတင် ၉၄ ပေါင် ၏ အောက် ၅% ထိ ကျရောက်ခွင့်ပြုသည်။ သို့သော် ကြုံရာ ရွေးထားသော အိတ် ၅၀ ၏ ပျမ်းမျှအလေးချိန်သည် ၉၄ ပေါင် အောက်မကျရပါ။

များများစားစားလှောင်ထားသော ဘိလပ်မြေ (bulk cement) များကို အလေးချိန်ဖြင့်သာချိန်တွယ်သင့်ပြီးအမှားအယွင်းဖြစ်ခွင့် (tolerance) မှာ ၁% သာဖြစ်ပါသည်။ အလေးချိန်ဖြင့် ချိန်တွယ်ခြင်းဖြင့် ထုထည်ဖြင့်ချိန်တွယ်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်တတ်သောပြဿနာများကို အတော်ပင် ရှောင်ရှားနိုင်သည်။ ချိန်တွယ်သည့်ကိရိယာများ မှန်မမှန်ကို လုပ်ငန်းစစ်က မကြာခဏစစ်ဆေးသင့်သည်။ အလေးမပါဘဲ သုညအနေအထား ညှိခြင်း (zero-setting) ကိုပြုလုပ်သင့်သည်။ စမ်းသပ်အလေးတုံး (test weight) များသုံး၍လည်း ချိန်ခွင်ကတ္တားများ မှန်–မမှန်ကို လိုအပ်သည့်အခါ စစ်ဆေးသင့်သည်။

ရောစာများ
AGGREGATES

ယေဘုယျဆိုရလျှင် ရောစာများသည် သန့်ရှင်းရန်၊ မာရန် နှင့် တာရှည်ခံရန် လိုအပ်သည်။ ၎င်းပြင် အရွယ်အစားများကိုသတ်မှတ်ဘောင်အတွင်းဝင်အောင် ရောစပ်ထားရန်နှင့် ရွေးချယ်ထား

သည့်အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation) ကို တညီတညာတည်း ထိန်းသိမ်းထားရန် လည်း လိုအပ်ပါသည်။ အမျိုးမျိုးသော ကောင်းကျိုးမပေးသည့် ဝတ္ထုပစ္စည်းများကို ရာခိုင်နှုန်း အနည်းငယ် ထက် ပိုမပါစေရန် ဟန့်တားသင့်သည်။

နမူနာကောက်ယူခြင်း (sampling)

နမူနာများကို ပတ်လည်ရွေ့ရှားခါးပတ်ပြားများ (conveyor belts), လှောင်ကန်များ (bins), ကားများ၊ လှေများ ၊ အပုံများ (stockpiles) မှ ယူနိုင်သည်။ အများဆုံး ကိုယ်စားပြုသော နမူနာကိုရရှိရန် အကောင်းဆုံးနည်းမှာ conveyor belt မှကောက်ယူခြင်း ဖြစ်သည်။ သဲနမူနာ အတွက်ဆိုလျှင် ရွေ့လျားနေသော conveyor belt ပေါ်မှလက်ကိုင်ခွက် (scoop) ဖြင့်ခပ်၍ပုံး တစ်ပုံးထဲတွင်အပြည့်စုဆောင်းပြီးငင်းမှ စမ်းသပ်နမူနာ (test sample) ကို ရယူရမည်။ စမ်းသပ် ရန်အတွက် နမူနာယူသောအခါတွင် လေးပိုင်းပိုင်း၍ ရှာသည့် နည်းလမ်း (quartering method) ဖြင့် ရယူနိုင်သည်။ ရောစာကြီးအတွက် နမူနာကို conveyor belt မှယူပါက ၄င်းကို ရပ်တန့်၍ယူမှ သာ သင့်တော်သော နမူနာကိုရနိုင်သည်။ လက်တွေ့မဖြစ်နိုင်ပါကလျှော (chute) (သို့) လှောင်ကန် ဂိတ်ဝ (bin gate) မှယူနိုင်သည်။ ကုဗထုထည် တော်တော်များများယူပြီး ၄င်းမှလေးပိုင်းပိုင်းသည့် နည်းလမ်းဖြင့်နမူနာကို ရရှိနိုင်ပါသည်။ သဲများစမ်းသပ်ရန်အတွက် နမူနာယူလျှင် စိုနေသော အနေ အထားရှိသဲကိုယူ၍စမ်းသပ်သင့်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော်ခြောက်သွေ့နေသောသဲသည်အရွယ် အစားအလိုက်ကွဲသွားခြင်း (segregation) ဖြစ်တတ်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။ သဲပုံမှ စမ်းသပ်နမူနာ သဲကိုယူရာတွင်လည်း အပေါ် ယံ မျက်နှာပြင်နားမှ မယူဘဲ နမူနာယူပြွန်(sampling tube) ကိုအသုံး ပြု၍ နေရာများစွာမှ ယူခြင်းကပို၍ သင့်တော် ပါသည်။ သဲတွင်ပါဝင်သော အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု (moisture content) ကိုစမ်းသပ်မည်ဆိုလျှင် စိုစွတ်နေသောသဲထဲရှိ အစိုဓါတ်သည် နာရီ အနည်းငယ် ကြာသောအခါ အောက်ခြေဘက်တွင် စုသွားတတ်သည် ဆိုသည့်အချက်ကို ထည့်သွင်း စဉ်းစား သင့်သည်။

နှစ်မျိုး (သို့) နှစ်မျိုးထက်ပိုသော သဲများ (သို့) ရောစာကြီးများကို သီးခြားစီချိန်တွယ် ပြီးမှ ရောစပ်ရန်ရှိပါက အဆိုပါသဲ (သို့) ရောစာကြီးများကို သီးခြားစီနမူနာယူ၍ စမ်းသပ်ပြီး ရရှိသောရလဒ်များကို အခြေခံကာ တွက်ချက်ယူခြင်းအားဖြင့် မိမိရောစပ်လိုသည့် အရောတွင် ပါဝင်မည့် အချိုးအစားများကို ရရှိနိုင်သည်။ မိမိရရှိလိုသည့် အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံကို ရသည်အထိ အချိုးအစားကို လိုအပ်သလို ညှိယူသွားရမည်ဖြစ်ပါသည်။ နမူနာအရွယ်အစားသည် စမ်းသပ်မှုအမျိုးအစား နှင့် အရေအတွက်ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် သဲနမူနာသည်

ပေါင် ၂၀ ထက်မနည်းစေသင့်ပါ။ ထို့အတူ အကြီးဆုံးအရွယ်အစား (max. size) ၁½ လက်မ ရှိ ရောစာကြီး နမူနာသည်လည်း ပေါင် ၅၀ ထက်မနည်းသင့်ပါ။

Quartering Method ခေါ် လေးပိုင်းပိုင်းသည့် နည်းလမ်းတွင် ရောစာကိုသန့်ရှင်း ညီညာသောမျက်နှာပြင်တစ်ခုပေါ်တွင် တင်၍ သေချာနှံ့စပ်အောင် ရောစပ်ပါ။ ၎င်းနောက် အလယ်တွင် ကတော့ပုံသဏ္ဌာန် စုပုံပါ။ ပြီးလျှင် ၎င်းအပုံကိုပြားပြားဖြန့်၍ သံလက် (သို့) ဂေါ်ပြားဖြင့် လေးပိုင်းပိုင်းလိုက်ပါ။ ပြီးလျှင် မျက်နှာချင်းဆိုင် အပိုင်းနှစ်ပိုင်းကို ပယ်လိုက်ပါ။ ကျန်နှစ်ပိုင်းကို တဖန်ပြန်လည်ရောစပ်ပြီး နမူနာအရွယ်အစားကို ပို၍သေးစေလိုပါက အထက် ဖော်ပြပါ နည်းလမ်းအတိုင်း ဆက်လက်ဆောင်ရွက်ပါ။ Quartering တစ်ကြိမ်ပြီးတိုင်း နမူနာ၏ အရွယ်အစားသည် တစ်ဝက်ခန့် သေးငယ်သွားပါမည်။

ထည့်စရာ (container) ပေါ်တွင် နမူနာများကို အမျိုးအမည် ခွဲခြားဖော်ပြ သင့်သည်။ နေ့စွဲ ၊ ရောစာအမျိုးအစား ၊ နမူနာက ကိုယ်စားပြုသော မူလရောစာ၏ ပမာဏ ၊ နမူနာယူသော နေရာနှင့်အခြားအခြေအနေများ ၊ စမ်းသပ်ရခြင်း အကြောင်းရင်း နှင့် စမ်းသပ်မှု အမျိုးအမည် စသည့် သတင်းအချက်များကိုပါ ပေးသင့်သည်။

အဓိကစမ်းသပ်မှုများ (principal tests)

အဓိကအားဖြင့် ကွန်ကရစ်စမ်းသပ်ခြင်းနှင့် ပတ်သက်နေသည့် အထွေထွေရောစာစမ်းသပ်နည်း (၃)မျိုးရှိပါသည်။

(၁) ကနဦးအဆင့်ဓါတ်ခွဲခန်းစမ်းသပ်မှုများဖြင့်ရောစာကို သင့်တော်မှုရှိ–မရှိ စမ်းသပ်ပြီး လက်ခံသင့်–မသင့် ဆုံးဖြတ်ရန်ဖြစ်သည် (initial laboratory acceptance tests)။ အရွယ်အစားများရောစပ်ပါဝင်ပုံ ၊ သန့်ရှင်းမှု (နုံး ၊ သတ္တုဝါအညစ်အကြေး ၊ သစ်ဆွေး စသည်တို့ ပါဝင်မှု အတိုင်းအတာ)၊ ခံနိုင်ရည်အား၊ တာရှည်ခံနိုင်မှု၊ အချို့ကိစ္စများတွင် ပွတ်တိုက်မှုခံနိုင်ရည် ၊ ပြင်ပ ဝတ္ထုပစ္စည်းများ နှင့် ပါဝင်ဖွဲ့စည်းပုံ စသည်တို့ ပါဝင်သည်။

(၂) သဘောတူလက်ခံပြီး နမူနာများကို ဒုတိယအဆင့် ဓါတ်ခွဲခန်းစမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည် (secondary laboratory tests)။ ဤဓါတ်ခွဲခန်း စမ်းသပ်မှုများသည် ရောစာ နမူနာများ၏ ရုပ်ပိုင်းဆိုင်ရာဂုဏ်သတ္တိများ (physical properties) ကို စမ်းသပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ၎င်းတွင် ရေစုပ်ယူခြင်း (absorption)၊ သိပ်သည်းဆ (specific

gravity)၊ တစ်ယူနစ်အလေးချိန် (unit weight)၊ လေခိုပေါက်များ ပမာဏ (voids) နှင့် ပွခြင်း (bulking) တို့ပါဝင်သည်။

(၃) ဒုတိယအဆင့် လက်ခံရန်နှင့် ထိန်းချုပ်ရန် အတွက် လုပ်ငန်းခွင် စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည် (field tests for secondary acceptance and control) ။ ၎င်းတွင် ရောစာ၏ အရွယ်အစား ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (gradation) ၊ သန့်ရှင်းမှု ၊ အစိုဓါတ် ပါဝင်မှု နှင့် တစ်ယူနစ် အလေးချိန် စသည်တို့ ပါဝင်သည်။

အရွယ်အစားများရောစပ်ပါဝင်ပုံကိုစမ်းသပ်ခြင်း (test for grading)

ရောစာတစ်ခုချင်းအား ဇကာချခွဲခြမ်းခြင်း (sieve analysis) ပြီးနောက် အရွယ်အစားများကို အချိုးအစားတစ်ခုဖြင့် ပေါင်းစပ်လိုက်သောအခါ မိမိလိုချင်သည့် အရွယ်အစားများရောစပ်ပါဝင်ပုံနှင့် အနီးစပ်ဆုံး ရရှိစေရန်ဖြစ်သည်။ စံသတ်မှတ်ထားသော စမ်းသပ်ပုံနည်းစဉ် (standard test procedure) ကို ASTM C 136 တွင် ဖော်ပြထားသည်။

ဇကာချ ခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာရန်အတွက် သဲနမူနာယူရာတွင် ၎င်းသဲနမူနာသည် ခြောက်သွေ့ပြီး အနေတွင် အလေးချိန် ၁ ပေါင်ခန့် ရှိသင့်သည်။ ရောစာကြီးနမူနာယူရာတွင်လည်း ရောစာ၏ အကြီးဆုံး အရွယ်အစား(လက်မ)၏ အဆနှစ်ဆယ်ခန့်ရှိသော အလေးချိန်(ပေါင်)ကိုစမ်းသပ်သင့်သည်။ဥပမာအားဖြင့်ရောစာ၏အကြီးဆုံးအရွယ်အစားသည် ½ လက်မဖြစ်ခဲ့လျှင် ½ × ၂၀ = ၁၀ ပေါင် ခန့်ယူရမည်။ ဇကာချ ခွဲခြမ်းရာတွင် ရောစာကြီးများသည် ခြောက်သွေ့ နေရန်မလိုအပ်ပါ ၊ ရောစာ၏ အကြီးဆုံးအရွယ်အစား $\frac{၁}{၂}$ လက်မထက် မငယ်ခဲ့လျှင် အစိုဓါတ် အနည်းငယ်ပါဝင်သော်လည်း ရလဒ်ကိုမထိခိုက်စေနိုင်ပါ။ ဇကာချရာတွင် စံသတ်မှတ်ထားသည့်ဇကာတဲ့ကိုသုံးသင့်ပါသည်။ ရောစာများဇကာချသောအခါတွင်လည်း ဇကာအားအထက်အောက်ရော ဘေးတိုက်ပါ ပေါင်းစပ်၍ လှုပ်ခါပေးရန် လိုအပ်သည်။

Fineness Modulus (FM) သည် အညွှန်းကိန်းဂဏန်း တစ်ခုဖြစ်သည်။ ၎င်းသည် ပေးထားသော ရောစာတစ်ခု၏ ပျမ်းမျှ အရွယ်အစားနှင့် အကြမ်းအားဖြင့် အချိုးကျသည်ဟု ဆိုနိုင်သည်။ FM တန်ဘိုးကြီး လေလေ ရောစာ ၏ အရွယ်အစား ကြီးလေလေ ဟုဆိုနိုင်သည်။

FM ကိုတွက်ချက်ရာတွင် အမေရိကန်စံချိန် သတ်မှတ်ထားသည့် ဇကာအသီးသီးဖြင့် ပေးထားသောရောစာကို ဇကာချ၍ ရလာသောအဖြေမှဇကာအရွယ်အစားတစ်ခုချင်းအတွက် ၎င်းထက်

ပိုကြီးသော စုစုပေါင်းရာခိုင်နှုန်း (cumulative percentages coarser) များအားလုံးကိုပေါင်းပြီး ၁၀၀ ဖြင့် စားခြင်းဖြင့် တွက်ယူရရှိနိုင်သည်။

Table 5 Typical computations of fineness modulus

Sr.	Sieve (US)	Percentage Coarser		
		Sand	Coarse Agg.	* Mixture, 40% Sand and 60% Coarse Agg.
1	3 in.	-	0	0
2	$1\frac{1}{2}$ in.	-	3	2
3	$\frac{3}{4}$ in.	-	49	29
4	$\frac{3}{8}$ in.	0	77	46
5	# 4 ($\frac{3}{16}$ in.)	4	96	59
6	# 8 ($\frac{3}{32}$ in.)	15	100	66
7	# 16 ($\frac{3}{64}$ in.)	37	100	75
8	# 30 ($\frac{3}{128}$ in.)	62	100	85
9	# 50 ($\frac{3}{256}$ in.)	85	100	94
10	# 100 ($\frac{3}{512}$ in.)	98	100	99
Total		301	725	555
Fineness Modulus		3.01	7.25	55.55

* ၀.၄၀ × % of sand plus ၀.၆၀ × % of coarse aggregate

စံဇကာနံပါတ်နှင့် အရွယ်အစားများမှာ ၃ လက်မ ၊ ၁$\frac{၁}{၂}$ လက်မ ၊ $\frac{၃}{၄}$ လက်မ ၊ $\frac{၃}{၈}$ လက်မ ၊ No.4 , No.8 , No.16 , No.30 , No. 50 နှင့် No.100 တို့ဖြစ်ကြသည်။ FM သည်

ရောစာတစ်ခု၏ grading ကို မညွှန်ပြနိုင်သော်လည်း ရောစာ တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အကြီးအသေးကို ချိုင်းယှဉ်ရာ၌ အသုံးဝင်သည်။

အချို့ စံသတ်မှတ်ချက်များအရ လာပို့သောပစ္စည်းမှ နမူနာယူ စမ်းသပ်စစ်ဆေး၍ ရရှိသော FM တန်ဘိုးသည် ပထမ အကြိမ် ကိုယ်စားပြုစမ်းသပ် လက်ခံယူထားသည့် FM တန်ဘိုးနှင့် ယှဉ်လျှင် ၀.၂ ထက် အပိုအလိုမရှိစေရပါ။

ရောစာအပုံများနှင့် သိုလှောင်ကန်များ အတွင်းတွင်ရှိသော အထူးသဖြင့် ရောစာကြီးများ သည် သိသာစွာပြောင်းလဲနိုင်သည်ကို အသိအမှတ်ပြုရမည်။ ထိုကြောင့်တစ်ကြိမ်တည်းပြုလုပ် သောမည်သည့်စမ်းသပ်မှုမဆိုအရေးပါမှုတွင်အကန့်အသတ်ရှိသည်။ သို့ဖြစ်ရာ အသစ်စမ်းသပ်ရာမှရ သော အဖြေတိုင်းကိုရင်းမတိုင်မီကပ်၍ စမ်းသပ်သည့်အဖြေ အနည်းဆုံးနှစ်ခုနှင့်ပေါင်း၍ ၃ ခု၏ ပျမ်းမျှကိုယူပြီးမှ အဆုံးအဖြတ် တစ်ခုကိုချသင့်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် အလယ်အလတ်တန်း အရွယ်ရှိသည့် လုပ်ငန်းခွင်တစ်ခုတွင်ဇကာချခွဲခြမ်းခြင်း (sieve analysis) ကိုတစ်နေ့လျှင် တစ်ကြိမ်၊ နှစ်ကြိမ် လုပ်လေ့လုပ်ထရှိသည်။ သို့မဟုတ် grading အပြောင်းအလဲရှိသည်ဟု ယူဆရသည့် အခါတိုင်း လုပ်ရသည်။

နုံးပါဝင်မှုကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း (test for silt)

ရောစာအများစုတွင် တွယ်ကပ်နေသော အလွန်အကျွံသေးနုပ်သည့် ပစ္စည်း (ရွှံ့ ၊ နုံး ၊ ဖုံ) များကြောင့် ရောစပ်ရမည့်ရေပမာဏပိုများလာသည်။ ၎င်းတို့သည်ကွန်ကရစ်၏ မျက်နှာပြင်ပေါ် သို့ တက်လာပြီး ခြောက်သွေ့လာစဉ်တွင် ကျုံ့သောကြောင့် မျက်နှာပြင်အက်ကွဲကြောင်းများကို ဖြစ်ပေါ်စေသည်။ ထို့အပြင် ၎င်းသည် ရောစာနှင့်ဘိလပ်မြေ အနှစ် (paste) တို့ကြားတွင် ရှိနေသည့် တွယ်ကပ်မှု (bond) ကို နှောင့်ယှက်နိုင်သည်။ စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) က ပစ္စည်းများတွင် တွယ်ကပ်နေသည့်နုံး၏ ပါဝင်နိုင်မှုကို ရာခိုင်နှုန်း အနည်းငယ်ထိသာ ကန့်သတ်ပေးကြသည်။ # 200 ဇကာထက် သေးနုတ်သည့် အမှုန်များကို အနီးစပ်ဆုံးနုံးပါဝင်မှု အဖြစ် မှတ်ယူကြသည်။ ASTM C 117 ၏စမ်းသပ်ချက်အရ #16 ဇကာနှင့် # 200 ဇကာနှစ်ချပ်အား ထပ်ထားပြီးအပေါ်တွင်ခြောက်သွေ့ပြီး အလေးချိန် ချိန်တွယ် မှတ်သား ထားသည့် ရောစာ နမူနာကို ထည့်ရမည်။ ၎င်းနောက် အဆိုပါ ရောစာနမူနာအား ရေဖြင့်ဆေးချပြီး သန့်စင်ပစ်ရမည်။ ထိုအခါ ပါဝင်သောနုံးများသည်ဇကာကိုဖြတ်၍ အောက်သို့ကျလာမည်။ ပြီးလျှင် အဆိုပါသန့်စင်ရေဆေးချ

ပြီး ရောစာများကို အခြောက်ခံ၍ ပြန်လည်ချိန်တွယ်ကာ မူလချိန်ထားခဲ့သော ရောစာ အလေးချိန်နှင့်နှိုင်းယှဉ်၍ နုံးရာခိုင်နှုန်းကို တွက်ချက် ဖော်ပြနိုင်သည်။

သဲတွင်ပါဝင်သော နုံးများ၏ အနီးစပ်ဆုံး ပါဝင်မှုပမာဏကို သိရှိနိုင်ရန်အနည်ထိုင် စမ်းသပ်နည်း (sedimentation test) ကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် မကြာခဏစမ်းသပ် အသုံးပြုကြသည်။

၎င်းစမ်းသပ်နည်းအရ ထွင်းဖောက်၍မြင်နိုင်ပြီး အစိတ်များစိတ်ထားသည့် ၃၂ အောင်စ ဆန့်သော သန့်ရှင်းသည့် ဖန်ခွက်(သို့) ပုလင်း အတွင်းသို့ စမ်းသပ်မည့်သဲအား တစ်ဝက်ခန့် ထည့်ရမည်။ ပြီးလျှင်သန့်စင်သောရေကို ၎င်းခွက်အတွင်းသို့ ထည့်ရမည်။ ရေမျက်နှာပြင်သည် ရေမြုပ်နေသောသဲ၏ နှစ်ဆခန့်ရောက်သည့်အထိ ရေကိုထည့်ပေးရမည်။ ၎င်းနောက် ခွက်အား ပြင်းစွာလှုပ်ပေးရမည်။ ၎င်းနောက် သဲတွင်ပါဝင်သော နုံးများအနည်ထိုင်စေရန် တစ်နာရီခန့် ငြိမ်သက်စွာထားပေးရမည်။ တစ်နာရီပြည့်သောအခါ သဲမျက်နှာပြင်အပေါ်ရှိ နုံး၏ပါဝင်မှုကို တိုင်းထွာရမည်။

သဲတွင်ပါဝင်သော နုံးပမာဏသည် ခွင့်ပြုပမာဏထက်များပါက ပိုပြီးတိကျသော နည်းစနစ်ဖြင့် နုံးပါဝင်မှုကို ရှာဖွေသင့်သည်။ အကြမ်းအားဖြင့် သဲတွင်ပါဝင်သော နုံးပမာဏသည် ထုထည်အားဖြင့် ၂ % ရှိလျှင် အလေးချိန်အားဖြင့် ၁% ခန့် ရှိသည်ဟု မှတ်ယူနိုင်သည်။

သဲတွင်ပါဝင်သည့် နုံးပမာဏစမ်းသပ်ချက်ကို ပုံမှန်လုပ်ရိုးလုပ်စဉ် တစ်ခုအနေဖြင့် တစ်နေ့လျှင် တစ်ကြိမ်နှုန်း စမ်းသပ်သင့်သည်။

သဲ၏အော်ဂဲနစ် အညစ်အကြေး ပါဝင်မှုကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း

(test for organic impurities in sand)

သဲတွင်ပါသော အော်ဂဲနစ်အညစ်အကြေးအနည်းငယ်သည်ပင် ကွန်ကရစ်၏ မာကြောခြင်းဖြစ်စဉ်ကို နှောင့်နှေး (သို့) ဟန့်တားနိုင်ပြီး ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား ကိုများစွာ ထိခိုက်စေနိုင်ပါသည်။သဲတွင်ပါသောအော်ဂဲနစ် အညစ်အကြေးသည် များသောအားဖြင့် သစ်ပင်၊သစ်ရွက်များ ဆွေးမြေ့ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော အညစ်အကြေးများဖြစ်သည်။ ၎င်းပါဝင်မှု ရှိ–မရှိနှင့် ၎င်းပါဝင်မှုပမာဏအား ခန့်မှန်းခြေ ရှာဖွေရန် ASTM က စမ်းသပ်နည်းတစ်ခု ဖြစ်သည့် colorimetric test ကို ဖော်ပြထားသည်။ ၎င်းနည်းလမ်းအား ASTM C 40 တွင် အသေးစိတ်တွေ့ရှိ နိုင်ပါသည်။

အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုနှင့် ရေစုပ်ယူမှုကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်းများ

(tests for moisture and absorption)

ရောစာ၏ အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုနှင့် ရေစုပ်ယူမှုကို အောက်ပါကိစ္စများအတွက် စမ်းသပ်ရှာဖွေရသည်။

(၁) ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှုတစ်ခုတွင်ကျောက်ကစုပ်ယူလိုက်သောရေပမာဏကိုရှာဖွေရန် (သို့)ကျောက်မှ ရေမည်မျှ ကွန်ကရစ်ထဲ ပါသွားသည်ကို ရှာဖွေရန် ၊ သဲတွင်ပါဝင်သောအစိုဓါတ်ပါဝင်မှု ၁% ကွာခဲ့လျှင် ၎င်းကိုပြန်မညှိယူပါကကွန်ကရစ်၏ အအိ (slump) သည် ၁½ လက်မထိ ကျနိုင်သည်။ ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား (strength) ကိုလည်း ၃၀၀ psi ထိ ထိခိုက်နိုင်သည်။

(၂) ရောစာကို အလေးချိန်အားဖြင့် ချိန်တွယ်ရောစပ်ရသော ကိစ္စများတွင် အစပ် (batch)ထဲတွင်ချိန်တွယ်ထည့်ရမည့် equivalent dry (သို့)SSD အခြေအနေ ရောစာ၏အလေးချိန်များကို ရရှိစေရန် ရောစာ၏ အလေးချိန်များကို အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုနှင့် ရေစုပ်ယူမှုများ အတွက် အတိုးအလျှော့လုပ်ညှိပေးရန် လိုအပ်သည်။

ရောစာများတွင် အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုနှင့် ပတ်သက်၍ အောက်ဖေါ်ပြပါ အခြေအနေ များထဲမှ တစ်မျိုးမျိုးနှင့် အကျုံးဝင်မည်ဖြစ်ပါသည်။

(က) Oven ထဲတွင် ထည့်၍အခြောက်ခံသည့် အခြေအနေ (oven-dry) ၊ ရေအပြည့်အဝ စုပ်ယူနိုင် သော အနေအထား။

(ခ) လေဖြင့် အခြောက်ခံသည့်အခြေအနေ (air-dry) ၊ မျက်နှာပြင်ခြောက်သွေ့၍ အတွင်းပိုင်းတွင်ရေအသင့်အတင့်ရှိနေသည်။ အတော်အသင့်ရေစုပ်ယူနိုင်သော အနေအထား။

(ဂ) မျက်နှာပြင်ခြောက်သွေ့၍ အတွင်းပိုင်းတွင် အစိုဓါတ်ဖြင့် ပြည့်ဝနေသော အခြေအနေ (SSD)၊ ရေစုပ်ယူမှုလည်းမရှိ ပိုနေသော ရေလည်းမရှိသော အနေအထား။

(ဃ) မျက်နှာပြင် တွင် ရေပိုရှိနေသော အခြေအနေ (damp or wet) ။

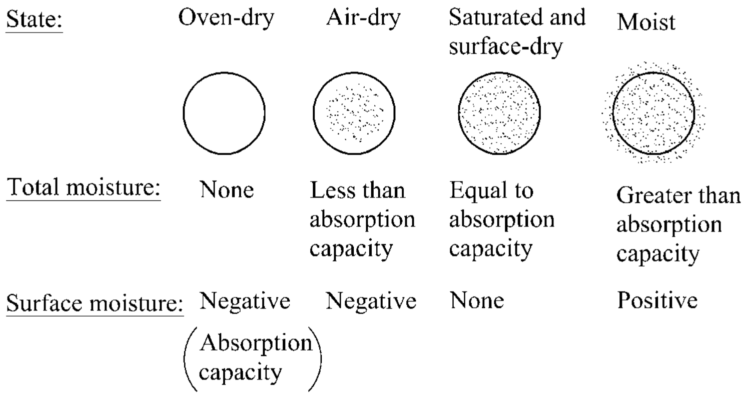

Fig. 7 Range of moisture content in aggregates

တွက်ချက်မှုများကို ပြုလုပ်ရာတွင် SSD ကို အခြေခံ၍ တွက်သင့်သည်။ လက်တွေ့ ဆောက်လုပ်ရေး (construction) ပြုလုပ်ရာ၌မူရောစာများအား ဤအခြေအနေတွင် တွေ့ရှိရန် မလွယ်ကူပေ။ သို့သော် တွက်ချက် ခြင်းဖြင့် လွယ်ကူစွာပြောင်းလဲယူနိုင်သည်။ စိုစွတ်သော ရောစာ (သို့) ခြောက်သွေ့သော ရောစာများမှရသည့် အလေးချိန်များကိုတူညီသည့် SSD အခြေအနေ ရောစာ အလေးချိန်သို့ ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ စုစုပေါင်း အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု (total moisture content) နှင့် ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်း (absorption capacity)တို့ကို သိရန်သာလိုအပ်သည်။

Surface or free moisture = Total moisture – Absorption capacity

စမ်းသပ်ခန်းထဲတွင် အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု နှင့် ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်းတို့ကို ရှာဖွေနိုင်သည့် စမ်းသပ်မှု များစွာရှိပါသည် (ASTM C 127၊ C 128 နှင့် C 70) ။

စမ်းသပ်ခန်းတွင် ၀.၁% အထိ မှန်ကန်သော အဖြေကိုရရှိနိုင်သည့် တိကျသော တိုင်းတာမှု မျိုးပြုလုပ်သင့်သည်။ ရာခိုင်နှုန်းများပေးသောအခါတွင် oven dry နှင့် air dry အခြေအနေထက် SSD အခြေအနေကို အခြေခံပြီး ပေးသင့်ပါသည်။ လုပ်ငန်းခွင်တွင် သဲထဲ၌ ပါဝင်သော အစိုဓါတ် အား ရှာဖွေသောအခါ တိကျမှုအတွက် အနုစိတ်ခြင်းထက် မြန်မြန်ဆန်ဆန် အဖြေရခြင်းက ပို၍ အရေးကြီးသည်။အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု အပြောင်းအလဲနှင့်ပတ်သက်သည့် သတင်းအချက် အလက် များကို အချိန်မီ မရရှိသဖြင့် လိုအပ်သည့် အလျှော့အတင်းညှိမှု မလုပ်လိုက်ရပါက ရည်ရွယ်ချက် အောင်မြင်မည် မဟုတ်ပေ။ သဲတွင် ပါဝင်သော အစိုဓါတ်ကို ပြသသည့် လျှပ်စစ်တိုင်းထွာရေး ပစ္စည်းများရှိပါသည်။ ၎င်းပစ္စည်းများကို သုံးခြင်းအားဖြင့် သဲထဲ၌ပါဝင်သော တော်တော်တန်တန်

များသည့် အစိုဓါတ် အပြောင်းအလဲကို ချက်ချင်း သိရှိနိုင်ပါသည်။ သို့သော် စမ်းသပ်ခန်းတွင် ပြုလုပ်သော တိုင်းတာမှုလောက် မတိကျနိုင်ပေ။

ရေစုပ်ယူမှု (absorption) - ရောစာ၏ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်း (absorption capacity) သည် သာမန် ရောစာများတွင် ရောစာအလေးချိန်၏ ၁% သို့မဟုတ် ၄င်းထက်နည်းသည်။ တည်ဆောက်ရေး လုပ်ငန်းငယ်များတွင် ရောစာများမှ ရေစုပ်ယူမှုတန်ဘိုးအား ခန့်မှန်းယူတတ်ကြသည်။ သို့သော် အသေအချာ အရည်အသွေးထိန်းကျောင်းရမည် ဆိုပါက ရေစုပ်ယူမှုကို မှန်ကန်စွာ ရှာဖွေရမည်။

ရောစာကြီးများ၏ အစိုဓါတ်အား ASTM C 127 ကိုမှီငြမ်းပြီး ရှာဖွေနိုင်သည်။ တိုက်ရိုက် ရှာဖွေသည့် နည်းလမ်းကိုလည်း သုံးနိုင်သည်။ ၄င်းတွင်စိုစွတ်သည့် ရောစာနမူနာအား ယူ၍ SSD အခြေအနေသို့ပြောင်းပါ။ ၎င်းရောစာအား အလေးချိန်ချိန်ပြီး မှတ်သားပါ။ SSD အခြေ အနေရှိသော ရောစာအားအပူဖြင့် ခြောက်သွေ့သော အနေအထားအထိ ပြောင်းလဲပါ။ ပြောင်းလဲ ပြီးသောရောစာအားထပ်၍ အလေးချိန်ချိန်ပါ။ ခြောက်သွေ့သောရောစာအား ချိန်တွယ် အပြီးတွင် တွေ့ရှိရသည့် ဆုံးရှုံးသွားသောရေပမာဏသည်ရောစာကစုပ်ယူနိုင်သော ရေပမာဏပင်ဖြစ်သည်။ SSD အခြေအနေကိုရရှိရန် စိုစွတ်သော ရောစာများအား ရေစုပ်ယူနိုင်သောအဝတ်ဖြင့် သုတ်ယူခြင်းဖြင့် ရရှိနိုင်သည်။ သို့မဟုတ် စိုစွတ်သောရောစာအားမဲညစ်သောအရောင်အသွေးမှ ဖျော့သည့် အရောင်အသွေးရောက်သည့်တိုင်အောင်လေဖြင့်အခြောက်ခံထားခြင်းဖြင့်လည်းရရှိနိုင်ပါသည်။

ရောစာသေး (fine aggregate) အတွက် ASTM C 128 (သို့မဟုတ်) အောက်ပါနည်း အတိုင်း ရေစုပ်ယူမှုကို စမ်းသပ်ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။

စိုစွတ်သော ရောစာနမူနာကိုယူ၍ SSD အခြေအနေသို့ပြောင်းပါ။၎င်းရောစာ၏ အလေး ချိန်ကို ချိန်တွယ်ပါ။ ၎င်းနောက်ရောစာကို အခြောက်ခံသေတ္တာ (oven) ဖြင့်အခြောက်ခံပါ။ ပြီး နောက် အလေးချိန်ပြန်လည်ချိန်တွယ်ပါ။ SSD အခြေအနေ ရောက်–မရောက်ကို ASTM C 128 ပါ cone test ဖြင့် ဆုံးဖြတ်နိုင်သည်။

စိုစွတ်နေသောသဲကိုကတော့ပြတ်သဏ္ဍာန်ပုံစံခွက် (conical mold) ထဲတွင်ထည့်၍အချင်း ၁လက်မ ရှိပြီးအလေးချိန် ၁၂ အောင်စ လေးကာ ထိပ်ဝပြားနေသော ထောင်းတံဖြင့် ထောင်း၍ ပုံစံသွင်း (mold) ရမည်။ အစိုဓါတ်ပါဝင်နေပါကစံပုံစံခွက် (mold) ကို မလိုက်သောအခါ၎င်းသဲ သည် မူလပုံစံ အတိုင်းရှိနေမည်။ ၎င်းသဲကို နောက်ထပ်အခြောက်ခံ၍ အထက်ပါအတိုင်း ပြန်လည် စမ်းသပ်ရမည်။ ပုံစံစတင်ပျက်သည့် အခြေအနေရောက်သည့်တိုင်အောင် ထပ်တလဲလဲ အခြောက်

ခံလိုက် စမ်းသပ်လိုက်ပြုလုပ်ရမည်။ ပုံစံစပျက်သည့် အခြေအနေကို SSD အခြေအနေဟု မှတ်ယူနိုင်သည်။

အစိုဓါတ် (moisture)

ရောစာသေး၏ မျက်နှာပြင်အစိုဓါတ်ကို Chapman flask ဖြင့် ASTM C 70 ကို သုံး၍ ရှာဖွေနိုင်သည်။ ရောစာသေး (သို့မဟုတ်) ရောစာကြီးများ၏ မျက်နှာပြင်အစိုဓါတ်အား "စိုစွတ်သော ရောစာနမူနာအား အလေးချိန်ချိန်တွယ်ခြင်း ၊ SSD အခြေအနေရောက်အောင် လေဖြင့်အခြောက်ခံခြင်း နှင့် ပြန်လည် ချိန်တွယ်ခြင်း နည်းလမ်း" ဖြင့် တိုက်ရိုက်ရှာဖွေနိုင်သည်။

ပို၍မြန်ဆန်သောနည်းလမ်းမှာ စိုစွတ်သော ရောစာနမူနာအား အလေးချိန်ချိန်တွယ်ပြီး လျှင်အပူပေးခြင်းဖြင့် ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ပြီး ပြန်လည်ချိန်တွယ်ပါ။ လျော့သွားသော အလေးချိန်ကို မှတ်သားပါ။ လျော့သွားသောအလေးချိန်သည် ရောစာများထဲရှိ စုစုပေါင်း အစိုဓါတ် (total moisture) ဖြစ်သည်။ ၎င်းတန်ဘိုးထဲမှ ရောစာ၏ ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်းကို နှုတ်လိုက်လျှင် မျက်နှာပြင်ရေ (surface moisture) ကို ရရှိသည်။ ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်းကိုမူ ကြိုတင်သိထားရမည် ဖြစ်သည်။ အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုကို ကြိမ်နှုန်းမည်မျှလုပ်ရမည် ဆိုသည်မှာ ပစ္စည်း၏ သမမှုပေါ်တွင် မူတည်သည်။ သာမာန် အားဖြင့် တနေ့တွင် စမ်းသပ်မှု နှစ်ကြိမ် ပြုလုပ်သင့်သည်။ သိသိသာသာ ပြောင်းလဲမှုရှိလျှင် နောက်ထပ် စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်သင့်သည်။

သိပ်သည်းဆကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်းများ (tests for specific gravity)

ပေးထားသော ရောစာ၏အလေးချိန်မှ ရောစာအသားထုထည် (solid volume) သို့ ပြောင်းပြီး ကွန်ကရစ်၏ အထွက်နှုန်း (yield) ကို တွက်ရာ၌ အသုံးပြုရန် (သို့မဟုတ်) ရောစာ၏ အသားထုထည် (solid volume) မှ အလေးချိန်သို့ ပြောင်းလဲရာ၌ အသုံးပြုရန်အတွက် သိပ်သည်းဆကို ရှာဖွေရန် လိုအပ်ပါသည်။ ရောစာအများစု၏ သိပ်သည်းဆသည် အနီးစပ်ဆုံး တန်ဘိုး ၂.၆၅ ဖြစ်သော်လည်း ထုံးကျောက်၏ သိပ်သည်းဆသည် ၂.၅ သို့မဟုတ် ၂.၅ ထက် နည်းသည်။ ရောစာများ၏ သိပ်သည်းဆကို တစ်ပတ်လျှင်တစ်ခါ လုပ်ရိုးလုပ်စဉ်အနေဖြင့် ရှာဖွေရမည်။ ရောစာကြီး၏ သိပ်သည်းဆ ကို ASTM C 127 ဖြင့် ရှာဖွေနိုင်သည်။ ASTM C 127 တွင် SSD အခြေအနေရှိသော ရောစာနမူနာကို လေထဲတွင်ချိန်ပါ။ ၎င်းနမူနာအား ဝိုင်ယာကြိုး

(wire) ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသောအပေါက်များပါသည့်ခြင်းထဲတွင်ထည့်ပြီး ချိန်ခွင်နှင့်ချိတ်ဆွဲကာ ရေထဲတွင်နှစ်မြှုပ်ထားသည့် အနေအထားတွင် အလေးချိန်ချိန်ပါ။ ထို့နောက် ၎င်းရောစာများအား အပူပေး၍ အခြောက်ခံပြီး ပြန်ချိန်ပါ။ ရောစာကြီးအတွက်ယူသည့် နမူနာပမာဏသည် အလေးချိန် အားဖြင့် အကြီးဆုံး ရောစာအရွယ်အစား (လက်မ) ၏ ၁၀ ဆ (ပေါင်) အနည်းဆုံး ရှိရမည်။ ဥပမာ – ½လက်မ maximum size ရှိသော ရောစာအတွက် လိုအပ်သော နမူနာယူရမည့် အလေးချိန်သည် အနည်းဆုံး ၅ ပေါင် ဖြစ်သည်။

$$\text{SSD s.g.} = \frac{S}{S - I}$$

$$\text{OVEN- DRY s.g.} = \frac{D}{S - I}$$

၎င်းတွင် S = SSD weight of sample

I = immersed weight of sample

D = oven-dry weight of sample ဖြစ်ပါသည်။

ရောစာသေး၏ သိပ်သည်းဆ ရှာဖွေခြင်းကို ASTM C 128 တွင်တွေ့ရှိနိုင်သည်။ အလေးချိန်သိထားပြီးဖြစ်သည့်ရောစာသေးများကြောင့် ရေပမာဏမည်မျှ ဖယ်ရှားခံရသည်ဆိုသည့် စမ်းသပ်မှုကို အမှတ်အသားများပြုလုပ်ထားသည့် flask ဖြင့် စမ်းသပ်နိုင်သည်။ SSD အခြေအနေ ရှိ အလေးချိန်သိရှိပြီး ရောစာသေး နမူနာကိုယူ၍အမှတ်အသားပါသော flask ထဲထည့်ပါ။ ဖယ်ရှား လိုက်သော ရေပမာဏကို တိုင်းထွာမှတ်သားပါ။ ရောစာကို အပူပေးခြင်းဖြင့် ခြောက်သွေ့အောင် ပြုလုပ်ပြီးအလေးချိန်ချိန်ပါ။ ၎င်းနောက်သိပ်သည်းဆကို တွက်ယူပါ။ ရောစာသေး၏သိပ်သည်းဆ ကိုရှာမည့် နောက်တစ်နည်းမှာ ရောစာကို လေထဲတွင် အလေးချိန် ချိန်ပါ။ ၎င်းနောက် ရောစာကြီး အတွက် ရေထဲတွင် အလေးချိန်ချိန်သကဲ့သို့ ရေထဲတွင်ချိန်ပါ။ ၎င်းနောက် သိပ်သည်းဆ ကို ရှာပါ။ SSD အခြေအနေ ရောစာများအတွက် အသုံးပြုရန် SSD s.g. ကို ရှာရန် လိုအပ်ပြီး oven-dry အခြေအနေ ရောစာများအတွက် အသုံးပြုရန် oven-dry s.g. ကို ရှာရန်လိုအပ်သည်။

လေခိုပေါက်များပမာဏကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း (test for voids)

အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်နေသည့် ရောစာများကြားတွင် လေခိုပေါက်များ ပမာဏ နည်းသင့်ပေသည်။ ထိုသို့မဟုတ်ပါက လုပ်ရကိုင်ရကောင်းရန်အတွက် ဘိလပ်မြေနှင့်ရေ ပေါင်းစပ်ထားသည့် ဘိလပ်မြေအနှစ် (paste) ပမာဏ အလွန်အမင်း လိုအပ်လိမ့်မည်။ လေခိုပေါက် (void) များလေလေအနှစ် (paste) လိုအပ်ချက်များလေလေပင် ဖြစ်သည်။

$$\text{Percentage of void} = \left(၁ - \frac{\text{weight per cu.ft.(lb)}}{\text{sp.gr.} \times ၆၂.၄} \right) \times ၁၀၀$$

ရောစာ၏ အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုနှင့် သိပ်သည်းမှု (compactness) အခြေအနေတို့ကိုလည်း လေခိုပေါက် (void) ပမာဏနှင့် အမြဲဆက်စပ်ယှဉ်တွဲ၍ ဖေါ်ပြသင့်သည်။

တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကိုစမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း (tests for unit weight)

ရောစာ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကို ရောစာများအတွင်းတွင်ရှိသည့် လေခိုပေါက် (void) များတွက်ချက်သည့်နေရာတွင်လည်းကောင်း၊ ပစ္စည်းများ၏ အချိုးအစားပါဝင်မှု တွက်ချက်ရာတွင်လည်းကောင်း၊ရောစာများ၏ထုထည်မှအလေးချိန်သို့ပြောင်းလဲတွက်ချက်ရာတွင်လည်းကောင်း၊ အလေးချိန်မှထုထည်သို့ပြောင်းလဲတွက်ချက်ရာတွင်လည်းကောင်း အသုံးပြုသည်။ လုပ်ငန်းခွင်တွင် အသုံးပြုမည့် ပေးထားသောရောစာများ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်သည် ရောစာ၏ သိပ်သည်းမှု အဆင့်နှင့် အစိုဓါတ် ပါဝင်မှုပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ရောစာသေးများပွလာမှု (bulking) ကြောင့် တစ်ယူနစ်အလေးချိန်တွင် ၂၅%အထိ လျော့ နည်းစေနိုင်သည်။

အခြောက်ထောင်းထားသော (dry-rodded) ရောစာ၏တစ်ယူနစ် အလေးချိန်ကိုရှာရန် အတွက် စံသတ်မှတ်ထားသော စမ်းသပ်နည်းကို ASTM C 29 တွင် ပေးထားသည်။ ၎င်း စမ်းသပ်နည်းတွင် ခြောက်နေသော (ရောစာမျက်နှာပြင်တွင် ခြောက်သွေ့ပြီးအတွင်းပိုင်းတွင် ရေပြည့်ဝနေသောအနေအထား– SSD condition (သို့) အပူဖြင့် အခြောက်ခံထားသော အနေအထား– oven-dry condition) ရောစာအား ဆလင်ဒါပုံစံ ချင်ခွက်အတွင်းသို့ သုံးလွှာဖြည့်ပြီး တလွှာစီကို (၂၅) ကြိမ် ထောင်းရသည်။ နောက်ဆုံးလွှာကို ဆလင်ဒါချင်ခွက်ထိပ် မျက်နှာပြင်နှင့် တညီတည်း ဖြစ်စေရန် သပ်ချပြီး အလေးချိန်ချိန်သည်။ ၎င်းနောက် တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကို တွက်ချက်ယူသည်။ထည့်စရာ ချင်ခွက်များ၏စံသတ်မှတ်ထားသည့်အရွယ်အစားများမှာအောက်ဖော်ပြပါ အတိုင်းဖြစ်သည်။

Maximum Size of Agg.	Container		
	Capacity , ft^3	Inside Dia., in.	Inside Height , in.
½ in. or less	1/10	6.00	6.10
¾ to 1½ in.	½	10.00	11.00
2 to 4 in.	1	14.00	11.23

စံတွက်ချက်နည်းတွင် အတိအကျဖော်ပြမထားသော်လည်း "dry" ဟူသော စကားလုံးကို သုံးသည့်အခါ တွက်ချက်ရာတွင်အသုံးပြုသည့်အခြေခံကိုလိုက်၍ saturated surface dry (သို့) oven-dry ဖြစ်နိုင်သည်။

ခြောက်ပြီးပွနေသော ရောစာ (dry-loose agg.) ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန် (သို့မဟုတ်) စိုပြီးပွနေသော ရောစာ (damp-loose agg.) ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကို ရှာရာတွင် ရောစာကို ချင်ခွက်ထဲသို့ တစ်ခါတည်းဖြည့်ခြင်းအားဖြင့် တွက်ချက်ရှာဖွေသည်။ ချင်ခွက်၏ ထိပ်မျက်နှာပြင်တွင် ပိုနေသောရောစာအား သပ်ချပြီး အလေးချိန်အားချိန်ယူသည်။ ရောစာ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန် တန်ဘိုးကို ၁% နှင့် ၃% ကြားတွင် မှန်ကန်စွာရှာဖွေနိုင်သည်ဟု ယေဘုယျ အားဖြင့် မှတ်ယူနိုင်သည်။ ရောစာ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန် စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်းကို ရောစာ၏ အရွယ်အစားများ ပြောင်းလဲသည်ဟု ယူဆသည့် အချိန်တိုင်း ပြုလုပ်သင့်ပေသည်။

ပွခြင်း (bulking)

ထုထည်အားဖြင့် ချိန်တွယ်စပ်ခြင်းကို ဖြစ်နိုင်သမျှ ရှောင်သင့်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အပြောင်းအလဲများစွာ ဖြစ်နိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ထုထည်အားဖြင့် (by volume) ဖျော်စပ်ရန် ရှောင်လွှဲ၍မရသည့်အခါ စို၍ပွသော (damp loose)၊ ခြောက်၍ပွသော (dry loose)၊ အခြောက်ထောင်းထားသော (dry-rodded) စသည့် အခြေခံထားသည့် တိုင်းတာပုံ အခြေအနေကို စံသတ်မှတ်ချက်များက တိတိကျကျဖော်ပြသင့်သည်။ အခြောက်ထောင်းထားသော (dry-rodded) ရောစာ ၁ ကုဗပေ နှင့်သက်ဆိုင်သည့် စို၍ပွသော (damp loose) ကုဗပေ (၎င်းအချိုးကို bulking factor ဟုခေါ်သည်)ကိုရှာရန် ဖော်ပြပါ အခြေအနေနှစ်မျိုးစလုံး အောက်တွင် တစ်ယူနစ် အလေးချိန် များကိုရှာပြီးနောက် စိုစွတ်နေသော ရောစာ၏အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု (moisture content) ကိုရှာရန် လိုအပ်ပါသည်။

$$\text{Bulking factor} = \frac{\text{Unit weight of surface – dry-rodded aggregate}}{\left\{\begin{array}{l}\text{Unit weight of}\\ \text{damp-loose agg.}\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{l}\text{weight of surface moisture}\\ \text{in unit volume of damp-loose aggregate}\end{array}\right\}}$$

သိုလှောင်ခြင်းနှင့် ကိုင်တွယ်ခြင်း (storage and handling)

ရောစာများ၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (grading) နှင့် အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု (moisture content) တို့ကို ညီညာအောင်ထားသင့်ပြီး ညစ်ညမ်းမှု (contamination) မဖြစ်အောင်ထားသင့်သည်။ ရောစာများကို မြေပေါ်တွင်အပုံလိုက် သိုလှောင်လိုလျှင်အောက်ခြေတွင် ပျဉ်ပြား ခင်းထားသင့်သည်။ ထိုသို့မဟုတ်လျှင် ကျောက်၏အောက်ဆုံးအလွှာ (လက်မတော်တော်များများ) ကို မသုံးသင့်ပါ။ ၄င်းပြင် မြေကြီးကို ညှိ၍ ကြိတ်ထားသင့်သည်။

နေရာမျိုးစုံမှလာသောသဲကိုရောနှော၍တစ်ပုံတည်းမပုံသင့်ပါ။အဆိုပါ သမရိုးကျနည်းဖြင့် ပုံလျှင် ကွန်ကရစ်ထဲတွင် မလိုလားအပ်သော အပြောင်းအလဲများ ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ သဲတစ်ပုံစီ တစ်ပုံစီကို ကုန်သည်အထိ သုံးသင့်သည်။ သဲပုံတစ်ပုံကုန်၍ နောက်တစ်ပုံအား စတင်အသုံးမပြုမီ အချိုးအစား ပါဝင်မှုတွင် သင့်လျော်သော ညှိယူမှုများ (adjustments) ကို ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။

ရေဆေးပြီးသောသဲကို ညီညာသော ရေပါဝင်မှုရရန် လိုအပ်သလောက် ရေစစ်ထားသင့်သည်။ စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) ကရင်းအချိန်အား (၂၄)နာရီဟု သတ်မှတ်သည်။ သို့ရာတွင် အနည်းဆုံး(၂)ရက် မှ (၃)ရက် အတွင်းထားသင့်သည်။ သိုလှောင်ကန် (သို့) ပုံထားသည့်နေရာတွင် ရေပါဝင်မှု ကွာခြားခြင်း လျော့နည်းစေရန် အထည်ကြမ်းဖြင့် အုပ်ထားနိုင်သည်။

ချိန်တွယ်စပ်ခြင်း (batching)

စံသတ်မှတ်ချက်များက ရောစာနှင့် ပတ်သက်ပြီး အမှားအယွင်းဖြစ်ခွင့်ကို ၁% to ၂% အတွင်းသာ သတ်မှတ်ထားသည်။ ချိန်ခွင်ယန္တရားစနစ်ကို ချိန်တွယ်စပ်သူ (batcherman) ရောလုပ်ငန်းစစ်ပါ အဆင်တပြေ ကြည့်ရှုနိုင်အောင် စီစဉ်ထားသင့်သည်။ ၄င်းပြင် မိမိထည့်လိုသော အလေးချိန်အမှန် ကတော့ပုံသဏ္ဍာန်ထည့်စရာ (hopper) ထဲသို့ ရောက်ရှိနေကြောင်းကို ပြသသည့် ပစ္စည်းကိရိယာများ တပ်ဆင်ထားသင့်သည်။ ချိန်သော အလေးချိန်၏ အများဆုံးအတိုးအလျော့ ပမာဏ ၀.၂% မှ ၀.၄% အတွင်း မှန်ကန်အောင် ချိန်ခွင်များကို ထိန်းသိမ်းထားသင့်သည်။

အသုံးပြုနေသော တနေ့တာ အလုပ်ချိန်အတွင်း ချိန်ခွင်အား အနည်းဆုံး နှစ်ကြိမ် သုညအနေအထား ပြန်ညှိခြင်း (zero setting) ပြုလုပ်သင့်သည်။ ပစ္စည်းများကို ပုံမှန်ချိန်တွယ် ထည့်စပ်နေစဉ် အချိန်အတွင်း cut-off mechanism ခေါ် ဖြတ်တောက်သည့် ယန္တရားများ အားစမ်းသပ်စစ်ဆေးသင့်သည်။ ချိန်တွယ်ရာတွင်မှားယွင်းမှု (weighing error) (ဒိုင်ခွက်မှ ပြသည့် အလေးချိန်နှင့် အမှန်တကယ်ရှိသည့် အလေးချိန်တို့၏ခြားနားချက်) နှင့် အစာကြွေးခြင်း မှားယွင်းမှု (feeding error) (စက်မှဖြတ်ရန်ချိန်ထားသည့် အလေးချိန်နှင့် ဒိုင်ခွက်မှ ဖတ်၍ရသည့်အလေးချိန်ခြားနားချက်) တို့ကို ပေါင်းလိုက်ပါက စုစုပေါင်းအစပ်မှားယွင်းမှု (total batching error) ကို ရရှိမည်။ အဆိုပါ စုစုပေါင်း အစပ်မှားယွင်းမှု နှင့် စံသတ်မှတ်ချက်များက ခွင့်ပြုထားသော အမှားတို့ကို နှိုင်းယှဉ်ကြည့်ရမည်။

ထုထည်အားဖြင့် စပ်ခြင်းကို အသုံးပြုနည်းလာပြီး ပို၍တပြေးညီဖြစ်သော အလေးချိန်ဖြင့် စပ်ခြင်းကို လုပ်ငန်းငယ်များတွင်ပင်ပို၍ သုံးလာကြသည်။ အလေးချိန်ဖြင့်စပ်သော ကိစ္စများ အတွက် အစပ်တွင်ထည့်မည့် ရောစာများတွင် ပါဝင်သော အစိုဓါတ်အတွက် ရောစာ အလေးချိန် များကို အခါအားလျော်စွာ လိုအပ်သလို ညှိယူရမည်။ စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) နှင့် နောက်ဆက်တွဲလမ်းညွှန်ချက်များ (supplementary instructions) ကိုရှင်းလင်းစွာဖေါ်ပြရမည်။ ဥပမာအားဖြင့် "dry" ဟုဆိုရာတွင် အပူပေး၍ ခြောက်သွေ့သော အခြေအနေ (oven- dry condition)၊ လေဖြင့် ခြောက်သွေ့သောအခြေအနေ (air-dry condition)၊ အပြင်မျက်နှာ ပြင်ပေါ်တွင်ခြောက်သွေ့ပြီး အတွင်းပိုင်းတွင်ရေပြည့်ဝနေသော အခြေအနေ (SSD condition) စသည်တို့ကို ရှင်းလင်းစွာ ဖေါ်ပြရန်လိုသည်။

ရောစာသေးများအတွက် ထုထည်အားဖြင့် (by volume) ချိန်တွယ်စပ်ခြင်းကို ပြုလုပ် ပါက ရောစာ၏ပျမ်းမျှရေပါဝင်မှု အတွက်ထေမိစေရန် အခါအားလျော်စွာ လိုအပ်သလို စစ်ဆေးပြီး ညှိယူသင့်သည်။ သဲများပွခြင်း (bulking) အတွက်လည်း အမှန်ပြင်ခြင်း (correction) ပြုလုပ်ပေး ခြင်းအားဖြင့် ထည့်ရမည့်ပမာဏ တသမတ်တည်းဖြစ်အောင် ထိန်းသိမ်းပေးရမည်။ ရောစာကြီးများ အတွက် အစိုဓါတ် အပြောင်းအလဲကြောင့် ထုထည်ပြောင်းလဲခြင်းမှာ အလွန်နည်းသောကြောင့် များသော အားဖြင့် ၄င်းကိုလျစ်လျူရှုနိုင်ပါသည်။

အလုပ်စချိန်တွင် ရောစာ၌ပါဝင်သည့် အစိုဓါတ်ပမာဏသည် ပျမ်းမျှတန်ဘိုးနှင့် ကွာခြား နိုင်ပါသည်။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော် ရောစာလှောင်ကန်အောက်ခြေတွင်ရှိသော ရောစာကို ထုတ်ယူ

သုံးမိခြင်း (သို့) လုပ်ငန်းအသေးစားများတွင် ရောစာအပုံ၏အစွန်းအဖျားနှင့် အပေါ်ယံတွင် ရှိသော ရောစာအား ယူ၍ အသုံးပြုမိခြင်းတို့ကြောင့်ပင်ဖြစ်သည်။

ရေ

WATER

ကွန်ကရစ်ဖျော်ရာ၌အသုံးပြုသောရေတွင်ပါလာနိုင်သည့်ဥပါဒ်ဖြစ်စေနိုင်သောဝတ္ထုပစ္စည်းများမှာအယ်(လ)ကာလီများ ၊ သစ်ရွက်၊ သစ်ကိုင်းဆွေးများ၊ ဆီ၊ စွန့်ပစ် အညစ်အကြေးများ နှင့် နုံးတို့ဖြစ်သည်။ စံသတ်မှတ်ချက်အများစုတွင် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရန်ရေကိုတိုင်းတာရာ၌ ၁% ခန့် ထိသာအမှားခံသည်။ များသောအားဖြင့် အမှတ်အသားများ ပြုလုပ်ထားသည့် လှောင်ကန် ထဲတွင် ထည့်ပြီး ထုထည်အားဖြင့် တိုင်းတာကာ အလေးချိန် (သို့) မီတာ ဖြင့်လည်း တိုင်းတာနိုင်သည်။

ကွန်ကရစ်၏ စီးဆင်းနိုင်မှု (flowability) အားမြှင့်တင်ရန်အတွက် ရေကိုလိုအပ်သည် ထက်ပို၍ ထည့်ချင်တတ်ကြသော်လည်း ၎င်းကို ခွင့်မပြုသင့်ပါ။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အားနှင့် အရည်အသွေးကို ကျဆင်းစေသောကြောင့်ဖြစ်သည်။ သို့ရာတွင် အကယ်၍ ပစ္စည်းများတွင် ချက်ချင်းဖြစ်ပေါ်လာသည့် အပြောင်းအလဲကြောင့် ရေကို ချိန်တွယ်ထည့်စေကာမူ အအိနည်းနေသေးပါက ရေကို နောက်ထပ်ထည့်ခြင်းဖြင့် မိမိလိုချင်သော ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency) ကို ရရှိအောင် ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်လာပါသည်။ ထိုအခါတွင် နောက်ထပ်ထည့်ရသည့် ရေပမာဏကို မှတ်သားထားရပါမည်။ ရေကို ထည့်သောအခါ အစပ်တစ်ခုလုံးတွင် ကောင်းစွာပျံ့နှံ့အောင်ထည့်မှသာကွန်ကရစ်အတွင်း နေရာအနှံ့ရေရောက်ရှိမည်ဖြစ်သည်။ မွှေချိန်ကိုလည်းထပ်တိုးပေးရပါမည်။ စီးဆင်းမှုကောင်းရန်ဟူသော ရည်ရွယ်ချက် တစ်ခုတည်းအတွက် ရေကို အတိုင်းအဆမရှိ ထပ်ထည့်ခြင်းကို ခွင့်မပြုသင့်ပါ။ အထူးသဖြင့် ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးအနေဖြင့် ခွင့်ပြုသတ်မှတ်ချက် အနီးကပ်နေသည့်အခါတွင် ဖြစ်သည်။

အရောခါတုပစ္စည်းများ

ADMIXURES

ကွန်ကရစ်ထဲတွင် ပါဝင်သော ဘိလပ်မြေ၊ ရောစာနှင့် ရေမှအပ အခြားပါဝင်သော ပစ္စည်းများကိုအရောခါတုပစ္စည်း (admixture) ဟုခေါ်သည်။ အရောခါတုပစ္စည်းများကို ကွန်ကရစ်ထဲသို့ အောက်ဖော်ပြပါထဲမှ တစ်ခု (သို့) တစ်ခုထက်ပိုသော ရည်ရွယ်ချက်များအတွက် ထည့်သွင်းအသုံးပြုရန် စံသတ်မှတ်ချက်များက သတ်မှတ်ကြသည် (သို့) ခွင့်ပြုကြသည်။

(၁) လေခိုအောင်းရန်(အလွန်အေးသောနိုင်ငံများတွင်သုံးသည်၊) Air entrainment

(၂) လုပ်ရကိုင်ရကောင်းစေရန် (လိုချင်သော slump ရရန်၊) Workability

(၃) အမြန်ခဲပြီး အမြန် strength တက်စေရန်၊ Accelerator

(၄) ကွန်ကရစ် ခဲခြင်းကို နှေးကွေးစေရန်၊ Retardation

(၅) ရေလုံစေရန်၊ Water proofing

(၆) ကွန်ကရစ် ကို အရောင်တင်ရန်

[အရောင်ဆိုးဆေး(colour pigment) သုံးသည်] Colour

စသည်တို့ဖြစ်ပါသည်။

အရောမါတုပစ္စည်းတစ်ခုကို လက်ခံအသုံးပြုသင့်–မသင့် ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက် စမ်းသပ်ခန်းတွင်လက်တွေ့စမ်းသပ်နိုင်သည်(သို့မဟုတ်) ထုတ်လုပ်သူ၏ဖော်ပြချက်များအပေါ်တွင်မှီ၍ ဆုံးဖြတ်နိုင်သည်။ ၎င်းအား တိကျစွာချိန်တွယ်ပြီး သတ်မှတ်ချက်များနှင့်အညီ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ် ရာတွင် မှန်ကန်စွာ ထည့်သွင်းသင့်သည်။

အရောမါတုပစ္စည်းသည် အရည်ဖြစ်ပါက အလေးချိန် (သို့) ထုထည်အားဖြင့် တိုင်းတာ၍ ဖျော်စက် (mixer) ထဲသို့ထည့်သွင်းရမည်။ ၎င်းသည် အမှုန့်ဖြစ်ပါကအလေးချိန်ဖြင့်သာ တိုင်းတာသင့်သည်။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော်ထုထည်ဖြင့်တိုင်းတာပါကအတက်အကျပမာဏ (fluctuation) များစွာ ဖြစ်နိုင်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

အခန်း (၆)

ကွန်ကရစ်မလောင်းမီစစ်ဆေးခြင်း

INSPECTION BEFORE CONCRETING

ပဏာမလေ့လာမှု (preliminary study)

လုပ်ငန်းစစ်(inspector)သည်လုပ်ငန်းခွင်သို့ပထမဦးစွာရောက်ရှိလာသောအခါ ပုံစံများ (plans) နှင့် စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) ကို အမြန်ဆုံး အကျွမ်းတဝင် ဖြစ်အောင် လေ့လာသင့်ပါသည်။၎င်းပြင် ဘာသာရပ်နှင့် ဆက်စပ်လျက်ရှိသည့် စံသတ်မှတ်ချက် များနှင့် အဆောက်အဦး ကျင့်ထုံးများ (building codes) ၏ အဓိက လိုအပ်ချက်များကို အကျွမ်းတဝင် ဖြစ်အောင် လေ့လာထားသင့်ပါသည်။

လုပ်ငန်းစစ်သည် လုပ်ငန်း၏ ယေဘုယျ အကြမ်းဖျင်း အနေအထားကို လေ့လာထားသင့် သည်။ ချိန်တွယ်စပ်သည့်နေရာ (batching plant) နှင့် အခြားစက်ပစ္စည်း ကိရိယာ တန်ဆာ ပလာများ၊ အထူးသဖြင့် ချိန်တွယ်စပ်ခြင်း၊ ဖျော်စပ်ခြင်း၊ သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်းနှင့် ကျစ်လျစ် အောင်ပြုလုပ်ခြင်း (compacting) နှင့်ဆိုင်သည့် ကိရိယာများကိုလေ့လာသင့်ပါသည်။ လုပ်ငန်းစစ် သည် လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေနှင့် အကျွမ်းတဝင် ဖြစ်သင့်ပါသည်။လမ်းနယ်များ (rights of way)၊ လမ်း၊ ချောင်းငယ် မြောင်းငယ်များ၊ မိလ္လာပိုက်နှင့် အခြားပိုက်လိုင်းများ၊ ဓါတ်တိုင် ဖုန်းတိုင်များ၊ ဝိုင်ယာကြိုးများစသည့် ဆောက်လုပ်ရေးကြောင့် ထိခိုက်နိုင်သည့် အကြောင်းအရာ များကိုပါ လေ့လာသင့်ပါသည်။ ဘေးအန္တရာယ်ကာကွယ်ရေး စည်းမျဉ်းများကိုလည်း လေ့လာသင့်သည်။

ပြင်ဆင်ထားမှုများကိုစစ်ဆေးခြင်း (inspection of preparations)

စစ်ဆေးခြင်းကိုလုပ်ငန်းခွင်တွင် အောက်ဖော်ပြပါ အဆင့်(၃)ဆင့်ဖြင့် ဆက်တိုက် လုပ်သွား သင့်သည်။

ပဏာမအဆင့် (preliminary) - မြေကြီးတူးပြီးသည့် အခြေအနေ (သို့) ကျောက်ပုံးလုပ်ငန်း (formwork) တည်ဆောက်ပြီးသည့် အခြေအနေဖြစ်သည်။ လုပ်ငန်းစစ်သည် ကျင်းများ(သို့) ကျောက်ပုံးများ (forms) ၏ အတိုင်းအတာ မှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိ၊ နှင့် တူးပြီးသည့်မြေကြီးများ (သို့) ကျောက်ပုံးများ တည်ငြိမ်မှု ရှိ–မရှိ ကိုစစ်ဆေးရမည်။ စစ်ဆေးမှုများ ကျေနပ်ဖွယ်ရာ ရှိပါက

ကန်ထရိုက်တာကအုတ်မြစ် (foundation) နေရာကို သန့်ရှင်းရေးလုပ်နိုင်သည် (သို့) ကျောက်ပုံးများကို ဆီသုတ်ပြီး သံချောင်းများနှင့် အခြားမြှုပ်နှံထားမည့် တပ်ဆင်ပစ္စည်းများ (fixtures)ကို တပ်ဆင်နိုင်သည်။

ကြားအဆင့် (semifinal or "cleanup") – ၎င်းတို့အားလုံးကို တပ်ဆင်ပြီးလျှင် ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ အုတ်မြစ်(foundation)၊ ကျောက်ပုံးများ (forms) နှင့် ကွန်ကရစ်ထဲတွင် မြှုပ်နှံထားမည့် တပ်ဆင်ပစ္စည်း အစိတ်အပိုင်းများအားလုံးကို သေချာမှုရှိ–မရှိ အသေးစိတ်စစ်ဆေးရမည်။ တပ်ဆင်မှုများအားလုံး ကျေနပ်ဖွယ်ရာရှိပြီဆိုလျှင် နောက်ဆုံးပိတ် သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရန် အဆင်သင့်ဖြစ်ပြီ ဖြစ်သည်။

နောက်ဆုံးအဆင့် (final) – ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ အချိန်လေးတွင် ပြုလုပ်ရမည့်ကိစ္စများဖြစ်သည်။ ကျောက်ပုံးများနှင့်မြှုပ်နှံထားမည့် တပ်ဆင်ပစ္စည်းများအားလုံး နေရာရွေ့–မရွေ့ စစ်ရပါမည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းမည့် မျက်နှာပြင်များကို သန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။သတ်မှတ်ထားပါက ရေဖြင့် စိုစွတ်အောင်ပြုလုပ်ရမည်။

ကွန်ကရစ်ပါ ပစ္စည်းများ အားလုံးသည် သင့်တော်သည့် ပစ္စည်းများဖြစ်–မဖြစ်၊ သင့်တော်သည့် အချိုးအစား ပါဝင်မှုကိုလည်း ရွေးထားခြင်း ရှိ–မရှိ ၊ အလုပ်လုပ်မည့် အခြေအနေ (မိုးလေဝသ ၊ အချိန်၊ အလင်းရောင်ပေးခြင်း နှင့် ကိရိယာ တန်ဆာပလာများ စသည်ဖြင့်) အဆင်သင့်ဖြစ်ခြင်း ရှိ–မရှိ အစ ရှိသည့် လိုအပ်ချက်များ အားလုံးကို စစ်ဆေးပြီး၍ အဆင်သင့်ဖြစ်နေပြီဟု ယူဆလျှင် ကန်ထရိုက်တာကကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းကို ဆောင်ရွက်နိုင်ပြီဖြစ်သည်။

မြေတူးလုပ်ငန်းနှင့် အုတ်မြစ် (excavation and foundation)

လမ်းခင်းရန်အတွက် အောက်ခံမြေသားကို လမ်းကြိတ်စက် (roller) သုံး၍လည်းကောင်း၊ ဒင်ဖြင့်ဆောင့်ခြင်း (tamping) ဖြင့်လည်းကောင်း၊ သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်သင့်သည်။ မြေပျော့ကွက် (soft spot) များကိုဖယ်ရှားသင့်သည်။ ကျင်းနှင့်မြောင်းငယ်များထဲသို့ ပြန်ဖြည့်သည့် မြေများကို နှံ့နှံ့စပ်စပ် သိပ်သည်းအောင် လုပ်ရန်လိုပါသည်။ အုတ်မြစ်များအတွက် မြေကြီးတူးသည့်အခါ အောက်ခံမြေသားကောင်းသည်အထိ တူးရန် လိုအပ်ပါသည်။ တိုင်ဖိနပ်(footing)၏အောက်တွင်ရှိသည့် မြေကြီးသည် မပျက်စီးသေးသည့်မူလမြေကြီး (original undisturbed soil) ဖြစ်သင့်သည်။ Footing ၏အောက်ခံမြေကြီးသည် အရေးအကြီးဆုံး ဖြစ်သည်။ အုတ်မြစ်ချသည့်အောက်ခံမြေကြီးသည် ကောင်းစွာသိပ်သည်းထားသည့် မြေကြီးဖြစ်ရန် လိုသည်။

မူလက ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ် ကွန်ကရစ်အသစ် ထပ်မံလောင်းမည်ဆို လျှင် ၎င်းအပေါ်တွင် အခြားပြင်ပ ပစ္စည်းများ မရှိစေရန် ဖယ်ရှားပြီးသန့်ရှင်းရေးလုပ်ရမည်။

ရေအောက်တွင် ကွန်ကရစ် လောင်းမည်ဆိုလျှင် စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) (သို့) အင်ဂျင်နီယာ၏ တိတိကျကျ ခွင့်ပြုချက် ရှိမှသာ လောင်းသင့်သည်။

ပိုင်တိုင် (pile) ဖြင့်ကွန်ကရစ်ကို ပင့်မထားမည် ဆိုပါက ပိုင်တိုင် နှင့် ပက်သက်သည့် အရေအတွက်၊ တည်နေရာ နှင့် အရှည်(အနက်) တို့ကို စစ်ဆေးသင့်သည်။ ရိုက်ပြီးပိုင်တိုင် အားလုံး၏ အမြဲတမ်းမှတ်တမ်းကို ထိန်းသိမ်းထားခြင်းသည် လုပ်ရိုးလုပ်စဉ် ဖြစ်သည်။ ပိုင်တိုင်များ၏ ရိုက်သွင်းပုံ စနစ်၊ ရိုက်တူ (hammer) အမျိုးအစားနှင့် အလေးချိန်၊ နောက်ဆုံးရိုက်ချက် (၅) ချက် (သို့) သတ်မှတ်ထားသော ရိုက်ချက်အတွက် hammer ကျလာသည့်အမြင့်နှင့် ပိုင်တိုင်၏ မြေအဝင် စသည်တို့ကို မှတ်တမ်း ထားရမည်။ ရိုက်ပြီးသား ပိုင်တိုင် အရေအတွက်၊ သတ်မှတ်ပိုင်တိုင် အရေအတွက်နှင့် ဖြတ်မည့်ရေချိန်အမှတ် (level) အောက်ရှိ ပိုင်တိုင်၏အလျား တို့ကိုလည်း မှတ်တမ်းတင်ရမည်။

ကျောက်ပုံးများ (forms)

ကွန်ကရစ်လောင်းရန် ခွင့်မပြုသေးမီ ကျောက်ပုံးများ နေရာမှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိနှင့် အတိုင်းအတာ မှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိကို စစ်ဆေးသင့်သည်။ မှန်ကန်တိကျသော မျဉ်းတံရှည်ကို အနီးအနားတွင် အမြဲထားရှိသင့်သည်။ မျက်စေ့ဖြင့် သေချာစွာ စစ်ခြင်းအားဖြင့်လည်း မညီမညာ မမှန်မကန် ဖြစ်နေသည်များကို တွေ့နိုင်သည်။ ချိန်သီးကြိုးနှင့် ကြိုးတန်းများကိုလည်း အချို့နေရာ များတွင် အသုံးပြုနိုင်သည်။ နှောင့်နှေးမှု အနည်းဆုံးဖြင့် အမှားပြင်နိုင်စေရန် ကျောက်ပုံးများကို စေ့စေ့စီးစီး စစ်ဆေးသင့်သည်။

ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ နှင့် လောင်းပြီး အနေအထားကြားတွင် ကျောက်ပုံးသည် နေရာရော အတိုင်းအတာပါမှန်ချင်မှမှန်တော့မည်ဖြစ်သည်။ကွန်ကရစ်၊လူနှင့်ပစ္စည်းများ၏အလေးချိန်ကြောင့် ကျောက်ပုံးသည် နိမ့်ခြင်း၊ ခွက်ခြင်း၊ ပူခြင်းများ ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အထူးသဖြင့် မြေကြီးပေါ်တွင် တိုက်ရိုက်ထောက်ရမည့် ဒေါက်တိုင်များ၏ အောက်ခံရေယာ ကျယ်သင့်သည်။ အကယ်၍ နိမ့်ရန်၊ ခွက်ရန် အလားအလာ ရှိပါက ကြမ်းခင်းပြား (slab) သို့မဟုတ် ယက်မ(beam)၏ ပုံစံခွက်များကို အလယ်တွင် အခုံး (camber) ထားပေးတတ်ကြသည်။ အကြမ်းအားဖြင့်

ခန်းဖွင့် (span) ၁၀ ပေလျှင် $\frac{၁}{၄}$ လက်မနှုန်းလောက် ခုံးပေးထားတတ်ကြသည်။ သို့သော် မှန်းဆရန် ခက်သဖြင့် အပိုအလို ဖြစ်တတ်သည်။ အမာခံရအောင် ပြုပြင်ဖန်တီး၍ ၎င်းအပေါ်တွင် ဒေါက်တိုင်များ တင်ထောက်ခြင်းကပို၍ ကောင်းပါသည်။ ဘေးအစောင်းဒေါက် (bracing) များနှင့် ချည်နှောင် ထားမှုများကို သေချာစွာစစ်ဆေးရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဗိုက်ပူပြီးသား ကွန်ကရစ်ကို တွန်းဖိခြင်းအားဖြင့် ပြန်ပြင်ရန် မလွယ်ကူတော့သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ပုံစံခွက် မျက်နှာပြင် များသည် ချောမွတ်ပြီး မဆလာ (mortar) လုံရမည်။ အပေါက်များ၊ အစပ်များမှ မဆလာ မယိုစေရန် သတိပြုရမည်။ အထူးသဖြင့် တုန်ခါစက် (vibrator) သုံး၍ သိပ်သည်းအောင် လုပ်ရသည့်ကိစ္စများ အတွက်ပို၍ အရေးကြီးသည်။

သစ်သားကျောက်ပုံးများကို ရေလုံအောင် ထိန်းသိမ်းရန် နှင့် ကျောက်ပုံးအပြားများ လိမ်မသွားရန် ကာကွယ်မည့်နည်းလမ်းကောင်း တစ်ခုမှာ ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကျောက်ပုံးများကို အဆက် မပြတ် စွတ်စိုအောင် ပြုလုပ်ပေးခြင်းပင် ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန်တွင် သစ်သား များပွလာပြီး ကျောက်ပုံးများ ရွေ့လျားမှုကိုကာကွယ်ရန် ဖြစ်သည်။ ကျောက်ပုံးများ ပြုလုပ်သည့် သစ်သည်သစ်ရိုင်းဖြစ်ပြီး စိမ်းနေလျှင် ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကျုံ့သွားနိုင်သည်။ သို့သော် သစ်သည် လုံးဝ ခြောက်နေပြန်လျှင်လည်း ကွန်ကရစ်လောင်းပြီး စိုစွတ်လာသောအခါ လိမ်ကောက် သွားနိုင်သည်။ အသင့်အတင့် အသားသေအောင် ပြုလုပ်ထားသည့် (moderately seasoned) သစ်သည် ကျောက်ပုံးများပြုလုပ်ရန် အကောင်းဆုံးဖြစ်သည်။ သစ်သားသည် ကွန်ကရစ်ကို အရောင် မစွန်းထင်းစေသင့်ပါ။

ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကျောက်ပုံး၏ မျက်နှာပြင်ကို စိုစွတ်အောင်ပြုလုပ်သင့်သည်၊ ဆီသုတ်ပေးသင့်သည် သို့မဟုတ် သင့်တော်သည့် ပစ္စည်းကိုသုံး၍ ကျောက်ပုံးကို အလွှာတင်ခြင်း (coating) ပြုလုပ်သင့်သည်။ သတ်မှတ်ချက်များအရ ဆီသုတ်ရန်လိုအပ်လျှင် သံမဆင်မီသုတ်ရမည်။ သို့မဟုတ် ပါက သံချောင်းများတွင် ဆီပေပြီး တွယ်ကပ်မှု (bond) ကို ပျက်စီး စေနိုင်သည်။ ကျောက်ပုံးများ၏ အလွှာတင် သုတ်ဆေးများသည် ကွန်ကရစ်ကို အရောင် မစွန်းထင်းစေသင့်ပါ။

အပိုင်းအစများ(chips), အတုံးများ(blocks), လွှစာမှုန့်(sawdust) နှင့် မဆလာခြောက် (dried mortar) တို့ကဲ့သို့ ပြင်ပမှ ရောက်ရှိလာသည့် ပစ္စည်းများကို ကျောက်ပုံးများအတွင်းမှ ဖယ်ရှား သင့်သည်။ ပြင်ပမှ ရောက်ရှိလာသည့် အမှိုက်များသည် ထောင့်အတွင်းနှင့် နှိုက်ထုတ်ရန် ခက်ခဲသည့် နေရာများတွင် စုစည်းနေတတ်သည်။

သံချောင်းနေရာချခြင်း (placing reinforcement)

သံချောင်းများ၏ အရွယ်အစား၊ အကွေး၊ အကွာအဝေး၊ တည်နေရာ၊ မြဲမြံစွာ ချည်နှောင်ထားမှုရှိ–မရှိနှင့်မျက်နှာပြင်အခြေအနေများကို စစ်ဆေးသင့်သည်။ ဖြတ်တောက်ကွေးကောက်ခြင်း ပြုလုပ်ရာတွင် အလျား၊ အနက် နှင့် အကွေး အချင်းဝက် တို့ကို ပုံတွင်ပြထားသည့်အတိုင်း မှန်ကန်စွာ ထုတ်လုပ်သင့်သည်။ သံချောင်းကို ဒဏ်ရာရရှိစေနိုင်သည့် ကွေးလိုက် ဖြောင့်လိုက် လုပ်ခြင်း မျိုးမပြုလုပ်သင့်ပါ။ လုပ်ငန်းခွင်တွင် သံချောင်းအကွေးပုံစံ တစ်မျိုးအတွက် ကွေးရမည့်သံချောင်း အရေအတွက်များလျှင် ပထမဆုံးကွေးပြီး သံချောင်း တစ်ချောင်းကို စံအဖြစ်ထား၍ လက်တွေ့နေရာ ချကြည့်ပြီး အဆင်ပြေမှ ကျန်သံချောင်းများကို ဆက်လက် ကွေးသင့်သည်။

သိုလှောင်ခြင်းနှင့်ကိုင်တွယ်ခြင်း (storage and handling)

သိုလှောင်ထားသည့် သံချောင်းအား အလွန်အကျွံ သံချေးတက်မည့် အခြေအနေမျိုးမဖြစ်အောင် ရှောင်ရှားသင့်ပါသည်။ သံချောင်းမစီမီ သံချောင်းများ၏ မျက်နှာပြင်တွင် အလွန်အကျွံ သံချေးတက်ခြင်း ရှိ–မရှိ ဂရုပြုရပါမည်။ အထူးသဖြင့် အပြင်တွင်ထားသောကြောင့် အလွန်အကျွံ သံချေးတက်ခြင်းမျိုးကိုဆိုလိုခြင်းဖြစ်သည်။ သံချေးသည်သံချောင်းမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ပါးပါးသာ ကပ်နေလျှင် ၎င်းအချက်သည် ကွန်ကရစ်နှင့်သံတို့၏ တွယ်ကပ်မှုခံနိုင်ရည်အား (bond strength) ကိုပင်အနည်းငယ်တိုးစေနိုင်သဖြင့်ကောင်းသည်ဟုပင်ပြောနိုင်သည်။ သို့သော် သံချောင်း၏မျက်နှာပြင်တွင် သံချေးသည်အလွှာလိုက်ဖြစ်နေလျှင် တိုက်ချွတ်ခြင်းဖြင့် ဖယ်ရှားရမည်။ သံချောင်းပေါ်တွင် အခြားပစ္စည်းများ ကပ်နေလျှင်လည်း ဖယ်ရှားရမည်။ သုတ်ဆေး၊ ဆီ၊ အမဲဆီ၊ ရွှံ့ခြောက်၊ အားပျော့သော မဆလာ အခြောက်များ သည်လည်း သံချောင်းပေါ်တွင် မရှိသင့်ပါ။

သံချောင်းများ၏ တစ်ချောင်း နှင့် တစ်ချောင်းကြား အကွာအဝေး၊ တစ်ချောင်းနှင့် တစ်ချောင်း ပိုးဆက်ခြင်း (splice)၊ ကွန်ကရစ်ထုထဲတွင် မြှုပ်ထားသည့် ချိတ်အရှည်၊ သံချောင်း၏ မျက်နှာပြင်နှင့်ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်ကြားအကာအကွယ်ထု၊ နေရာအနေအထား၊ ချည်နှောင်ထားမှု စသည်တို့ကို ကောင်းမွန်မှန်ကန်စွာ လုပ်ထားခြင်း ရှိ–မရှိ စစ်ဆေးသင့်သည်။

လုပ်ငန်းစစ်သည် သံချောင်းများတော်တော်များများ ဆင်ပြီးသည့်အချိန်ထိ စောင့်ဆိုင်းမနေသင့်ပါ။ သံဆင်နေစဉ်အမှားတွေ့လျှင် အချိန်မပုပ်ဘဲပြုပြင်နိုင်အောင် တတ်နိုင်သမျှစောစီးစွာ စတင်စစ်ဆေး သင့်သည်။ ၎င်းသည် သံချောင်း အရွယ်အစားများနှင့် အကွာအဝေးများ မှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိ၊ အကွေးများမှန်ကန်မှုရှိ–မရှိ၊ သံချောင်းများနှင့်ကျောက်ပုံးများကြားအကွာအဝေးမှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိ၊ ထောက်များနှင့်ချည်နှောင်ထားမှုများ စိတ်ချရမှုရှိ–မရှိ တို့ကိုစစ်ဆေးသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်ထဲတွင်ပါရှိသည့် အကြီးဆုံး ရောစာ အရွယ်အစားသည် သံချောင်း (၂) ခုကြားတွင် ရှိသည့် အကွာ

အဝေး၏ ၃/၄ ထက်မပိုသင့်ပါ။ သံချောင်းနှင့် ကျောက်ပုံးကြား ရှိသင့်သည့် အနည်းဆုံး အကွာ အဝေးသည် များစွာ အရေးမကြီးပါ။ အဘယ်ကြောင့် ဆိုသော် ကွန်ကရစ်သည် ကျောက်ပုံး အတွင်းတွင် တစ်နေရာမှ တစ်နေရာသို့ ဘေးတိုက်ရွေ့လျား နိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။

ပုံစံများ (plans) တွင်ပြထားသည်မှတပါး ဒီဇိုင်းအင်ဂျင်နီယာ(design engineer)၏ ခွင့် ပြုချက်မပါဘဲ သံချောင်းများကို ပိုးဆက်ခြင်း (splice) မပြုလုပ်ရပါ။ သံချောင်းအဆက် များကို တစ်နေရာထဲတွင် ထပ်ကာတလဲလဲမဆက်ဘဲ နေရာလွှဲ၍ဆက်သင့်ပါသည်။ တိုင်ကွင်း (column tie) ၏ အဖျားတွင်ရှိသည့် ချိတ် (hook) များအား တိုင် (column) ထောင့်တစ်ထောင့် ထဲတွင် တစ်ခု ပေါ်တစ်ခု တည့်တည့်ထားမည့်အစား ထောင့်လေးခုတွင် တစ်နေရာစီ လှည့်၍ လွှဲထားသင့်ပါသည်။

ဒေါက်များ (**supports)**

သံချောင်းများအားလုံးကို ကျောက်ပုံးအတွင်း မရွေ့ရှားနိုင်အောင် သေချာစွာ ချည်နှောင် ရမည်။ ကွန်ကရစ် မလောင်းမီတွင် ကွန်ကရစ်တုံး (concrete block), သတ္တုဒေါက် (metallic support), ခြားသံချောင်းများ (spacer bars) ၊ ဝိုင်ယာကြိုးနှင့် အခြားပစ္စည်းများကို အသုံးပြု၍ ပုံစံခွက်အတွင်း သံချောင်းများကိုနေရာမရွေ့အောင်နှင့် ကျောက်ပုံးမှအကွာအဝေး မှန်ကန်အောင် သေချာစွာ ချည်နှောင်ထားသင့်သည်။ ကျောက်တုံးများ၊ သစ်သားတုံးများနှင့် အခြား အသုံးမပြု သင့်သည့် အရာဝတ္ထုများဖြင့် သံချောင်းနှင့်ကျောက်ပုံး တို့ကြား ထောက်ခြင်း၊ ခုခြင်းကို ခွင့်မပြု သင့်ပါ။ ဝိုင်ယာကြိုးများဖြင့် ချည်နှောင်ရာတွင် ၎င်း ဝိုင်ယာကြိုး သည် ၁၈ ဂိတ် (18 gage) ထက်မငယ်သင့်ပါ။ ဝိုင်ယာကြိုးများဖြင့် ချည်နှောင်ရာတွင် ဝိုင်ယာကြိုး အစကို အပြင်ဘက်သို့ လှည့်မထားဘဲ အတွင်းဘက်သို့ လှည့်ထားသင့်သည်။

ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ်အချိန်အတွင်းတွင် သံချောင်းငယ်များ၊ အထူးသဖြင့် အပူချိန် သံချောင်း (temperature steel) များရွေ့လျားတတ်သည်။၎င်းသံချောင်းငယ်များသည် ကွန်ကရစ် လောင်းသည့်အခါ ကွန်ကရစ် အလေးချိန်၊ ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင်သုံးသည့်ကိရိယာတန်ဆာပလာ များ၏ အလေးချိန် နှင့် လူများ၏ အလေးချိန် ကြောင့်လည်း နေရာရွေ့တတ်သည်။ မည်သည့် အကြောင်းကြောင့်မှ သံချောင်းရွေ့လျားမှုမဖြစ်အောင်နှင့် နေရာမှန်ကန်မှု ရှိအောင် ဂရုတစိုက် ပြုပြင်ပေးသင့်ပါသည်။

မြှုပ်နှံထားမည့်တပ်ဆင်ပစ္စည်းများ (embedded fixtures)

မြှုပ်ဘို့များ (anchor bolts)၊ မြှုပ်ထားမည့်အခံတုံးများ (inserts)၊ ပိုက်များ (pipes)၊ ဝိုင်ယာကြိုးများ (wiring)၊ လူဝင်ပေါက်ဘောင်များ (manhole frames)နှင့် အခြားမြှုပ်နှံထားမည့်တပ်ဆင်ပစ္စည်းများ (fixtures) ကိုနေရာမရွေ့နိုင်အောင် သေချာစွာ ချည်နှောင်ပြီး ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ နေရာတကျ ထားသင့်သည်။ ၁ လက်မ အချင်း ထက်ငယ်သော ပိုက်များ (conduits) ကြောင့် ကွန်ကရစ်၏ဖိအားခံနိုင်ရည်ကို မထိခိုက်ဟု ယူဆနိုင်ပါသည်။ မြှုပ်နှံထားမည့် သစ်သားတုံးများကို ကွန်ကရစ် မလောင်းမီ ရေစိမ်ထားသင့်သည်။ ထိုသို့ မဟုတ်ပါက ၎င်းသစ်သားတုံးများ ပွလာပြီး ကွန်ကရစ်ကို တွန်းကန်သဖြင့် အက်ကွဲမှု ဖြစ်စေနိုင်သည်။

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရန်နှင့် လောင်းရန်ပြင်ဆင်ခြင်း (preparation for mixing and placing concrete)

ပစ္စည်းပံ့ပိုးမှု လုံလောက်မှုရှိ–မရှိ နှင့် ဖျော်စပ်မည့် ပစ္စည်းများသင့်တော်မှု ရှိ–မရှိကို စစ်ဆေးသင့်သည်။ ချိန်တွယ်စပ်မည့် ပစ္စည်းကိရိယာများ မှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိ ၊ သေချာအောင် စစ်ဆေးသင့်သည်။ သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း ၊ ကိုင်တွယ်ခြင်းနှင့် ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းတို့ကို အရွယ်အစား အလိုက် ကွဲသွားခြင်း (segregation) မဖြစ်အောင်နှင့် ကွန်ကရစ် အပျော့အမာကို ထိန်းကျောင်းရာ၌ အားနည်းချက် မရှိရန်အတွက် အသုံးပြုမည့် နည်းလမ်းများကို ပြန်လည်စီစစ်သင့်သည်။ ကွန်ကရစ်တုန်ခါစက် (vibrator) ၏ အခြေအနေကောင်း–မကောင်းနှင့် အရေအတွက် လုံလောက်မှု ရှိ–မရှိ တို့ကိုသေချာစွာ စစ်ဆေးသင့်သည်။ အနည်းဆုံး vibrator (၁)ခု (၂)ခု ကို အရံအဖြစ် ထားသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်အသားသေအောင် ပြုလုပ်ခြင်း (curing) အတွက် လိုအပ်သည့် ပစ္စည်းများ ပြင်ဆင်ထားမှု ရှိ–မရှိ ၊ မိုးရွာလျှင်ကာကွယ်ရန် ပြင်ဆင်ထားမှု ရှိ–မရှိ ၊ နေအလွန်ပူသောအခါ ကာကွယ်ရန် ပြင်ဆင်ထားမှု ရှိ–မရှိ တို့ကို သေချာစွာ စစ်ဆေးပြီး လိုအပ်သည့်ပစ္စည်း များကို အဆင်သင့်ထားရှိရန်လိုအပ်သည်။ ရပ်နားအဆက်များ (construction joints) ထားရှိရန် အတွက် အစီအစဉ်များကို သေချာစွာ ပြုလုပ်ထားသင့်သည်။

အခန်း (၇)

ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ်စစ်ဆေးခြင်း

INSPECTION OF CONCRETING

ကျေနပ်ဖွယ်ရာ ကောင်းသော ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း လုပ်ငန်းတစ်ခုဟု သတ်မှတ်နိုင်ရန် မရှိမဖြစ် လိုအပ်သော အချက်များမှာ–

(၁) ကွန်ကရစ်သည် သမ မျှတစွာ ရှိရမည့် အပြင် လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းခြင်း (workability) နှင့် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (water-cement ratio) တို့နှင့် ပတ်သက်၍ စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) နှင့် လုပ်ငန်း လိုအပ်ချက် တို့ကို ပြည့်မီရမည်။

(၂) ပေးထားသော အရောတစ်ခုတွင် ပါဝင်သော ပစ္စည်းများ၏ ပမာဏသည် အစပ် (batch) တစ်ခုနှင့်တစ်ခုကြား တပြေးညီ တူညီရမည်။

(၃) ဖျော်စပ်ရာတွင် ပါဝင်သော ပစ္စည်းများကို နေရာအနှံ့ညီမျှစွာ ပျံ့နှံ့ပြီး ဘိလပ်မြေအနှစ် (cement-water paste) များ ရောစာမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ညီညာစွာပျံ့နှံ့ ရောက်ရှိစေရန် သေသေချာချာ မွှေပေးရမည်။

(၄) ကွန်ကရစ်ကို သယ်ယူရာတွင် လည်းကောင်း၊ လောင်းရာတွင် လည်းကောင်း၊ တုန်ခါမှု ပေးရာတွင် လည်းကောင်း၊ အရွယ်အစားအလိုက် ကွဲသွားခြင်း (segregation) မဖြစ်ရန်နှင့် ကွန်ကရစ်သည် ကျောက်ပုံး၏ နေရာအသီးသီးသို့ ရောက်ရှိနိုင်ရန် ၊ လေနှင့်ရောစာများ အကွက်လိုက် စုမနေစေရန်နှင့် နီးစပ်ရာ ကွန်ကရစ် ၊ သံချောင်း တို့နှင့် တွယ်ကပ်မှု ကောင်းစွာ ရရှိရန် တုန်ခါမှုကို နှံ့စပ်စွာပေးရမည်။

(၅) ကွန်ကရစ်ကို ကောင်းစွာ အသားသေအောင် ပြုလုပ်ပေးရမည်။

စသည်တို့ဖြစ်ပါသည်။

ကွန်ကရစ်သည် လိုအပ်သော ပမာဏနှင့် အရည်အသွေးတို့နှင့် ပြည့်မီရုံမျှမက သမမျှတမှု (uniformity) ကိုလည်း ရရှိရန် အရေးကြီးသည်။ အရည်အသွေးညီညီညာညာရှိသော ကွန်ကရစ်

ကိုရရှိရန်အတွက် ရောစာသေး၏ အစိုဓါတ်အပြောင်းအလဲ မဖြစ်စေရန်နှင့် ရောစာကြီးများ အရွယ် အစားအလိုက် ကွဲမသွားရန် တို့သည် အရေးကြီးသောအချက်များ ဖြစ်ပါသည်။

လုပ်ငန်းစစ်သည် ကွန်ကရစ် တွင် ပါဝင်သော ရေနှင့်ဘိလပ်မြေပမာဏ ၊ ဖျော်စပ်ချိန် ၊ ကွန်ကရစ် ၏ အပျော့အမာ နှင့် အရွယ်အစားအလိုက် ကွဲသွားနိုင်သော အခြေအနေနှင့် နည်းလမ်း များကို ဂရုတစိုက် လေ့လာစစ်ဆေးခြင်းအားဖြင့် အကျိုးရှိကြောင်း တွေ့ရပေလိမ့်မည်။

လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေ (working condition)

ကျောက်ပုံး နှင့် သံချောင်း တို့၏ နေရာနှင့် အခြေအနေ၊ ဖျော်စပ်ရာတွင်သုံးမည့် ပစ္စည်း ကိရိယာများ၏ အခြေအနေနှင့် လုံလောက်မှု၊ လောင်းမည့် ကွန်ကရစ်ကိုသယ်ယူရန်၊ လောင်းထည့် ရန် ၊ အချောသပ်ရန်နှင့် လောင်းပြီး ဧရိယာ တစ်ခုလုံးအား အသားသေအောင် curing ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်မည့်အခြေအနေနှင့်ပစ္စည်းကိရိယာလုံလောက်မှု၊ ၄င်းပြင်အရောတွင်အသုံးပြုမည့်ပစ္စည်းတို့ ၏ သင့်တော်မှုနှင့် အချိုးအစားအပြင် လုံလောက်သော လုပ်သားအင်အားရရှိမှုစသည့် လုပ်ငန်းခွင် ပြင်ဆင်မှုနှင့် ပတ်သက်သည့် စံသတ်မှတ်ချက်များ၊ လိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီသောအခါ ကျမှသာ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းကို စတင်သင့်ပါသည်။ အချို့စံသတ်မှတ်ချက်များအရ ညအချိန် ကွန်ကရစ် လောင်းခြင်း၊ အလွန်အကျွံပူလွန်း၊ အေးလွန်းသောအခြေအနေနှင့် မိုးရွာသောအချိန်များတွင် သတ်မှတ်ထားသော ကာကွယ်မှု (protection) များ မပြည့်စုံဘဲ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း မပြုရန် တားမြစ်ထားပါသည်။ ညအချိန် ကွန်ကရစ် လောင်းမည် ဆိုပါက အလင်းရောင် လုံလောက်စွာ ပေးထားရပါမည်။ ကွန်ကရစ်ကို ကောင်းစွာ သိပ်သည်းမှုရရှိအောင် တုန်ခါစက် (vibrator) ဖြင့် နှံ့စပ်စွာထိုးရန် လိုအပ်သောအချိန် ထက်ပို၍ လျှင်မြန်စွာ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း မပြုသင့်ပါ။

ပစ္စည်းများချိန်တွယ်စပ်ခြင်း (batching of materials)

ပစ္စည်းများလာပို့စဉ် အရွယ်အစားများရောစပ်ပါဝင်ပုံ (grading) အပြောင်းအလဲ မည်မျှ ပင်ရှိနေစေကာမူ လိုအပ်သော အချိုးအစားအမှန်ကို အစပ်တိုင်းတွင် တူညီစွာ ရရှိရေးသည် အထူး အရေးကြီးပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့်ရောစပ်ထားသည့်(composite grading)တစ်ခုတွင်ရောစာကြီး အရွယ်အစားနှစ်မျိုးကိုရောသုံးထားပါက၄င်းရောစာတစ်မျိုးစီ၏ grading ကစားခြင်းကိုထေမိစေ ရန်၄င်းရောစာနှစ်မျိုး၏နှိုင်းရအချိုးအစားပါဝင်မှု (relative proportion) ကိုလိုအပ်သလိုလိုက်၍ ညှိပေးခြင်းဖြင့်မိမိလိုအပ်သော grading ကိုတပြေးညီရရှိအောင် ထိန်းသိမ်းထားသင့်သည်။

အချိန်အပိုင်းအခြားအလိုက် အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု စမ်းသပ်ခြင်း (moisture content test) များ၊ရောစာတို့၏ grading စမ်းသပ်မှုနှင့်သိပ်သည်းဆစမ်းသပ်မှုတို့ကိုပါ ပြုလုပ်သင့်သည်။ အစပ် အချိုးအစားများကိုလည်း ပါဝင်ပစ္စည်းများ၏ပမာဏ တသမတ်တည်းဖြစ်စေရန် ညှိပေးရမည်။ ချိန်တွယ်စပ်ရာတွင် သုံးသောကိရိယာများ၏အလုပ်လုပ်ပုံ ၊ အခြေအနေနှင့် မှန်ကန်မှု တို့ကို တခါ တခါစီ စစ်ဆေးပေးရမည်။

ဖျော်စပ်ခြင်း (mixing)

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင်ပါဝင်ပစ္စည်းများ သမမျှတစွာ ပျံ့နှံ့စေရန်နှင့် ရောစာ၏ မျက်နှာပြင်များပေါ်တွင်ဘိလပ်မြေအနှစ် (cement paste) များ ညီညာမျှတစွာ ဖုံးလွှမ်းနေစေရန် တို့သည် ကျေနပ်ဖွယ်ရာကောင်းသော ဖျော်စပ်ခြင်းတစ်ခုရရှိရေးအတွက် အဓိကလိုအပ်ချက်များ ဖြစ်သည်။ အချိန်တိုတိုနှင့် ရည်ရွယ်ချက်အောင်မြင်စေရန် သုံးမည့် ဖျော်စက် (mixer) များ၏အခြေအနေ ကောင်းမွန်ရမည်။ အထူးသဖြင့်အသွားပြား (blade) များကို ကောင်းစွာဒီဇိုင်း လုပ်ထားရန်၊ ခွင့်ပြုသည် ထက်ပိုသောဝန်ပိုများ မထည့်ရန် ၊ ဖျော်စက်ထဲသို့ ပစ္စည်းများအဖိတ်အစင်မရှိပဲထည့်ပေးနိုင်ရန်နှင့်ထုတ်လုပ်သူကခွင့်ပြုသော အသင့်တော်ဆုံး အမြန်နှုန်းဖြင့် လည်ပတ်ရန်တို့ကို ဂရုစိုက်ရမည်။

ဖျော်စပ်မှုမပြုလုပ်မီ ဖျော်စက်၏ အတွင်းပိုင်းနှင့် အသွားပြား (blade) များသန့်ရှင်းမှု ရှိ–မရှိ ၊ အသွားပြားများပွန်းပဲ့နေမှု ရှိခဲ့လျှင်လည်း ၁၀% ခန့်ထက်ပို–မပိုစစ်ဆေးရမည်။ဖျော်အိုး (drum) သည်ရေလုံရမည်။ အချို့စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) ကအစပ်တစ်ခု၏ပမာဏကို ဖျော်စက်၏သတ်မှတ်အဆံ့ပမာဏ (capacity) ထက်မပိုစေရန်ကန့်သတ်ပေးထားသည်။ အချို့ကမူ သတ်မှတ်အဆံ့ပမာဏထက် မည်မျှပိုသုံးနိုင်သည်ဆိုသည်ကို ရာခိုင်နှုန်းဖြင့် သတ်မှတ်ပေးထားသည် (များသောအားဖြင့် ၁၀ ရာခိုင်နှုန်း)။ ဖျော်စက်၏သတ်မှတ်အဆံ့ပမာဏကိုင်း၏ အမည်ပြား (nameplate)ပေါ်တွင် ဖော်ပြမထားပါက ၎င်း၏ အတိုင်းအထွာကို ကြည့်ပြီး ထုတ်လုပ်သူ၏ကက်တလောက် (catalog) စာအုပ်တွင် ရှာဖွေဖော်ထုတ်နိုင်သည်။ သို့မဟုတ်ပါက ဖျော်အိုး (drum) ၏ အတိုင်းအထွာများကို ယူ၍ ထုထည်တွက်ချက်ခြင်း ပြုလုပ်ရမည်။ ဖျော်အိုး ထုထည်နှင့် သတ်မှတ်အဆံ့ ပမာဏ (rated capacity) သည် ဖျော်စက်အမျိုးအစားနှင့် အရွယ်အစားပေါ် မူတည်၍ ၂½ း ၁ မှ ၄½ း ၁ အတွင်း ရှိတတ်သည်။

ရေကို ပစ္စည်းအခြောက်များ စထည့်ချိန်မှ ထည့်ပြီးသွားသည့်တိုင် တစ်လျှောက်လုံး ဖျော်စက်ထဲသို့ ထည့်ပေးသင့်သည်။ ပစ္စည်းအခြောက်များကို တပြိုင်တည်း ထည့်သင့်ပြီး ဖိတ်စင်မှု ကို ခွင့်မပြုသင့်ပါ။

အပူချိန် ၁၄၀° F ထက်ကျော်သောရေပူများကို ဘိလပ်မြေနှင့် ထိတွေ့စေပါက ဘိလပ်မြေများ ချက်ချင်းခဲသွားခြင်း (သို့) ဘိလပ်မြေအလုံးများ ဖြစ်ပေါ်ခြင်းတို့ ရှိလာနိုင်သဖြင့် မသုံးသင့်ပေ။ ဘိလပ်မြေ အလုံးများဖြစ်စေနိုင်သောအခြားအချက်များမှာ ကျောက်များအရင် ဘိလပ်မြေကို ကြိုထည့်မိခြင်း၊ ဖျော်စက်၏ အသွားပြားများ (mixer blades) ပွန်းပဲ့နေခြင်းနှင့် ပူနေသော ကျောက်နှင့် ဘိလပ်မြေများကို သုံးမိခြင်း တို့ဖြစ်နိုင်သည်။

ဖျော်စပ်ချိန် (mixing time) သည်ဖျော်စက်အရွယ်အစားနှင့် အမျိုးအစားပေါ် မူတည်၍ ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ အတွေ့အကြုံအရ ၁ ကုဗကိုက် နှင့် ၄င်းထက်ငယ်သည့် အဆန့်ပမာဏ (capacity) ရှိသော ဖျော်စက်များအတွက် အနည်းဆုံးဖျော် စပ်ချိန် ၁ မိနစ် ဟု သတ်မှတ်ထားသည်။ ၁/၂ ကုဗကိုက်ပိုလာတိုင်းအနည်းဆုံးဖျော်စပ်ချိန်ကို ၁၅ စက္ကန့် ပိုပေးသင့်သည်။

တစ်ခါတစ်ရံတွင် mixer နှင့် မဆိုင်သည့်အခြားသော ပြင်ပနှောင့်နှေးကြန့်ကြာမှုများကြောင့် ဖျော်စက်ထဲတွင်မိနစ်ပေါင်းများစွာဆက်လက်၍မွှေပေးနေရတတ်သည်။ မိနစ် အနည်းငယ်ခန့်ပို၍ ဖျော်စပ်ခြင်းသည် ခံနိုင်ရည်အားနှင့် သမမျှတမှု တို့အတွက် ပိုကောင်းစေသော်လည်း အလွန်အကျုံကြာမြင့်ပါက အထူးသဖြင့် ပျော့သော ရောစာများကို ကြိတ်ချေသကဲ့သို့ ဖြစ်နိုင်သောကြောင့် grading ကိုထိခိုက်စေနိုင် ပါသည်။

အချို့ စံသတ်မှတ်ချက်များ အနေဖြင့် ဖျော်စပ်ပြီးနောက် အသုံးပြုရမည့် အချိန်အကန့်အသတ်ကို ပေးတတ်ကြသော်လည်း ကွန်ကရစ်တစ်ခုသည် ရေထပ်ထည့်စရာ မလိုဘဲ ကောင်းစွာလောင်းနိုင်ပြီး အပြည့်အ၀ သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည့် အခြေအနေ ရှိနေသေးပါက၄င်းကွန်ကရစ်ကို ဆက်လက် သုံးနိုင်ပါသည်။ ရေထပ်ထည့်ပြီး ဖျော်စပ်ခြင်းကို ရေထိုးခြင်း (retempering) ဟုခေါ်ပြီး အဆင့်အတန်း ရှိသည့် စံသတ်မှတ်ချက်များက ၄င်းကိုတားမြစ်ကြပါသည်။

ကွန်ကရစ်ကို လက်ဖြင့်ဖျော်စပ်ရမည်ဆိုပါက သေသေချာချာအချိန်ယူ၍ နှံ့စပ်အောင် ဖျော်ရန် လုပ်ငန်းစစ်က အတင်းတိုက်တွန်းသင့်သည်။ရောစာများကို အခြောက်အတိုင်း အရင်ဦးစွာ ရောစပ်ပြီးမှ ရေထည့်ကာ အထက်အောက် နှံ့စပ်အောင် အနည်းဆုံး သုံးကြိမ်ခန့် (သို့မဟုတ်) လိုအပ်သော ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency) ရရှိပြီး သမမျှတသည့်အရောတစ်ခု ဖြစ်လာသည့် တိုင်အောင် ဖျော်စပ်သင့်ပါသည်။

ကွန်ကရစ်အပျော့အမာကိုထိန်းကျောင်းခြင်း (control of consistency)

ကွန်ကရစ် အပျော့အမာ (consistency) ကို ဖျော်စက်နေရာတွင်လည်းကောင်း ၊ သယ်ယူပို့ဆောင်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာများ နေရာတွင် လည်းကောင်း၊ အထူးသဖြင့် ကျောက်ပုံးများ ထဲသို့ ထည့်သည့်နေရာတွင်လည်းကောင်းလေ့လာအကဲခတ်ခြင်းသည် လုပ်ငန်းစစ်တစ်ဦးလုပ်ရမည့်အရေး အကြီးဆုံး တာဝန်များထဲမှ တစ်ခုဖြစ်သည်။ ၎င်းလေ့လာမှုများကို အခြေခံ၍ လက်တွေ့လုပ်ကိုင်ရ လွယ်ကူသည့် အခြောက်ဆုံး consistency ကိုကျောက်ပုံးထဲ လုပ်ရကိုင်ရသည့် အခြေအနေပေါ် မူတည်ပြီး ရွေးချယ်သတ်မှတ်ပေးရမည်။ ထို့ကြောင့် အထူးသဖြင့်နှိုးဆွထရပ်ကား (agitator truck) များကိုသုံးပါက consistency ကိုအကောင်းဆုံး ထိန်းကျောင်းနိုင်ရန် လုပ်ငန်းခွင်နှင့် ချိန်တွယ်စပ်စက် (batching plant) တို့ကြား လျင်မြန်စွာဆက်သွယ် သတင်းပေးနိုင်ရန် လိုအပ်သည်။

များသောအားဖြင့် ကွန်ကရစ်ဖျော်သောလုပ်သားများအနေဖြင့် အသုံးပြုရသည့် လုပ်အားကို လျော့ချနိုင်သည်ဟူသော အထင်ဖြင့် ရေများများပါသော ကွန်ကရစ် ပျော့ပျော့ ကိုသာ လိုလားကြသည်။ သို့သော်ကွန်ကရစ်တစ်ခုသည် ရေပါဝင်မှု များသောကြောင့် ပျော့လေလေ ၎င်း၏အရည်အသွေး ကျဆင်းလေလေဖြစ်ပြီး အရွယ်အစားအလိုက်ကွဲသွားမှု (segregation) ဖြစ်နိုင်ချေ ပိုများလာပေသည်။ ထို့ကြောင့်ကွန်ကရစ် သည် ပျားသလက်အုံသဏ္ဍာန် (honeycomb) မဖြစ်ပေါ်စေဘဲ ကောင်းမွန်စွာ လောင်း နိုင်ရုံ မရှိမဖြစ် လိုအပ်သည့် ရေကိုသာ ဖျော်စပ်ရာတွင် ထည့်သင့်ပါသည်။

Consistency တသမတ်တည်းရစေရန်ယခင်ပြုလုပ်ခဲ့သောအစပ်များပေါ် အခြေခံ၍ ရေပမာဏအတိုးအလျော့လုပ်ထိန်းကျောင်းပြီးဖျော်စက်ထဲ့သို့ထည့်ပေးရသည်။ ရောစာများ grading နှင့်အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု(moisture content)တပြေးညီဖြစ်နေပါကရေပမာဏကိုပြောင်းလဲရန် အနည်းအကျဉ်းသာ လိုအပ်ပါမည်။ မည်သို့ပင်ဖြစ်စေ ရေပမာဏကို ပုံသေဖြစ်စေရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် ရေချိန်တွယ်ထည့်သည့်ကိရိယာများကိုအသေပိတ်မထားသင့်ပေ။ထိုသို့ပိတ်ထားပါကရောစာ၏အစိုဓါတ်ပါဝင်မှုအပြောင်းအလဲကြောင့်ကွန်ကရစ်၏ consistency ပါလိုက်၍ပြောင်းလဲလာမည်။

Consistency ကို အအိစမ်းသပ်နည်း (slump test) ဖြင့်အများဆုံး တိုင်းတာကြသည်။ သို့သော် တစ်ခုတည်းသော slump test အဖြေပေါ် မူတည်၍ ကွန်ကရစ်ကို ပယ်သင့်–မသင့် မဆုံးဖြတ်သင့်ပေ။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော် ၎င်းစမ်းသပ်မှုသည်ပင်လျှင် တစ်စုံတစ်ရာ အမှားအယွင်း ရှိနိုင်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

ရိုးရှင်းလွယ်ကူမြန်ဆန်သော consistency တိုင်းသည့်အခြား စမ်းသပ်မှုတစ်ခုမှာ ball penetration test ဖြစ်သည်။ ၎င်းသည် ၆ လက်မ အချင်းရှိပြီး ၃၀ ပေါင် လေးသော သတ္တု

ဘောလုံးခြမ်းကို ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ် ထဲသို့ ဖြည်းညှင်းစွာ နှစ်မြှုပ်စေခြင်းအားဖြင့် တိုင်းတာသည့် နည်းလမ်း ဖြစ်သည်။ ASTM C60 တွင် အသေးစိတ်ဖော်ပြထားသည်။

လေပါဝင်မှု စမ်းသပ်ခြင်း (air content test) နှင့် consistency စမ်းသပ်ခြင်း တို့ကို တစ်ပြိုင်တည်းပြုလုပ်သင့်သည်။ အဘယ့်ကြောင့်ဆိုသော် လေပါဝင်မှု အပြောင်းအလဲသည် consistency ကို များစွာသြဇာ သက်ရောက်စေသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

ထရပ်ကား ဖျော်စက် (truck mixer) များသုံးသောကိစ္စများတွင် consistency အပြောင်းအလဲကို လျော့နည်းစေရန် ဖျော်စပ်ခြင်းကို တတ်နိုင်သမျှနောက်ကျပြီး မှစတင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ မွှေရမည့်မွှေချိန်၏ ပထမ ၉၀% ခန့်တွင် ဖျော်စပ်ရေ (mixing water) ၏ ၇၅% ခန့်ကိုထည့်မွှေပြီး ကျန်သောရေပမာဏကိုမူ ကွန်ကရစ်မလောင်းမီကပ်လျှက် (သို့) လုပ်ငန်းခွင်သို့ ရောက်ချိန်မှသာ ထည့်ပြီးကျန်မွှေချိန်အတွင်း အပြီးသတ် မွှေရန်ဖြစ်သည်။

ပထမဆုံး အစပ်များတွင်အခြေအနေများ မတည်ငြိမ်သေးခြင်းနှင့် မဆလာများဖျော်အိုး နှင့် သယ်ယူပို့ဆောင်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာ (conveying device) တို့တွင် ကပ်ကျန်နေခြင်း တို့ကြောင့် အမှားအယွင်း ဖြစ်နိုင်သည်။

ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်ချိန်နှင့် လောင်းချိန်ကြား အချိန် အလွန်ကြာပါက ကွန်ကရစ်သည် မာသွားပြီး ကျစ်လစ်သိပ်သည်းမှု (consolidation) ကောင်းစွာ မရနိုင်တော့ပေ။ အနည်းငယ် လောက် ထက်ပို၍ ခဲခြင်းကိုဖြစ်ပေါ်စေသော ကွန်ကရစ်ကို ပြန်လည်ပြုပြင် တည့်မတ်ပေးရန် လိုအပ်သည်။ ကွန်ကရစ်များ ခဲသွားသည့် အကြောင်းရင်းများမှာ နေနှင့် လေတို့ကြောင့် ဖျော်စပ်ရေ (mixing water) အလွန်အကျွံ အငွေ့ပျံခြင်းကြောင့် လည်းကောင်း၊ ရောစာများက ဖျော်စပ်ရေကို များပြားစွာ စုပ်ယူမှုကြောင့် လည်းကောင်း၊ ပါဝင်သော ပစ္စည်းတစ်ခုခု၏ မြင့်မားသော အပူချိန်ကြောင့် လည်းကောင်း၊ ဓါတ်ပြုမြန်ဓါတုပစ္စည်း (accelerator) တစ်မျိုးမျိုး မသိလိုက်ဘဲ ပါဝင်သွားခြင်းကြောင့် လည်းကောင်း၊ စောစီးစွာ မာစေနိုင်သော ဂုဏ်သတ္တိရှိသည့် ဘိလပ်မြေကို သုံးမိခြင်းကြောင့် လည်းကောင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ ရေထပ်ထည့်ပြီး ထပ်မံမွှေယူပြီးမှသာ လောင်းနိုင်သည့် အခြေအနေသို့ ရောက်ရှိလောက်အောင် မာခဲနေသည့် ကွန်ကရစ်ကို တည်ဆောက်ရေး တွင် မသုံးသင့်ပေ။

သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (conveying)

ကွန်ကရစ် ဖျော်စက် မှ ကျောက်ပုံးအတွင်းသို့အရောက် ကွန်ကရစ်သယ်ယူပို့ဆောင်သည့် နည်းလမ်းသည် အအိ (slump) ဆုံးရှုံးမှု အနည်းဆုံးဖြင့် ကျောက်ပုံး အတွင်းတွင် ကွန်ကရစ် ညီညီညာညာ ရရှိစေမည့် နည်းလမ်းဖြစ်သင့်သည်။

ကွန်ကရစ် လောင်းသည့်အခါ ကွန်ကရစ် ကျဆင်းသည့် လားရာအရပ် (direction) သည် လည်းအပေါ်အောက်တည့်တည့် (vertical) ဖြစ်သင့်သည်။ ထိုသို့မဟုတ်လျှင် ရောစာကြီးများ ကွဲထွက်သွားနိုင်သည်။

သယ်ယူပို့ဆောင်ရေး ကိရိယာ အမျိုးမျိုးကို အသုံးပြုကြသည်။ သုံးသောအခါ တစ်မျိုး တည်းဖြစ်စေ၊ အတွဲလိုက်ဖြစ်စေ အသုံးပြုကြသည်။ သို့ရာတွင် အဓိကအားဖြင့် အသုတ်လိုက် သယ်ပို့ရန် ထည့်စရာများ (batch containers) [ဥပမာ – ပုံး (bucket)၊ လှည်း (cart)၊ လက်တွန်းလှည်း (wheel barrow)၊ ထရပ်ကား (truck) စသည်]၊ လျှောများ (chutes)၊ ပတ်လည် ရွေ့ရှားခါးပတ်ပြားများ (conveyor belts)၊ ပိုက်သယ်ယူ ပို့ဆောင်စံနစ် (pipe conveyer) စသည်တို့ဖြစ်ကြသည်။

အသုတ်လိုက်သယ်ပို့ရန်ထည့်စရာများ (batch containers) – တစ်နေရာမှတစ်နေရာ သို့ရွေ့သည့် အကွာအဝေးရှည်လျှင် segregation ကို ကာကွယ်ရန် နှိုးဆွထရပ်ကား (agitator truck) ကို သုံးသင့်ပါသည်။

လျှောများနှင့်ပတ်လည်ရွေ့ရှားခါးပတ်ပြားများ (chutes and belts) – လျှောများ၏ ဖြတ်ပိုင်းပုံတွင် ဒေါင့်ချိုးမပါသင့်ပါ။ ဒေါင့်ချိုး (corner) တွင် ကွန်ကရစ်များ စုခြင်းကို ရှောင်ရန် ဖြစ်သည်။ လျှော၏ အစောင်း (slope) သည် ကွန်ကရစ်လောင်းရန်အတွက် လိုအပ်သည့် (သို့) သတ်မှတ်ထားသည့် အအိ (slump) ထက်ပိုမလိုစေဘဲ ကွန်ကရစ် ကောင်းစွာ ဆင်းသွားနိုင်သည့် မတ်စောက်မှု ရှိသင့်သည် (slope ကို ၁ vertical တွင် ၂ (or) ၂ ၁/၂ horizontal နှုန်းပြုလုပ် ကြသည်)။

မာသည့်ကွန်ကရစ်ကို သယ်ဆောင်ရန်အတွက် ကောင်းမွန်စွာ ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားသော၊ ကောင်းစွာထိန်းသိမ်းထားသော၊ ကောင်းစွာအလုပ်လုပ်နေသော ပတ်လည်ရွေ့ရှားခါးပတ်ပြားများ (conveyor belts) သည် သင့်တော်ပါသည်။ ပူပြင်း ခြောက်သွေ့ လေတိုက်သည့်ရာသီတွင် ကွန်ကရစ်များ အလွန်အကျွံ မာခဲမသွားအောင် လျှော (သို့) ပတ်လည်ရွေ့ရှား ခါးပတ်ပြား များပေါ်တွင် အမိုးအကာ လုပ်ထားသင့်ပါသည်။

ပိုက်လုံးများ (pipes) – ပိုက်ကို ဖြတ်ပြီး ပန့်ဖြင့်တိုက်ရိုက်မောင်းပေးခြင်းအားဖြင့် ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းသည်လည်း ထိရောက်သည့် သယ်ယူပို့ဆောင်ရေးနည်းလမ်းတစ်ခုဖြစ်သည်။ ၎င်းကွန်ကရစ်သည် သမမျှတမှု ရှိသော ၊ ပျော့ပျောင်းသော ၊ အလယ်အလတ် အပျော့အမာရှိပြီး လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းသော၊ အဆက်မပြတ် ပေးပို့နိုင်သော ကွန်ကရစ်ဖြစ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။

ပူပြင်းသည့် ရာသီအတွင်း ကွန်ကရစ်လောင်းချိန်တွင် သယ်ဆောင်သည့် ပိုက်ကို စိုစွတ်သည့် ပစ္စည်းဖြင့် ဖုံးအုပ်၍လည်းကောင်း၊ အဖြူရောင် ဆေးသုတ်ပေးခြင်းဖြင့် လည်းကောင်း၊ slump လျော့ကျမှုကို သက်သာစေရန်နှင့် ကွန်ကရစ်အပူချိန်တက်မှု အနည်းဆုံးဖြစ်စေရန် ဆောင်ရွက်သင့်ပါသည်။ Pump ဖြင့် ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ပန့်နှင့်ပိုက်များအတွင်း ကွန်ကရစ်တွင် ပါသည့် အချိုးတူ မဆလာဖြင့် သုတ်လိမ်းခြင်း ပြုလုပ်ကြသည်။ ကွန်ကရစ်လောင်း ပြီးသွားသောအခါ ပန့်နှင့်ပိုက် များကို အသေအချာ ဆေးကြောရန် လိုအပ်ပါသည်။

နေရာချခြင်း (placing)

ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ် ကွန်ကရစ်ကိုနေရာချခြင်း လုပ်ငန်းသည် အဓိကကျပြီး အလွန် အရေးကြီးသော ကိစ္စတစ်ခုဖြစ်ပါသည်။ အရွယ်အစားအလိုက် ကွဲသွားခြင်း (segregation) ကို ရှောင်ရန် ကွန်ကရစ်ကျမည့် လားရာအရပ် (direction) သည် အပေါ်အောက်တည့်တည့် (vertical) ဖြစ်သင့်သည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းလိုသည့် ရေချိန်မှတ် (level) အထက်ရှိ ပုံစံခွက် ၏ ဘေးတဘက်တချက် (သို့) သံချောင်းများကို ကွန်ကရစ်ရိုက်ခတ်ပြီး segregation ဖြစ်ခြင်းကို ရှောင်ရန် သင့်တော်သည့် လျှောကို အသုံးပြု၍ လောင်းသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အခါ ကွန်ကရစ် ထွက်သည့် အပေါက်ဝကို အပေါ်အောက်တည့်တည့် (vertical) ဖြစ်အောင် ကိုင်ထားပေးသင့်သည်။ ထိုသို့မဟုတ်ပါက ကြီးမားသည့် segregation ဖြစ်တတ်သည်။

ကွန်ကရစ်ကို ၄င်း၏နောက်ဆုံး ရှိသင့်သည့်နေရာအနီးတွင်သာ ချသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်ကို ဝေးသည့်နေရာ၌ ချပြီး ဘေးတိုက်ရွှေ့ခြင်းကို အဝေးကြီးမလုပ်သင့်ပါ။ ဥပမာ ကွန်ကရစ်ကို ၂' – ၃' ထက်ပိုပြီး ဘေးတိုက်မစီးစေသင့်ပါ။ မည်သည့် ကွန်ကရစ် အမျိုးအစားကို လောင်းသည့် အခါတွင်ဖြစ်စေ ထွန်ခြစ်ကိုသုံး၍ ကွန်ကရစ်ကို မဖြန့်စေရပါ။

ကွန်ကရစ်အသစ်လောင်းသည့်အခါ လောင်းပြီးသား ကွန်ကရစ်ကို ပြန်လည်တုန်ခါစေခြင်း (revibration) ပြုလုပ်သင့်–မသင့် နှင့်ပတ်သက်၍ စက်နှိုးထားသည့် တုန်ခါစက် (vibrator) ၏ ကိုယ်ပိုင်အလေးချိန်ဖြင့် မူလကွန်ကရစ်ထဲသို့ နစ်မြုပ်ဝင်ရောက်နိုင်သည့် အနက်အထိကို ပြန်လည် တုန်ခါခြင်းပြုလုပ်သင့်ပါသည်။ တုန်ခါစက်ကို ကွန်ကရစ်ထဲမှ ဆွဲယူသည့်အခါတွင်လည်း တုန်ခါနေသည့် အနေအထားဖြင့် ဖြည်းညှင်းစွာ ဆွဲထုတ်သင့်ပါသည်။

အလုပ်သမားများ လောင်းပြီးစ ကွန်ကရစ်ပေါ်တွင် (သို့) ဆင်ထားသည့် သံချောင်းများ ပေါ်တွင် လမ်းလျှောက်ခြင်းကို တတ်နိုင်သမျှ ရှောင်ကြဉ်သင့်ပါသည်။

သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (consolidation)

ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ် ကွန်ကရစ်ကို နေရာတိုင်းတွင် နှံ့နှံ့စပ်စပ်နှင့် ညီညီမျှမျှ သိပ်သည်းမှုရအောင် ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။ လက်နှင့်ထိုးသည့် ကိရိယာများ (hand tools) ၊ တုန်ခါစက်များ (vibrators) (ပိုကောင်းသည်) သို့မဟုတ် အချောကိုင်စက်များ (finishing machines) ဖြင့် သိပ်သည်းအောင်လုပ်ခြင်းဖြင့် ကွန်ကရစ်နှင့်သံချောင်းများကြား နှင့် ချောမွေ့နေသည့် ကွန်ကရစ်အဟောင်းနှင့်အသစ်ကြား တွယ်ကပ်မှု (bond) ကောင်းမွန်စွာ ရရှိရန် ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။ သံချောင်းများတဝိုက်နှင့် မြှုပ်နှံထားမည့် တပ်ဆင်ပစ္စည်းများ (embedded fixture) တဝိုက်အပြင် ပုံစံခွက်များ၏ ထောင့်များသို့ ကွန်ကရစ်ကောင်းစွာရောက်ရှိစေရန် vibrator ကို နေရာနှံ့အောင် ထိုးပေးသင့်သည်။ သို့သော် vibrator ကို လိုအပ်သည်ထက် ပိုကြာကြာ မသုံးသင့်ပါ။ Vibrator ကို လိုအပ်သည်ထက်ပို၍ ကြာကြာအသုံးပြုပါက segregation ဖြစ်ခြင်း ၊ ရေနှင့်အမှုန်များအပေါ်သို့ တက်လာခြင်းများ ဖြစ်တတ်သည်။ အပေါ်သို့တက်လာသည့် ရေများသည် သံချောင်းများ နှင့် ရောစာကြီးများ၏ အောက်တွင် လာရောက်စုနေ တတ်သဖြင့် ကွန်ကရစ်နှင့်သံချောင်းတို့ကြား တွယ်ကပ်ခြင်း (bond) ကိုထိခိုက်စေပါသည်။ ထိုသို့ ဖြစ်ပေါ်လာသော မြောင်းငယ်များကြောင့် ကွန်ကရစ် ရေစိမ့်ခြင်း (leakage) ဖြစ်ပေါ်တတ် ပါသည်။

လုံလောက်သည့် ကိရိယာတန်ဆာပလာများနှင့် ကိုင်တွယ်သူ (operator) များထားပေးခြင်းဖြင့် ဖျော်ပြီး ကွန်ကရစ် ကို ကိုင်တွယ်ရာတွင် နှောင့်နှေးမှုမရှိစေရန် ထောက်ပံ့ပေးထားရမည်။ သို့မဟုတ်ပါကကွန်ကရစ်သည် ကျစ်လစ်သိပ်သည်းမှုကိုနေရာအနှံ့မရသေးမီနှင့်မျက်နှာပြင် အချောကိုင်မှု မပြီးသေးမီတွင် အလွန်အကျွံ ခဲသွားနိုင်သည်။

ဒုတ်ချောင်းဖြင့်ထိုးခြင်း (hand tamping) – ပျော့ပျောင်းသည့် ကွန်ကရစ်အတွက် လက်ဖြင့်ထိုးသည့်ကိရိယာ (ဒုတ်ချောင်း) သည်လောင်းမည့် ကွန်ကရစ်အလွှာ (layer) ၏အောက်ဖက် အထိ ထိုးဖောက် ဝင်ရောက်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ ခြောက်သည့် ကွန်ကရစ်အတွက် လက်နှင့်ထုထောင်းရမည်ဆိုလျှင် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် မဆလာ (သို့) ဘိလပ်မြေ အနှစ် များ ခပ်ပါးပါး ပေါ်ပေါက်လာပြီး စိုစွတ်လာသည်အထိ လေးလံပြီး ထိပ်ဝအပြားရှိ ပစ္စည်းဖြင့် မျက်နှာပြင်ကို ထုပေးရပါမည်။

တုန်ခါခြင်း (vibration) – ယေဘုယျအားဖြင့် ကွန်ကရစ် အရောတစ်ခုကို လက်ဖြင့် ထုထောင်းခြင်း ၊ ထိုးခြင်း ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် သိပ်သည်းအောင် လုပ်မရသောအခါ တုန်ခါစက်ကိုသုံး၍ သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။

Vibrator ကို ယေဘုယျအားဖြင့် အတွင်း (internal) ၊ မျက်နှာပြင် (surface) နှင့် ကျောက်ပုံး (form) vibrator ဟူ၍ (၃)မျိုးခွဲခြားထားသည်။ ထိုသုံးမျိုးထဲမှမည်သည့်အမျိုးအစားကိုမဆို စနစ်တကျ သုံးတတ်ရန် လိုအပ်သည်။ တိုတောင်းသော အကွာအဝေးများကို အသေအချာ သတ်မှတ်၍ တုန်ခါမှု၏ အကျိုးသက်ရောက်မှု တစ်နေရာနှင့်တစ်နေရာအနည်းငယ် ထပ်မိစေရန်နှင့် နေရာလွတ်မကျန်စေရန် vibrator ကို စံနစ်တကျအသုံးပြုရမည်။ Vibrator ကိုကွန်ကရစ် နှံ့စပ်စွာသိပ်သည်းမှုရသည့်တိုင်အောင် အထိသာ ဆက်လက် သုံးသင့်သည်။ ၄င်းထက်ပို၍ vibration ဆက်လက်ပြုလုပ်လျှင် ရောစာကြီးများ အောက်ဖက်တွင်အနည်ထိုင်၍ဘိလပ်မြေအနှစ်များ အပေါ်တက်လာတတ်သည်။ မည်သို့ဆိုစေ အလွန်အကျွံတုန်ခါမှုပေးခြင်း (overvibration) အလွယ်တကူဖြစ်တတ်သောကွန်ကရစ်သည်ရေများနေသဖြင့်၄င်း၏ slump ကိုလျှော့ပေးသင့်ပါသည်။ Vibrator ကို အကွာအဝေး ၁၈ လက်မ မှ ၃၀ လက်မ ကြားပိုင်းခြား၍ တနေရာတွင် ၅ စက္ကန့် မှ ၁၅ စက္ကန့် အကြာထိသာထိုးသင့်သည်။ Vibrator ကိုနေရာအကျယ်ကြီးခြား၍ အချိန်ကြာမြင့်စွာ မထိုးသင့်ပါ။

အတွင်းတုန်ခါစက် (internal vibrator) တစ်ခုကို သုံးသည့်အခါ ကွန်ကရစ် အတွင်းသို့ အပေါ်အောက် တည့်တည့်ထိုးသင့်သည်။ ကွန်ကရစ်ကို ကန့်လန့်ဖြတ်၍ ဆွဲမသွားသင့်ပါ။ ၄င်းကို ကွန်ကရစ် အတွင်းသို့ ထိုး၍ ပြန်ဆွဲနှုတ်သည့်အခါဖြည်းဖြည်းချင်းသာပြုလုပ်သင့်သည်။ ဆွဲနှုတ်စဉ်အချိန်အတွင်း vibrator ကို တုန်ခါမှုပေးထားရပါမည်။ သို့မဟုတ်ပါက နှုတ်သည့်နေရာတွင် အပေါက်ဖြစ်၍ကျန်ခဲ့နိုင်သည်။ Vibrator ကို အသုံးပြုပြီး ကွန်ကရစ်ကို တစ်နေရာမှအခြား တစ်နေရာသို့ ဟိုရွှေ့ဒီရွှေ့ မလုပ်သင့်ပါ။ Segregation ဖြစ်တတ်ပါသည်။

မျက်နှာပြင်တုန်ခါစက် (surface vibrator) တစ်ခုကိုသုံးသည့်အခါ အလွှာ (layer) ၏ အောက်ဖက်ဆုံးထိ သိပ်သည်းမှု ရအောင် လုပ်သင့်ပါသည်။ လိုအပ်သည့်နေရာအထိ vibrator ၏ အကျိုးသက်ရောက်မှု မရောက်ရှိပါက ကွန်ကရစ် လောင်းသည့် အလွှာ၏ အထုကို လျှော့ရန် (သို့) စက်၏ စွမ်းအင်ကို မြှင့်ပေးရန်လိုအပ်ပါသည်။

ကွန်ကရစ်လောင်းမည့် အဆောက်အဦး အစိတ်အပိုင်းသည် အတွင်းတုန်ခါစက် မဝင်နိုင်လောက်အောင် ပါးပါးလွှာလွှာ ဖြစ်နေသည့်အခါ ကျောက်ပုံးတုန်ခါစက် (form vibrator) ကို သုံးသင့်ပါသည်။

ခဲစပြုနေသောကွန်ကရစ်ကို ပြန်၍ တုန်ခါသောအခါ ကွန်ကရစ်ပြန်လည် ပျော့ပျောင်းလာနိုင်သည့် အနေအထားရှိသေးပါက အကျိုးရှိစွာအသုံးပြုနိုင်ပါသည်။ ဤကိစ္စမျိုးတွင် တုန်ခါနေသော vibrator ၏ ကိုယ်ပိုင်အလေးချိန်ဖြင့် ကွန်ကရစ်အတွင်း ဝင်ရောက်နိုင်သည့် နေရာအထိ တုန်ခါမှုပေးပါက အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိပါသည်။

ရပ်နားအဆက် (construction joint)

တစ်သုတ်လောင်းပြီးသည့်အခါနှင့် တစ်နေ့တာလုပ်ငန်း ပြီးသည့်အခါများတွင် ရပ်နားအဆက် (construction joint) ဖြစ်ပေါ်တတ်ပါသည်။ ရပ်နားအဆက် (construction joint) နေရာများသည် ရေလုံမှုအားပျော့သည့်နေရာများ ဖြစ်သဖြင့် ၎င်းအဆက်များကို တတ်နိုင်သမျှ ရှောင်ရှားသင့်သည်။ မဖြစ်မနေ construction joint ထားရမည်ဆိုလျှင် မှန်ကန်သည့်နေရာဖြစ်ပြီး သပ်သပ်ရပ်ရပ်နှင့် တွယ်ကပ်မှုကောင်းရန် လိုအပ်ပါသည်။

Construction joint ကို နေရာရွေးရာနှင့် ပြုလုပ်စီမံရာတွင် အဆောက်အဦး၏ ခံနိုင်ရည်အား(structure strength) ကိုအနည်းဆုံးသာ ထိခိုက်စေရန်ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။ ဥပမာအားဖြင့် ကြမ်းခင်းပြား (slab) နှင့်ယက်မ (beam) တို့တွင် construction joint ထားပါက ခန်းဖွင့် (span) ၏အလယ်အနီးအနားတွင် slab နှင့် beam ဝင်ရိုးကို ဒေါင့်မတ်ကျလျက် ဖြစ်သင့်ပါသည်။ လောင်းထားပြီးကွန်ကရစ် နှင့် အသစ်လောင်းမည့် ကွန်ကရစ် နှစ်ခုကြား bond ကောင်းရန်အတွက် ကွန်ကရစ် အဟောင်းကို အထွေအထူး ပြင်ဆင်ရန် အမြဲတမ်း မလိုအပ်ပါ။ မျက်နှာပြင်အဟောင်းကိုသန့်ရှင်းစေရန်နှင့်စိုစွတ်စေရန်မူကားလိုအပ်ပါသည်။ ၎င်းမျက်နှာပြင်အဟောင်းသည် ခြောက်သွေ့ညစ်ထေးမနေပါက အဟောင်းနှင့် အသစ်ဆုံသည့် နေရာတဝိုက် နှံ့စပ်စွာခပ်စိပ်စိပ် တုန်ခါပေးခြင်းဖြင့် bond ကိုကောင်းစေပါသည်။ Bond ကောင်းကောင်းရရန်အတွက် အဆက် (joint) မျက်နှာပြင်ကို ကြမ်းအောင် လုပ်ပေးရန် အမြဲမလိုအပ်ပါ။ ထိုသို့ ကြမ်းအောင် ပြုလုပ်လိုက်လျှင် joint မျက်နှာပြင်ကိုသန့်ရှင်းအောင်ဆေးကြောရာ၌ပင်အနှောင့်အယှက်ဖြစ်နိုင်ပါသည်။

ကွန်ကရစ်အဟောင်းတစ်ခုပေါ်သို့ကွန်ကရစ်အသစ်ထပ်လောင်းလျှင် ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ ကွန်ကရစ်အဟောင်းပေါ်တွင် လောင်းမည့် ကွန်ကရစ်တွင် ပါဝင်သည့်မဆလာနှင့်အမျိုးအစားတူ မဆလာဖြင့် ဖုံးအုပ်ပြီးဖြန့်ကြက်ပေးသင့်ပါသည်။ ကွန်ကရစ်အဟောင်းကို အချိန်ကြာမြင့်စွာ စိုစွတ်နေစေပြီးမှသာ အထက်ဖော်ပြပါအတိုင်း မဆလာ ဖြင့် ဖုံးအုပ်ဖြန့်ကြက်ပေးခြင်း ပြုလုပ်သင့်သည်။

ဒေါင်လိုက် (သို့) မတ်စောက်စွာ စောင်းနေသည့် အလျောမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းမည်ဆိုပါကကွန်ကရစ်ထဲတွင် မဆလာများများပါအောင်ရောစပ်သင့်သည် (သို့) အဟောင်းမျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ကွန်ကရစ် မလောင်းမီအချိန်ကပ်လျက် မဆလာ ကပ်သင့်သည်။ တွယ်ကပ်မှုကောင်းစေရန် မဆလာ (သို့) အဖြည့်လွှာ (grout coating) ကို အချိန်အကြာကြီး ကြို၍မကပ်ထားသင့်ပါ။ ခဲသွားနိုင်သည် သို့မဟုတ် ခြောက်သွားနိုင်သည်။

အခန်း(၈)
ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးနောက်စစ်ဆေးခြင်း
INSPECTION AFTER CONCRETING

လုပ်ငန်း စစ်ဆေးခြင်း ကိစ္စသည် ကွန်ကရစ် လောင်းပြီးရုံနှင့် မပြီးသေးပါ။ ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်များ မပျက်စီးအောင် ကာကွယ်မှုများ ပြုလုပ်စေရန်နှင့်ကောင်းစွာ အသားသေအောင် ပြုလုပ်စေရန် လိုအပ်ပါသေးသည်။

ကွန်ကရစ် အဆောက်အအုံအစိတ်အပိုင်း (structural member) ကိုယ်တိုင် ၎င်း၏ ကိုယ်ပိုင် အလေးချိန်နှင့် တည်ဆောက်ရေး ဝန်ရှင် (live load) ကို အနည်းဆုံး စိတ်ချရကိန်း (safety factor) ၂ လောက်ဖြင့် ထမ်းနိုင်သည်အထိ ဒေါက်များကို မဖြုတ်ပဲထားရှိရမည်။ ယေဘုယျ အားဖြင့် သာမန်အပူချိန်တွင် ဒေါင်လိုက် ကျောက်ပုံး (vertical form) များကို ကွန်ကရစ် လောင်းပြီး နောက်တစ်ရက်တွင် ဖယ်ရှားနိုင်သည်။ ကွန်ကရစ်အလေးချိန်ကို ထမ်း ထားသည့် ကျောက်ပုံးများကိုမူ အချိန်ကြာရှည်စွာ ထားရမည်။ အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်း အနေဖြင့် ၎င်းထမ်းရမည့် ဝန်များကို မျှမျှတတနှင့် တဖြည်းဖြည်းချင်းပို၍ ပို၍ထမ်းစေရန် ဒေါက်များကို တဖြည်းဖြည်းခွဲခြား၍ ဖယ်ရှားသင့်သည်။ ကျောက်ပုံးများကို စောစီးစွာခွာခြင်းသည် အချောကိုင်ခြင်း (finishing) နှင့် curing ရှုထောင့်ကကြည့်လျှင် ကောင်းပါသည်။ အထူးသဖြင့် ခြောက်သွေ့သောရာသီတွင်ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးနောက်အစောဆုံးဖြစ်နိုင်သည့်အချိန်တွင်ကျောက် ပုံးကို ခွာပြီး သတ်မှတ်ထားသည့် အသားသေအောင် ပြုလုပ်သည့် နည်းစဉ် (curing procedure) ကို စတင်သင့်ပါသည်။ ကျောက်ပုံးများ မခွာနိုင်မီကာလတွင် အသားပေါ်နေသည့် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်ကို အမြဲစိုစွတ်နေအောင် စီမံထားသင့်သည်။ လောင်းလိုက်သော ရေသည် ကွန်ကရစ်နှင့် ကျောက်ပုံးများကြား ထဲသို့ လည်းစီးဝင် နိုင်အောင်ပြုလုပ်နိုင်လျှင် ပိုကောင်း ပါသည်။

အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (curing)

ကွန်ကရစ်ကို curing ပြုလုပ်ခြင်း ဆိုသည်မှာ ၎င်းကို စိုစွတ်အောင် ထိန်းသိမ်းထားခြင်း နှင့် လိုအပ်လျှင် နွေးထွေးစွာ ထားခြင်းဖြင့် ကွန်ကရစ်၏ ဓာတ်ပြုခြင်း (hydration) ကိုဆက်လက် ဖြစ်စေခြင်းကို ဆိုလိုပါသည်။ Curing သည် ကွန်ကရစ်၏ မျက်နှာပြင်အခြေအနေ နှင့် အထွေထွေ အရည်အသွေး ကို ကြီးမားစွာ မြှင့်တင်ပေးနိုင်သည်။

စံသတ်မှတ်ချက် အများစုအရ သာမန်ဘိလပ်မြေကိုသုံး၍ လောင်းထားသော ကွန်ကရစ်၏ အသားပေါ်နေသော မျက်နှာပြင်ကို (၇)ရက် ဆက်တိုက် curing လုပ်ရန်ဖြစ်ပါသည်။ တော်တော်များများ စံသတ်မှတ်ချက်များက (၁၄)ရက် curing လုပ်ပေးရန်သတ်မှတ်သည်။ စောစီးစွာ ခံနိုင်ရည်အား တက်သော ဘိလပ်မြေ (high-early-strength cement) အတွက် အထက်ဖော်ပြပါ အချိန်တဝက်လောက်သာ curing လုပ်ပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။ တဖြည်းဖြည်းချင်းမာသော ဘိလပ်မြေ (slow-hardening cement) အတွက်မူ သာမန် normal ဘိလပ်မြေထက် curing လုပ်ချိန်ပို ပေးရန် လိုအပ်ပါသည်။

ကောင်းသည့် curing နည်းလမ်းများမှာ ရေကိုဆက်တိုက်ဖြန်းပေးခြင်း၊ စီးနေသောရေ (သို့)အိုင်နေသောရေဖြင့်အမြဲထိတွေ့ပေးခြင်းသို့မဟုတ်သဲဖြင့်ဖုံးပြီးရေပြည့်ဝနေစေခြင်း၊ရေလုံးဝ စိုစွတ်နေသည့် ဖျင်ကြမ်း (သို့) ရေကို စုပ်နိုင်သောအစ (material) များဖြင့်ဖုံးအုပ် ထားခြင်းတို့ဖြစ်သည်။ လောင်းပြီး ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင် မပျက်စီးနိုင်သည့် အချိန်မှစ၍ ကွန်ကရစ်၏ အသားပေါ်နေသော မျက်နှာပြင်ကို ရေလောင်းပေးသင့်သည်။ ကျောက်ပုံးကပ်ထားသောဘက်များတွင်မူကျောက်ပုံးကိုခွာပြီးပြီးခြင်း၊ရေဖြင့်ဆက်တိုက်စိုစွတ်နေအောင်ပြုလုပ်ပေးသင့်သည်။

ရေစိုစွတ်နေသည့် သစ်သား ကျောက်ပုံးများနှင့် သတ္တုပုံစံခွက် (metal form) များသည် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်မှ ရေဆုံးရှုံးခြင်းကို ကာကွယ်ထားနိုင်ပါသည်။ သို့သော် အသားပေါ်နေသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ ရေလောင်းပေးပြီး ၄င်းရေသည် ကွန်ကရစ်နှင့် ကျောက်ပုံးများကြားထဲသို့ စီးဝင်နိုင်အောင် စီမံထားရန် လိုအပ်ပါသည်။ ဤအနေအထားအတိုင်း ထားနိုင်လျှင်မူ ကျောက်ပုံးကို မခွာဘဲ တော်တော်ကြာကြာထားနိုင်ပါသည်။ သို့မဟုတ်ပါက နှောင့်နှေးမှုမရှိစေပဲ ကျောက်ပုံးများကို အမြန်ဆုံး ဖယ်ရှားပြီး သေချာစွာ curing လုပ်ရမည်။ ရေပိတ်လွှာ (seal coat) အသုံးပြုမည်ဆိုလျှင် seal coat မထည့်မီ ၂၄ နာရီ လုံးလုံး ရေစိုစွတ်နေအောင် လုပ်ထားသင့်သည်။ ရေပြည့်ဝအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (soaking) သည် အထူးသဖြင့် ဘိလပ်မြေ များသည့် အရောများ (rich mixes) အတွက် အရေးကြီးသည်။

စိုစွတ်နေသောဖျင်ကြမ်း (wet burlap) ဖြင့် ကွန်ကရစ် လောင်းပြီးစ မျက်နှာပြင်များကို ဖုံးအုပ်ပြီး စိုစွတ်အောင် လုပ်ပေးနိုင်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဖျင်ကြမ်းသည် အချောကိုင်ပြီး ကွန်ကရစ်၏ မျက်နှာပြင်ကို မပျက်စီးစေနိုင်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

စိုစွတ်နေသောမြေ (သို့) သဲ (wet earth or sand) ကို curing agent အဖြစ် အသုံးပြုမည်ဆိုပါက ၄င်းမြေကြီး (သို့) သဲထဲတွင် အတုံးအခဲများ ကျောက်ခဲများ မပါသင့်ပါ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ၄င်းနေရာများတွင် လျှင်မြန်စွာခြောက်သွေ့တတ်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

ရေလုံပိတ်ပစ္စည်း (sealing compound) ကို ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ဖြန်းပေးခြင်းဖြင့် ဖျော်စပ်ရေ (mixing water) ၏ ရေငွေ့ပျံမှုကို ကာကွယ်နိုင်လိမ့်မည်။ အထူးသဖြင့် wet curing လုပ်ထားသော ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်ကို ရေလုံပိတ်ပစ္စည်း အသုံးပြု၍ curing လုပ်ပါက ကျေနပ်ဖွယ်ရာရှိကြောင်း သိရှိရသည်။

ပူပြင်းသည့် ရာသီတွင် ကွန်ကရစ်အသက် နုသေးချိန်၌ နေရောင်ထိုးမှုမှ ကာကွယ်သင့်ပါသည်။ Seal လုပ်မည့် မျက်နှာပြင်သည် စိုစွတ်နေသည့် အနေအထား ဖြစ်သင့်သည်။ ရေလုံပိတ်ပစ္စည်း (sealing compound) ကို ညီညာ ချောမွေ့စွာ ဖျန်းပေးနိုင်သည့် ကိရိယာဖြင့် ဖျန်းပေးသင့်သည်။ သာမန်အားဖြင့် တစ်လွှာသာ လိုအပ်ပါသည်။ သို့သော် အလွန်ခြောက်သွေ့သည့် အခြေအနေတွင် နှစ်လွှာ လုပ်သင့်ပါသည်။ ပထမအလွှာတွင် အပေါက်အသေးများ (pin holes) ပါသွားပါက ရေငွေ့ပျံမှု ဖြစ်နိုင်သောကြောင့် ဒုတိယအလွှာ ပြုလုပ်ခြင်းက စိတ်ချရပါသည်။ လုပ်ငန်းစစ်သည် ရေလုံပိတ်လွှာ ရာနှုန်းပြည့် လွှမ်းခြုံမှုရှိသလား ၊ ညီညာစွာ ဖုံးအုပ်ထားမှု ရှိသလား ဆိုသည်ကို စစ်ဆေးသင့်သည်။

ရေလုံစက္ကူ (သို့) ပလပ်စတစ်အလွှာများ (waterproof paper or plastic sheets) – သည်လည်း ကျေနပ်ဖွယ်ရာ curing agent များဖြစ်ကြသည်။ ပြင်ညီလုပ်ငန်း (flat work) များအတွက် အဆိုပါ sheet များကို ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ကပ်လျက်ဖုံးအုပ်ထားရမည်။ ၎င်း sheet များကို တစ်လွှာနှင့်တစ်လွှာကြား အစပ်နေရာတလျှောက်မှ ရေငွေ့မထွက်နိုင်အောင် ဖုံးဖိ ထားရမည်။ ၎င်းပလပ်စတစ် sheet များသည် ကွန်ကရစ်ထဲမှ ရေကို ရေငွေ့ပျံခြင်း (evaporation) မဖြစ်အောင် ကာကွယ်ရုံမက ဆောက်လုပ်နေစဉ်ကာလအတောအတွင်း ကွန်ကရစ် ကို မထိခိုက်အောင်လည်း ကာကွယ်ပေးနိုင်သည်။ စက္ကူ (သို့) sheet များသည် အစွန်းအထင်း မဖြစ်စေသော ပစ္စည်းများ ဖြစ်သင့်သည်။ Sheet များ၏ အောက်တွင် ရေခြောက်နေသလား ဆိုသည်ကိုသိရန် မကြာမကြာ လှန်ကြည့်ပြီး ခြောက်စပြုပြီဆိုလျှင် ရေပြန်လောင်းထည့်ပေးပြီး ရေလုံအောင် ပြန်ပိတ်သင့်သည်။ အထူးသဖြင့် ပူပြင်းခြောက်သွေ့သည့်ရာသီတွင် ရေ (သို့) ရေလုံ ပိတ်လွှာ (sealing coat) ကိုအသုံးပြုခြင်းအားဖြင့် curing လုပ်ရန် စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) တွင် ရေးသားဖော်ပြထားလေ့ရှိပါသည်။

အခန်း(၉)
ကွန်ကရစ်ကိုစမ်းသပ်ခြင်း
TESTING OF CONCRETE

ခံနိုင်ရည်စမ်းသပ်ခြင်း (strength test) များကို ပြုလုပ်ရာတွင် (၁)ကွန်ကရစ် ၏ အရည်အသွေး အလားအလာကို ရှာဖွေရန်နှင့် (၂) တကယ့်အဆောက်အအုံ (structure) ထဲတွင် သတ်မှတ်ထားသည့် အချိန်တစ်ခု၌ ဖြစ်လာနိုင်ဘွယ်ရှိသော ခံနိုင်ရည်အား (strength) တို့ကို သိရှိနိုင်ရန် ဟူသော ရည်ရွယ်ချက်နှစ်ခုအတွက် ပြုလုပ်ကြပါသည်။

လုပ်ငန်းစစ်သည်စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်ရန်ကွန်ကရစ်နမူနာ (sample) ကောက်ယူခြင်း၊ ယူလာသောနမူနာ concrete များမှ စမ်းသပ်တုံးပုံစံသွန်းခြင်း (molding) ၊ ၄င်းစမ်းသပ်တုံးများကို စမ်းသပ်မှုပြုလုပ်ချိန်ထိ (သို့) စမ်းသပ်မှုပြုလုပ်ရန် ယူသွားချိန်ထိ curing ပြုလုပ်ခြင်းနှင့် ဓါတ်ခွဲခန်းသို့ပို့ကာစမ်းသပ်ခြင်း (သို့)လုပ်ငန်းခွင်မှာပင်သတ်မှတ်ထားသည့်အတိုင်းစမ်းသပ်ခြင်း၊ စသည်တို့ကို ပြုလုပ်ရပါမည်။ စမ်းသပ်ရာတွင်လည်းကိုယ်စားမပြုသော (nonrepresentative) ရလဒ်များမရရှိစေရန် အတွက် စံသတ်မှတ်ထားသည့် နည်းလမ်းများကို ဂရုတစိုက် လိုက်နာရန် လိုအပ်ပါသည်။

နမူနာကောက်ယူခြင်း
SAMPLING

အရည်အသွေးထိန်းကျောင်းပေးရန် ရည်ရွယ်ချက်ဖြင့် စမ်းသပ်မည့် ကွန်ကရစ် နမူနာကို ယူရာတွင်တကယ်အသုံးပြုမည့်နောက်ဆုံးနေရာနှင့်တတ်နိုင်သမျှနီးစပ်သည့်နေရာမှယူသင့်ပါသည်။ ဖြစ်နိုင်ပါက ကွန်ကရစ် ကို ကျောက်ပုံးထဲသို့ လောင်းထည့်ပြီးနောက် သိပ်သည်းအောင် မလုပ်မီတွင် နမူနာကောက်ယူနိုင်ပါက ပို၍ ကောင်းသည်။ ပန့်ဖြင့်လောင်းသော ကွန်ကရစ်များတွင် ပန့်စနစ်ကို ဖြတ်၍ ထွက်လာသော ကွန်ကရစ်ကိုသာလျှင် နမူနာကောက်ယူ သင့်ပါသည်။

ဖျော်စက် (mixer) များ ၊ ကတော့ပုံသဏ္ဍာန်ထည့်စရာ (hopper) များ နှင့် အခြားသော ကွန်ကရစ် သယ်ပို့စနစ်များမှ နမူနာယူပုံနည်းလမ်းများကို ASTM C172 တွင် အောက်ပါအတိုင်း ထောက်ခံ ဖော်ပြထားသည်။

(၁) **လုပ်ငန်းခွင်သုံးဖျော်စက်များ (construction mixers)** ဖျော်စက်ဖြင့် ဖျော်စပ်သောကွန်ကရစ်ကို နမူနာယူမည်ဆိုပါက ဖျော်အိုးမှကွန်ကရစ်ကို သွန်ချနေစဉ်အလယ်နေရာလောက်မှခံခွက်(ဒယ်)ဖြင့်ခံ၍နမူနာ ကောက်ယူသင့်ပါသည်။

(၂) **လမ်းခင်းဖျော်စက်များ (paving mixers)**

ဝှင်းဖျော်စက်မှ ကွန်ကရစ်များကို သွန်ချပြီးသည့်နောက် ကိုယ်စားပြုသော (representative) ကွန်ကရစ်နမူနာ ကိုရရှိစေရန် တစ်နေရာတည်းမှမယူပဲ နေရာတော်တော်များများမှဖြန့်၍ကွန်ကရစ်နမူနာများကိုလုံလောက်စွာယူ၍စုရပါမည်။

(၃) **လည်ပတ်နေသောဖျော်အိုးပါသည့်ထရပ်ကား (သို့) နှိုးဆွထရပ်ကား (revolving-drum truck mixers or agitators)**

နှိုးဆွထရပ်ကား (agitator) များမှကွန်ကရစ်ကိုဆက်တိုက်သွန်ချနေစဉ် တွင်သုံးပိုင်းနှင့် အထက်နေရာခွဲ၍ နေရာအနှံ့အပြားမှ နမူနာယူသင့် ပါသည်။

လုပ်ငန်းစစ်သည် နမူနာကောက်ယူခြင်းကို ကိုယ်တိုင်ဆောင်ရွက် သင့်သည်။ သွန်ချနေစဉ် နမူနာကောက်ယူခြင်း မဟုတ်ပါက ကွန်ကရစ်ကို နေရာအတော်များများမှ ဂေါ်ပြားဖြင့် မျှမျှတတ လိုက်လံစုယူရပါမည်။ စမ်းသပ်တုံးယူရန်အတွက် လိုအပ်သည်ထက် ပိုသောပမာဏရအောင် ကောက်ယူသင့်ပါသည်။ ASTM C172 အရ ၁ cu.ft. ထက်မနည်းအောင်ယူရပါမည်။ ထိုကဲ့သို့ စုယူလာသောနမူနာများကို တဖန် ဂေါ်ပြားဖြင့်ပြန်ရောစပ်ပြီးချက်ချင်းပင်စမ်းသပ်ခြင်း (သို့) နမူနာတုံးယူခြင်း ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။

နမူနာယူသည့်ကွန်ကရစ်ကို အဆောက်အဦးတွင် မည်သည့်နေရာ (location) ၌အသုံးပြုသည်ကို မှတ်သားထားသင့်သည်။ ဝှင်းပြင် အရော၏ အသွင်အပြင် ၊ အဆိုပါ ကွန်ကရစ် နှင့် လေထုတို့၏ အပူချိန်စသည်တို့ကိုပါ တွဲဖက် မှတ်သားထား သင့်ပါသည်။

အစပ်များမှ ကွန်ကရစ် နမူနာယူရာတွင် ပုံသေစနစ် (သို့) ပုံစံတစ်ခု အတိုင်း မဟုတ်ပဲ ကြုံသလိုသာ ယူသင့်ပါသည်။ ပုံသေစနစ်တစ်ခုဖြင့် တာရှည်ကြိုတင်ပြင်ဆင်ပြီးမှ နမူနာကောက်ယူပါက ချိန်တွယ်စပ်သူနှင့် ဖျော်စပ်သူတို့ကရိပ်မိသွားပြီး မလိုလားအပ်သော ပြင်ဆင်မှုများ ကြိုတင်ပြုလုပ် ထားနိုင်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

ဖျော်ပြီးစ ကွန်ကရစ်ကိုစမ်းသပ်ခြင်းများ
TESTS FOR FRESH CONCRETE

ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency)

ကွန်ကရစ် အသီးသီးအတွက် အပျော့အမာ (consistency) မည်မျှရှိရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားချက်များ ရှိတတ်ပါသည်။ Consistency ကိုအစဉ်တစိုက် အကဲခတ်နေသင့်ပါသည်။ ပုံမှန်

အပြင် အထူးသဖြင့် ကွန်ကရစ်၏အသွင်အပြင်သည် သိပ်မာလွန်း၊ သိပ်ပျော့လွန်းသည့် အနေအထား ဖြစ်လာသည်ဟု သံသယဖြစ်သည့် အခါတိုင်းတွင်လည်း စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်သင့်သည်။ ကွန်ကရစ် ခံနိုင်ရည်အား၊ လေပါဝင်မှုနှင့် ရောစပ်အချိုးအစားပါဝင်မှု (mix proportion) တို့ကို စမ်းသပ်ရန်တွက် နမူနာကောက်ယူသည့်အခါတိုင်း consistency စမ်းသပ်မှုကို ပြုလုပ်သင့်ပါသည်။ အအိစမ်းသပ်မှု (slump test)(ASTM C143) ကိုများသောအားဖြင့် အသုံးပြုကြပြီး အခြားသော consistency စမ်းသပ်မှုများ ဖြစ်သည့် ball penetration test (ASTM C360) ကဲ့သို့သော စမ်းသပ်မှုများကိုလည်း သတ်မှတ်ပေးနိုင်သည် (သို့) ခွင့်ပြုပေးနိုင်သည်။

အအိစမ်းသပ်ခြင်း (slump test) – Slump test ပြုလုပ်ရန်အတွက် စံပုံစံခွက် (mold) သည် ထိပ်ဝဖြတ်ထားသော ကတော့ ပုံသဏ္ဌာန်ရှိပြီး အမြင့် ၁၂ လက်မရှိသည်။ ကျဉ်းသော အဝကို အပေါ်ဘက်တွင် ထား၍ ထောင်ထား ရပါမည်။ B.S 1881: Part 2:1970 အရ slump စမ်းမည့် ကွန်ကရစ်ကို ၄ လွှာခွဲထည့်ပြီး တစ်လွှာ လျှင် ၂၅ ချက် ထောင်းရပါမည်။ ထောင်းမည့်တုတ်သည် အချင်း ၅/၈ လက်မ ရှိပြီး ထိပ်လုံး ထားသော သံချောင်း ဖြစ်ရပါမည်။ ကွန်ကရစ် ဖြည့်ပြီးနောက် ထိပ်ဝမျက်နှာပြင်ကို သံလက်ဖြင့် ညီညာအောင် သပ်ချပြီး ညှိပေးရမည်။ သံတုတ်ဖြင့် ထောင်းနေစဉ် စံပုံစံခွက် (mold)၏ အခြေကို မရွေ့အောင်ခိုင်မြဲစွာကိုင်ထားရမည်။ ထိုကဲ့သို့ ကိုင်ထားရန်အတွက် စံပုံစံခွက်တွင် လက်ကိုင်ကွင်း (သို့) ခြေနင်းပြားများကိုတပ်ဆင်ထားရပါမည်။ ကွန်ကရစ် ဖြည့်ပြီးလျှင် စံပုံစံခွက်ကို ဖြည်းညင်းစွာ မယူရပါမည်။ အိကျသွားသောကွန်ကရစ်ပုံမှ အမြင့်ဆုံးနေရာ၏အိကျမှုကို တိုင်းတာရပါမည်။ ၎င်းကို အအိ (slump) ဟုခေါ်သည်။ တိုင်းတာသောအခါတွင် ၁/၄ လက်မအထိအနီးဆုံး ဖတ်ယူရပါမည်။ Slump တိုင်းတာရာတွင် ပွတ်တိုက်မှု၏ သြဇာလွှမ်းမိုးမှု နည်းစေရန် ပုံစံခွက်၏အတွင်းနံရံများနှင့်အောက်ခံပြားတို့ကိုစမ်းသပ်မှု မပြုလုပ်မီတိုင်း အနည်းငယ်စိုစွတ်နေအောင်ပြုလုပ်ပေးထားရမည်။ ပုံစံခွက်ကို မ, မခင် ၎င်း၏ အောက် ခြေပတ်ဝန်းကျင်တွင် ကွန်ကရစ် အစအနများဖြင့် ပေကျံနေခြင်းမရှိအောင် သန့်ရှင်းထားရမည်။

ASTM C143-74 အရမူ အစပ် တစ်ခုလုံးကို ကိုယ်စားပြုသည့် နမူနာများ ရအောင်ယူပြီး စံပုံစံခွက် ထဲသို့ ၃ လွှာခွဲထည့်ရမည်။ တစ်လွှာစီသည် ပုံစံခွက်ထုထည်၏ ၁/၃ ခန့် ရှိရမည် (ပထမ ၁/၃ ထုထည် သည် ပုံစံခွက်၏အောက်ခြေမှ ၂ ၅/၈ လက်မ အမြင့်ထိရှိပြီး ၂/၃ ထုထည်သည် ၆ ၁/၈ လက်မ ခန့် အမြင့်ရှိသည်)။ တစ်လွှာစီကို အလျား ၂၄ လက်မ ရှည်ပြီး အချင်း

$\frac{၅}{၈}$ လက်မရှိသော လုံးဝန်းဖြောင့်တန်းသည့် ထောင်းတုတ် (tamping rod) ဖြင့် ၂၅ ချက်ထောင်းရမည်။ ထောင်းသည့်အခါ တစ်လွှာလုံးမျက်နှာပြင်ပေါ် ညီညာစွာပျံ့နှံ့ ရောက်ရှိအောင်ထောင်းရမည်။ အောက်ဆုံးလွှာကိုထောင်းသောအခါ ထောင်းတုတ်ကို အနည်းငယ် စောင်းပြီးစံပုံစံခွက် ဘေးပတ်ပတ်လည်တလျှောက်ကို စုစုပေါင်း ထောင်းရမည့် အကြိမ် အရေအတွက် ၏ထက်ဝက်ခန့် ထောင်းပေး ရမည်။ နောက်မှ အလယ်ပိုင်းဆီသို့ရောက်အောင် ခရုပတ်လှည့်ရင်းထောင်းတံကို တဖြည်းဖြည်းချင်း မတ်လာစေပြီး ကျန်ကြိမ်ရေ တစ်ဝက်ကို ထောင်းပေးရပါမည်။ အောက်ဆုံးလွှာကို ထောင်းရာတွင် အောက်ခြေထိရောက်အောင် ထောင်းပြီး ဒုတိယနှင့်တတိယအလွှာများကို ထောင်းရာတွင် မိမိထောင်းနေသော အလွှာအောက်ရှိအလွှာထဲသို့ ဝင်မိရုံသာထောင်းပေးရပါမည်။ ဖောက်ထွက်သွားအောင် မထောင်းရပါ။ ကွန်ကရစ်စထည့်ချိန်မှ စံပုံစံခွက် ကိုဖယ်ပြီးချိန်ထိ စမ်းသပ်ရန် ကြာမြင့်ချိန် စုစုပေါင်းသည် ၂$\frac{၁}{၂}$ မိနစ် အတွင်းသာ ဖြစ်သင့်ပါသည်။

လေပါဝင်မှု (air content)

ဖျော်ပြီးစ ကွန်ကရစ်တွင်ပါဝင်သော လေပမာဏကို နည်းအမျိုးမျိုးဖြင့် စမ်းသပ်နိုင်သည်။ ASTM (American Society for Testing and Materials) မှ စံသတ်မှတ်ထားသောစမ်းသပ်နည်း (၃) ခုရှိပါသည်။ ၎င်းတို့မှာ–

(၁) လေဖိအားသုံးနည်း (pressure method) (ASTM C231)

(၂) ထုထည်နည်း (volumetric method) (ASTM C173)

(၃) အလေးချိန်နည်း (gravimetric method) (ASTM C138)

တို့ဖြစ်ကြသည်။

အသုံးများသော ပထမနည်းလမ်းကို ဆွေးနွေးဖော်ပြသွားမည်ဖြစ်ပြီး ကျန်နည်းလမ်းနှစ်မျိုးကို အသေးစိတ်မဆွေးနွေးတော့ပေ။

လေဖိအားသုံးနည်း (pressure method) – ဤနည်းတွင် ဓာတ်ငွေ့၏ထုထည် (ဤနေရာတွင်လေကိုဆိုလိုသည်) သည် ၎င်းအပေါ် သက်ရောက်သော pressure (ဖိအား) နှင့် ပြောင်းပြန်အချိုးကျသည်ဟူသောနိယာမကို အခြေခံထားခြင်းဖြစ်သည်။ ၎င်းနည်းလမ်းတွင် အခြေအရုံကိရိယာများတပ်ဆင်ထားသောလေလုံသည့် ထည့်စရာခွက်တစ်ခုပါဝင်ပြီး ၎င်းခွက်ထဲရှိ ကွန်ကရစ်၏ ထုထည်ကိုအတိအကျ သိနိုင်သည်။ ၎င်းထည့်စရာခွက်ထဲသို့ ကွန်ကရစ်ကို ဖြည့်လိုက်ပြီး လက်ဖိပန့်(hand pump) ဖြင့်လေဖိအားကိုသက်ရောက်စေပါကကွန်ကရစ်တွင်ပါဝင်သောလေများကို ဖိအားပေးခြင်း

ဖြစ်ပေါ်လာမည်။ ၄င်းအချိန်တွင် ထုထည်ကိုဖတ်ထားပြီး ဖိအားကို တဖြည်းဖြည်းချင်း လျှော့ချကာ ထုထည်ကို တခါပြန်ဖတ်ရပါမည်။ ထုထည် နှစ်ခုကြား ခြားနားချက်မှ လေပါဝင်မှု ရာခိုင်နှုန်းကို တိုက်ရိုက် ပေးရန်အတွက် ကိရိယာကို တိုက်ထားပါသည် (calibrate)။ ဤနည်းလမ်းသည် အလွန် ရေစိမ့်နိုင်သောရောစာများသုံးသည့်ကွန်ကရစ် မှတပါး အခြားသော သာမန်ကွန်ကရစ် နှင့် မဆလာ များအတွက် လုံလောက်သော မှန်ကန်မှုရှိသည်ဟု ယူဆနိုင်ပါသည်။

တစ်ယူနစ်အလေးချိန် (unit weight) – ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ်တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကိုစမ်းသပ် တိုင်းတာရန်စံနည်းလမ်း (ASTM C138)သည်ရောစာ၏တစ်ယူနစ်အလေးချိန်ကို စမ်းသပ်သည့် နည်းလမ်း (ASTM C29) နှင့်ဆင်တူသည်။ တူညီသောတိုင်းတာသည့်ထည့်စရာခွက် များကိုအသုံး ပြုပြီး ကွန်ကရစ်စမ်းသပ်မှုအတွက် ထည့်စရာခွက်၏ အရွယ်အစားသည် အကြီးဆုံး ရောစာအရွယ် အစား ၂ လက်မထက် မပိုပါက $\frac{၁}{၂}$ ကုဗပေ ထည့်စရာခွက်ကို အသုံးပြုခြင်းသာ ကွာခြားသည်။

ထည့်စရာခွက်ထဲသို့ကွန်ကရစ်ကိုအလွှာ ၃ လွှာအညီအမျှလောက်စီ ခွဲထည့်ပါ။ အလွှာတိုင်း ကို တုတ်ဖြင့်ထောင်းပြီးခွက်၏ဘေးပတ်လည်ကိုတုတ်ဖြင့် ၁၀ ကြိမ် ၁၅ ကြိမ်ခန့် (သို့) လေပူဖောင်း ကြီးများ တက်မလာတော့သည်အထိ ခေါက်ပေးပါ။ ၄င်းနောက် အဖုံးပြားဖြင့် ရေချိန်ညီ (level) အပြည့်တိုက်ချပါ။ ပိုနေသောကွန်ကရစ်များကို ဖယ်ရှားပြီးနောက် ကွန်ကရစ်၏အသားတင်အလေး ချိန် (net weight) ကိုတိုင်းတာပါ။ ထည့်စရာခွက်ကို ရေအပြည့်အတိထည့်ပြီး ရေ၏ အလေးချိန်နှင့် တိုက်ပေးနိုင်သည်။

ခံနိုင်ရည်အားစမ်းသပ်မှုများ

STRENGTH TESTS

စမ်းသပ်တုံးအရေအတွက် (number of specimens)

စမ်းသပ်မှုများပြုလုပ်ရာတွင် စံချိန်စံညွှန်းနှင့်အညီ cure လုပ်ထားသော စမ်းသပ်တုံး (specimen) များကို လည်းကောင်း၊ တကယ့် လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေတွင် cure လုပ်ထားသော စမ်းသပ်တုံး များကို လည်းကောင်း၊ (သို့) ၄င်းတို့နှစ်မျိုးစလုံးကို လည်းကောင်း၊ ပြုလုပ်နိုင်သည်။ စမ်းသပ်မှုတစ်ခုစီသည် စမ်းသပ်တုံး အနည်းဆုံး ၃ ခု၏ ပျမ်းမျှတန်ဘိုးကိုကိုယ်စားပြုပါက အတော် စိတ်ချရပါသည်။ သို့သော်အချို့ကျွမ်းကျင်သူများကမူတစ်နေရာထဲမှစမ်းသပ်တုံး ၃ ခု ယူသည်ထက် အဆောက်အအုံအစိတ်အပိုင်း၏ နေရာအသီးသီးမှ စုစုပေါင်းအရေအတွက်တူစမ်းသပ်တုံး တစ်ခုစီ ယူခြင်းကို ပိုနှစ်ခြိုက်ကြသည်။ ဤနည်းဖြင့် ပို၍အသုံးဝင်သော အချက်အလက်များ ရရှိနိုင်သည်ဟု

ယူဆကြသောကြောင့်ဖြစ်သည်။မည်သို့ပင်ဖြစ်စေစမ်းသပ်တုံးတစ်ခုထဲမှပေးသောရလဒ်ကိုမည်သည့်အခါမျှ အားမကိုးသင့်ပါ။ ACI 318 အရ အဆောက်အဦးများနှင့် သံကူကွန်ကရစ် လုပ်ငန်းများအတွက် ယေဘုယျအားဖြင့် ကွန်ကရစ် ၁၅၀ ကုဗကိုက်တိုင်းတွင် စမ်းသပ်မှု တစ်ကြိမ်အနည်းဆုံး ပြုလုပ်ရမည်ဖြစ်ပြီး စမ်းသပ်မှု တစ်ကြိမ်တွင် စမ်းသပ်တုံးနှစ်ခုပါရမည်ဟု သတ်မှတ်ထားပါသည်။ သို့မဟုတ် တကယ်လောင်းသည့် မျက်နှာပြင် ဧရိယာ ၅၀၀၀ စတုရန်းပေ ရှိတိုင်း စမ်းသပ်မှု တစ်ကြိမ် အနည်းဆုံး ပြုလုပ်ရမည်။ သို့သော် ကွန်ကရစ်လုပ်ငန်းရှိသည့် နေ့တစ်နေ့လျှင် အနည်းဆုံး တစ်ကြိမ် စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်ရမည်ဟုလည်း သတ်မှတ်ထားပါသည်။

စမ်းသပ်တုံးအမျိုးအစားများ (types of specimens)

ASTM က ကွန်ကရစ်ခံနိုင်ရည်အား စမ်းသပ်ခြင်းနှင့်ပတ်သက်၍ စံအဖြစ်သတ်မှတ်ထားသည့် အောက်ပါ နည်းလမ်းအချို့ကို ဖော်ပြထားသည်။

(၁) Making and curing specimens in the field (ASTM C31)

(၂) Making and curing specimens in the laboratory (ASTM C192)

(၃) Compression tests of molded cylinders (ASTM C39)

ဆလင်ဒါတုံးများ (cylinders) – ကွန်ကရစ် ၏ အဖိခံနိုင်ရည်အား (compressive strength) စမ်းရန် စမ်းသပ်တုံးပြုလုပ်သော စံပုံစံခွက်သည် များသောအားဖြင့် အချင်းထက် နှစ်ဆအမြင့်ရှိသော ဆလင်ဒါ (cylinder) ပုံဖြစ်သည်။

ပုံမှန်အားဖြင့် ရောစာ ၏ အကြီးဆုံးအရွယ် ၂ လက်မ အထိသုံးနိုင်သော ဆလင်ဒါ သည် ၆"×၁၂" အတိုင်းအတာရှိသည်။ ကွန်ကရစ်ထဲတွင် ပါဝင်သောရောစာ ကို မူသေထားပြီး ဆလင်ဒါ အရွယ်အစား ကိုသာ အမျိုးမျိုး ပြောင်းလဲ စမ်းသပ်ပါက အဖိခံနိုင်ရည်အား (compressive strength) အပေါ် အောက်ပါအတိုင်း သြဇာသက်ရောက်မှုရှိသည်ကို တွေ့ရသည်။

Size of cylinder, in.	Relative compressive strength, percent	Size of cylinder, in.	Relative compressive strength, percent
2 × 4	109	12 × 24	91
3 × 6	106	18 × 36	86
6 × 12	100	24 × 48	84
8 × 16	96	36 × 72	82

ဆလင်ဒါ၏ အမြင့်နှင့်အချင်း အချိုး (*l*/*d*) များလေလေဖိအားစမ်းသပ်မှု (compression test) မှရရှိသော ခံနိုင်ရည်အား နည်းလေလေဖြစ်သည်။

ထို့ကြောင့် စံသတ်မှတ်ပုံစံမဟုတ်သော ဆလင်ဒါ (သို့) တူးယူစမ်းသပ်တုံး (core) များဖြင့် စမ်းသပ်ပါက စံသတ်မှတ်ထားသော ဆလင်ဒါခံနိုင်ရည်အား (cylinder strength) နှင့် အလားတူ တန်ဘိုးများ ရရှိအောင် စမ်းသပ်၍ရသည့် အဖိခံနိုင်ရည်အားများကို ASTM C42 တွင် ဖော်ပြထားသော အောက်ဖော်ပြပါ ကိန်း (factor) အသီးသီးဖြင့် မြှောက်ယူနိုင်သည်။

Ratio of length of cylinder to diameter (*l*/*d*)	Strength correction factor
1.75	0.98
1.5	0.96
1.25	0.90
1.00	0.89

ကုဗစမ်းသပ်တုံးများ (cubes) – နမူနာ ယူလာသော ကွန်ကရစ် ကို များသောအားဖြင့် ၆ လက်မ အရွယ်အစားရှိသော သံမဏိ (သို့) သံကြွတ်ဖြင့် ပြုလုပ်သည့် ကုဗတုံးစံပုံစံခွက် (cube) များတွင် ပုံစံသွန်းလောင်းကြသည်။ အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား ၃/၄ လက်မ ထက်ငယ်ပါက ၄ လက်မ ကုဗတုံး စံပုံစံခွက် (cube) များတွင် သွန်းလောင်းနိုင်သည်။

B.S. 1881 : 1970 တွင်စံပုံစံခွက် (mold) ကို ၃ လွှာ ခွဲလောင်းရန် သတ်မှတ် ထားသည်။ B.S. 1881 အရ လက်ဖြင့် သော်လည်းကောင်း၊ တုန်ခါစက်ဖြင့် သော်လည်းကောင်း၊ သိပ်သည်းမှုရအောင် လုပ်နိုင်သည်။ ၂ လက်မမြင့်သော အလွှာ တလွှာစီ အတွက် ၁ လက်မ စတုရန်းဖြတ်ပိုင်းပုံ ဒုတ်ဖြင့် ထောင်းရမည့်အချက် အရေအတွက်သည် ကွန်ကရစ်အမျိုးအစားပေါ် မူတည်သော်လည်း ၆ လက်မ ကုဗတုံးပုံစံ ပုံစံခွက် (cube) အတွက် ၃၅ ချက် နှင့် ၄ လက်မ cube အတွက် ၂၅ ချက်ထက်မနည်းရှိသင့်သည်။ တုန်ခါစက်ကိုအသုံးပြုပါက လက်ဖြင့်ထောင်းသကဲ့သို့ အလွှာများခွဲကာ အသုံးပြုသင့်ပါသည်။ ပုံစံလောင်းယူပြီးသော စမ်းသပ်တုံး၏ မျက်နှာပြင်တွင် အမျိုးအမည် ခွဲခြားနိုင်သည့် နံပါတ်များ ရေးမှတ်ထားသင့်ပါသည်။

စမ်းသပ်တုံးများပုံစံသွန်းလောင်းခြင်း (molding specimens)

စံပုံစံခွက်များသည် စမ်းသပ်တုံးမှ ရေများ ဆုံးရှုံးမှု မရှိစေရန် ရေလုံး၀ လုံရမည်။ ကောက်ယူ ထားသော ကွန်ကရစ် နမူနာ (sample) များကို ရေမစုပ်သော ရေလုံသည့် ဗန်းတွင် ထည့်ကာ သမအောင် ပြန်မွှေရမည်။ Consistency စမ်းသပ်မှု လုပ်ရန် လိုအပ်ပါက ၎င်းကို လုပ်ပြီး နောက် စမ်းသပ်တုံးပုံစံ လောင်းယူရမည်။

စံပုံစံခွက်ထဲသို့ ကွန်ကရစ်လောင်းထည့်ရာတွင် ထည့်ရမည့် အလွှာ အရေအတွက်သည် ကျစ်လျစ် သိပ်သည်းအောင်လုပ်သည့် နည်းလမ်းနှင့် စမ်းသပ်တုံး၏ အရွယ်အစားပေါ်တွင် မူတည် သည်။ အမြင့် ၁ ပေ ရှိသော စံပုံစံခွက်များအတွက် တုတ်ဖြင့် ထောင်းပါက ၃ လွှာ အညီ ခွဲထည့်ပြီး ၊ တုန်ခါစက်ကို သုံးပါက ၂ လွှာ အညီအမျှ ခွဲထည့် ရပါမည်။ ၎င်းထက် အရွယ်အစား ကြီးသော စံပုံစံခွက် များတွင် အလွှာအရေအတွက် ပို၍ များများ ခွဲထည့်ရပါမည်။

ကျေနပ်ဖွယ်ရာကောင်းသည့် စမ်းသပ်တုံးများ ရရန် ကျစ်လျစ်သိပ်သည်းအောင် လုပ်သော နည်းလမ်းအမျိုးမျိုး[ဒုတ်ဖြင့်ထိုးခြင်း(rodding)၊အတွင်းတုန်ခါမှုပေးခြင်း (internal vibration) အပြင်တုန်ခါမှုပေးခြင်း(external vibration)]တို့ကိုသုံးနိုင်သည်။ မည်သည့်နည်းကိုအသုံးပြုရ မည်ဟူ၍ အတိအကျသတ်မှတ်ဖော်ပြထားခြင်းမရှိပါက slump ပေါ်မူတည်ဆုံးဖြတ်ရမည်။ Slump ၃ လက်မထက် များပါက တုတ်ကို သုံးရမည်ဖြစ်ပြီး၊ slump ၁ လက်မ မှ ၃ လက်မ အတွင်းရှိ ကွန်ကရစ်အတွက် တုတ်ဖြင့်သော်လည်းကောင်း၊ တုန်ခါစက်ဖြင့်သော်လည်းကောင်း အသုံးပြု နိုင်ပြီး၊ slump ၁ လက်မ ထက်နည်းသောကွန်ကရစ်အတွက်မူ တုန်ခါစက်ကိုသာ အသုံး ပြုရမည်။

တစ်လွှာတွင် အချက်မည်မျှထောင်းရမည်ဆိုသည်မှာ ဆလင်ဒါ၏ အချင်းပေါ်မူတည်သည်။ ၆ လက်မ ၊ ၈ လက်မ နှင့် ၁၀ လက်မ အချင်းရှိဆလင်ဒါတို့အတွက်တစ်လွှာလျှင် ၂၅ ချက်၊ ၅၀ ချက် နှင့် ၇၅ ချက် အသီးသီးထောင်းရန် လိုအပ်သည်။ တုန်ခါစက် သုံးပါက တစ်လွှာလျှင် တုန်ခါစက်ဖြင့် ၃ ချက်ခန့်နေရာဖြန့်၍ ထိုးပေးရသည်။ ထို့နောက် ထိပ်၀မျက်နှာပြင်ကို သပ်ချပြီး ရေငွေ့မပျံ စေရန် မှန်ပြား၊ သတ္တုပြား တစ်ခုခုဖြင့် ဖုံးအုပ်ထားသင့်ပါသည်။

စမ်းသပ်တုံးများကိုအသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (curing specimens)

သတ်မှတ်စံချိန်စံညွှန်းနှင့်အညီ curing ပြုလုပ်ထားသောစမ်းသပ်တုံးများက ကွန်ကရစ်၏ ရရှိရန်အလားအလာရှိသော ခံနိုင်ရည်အားကို ဖော်ပြသည်။ ၎င်းတို့ကိုအသုံးပြု၍ အရော အချိုး အစားပါ၀င်မှု (mix proportion) လုံလောက်ခြင်း ရှိ–မရှိ စစ်ဆေးရန်နှင့် ကွန်ကရစ်၏ အရည်

အသွေး လက်ခံနိုင်ဘွယ် ရှိ–မရှိတို့ကို ဆုံးဖြတ်ရန်ဖြစ်သည်။ သို့သော် လုပ်ငန်းခွင်တွင် အသားသေအောင်ပြုလုပ်ထားသော (field-cured) စမ်းသပ်တုံးများသည် အဆောက်အအုံ အမှန်တကယ်ရင်ဆိုင်ကြုံတွေ့ရသော အပူချိန်နှင့် အစိုဓါတ်အခြေအနေတို့တွင် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အားကို မည်ကဲ့သို့ ဩဇာညောင်းနိုင်သည်ကို ညွှန်ပြနေပြီး ၎င်း အဆောက်အအုံအား စတင် အသုံးပြုနိုင်မည့် အချိန်ကို ဆုံးဖြတ်ရာ၌ အသုံးပြုပါသည်။

စံချိန်စံညွှန်းနှင့်အညီ အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (standard curing) – ASTM C31 အရ standard curing ပြုလုပ်မည့် စမ်းသပ်တုံးများကို လုပ်ငန်းခွင်တွင် ပုံစံလောင်းယူပါက ၎င်း ပုံစံခွက်များကို ပထမ ၂၄ နာရီ အတွင်းတွင် အပူချိန် ၆၀°F နှင့် ၈၀°F ကြားရှိအောင် စီမံထားသောသိုလှောင်သေတ္တာ (storage box) များထဲတွင် ထည့်သွင်းပြီး လုပ်ငန်းခွင်တွင် ထားရမည်။

စမ်းသပ်တုံးများကို ၂၄ နာရီ ပြည့်မှသာ စံပုံစံခွက်ကို ခွာထုတ်၍ ဓါတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်းထဲတွင် စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်မည့်အချိန်အထိ ၆၅°F မှ ၇၅°F အတွင်း စိုစွတ်သော အခြေအနေ (moist condition) အောက်၌ curing ပြုလုပ်ထားရပါမည်။ Curing ပြုလုပ်ထားချိန်တွင် စမ်းသပ်တုံးများ၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင် ရေပိုအမြဲရှိနေအောင် ဖန်တီးထားခြင်းကို စိုစွတ်သော အခြေအနေ (moist condition) ဟုသတ်မှတ်သည်။

လုပ်ငန်းခွင်တွင် အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (field curing) - အဆောက်အအုံ အားစတင်အသုံးပြု နိုင်သည့် အခြေအနေသို့ ရောက်ရှိချိန်ကို သိရှိရန်အတွက် စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်မည့် စံပုံစံခွက်များကို ပထမ ၁၂ နာရီ အတွင်းတွင် သိုလှောင်သေတ္တာ (storage box) အတွင်းထည့်ကာ ထိန်းသိမ်း ထားရမည်။ ၎င်းနောက် စံပုံစံခွက်များကို ခွာ၍အဆောက်အအုံမှ နမူနာယူသောနေရာနှင့် အနီးဆုံးနေရာတွင် ထားကာ အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်းအား curing ပြုလုပ်သကဲ့သို့ စမ်းသပ်တုံးအားလည်း curing တူညီစွာ ပြုလုပ်ပေးရပါမည်။ ထိုစမ်းသပ်တုံးကို ဤအနေအထားတွင် စုစုပေါင်း အသားသေအောင် ပြုလုပ်ရမည့် အချိန် (curing period) စုစုပေါင်း၏ လေးပုံသုံးပုံခန့်အချိန်ထိထားရပါမည်။ ထို့နောက် ဓါတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်းသို့ရွှေ့ပြီးစမ်းသပ်ခန်း အပူချိန်တွင် စမ်းသပ်မှု မလုပ်မီ ၂၄ နာရီ မှ ၄၈ နာရီ ထိထားပြီးမှ စမ်းသပ်မှု မပြုလုပ်မီအချိန်ထိ စမ်းသပ်ခန်း အပူချိန်တွင် ရေစိမ်ထားပေးရပါမည်။

စမ်းသပ်တုံးများကို ကိုင်တွယ်ခြင်းနှင့်ပို့ဆောင်ခြင်း (handling and shipping specimens)

စံချိန်စံညွှန်းအတိုင်း cure လုပ်မည့် စမ်းသပ်တုံးများကို သိုလှောင်သေတ္တာမှ တစ်ရက်အကြာတွင်ထုတ်ကာ ဓါတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်းသို့ ပို့ရပါမည်။ ပို့သည့်အခါတွင်စမ်းသပ်တုံးများကို စိုစွတ်နေသော လွှစာမှုန့် ၊ အဝတ်ကြမ်း စသောပျော့အိသည့် ပစ္စည်းများခံကာ သယ်ဆောင်ရပါမည်။

Specimen များအား သယ်ယူတိုင်းတွင်သက်ဆိုင်ရာ အမျိုးအမည် ခွဲခြားခြင်းနှင့် အခြားဆီလျော်သော အချက်အလက် အပြည့်အစုံကိုပါ ပေးလိုက်ရပါမည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် အချက်အလက် များထဲတွင် နမူနာယူသည့် အဆောက်အအုံ အစိတ်အပိုင်း၏ နေရာ၊ အရော၏ consistency ၊ ကွန်ကရစ် နှင့်လေထုအပူချိန်၊ curing ပြုလုပ်ပုံ ၊ ပြုလုပ်မည့် စမ်းသပ်မှု အမျိုးအစား နှင့် စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်မည့်အသက် စသည်တို့ပါဝင်သင့်ပါသည်။

စမ်းသပ်ချိန်အသက် (age of test)

အထူးသဖြင့် လုပ်ငန်းတစ်ခု၏ အစပိုင်းတွင် စမ်းသပ်မှုများကို စောစီးစွာ ပြုလုပ်နိုင်ပါက လုပ်ငန်းတွင်သုံးသော အရောများ၏ အားနည်းချက်များကို စောစောသိရှိကာ လိုအပ်သည့်ပြုပြင်မှုများမြန်မြန်ပြုလုပ်နိုင်မည် ဖြစ်သည်။ ခံနိုင်ရည်အားအတွက် စမ်းသပ်မှုပြုလုပ်သည့်သက်တမ်းသည် ပုံမှန်အားဖြင့် ၂၈ ရက် ဖြစ်သော်လည်း ၇ ရက် ဖြင့်ပင် စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်ကြ သည်လည်းရှိပါသည်။ သတ်မှတ်ထားသော အခြေအနေများတွင် ၇ ရက် နှင့် ၂၈ ရက်ကြား ခံနိုင်ရည်အား ဆက်သွယ်မှုကို ရှာဖွေထားပြီး ၇ ရက်တွင်ရရှိသော ခံနိုင်ရည်အားကို အသုံးပြုကာ ထိန်းကျောင်း ခြင်းပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။ စောစီးစွာ ခံနိုင်ရည်အားတက်သော ဘိလပ်မြေ (high-early-strength cement) ကို သုံးသော ကွန်ကရစ်တွင် ၁ ရက် (သို့) ၃ ရက် စမ်းသပ်မှုရလဒ်များကို သုံး၍ ဖြစ်လာနိုင်သည့် အဆုံးစွန် ခံနိုင်ရည်အားကို ခန့်မှန်းနိုင်သည်။

ခေါင်းစွပ်ခြင်း (capping)

အဖိခံနိုင်ရည်အား စမ်းသပ်ခြင်း ပြုလုပ်မည့် ဆလင်ဒါပုံ စမ်းသပ်တုံးများအတွက် ခေါင်းစွပ် (cap) သည် လုံးဝပြင်ညီ (true plane) ဖြစ်ရမည်။ သို့မဟုတ်ပါက မျက်နှာပြင်မညီမညာဖြစ်မှုများကြောင့် နည်းပြီး မှားယွင်းသော ရလဒ်များကို ရရှိစေနိုင်ပါသည်။ ထိုခေါင်းစွပ်များသည် ပါးနိုင်သမျှပါးပြီး စမ်းသပ်မည့် ကွန်ကရစ်ထက် ပိုမို ခံနိုင်ရည်အား ကောင်းရပါမည်။

အမျိုးမျိုးသောအဖွဲ့အစည်းများက ခေါင်းစွပ်အဖြစ်ပြုလုပ်ရန် အသုံးပြုသောပစ္စည်းများ ထဲတွင် ဓါတ်ပြုမြန်ဓါတုပစ္စည်း (accelarator) အဖြစ် calcium chloride ပါဝင်သော ဘိလပ်မြေ အနှစ် (cement paste)၊ စောစီးစွာခံနိုင်ရည်အား တက်သော ဘိလပ်မြေ (high-early-strength cement)၊ ရိုးရိုးဘိလပ်မြေ (portland cement) နှင့် သရိုးပလာစတာဖြူ (plaster of paris) တို့ကို ဆတူ မှ ၁ း ၄ အချိုးထိ ရောစပ်ထားသောအရော နှင့် အထူးခံနိုင်ရည်မြင့် (special high-strength) gypsum တို့ပါဝင်သည်။

ခေါင်းစွပ်မသုံးဘဲ စမ်းသပ်တုံး၏မျက်နှာပြင်ကို ညီညာအောင်တိုက်စားပေးခြင်းဖြင့်လည်း စမ်းသပ်နိုင်သည်။ ဤနည်းသည် ခံနိုင်ရည်မြင့်သည့် ကွန်ကရစ် (high-strength concrete) များ အတွက် အထူးသင့်လျော်သည်။

ခံနိုင်ရည်အား စမ်းသပ်ခြင်းများ (strength tests)

ခံနိုင်ရည်အား စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်ချိန်တွင် ကွန်ကရစ်စမ်းသပ်တုံးတွင် ပါဝင်သောရေပမာဏ သည်ရရှိလာသော ခံနိုင်ရည်အားအပေါ်တွင် ဩဇာသက်ရောက်မှုရှိပါသည်။ စိုနေသောအခြေအနေ တွင် စမ်းသပ်သည်ထက်ခြောက်သွေ့နေသောအခြေအနေတွင်စမ်းသပ်သည်က ၁၅% ထိ ခံနိုင်ရည် အား ပိုများနိုင်သည်ကို တွေ့ရသည်။

စမ်းသပ်မှု ပြုလုပ်ချိန်တွင် စမ်းသပ်တုံး၏ အပူချိန် နည်းလေလေ ခံနိုင်ရည်အား ပိုများ လေလေ ဖြစ်သည်။ သို့သော် ပုံမှန် အခန်းတွင်း အပူချိန်တွင် အပူချိန်ကြောင့် ခံနိုင်ရည်အား အပြောင်းအလဲဖြစ်မှု သိပ်မများပေ။

ဝန်ဖိနှုန်း (rate of loading)အမြန်အနှေးပေါ်မူတည်၍လည်းခံနိုင်ရည်အား ပြောင်းလဲမှု ရှိသည်။ ဝန်ဖိနှုန်းမြန်လေလေ ရရှိသော ခံနိုင်ရည်အား မြင့်လေလေဖြစ်သည်။ Screw-power စက်များတွင် ရွေ့ရှားနေသောခေါင်း (moving head) ၏ အမြန်နှုန်းသည် ၁ မိနစ် လျှင် ၀.၀၅ လက်မ ရှိရမည်ဟု ASTM ကသတ်မှတ်ထားသည်။ ဟိုက်ဒရောလစ် အမျိုးအစားစက် (hydraulic - type machine) များတွင် ဖိအားသက်ရောက်မှုနှုန်းကို ၁ စက္ကန့်လျှင် ၃၅ ± ၁၅ psi နှုန်း စံသတ်မှတ်ထားသည်။

ဆလင်ဒါစံပုံစံခွက် ဖြင့် ပြုလုပ်ထားသော စမ်းသပ်တုံးများ၏ အချင်း အဖြစ် စမ်းသပ်တုံး အမြင့်၏ အလယ်နားတွင် ဒေါင့်မှန်ကျသည့်လားရာဘက် (direction) နှစ်ခုတွင် တိုင်း၍ရသော အချင်း နှစ်ခု၏ ပျမ်းမျှတန်ဘိုးကိုယူရန်နှင့် ၀.၀၁ လက်မ အထိ အနီးဆုံး ယူသင့်သည်။

သိသိသာသာပျက်စီးနေသောနမူနာတုံးများကို ဖယ်ရှားသင့်သည်။ ၄င်းအပြင် အုပ်စုတစ်ခု၏ ပျှမ်းမျှခံနိုင်ရည်အားမှ အတိုးအလျှော့ ၁၅% ထက်ပိုကွာသောရလဒ်များကို ဖယ်ထားသင့်သည်ဟူသော စည်းမျဉ်းတစ်ခုလည်း ရှိသေးသည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ကွန်ကရစ်စမ်းသပ်တုံး တစ်ခုချင်း၏ စမ်းသပ်မှုရလဒ်သည် ၁၀% နှင့် ၂၀% အတွင်းသာ မှန်ကန်သည်ဟု ယူဆနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် စမ်းသပ်မှု တစ်ခုတည်း၏ ရလဒ်အပေါ်တွင် အလွန်အကျွံ အားထားခြင်း မပြုသင့်ပါ။

ခံနိုင်ရည်အားလိုအပ်ချက်များနှင့်ပြဋ္ဌာန်းချက်
(strength requirements and enforcement)

ခံနိုင်ရည်အားကိုအခြေခံ၍ကွန်ကရစ်တစ်ခုကိုလက်ခံ–မခံဆုံးဖြတ်ကြရာတွင် စမ်းသပ်ရာမှ ရရှိလာသော အနည်းဆုံး ခံနိုင်ရည်အား (minimum strength) သည် ဒီဇိုင်း ခံနိုင်ရည်အား (design strength) ထက်မနည်းသင့်ဟု အချို့က သတ်မှတ်တတ်ကြသည်။ ထိုသို့ သတ်မှတ်ခြင်းသည် လက်တွေ့မဆန်သော သတ်မှတ်ချက်မျှသာ ဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ပျမ်းမျှခံနိုင်ရည်အား (average strength) သည် ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အား (design strength) $f_c^{'}$ ထက်အလွန်မြင့်မားစွာရှိနေမှသာ ဤသတ်မှတ်ချက်နှင့် ကိုက်ညီမည် ဖြစ်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။

ACI အဆောက်အဦးကျင့်ထုံး (ACI building code) ကမူ ကွန်ကရစ်အရည်အသွေးနှင့် ပတ်သက်၍ (1) ခံနိုင်ရည်အားစမ်းသပ်မှု (strength test) ရလဒ်တစ်ခု (cylinder test နှစ်ခု၏ ပျမ်းမျှရလဒ်တန်ဘိုး) သည် သတ်မှတ်ထားသော $f_c^{'}$ အောက် ၅၀၀ psi ထက် နိမ့်မည့်ဖြစ်နိုင်ခြေသည် သတ်မှတ်ချက် တစ်ခုထက် မပိုခဲ့လျှင် (2) ဆက်တိုက်ယူသော strength test ရလဒ် ၃ ခု ၏ ပျမ်းမျှတန်ဘိုးသည် $f_c^{'}$ ထက် နိမ့်မည့် ဖြစ်နိုင်ခြေသည် သတ်မှတ်ချက် တစ်ခုထက် မပိုခဲ့လျှင် ကျေနပ်ဖွယ်ရာ ရှိသည်ဟု သတ်မှတ်သည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်၏ပျမ်းမျှခံနိုင်ရည်အား (concrete mean strength) $f_{cr}^{'}$ သည် ဒီဇိုင်းခံနိုင်ရည်အား (design strength) $f_c^{'}$ ထက် လုံလောက်သည့် ပမာဏထိ ပို၍များရန် လိုအပ်သည်။ ထိုသတ်မှတ်ချက် (၂)ခုနှင့် ကိုက်ညီစေရန် $f_c^{'}$ တန်ဘိုးထက် များသင့်သလောက် များသော $f_{cr}^{'}$ တန်ဘိုးကို ရရှိနိုင်ရေးအတွက် အရော၏အချိုးအစားပါဝင်မှု (mix proportion) ကို ပြုပြင် ပေးရမည်။ ပြန့်ကြဲနေသော စမ်းသပ်မှုရလဒ် (test result) များကို ကိုင်တွယ်ရခြင်း ဖြစ်သဖြင့် စာရင်းအင်းပညာကို အသုံးပြုပြီး $f_c^{'}$ တန်ဘိုးထက် ပျမ်းမျှ ခံနိုင်ရည်အား (mean strength) $f_{cr}^{'}$ တန်ဘိုးက အနည်းဆုံးမည်မျှပိုကြီးရမည် ဆိုသည်ကို တွက်ချက်နိုင်သည်။ သင်္ချာနည်းအားဖြင့်

$f'_{cr} = f'_c + t\sigma$ ဖြစ်သည်။

၄င်းတွင် t သည် f'_c တန်ဘိုးအောက် နိမ့်ရန် ခွင့်ပြုသော သတ်မှတ်ချက်ပေါ် မူတည်၍ statistical ဇယားတွင် ရှာဖွေရသော ကိန်းသေတန်ဘိုးဖြစ်သည်။

σ သည် test results များမှ တွက်ချက်ယူရသည့် standard deviation ဖြစ်သည်။

ထို့ကြောင့် t = ၂.၃၃ [အကြိမ် ၁၀၀ လျှင် ၁ ကြိမ် သတ်မှတ်ချက် (f'_c – ၅၀၀ psi) ထက်နိမ့်ကျရန် ခွင့်ပြုသည်ဟု ယူဆခဲ့လျှင်] ကို အသုံးပြုပါက

$$f'_{cr} = f'_c - ၅၀၀ + ၂.၃၃\ \sigma \qquad \text{-------------} \qquad (a)$$

ညီမျှခြင်း (a) သည် သတ်မှတ် f'_c အောက် ၅၀၀ psi ထက်ပိုနိမ့်သော test result များသည် အကြိမ် ၁၀၀ တွင် ၁ ကြိမ်သာရှိနိုင်သော ဖြစ်နိုင်ခြေအပေါ် အခြေခံထားခြင်း ဖြစ်သည်။

ထို့ပြင်

$$f'_{cr} = f'_c + \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} \qquad \text{-------------} \qquad (b)$$

၄င်းတွင် t = ၂.၃၃ နှင့် n = ၃ (ဆက်တိုက် ၃ ကြိမ် ၏ ပျမ်းမျှအတွက်) ကိုသုံးပါက

$$f'_{cr} = f'_c + ၁.၃၄\ \sigma \qquad \text{-------------} \qquad (c)$$

၄င်းညီမျှခြင်း (c) သည် ဆက်တိုက် test result သုံးခု၏ ပျမ်းမျှတန်ဘိုးသည်သက်မှတ် f'_c အောက်နိမ့်ရန် အကြိမ် ၁၀၀ တွင် ၁ ကြိမ်သာ ရှိနိုင်သောဖြစ်နိုင်ခြေအပေါ် အခြေခံထားခြင်း ဖြစ်သည်။

Standard deviation တန်ဘိုးသည် ကွန်ကရစ် အမျိုးအစားတစ်မျိုးအတွက် ဆက်တိုက် ပြုလုပ်သော စမ်းသပ်မှုရလဒ် အနည်းဆုံး (၃၀) ကို ကိုယ်စားပြုသော (representative) တန်ဘိုးဖြစ်သင့်သည်။

အကယ်၍ ဓာတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်း တွင် စံချိန်စံညွှန်းသတ်မှတ်ချက်များနှင့်အညီ curing လုပ်ထားသော စမ်းသပ်တုံးများကို စမ်းသပ်ရာတွင် မျှော်မှန်းထားသည်ထက် ခံနိုင်ရည်အား နိမ့်နေပါက ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုကို သင့်တော်သလို တိုးမြှင့်ပေးရန်လိုအပ်ပါမည်။ လုပ်ငန်းခွင် အခြေအနေတွင် curing ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်ပါက မျှော်မှန်းထားသည်ထက် နိမ့်သော ခံနိုင်ရည်အား များရရှိသည်ကို တွေ့ရလျှင် လုပ်ငန်းခွင်ကွန်ကရစ် ကို curing ပြုလုပ်ပုံနှင့် အကာကွယ် ပြုလုပ်ပုံ နည်းစနစ်များကို ပိုမိုကောင်းအောင် ဆောင်ရွက်ပေးသင့်သည်။

အဆောက်အအုံ ၏ အရေးကြီးသော အစိတ်အပိုင်းများဖြစ်သည့် ယက်မများ (beams)၊ တိုင်များ (columns) စသည်တို့တွင် သတ်မှတ်ခံနိုင်ရည်အား ထက်နိမ့်သော ကွန်ကရစ် များပါရှိ

နေကြောင်း တွေ့ရှိရပါက Schmidt rebound hammer tests ၊core tests နှင့် load tests တစ်ခုခုကိုသုံး၍ စမ်းသပ်ရန်လိုအပ်လာနိုင်ပါသည်။

စမ်းသပ်တူဖြင့်စမ်းသပ်နည်း (hammer test)

စမ်းသပ်တူ (test hammer) ထဲတွင် တပ်ဆင်ထားသော စပရိန် (spring) နှင့် ဆက်ထားသည့် ဝင်ရိုးတံ (plunger) ဖြင့် ကွန်ကရစ် မျက်နှာပြင်ကို ရိုက်ခတ်စေပြီးနောက် plunger မည်မျှ ပြန်ကန်ထွက်လာသည်ကို တိုင်းတာခြင်း ဖြစ်သည်။ ပြန်ကန်ထွက်လာသော အကွာအဝေးနှင့် ကွန်ကရစ် ၏ ခံနိုင်ရည်အားတို့ကြား ဆက်သွယ်မှု (correlation) တစ်ခု ရှိနိုင်ကြောင်း စမ်းသပ်မှုများမှ ရသည့် အချက်အလက်များ (test data) အရ တွေ့ရှိရပါသည်။ သတ်မှတ်အခြေအနေအောက်တွင် ကောင်းစွာချိန်တိုက် (calibrate) ပြီးပါက ဤကိရိယာကို အသုံးပြုပြီး အဆောက်အဦးရှိ ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အားကို အဆောက်အဦးအား မပျက်စီးစေဘဲ ရိုးရှင်းလွယ်ကူစွာ ခန့်မှန်းနိုင်ပါသည်။ သို့သော် သိပ်တိကျသည်တော့ မဟုတ်ပါ။

အခန်း (၁၀)
ကွန်ကရစ်လောင်းသည့် အထူးနည်းလမ်းများ
SPECIAL METHODS OF CONCRETING

ပူပြင်းချိန်တွင်တည်ဆောက်ခြင်း (hot-weather construction)

ပူပြင်းချိန်တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းရာ၌ အခက်အခဲများစွာ ရှိပါသည်။ လောင်းပြီးသည့် ကွန်ကရစ်အား သိပ်သည်းအောင်မပြုလုပ်နိုင်မီ ခဲသွားနိုင်သည်။ ဘိလပ်မြေအခဲ မြန်သောကြောင့် လည်းကောင်း၊ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်ရာတွင် ပါဝင်သည့်ရေကို အလွန်အကျွံ စုပ်ယူမှုကြောင့် လည်းကောင်း၊ အလွန်အကျွံ ရေငွေ့ပျံခြင်းကြောင့်လည်းကောင်း ဖြစ်နိုင်ပါသည်။ ကွန်ကရစ် လျှင်မြန်စွာခဲခြင်းနှင့် ဖျော်စပ်ရေကိုတိုးမြှင့်ပေးရန် လိုအပ်ခြင်းတို့ကို သင့်တော်သည့် ဓာတ်ပြုနှေးစေသည့် အရောဓာတုပစ္စည်း (retarding admixture) ကို သုံး၍ ထိန်းကျောင်း နိုင်ပါသည်။ ရေစုပ်ယူခြင်းနှင့် အငွေ့ပျံခြင်းကြောင့် ကွန်ကရစ်သက်တမ်း နုနယ်စဉ်တွင် ကျုံ့ခြင်းနှင့် ကွန်ကရစ်မျက်နှာပြင်အက်ကွဲခြင်းများ ဖြစ်ပေါ်တတ်သည်။

ညအချိန်ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းဖြင့် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အပူချိန်ကို လျော့နည်းစေနိုင်သည်။ ဖျော်စပ်ရာတွင်သုံးသည့် ရေထဲတွင် ရေခဲထည့်ပေးခြင်း၊ ရောစာများကို ရေဖြင့်ဖြန်းပေးခြင်းနှင့် ဖုံးကာထားခြင်း၊ ပူသောဘိလပ်မြေကို ရှောင်ရှားခြင်းတို့ကိုလည်း ပြုလုပ်ပေးနိုင်ပါသည်။ ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်သည့်ရေကို စုပ်ယူမှု လျော့နည်းစေရန် ရောစာများ၊ သစ်သား ကျောက်ပုံးများ၊ အောက်ခံမြေသား (subgrade) ၊ အုတ်မြစ် (foundation) သို့မဟုတ် အခြားရေစုပ်ယူမှုရှိသော မျက်နှာပြင်များကို ကွန်ကရစ်မလောင်းမီကြိုတင်၍ စိုစွတ်အောင်ပြုလုပ်ထားသင့်သည်။ အငွေ့ပျံမှု လျော့နည်းစေရန် မြင့်မားသော လေထု အပူချိန်နှင့် ခြောက်သွေ့စေသော လေတိုက်ခြင်းတို့ကို သက်တမ်းနုချိန်မှစတင်ပြီး ကာကွယ်ထားသင့်သည်။ အလွန် ပူပြင်းသည့် ရာသီဥတုတွင် ရေအိုင်အောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် လည်းကောင်း၊ စိုစွတ်သည့်သဲ (သို့) အဖုံးအအုပ်များဖြင့် ဖုံးအုပ်ထားခြင်းဖြင့် လည်းကောင်း၊ ရေဖြန်းပေးခြင်းဖြင့် လည်းကောင်း curing ပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။

အရံသင့်ဖျော်ထားသောကွန်ကရစ် (ready-mixed concrete)

လုပ်ငန်းခွင်တွင် အရံသင့်အသုံးပြုရန် လာရောက်ပို့ဆောင်သည့် ဖျော်စပ်ပြီး ကွန်ကရစ်ကို ready-mixed concrete ဟုခေါ်သည်။ အရံသင့်ဖျော်ထားသော ကွန်ကရစ် (ready-mixed

concrete) ကို ဗဟိုတွင် ဖျော်စပ်ခြင်း (central-mixed)၊ လမ်းတွင်ဖျော်စပ်ခြင်း (transit-mixed)၊ တစ်ပိုင်းစီ ဖျော်စပ်ခြင်း (shrink-mixed) ဟူ၍ခွဲခြားနိုင်ပါသည်။

စပ်စက်ကိုစစ်ဆေးခြင်း (plant inspection) – သတ်မှတ်ထားသော ဘိလပ်မြေအမျိုးအစားကို သုံး–မသုံး နှင့် ပစ္စည်းအမျိုးအစားများ လက်ခံနိုင်ဖွယ် ရှိ–မရှိကို အတည်ပြု စစ်ဆေးသင့်သည်။ စပ်သည့်အချိုးအစားပါဝင်မှုများကိုလည်း လိုအပ်သည့် ပြောင်းလဲမှုများပြုလုပ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ ချိန်တွယ်စပ်ခြင်း၊ ဗဟိုစပ်စက်တွင် ဖျော်ခြင်း တို့ကို လေ့လာရန်လည်း လိုအပ်ပါသည်။ ၎င်းအပြင် ချိန်တွယ်စပ်သည့်ကိရိယာများ၊ တိကျမှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိကိုလည်း စစ်ဆေးသင့်သည်။ ရေကန် (water-tank)မှရေသည် ဖျော်စက်(mixer)အတွင်းသို့ ဝင်ရောက်သည့်လမ်းတွင် ယိုစိမ့်မှု ရှိ–မရှိ ကိုလည်း စစ်ဆေးသင့်ပါသည်။

ကွန်ကရစ်လောင်းရာတွင်စစ်ဆေးခြင်း (placing inspection) – Truck-mixer ၏ လည်ပတ်နှုန်းသည် ၁ မိနစ် လျှင် အပတ်ရေ ၇၀ နှင့် ၁၀၀ ကြား ရှိ–မရှိနှင့် မဖျော်စပ်သည့်အချိန်တွင်မူ နှိုးဆွနှုန်း (agitating speed) ဖြင့်သာ လည်ပတ်ခြင်း ရှိ–မရှိတို့ကို စစ်ဆေးရမည်။ ပို့ဆောင်ပေးသည့်ကွန်ကရစ်၏ အပျော့အမာ (consistency) ကိုရှာဖွေရမည်။ ၎င်းပြင် စမ်းသပ်တုံး (test specimen)များလည်းယူရပါမည်။ အခြားကိစ္စများမှာမူလုပ်ငန်းခွင်တွင်ဖျော်သည့် ကွန်ကရစ်နှင့် အတူတူသာဖြစ်သည်။ တယ်လီဖုန်း သို့မဟုတ် ရေဒီယို ဆက်သွယ်ရေးကိရိယာများဖြင့်ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်နေရာနှင့် ဖျော်စပ်သည့် နေရာကြား ဆက်သွယ်နိုင်အောင် ပြုလုပ်ထားသင့်သည်။

ဖျော်စက်များ (mixers) – ဖျော်စက် (mixer) နှင့် နှိုးဆွစက် (agitator) အသီးသီးတွင် သတ္တုပြား (metal plate) များရှိသင့်သည်။ ၎င်း သတ္တုပြားများပေါ်တွင် ဖျော်ပြီး ကွန်ကရစ်ဆန့်သည့်ထုထည်ကိုဖော်ပြသည့် အဆန့်ပမာဏ (capacity) နှင့် ဖျော်အိုး (drum) (သို့မဟုတ်) အသွားပြား (blade) များ၏ လည်ပတ်နှုန်းကိုလည်း ရေးသားထားတတ်သည်။ ထရပ်ကား ထဲသို့ ပစ္စည်းများနိုင်သည်ထက် ပိုပြီးမထည့်သင့်ပါ။ ဖျော်ပြီးကွန်ကရစ်ကို အရွယ်အစားအလိုက်ကွဲသွားခြင်း (segregation) မဖြစ်စေဘဲ သွန်ထုတ်ပေးနိုင်စွမ်းလည်း ရှိရမည်။

ရေပါဝင်မှု (water content) – ရေကိုဗဟိုစပ်စက် (central plant) တွင်ချိန်တွယ်ပြီး ၎င်းနေရာတွင်ထည့်ခြင်းဖြစ်စေ၊ ထရပ်ကားတွင်ပါသော အမှတ်အသားများပါသည့် တိုင်ကီထဲတွင် ထည့်၍ သယ်ဆောင်သွားပြီးနောက်မှဖျော်စပ်ရာတွင်ထည့်ခြင်းဖြစ်စေ ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ထရပ်ကား ဖျော်စက် (truck mixer) ကို ဆေးကြောရန်လိုအပ်သည့်ရေကို ဖျော်စပ်ရေ (mixing water)

အဖြစ် သုံးရန်ခွင့်ပြုသည် ဆိုပါက ၎င်းအတွက် သုံးသည့်ရေကို သီးခြားတိုင်ကီ တစ်ခုထဲတွင် တိတိကျကျ ချိန်တွယ် ထည့်ထားသင့်သည်။

ထည့်ထားသော ရေသည် ခွင့်ပြုထားသည့် ရေပမာဏထက် နည်းနေသေးသောကြောင့် အလွန်ခြောက်သွေ့ပြီး ရောက်လာသော ကွန်ကရစ်ကို ခွင့်ပြုပမာဏဘောင်အတွင်း ရေထပ်ထည့်ပြီး ပြန်လည် ဖျော်ပေးခြင်း အားဖြင့် ပြုပြင်ပေးနိုင်သည်။ သို့သော် ရောက်ရှိလာသည့် ဖျော်ပြီးသား ကွန်ကရစ်တွင် ရေအလွန်များနေလျှင် ၎င်းကွန်ကရစ်ကို ပစ်ပယ်ရမည်။ ထို့အပြင် ကွန်ကရစ်သည် ခွင့်ပြု ရေပမာဏ အထိ ထည့်ထားပြီးဖြစ်လျက်နှင့် အလွန်ခြောက်သွေ့နေသေးပါက ၎င်းကွန်ကရစ်ကိုလည်း ပစ်ပယ်ရမည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် အများဆုံး ခွင့်ပြု ရေဖြင့် ဖျော်ထားသော်လည်း အကြောင်းကြောင်းသော နှောင့်နှေး ကြန့်ကြာမှုများကြောင့် အလွန် ခြောက်သွေ့နေပါက ၎င်း ကွန်ကရစ်ကိုလည်း ပစ်ပယ်ရမည်။ အလွန်ခဲနေသောကွန်ကရစ်ကို ရေထပ်ထည့်ပြီး ထပ်မွှေကာ အသုံးပြုခြင်းကို ရေထိုးခြင်း (retempering) ဟုခေါ်ပြီး ကောင်းမွန်သည့် စံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) အားလုံးက ၎င်းကို တားမြစ်ကြပါသည်။ ကွန်ကရစ် တစ်ခုကို ရေမထိုးဘဲ ကောင်းစွာ လောင်းနိုင်ကာ ကောင်းစွာ သိပ်သည်းမှု လည်း ပေးနိုင်သမျှ ကာလပတ်လုံး ၎င်း ကွန်ကရစ် ကို အသုံးပြုနိုင်သဖြင့် ကွန်ကရစ်တစ်ခုကို ဖျော်စပ်ပြီး အချိန်မည်မျှ အတွင်း လောင်းရမည်ဟု အချိန် သတ်မှတ်ချက်မရှိပါ။

Slump ကျဆင်းခြင်းသည် ရံဖန်ရံခါ အရေးကြီးသည့် ပြဿနာတစ်ခုဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ၎င်းကြောင့် တစ်ယူနစ် ရေပါဝင်မှုကို တိုးလာစေနိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ အချို့ စံသတ်မှတ်ချက်များအရ slump ကျဆင်းခြင်းသည် ၁ လက်မထက် မပိုရဟု ဆိုသည်။ ၎င်းထက် ပိုသည့် slump ကျဆင်းမှုကို လက်မခံပါ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ကနဦးရေပါဝင်မှုကို တော်တော်များများ မြှင့်ထားမှသာ ကြားထဲတွင် slump ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်ပြီး ကွန်ကရစ် လောင်းချိန်တွင် မိမိ လိုချင်သော လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းမှုအဆင့် (workability) ကို လက်ကျန်အဖြစ် ရရှိမည် ဖြစ်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ ဖျော်ချိန်နှင့် လောင်းချိန်ကြား ခရီးအကွာအဝေး ကြောင့်ဖြစ်စေ၊ အခြား နှောင့်နှေးကြန့်ကြာမှုတစ်ခုခု ကြောင့်ဖြစ်စေ၊ အချိန်ပိုကြာလေလေ အအိဆုံးရှုံးမှု (slump loss) များလေလေ ဖြစ်သည်။ အပူချိန်များခြင်း၊ ရေစုပ်ယူမှုများသည့် ရောစာများပါဝင်ခြင်း၊ ဘိလပ်မြေ အတုအယောင်ခဲခြင်း (false set) နှင့် ဘိလပ်မြေများသည့် ရောစပ်မှုများ (rich mixes) ကြောင့် အခြေအနေကို ပိုမို ဆိုးဝါးစေသည်။

ကွန်ကရစ်ကို ခရီးရှည် သယ်ဆောင်ရခြင်းသည် ပြဿနာတစ်ခုဖြစ်ခဲ့လျှင် လောင်းမည့်နေရာ ရောက်ပြီးမှ ထရပ်ကား ဖျော်စက်ထဲသို့ ရေထည့်၍ဖျော်ခြင်း သို့မဟုတ် လောင်းမည့် နေရာသို့ ရောက်ခါနီး မိနစ်အနည်းငယ် လိုသည့် အချိန်ကျမှ ကွန်ကရစ်ကို စတင်ဖျော်စပ်ခြင်း တို့ကို ပြုလုပ်နိုင်သည်။ အစပ်တစ်ခု၏ ပထမဆုံးနှင့်နောက်ဆုံးအသုတ်ပို့ဆောင်မှုတို့ကြား အလွန်ကြန့်ကြာ မည်ဆိုပါက အစပ် ၏အရွယ်အစားပမာဏကို လျှော့ပေးနိုင်သည်။ ဘိလပ်မြေကို တတ်နိုင်သမျှ အေးအေးအောင်ထားပြီး အတုအယောင်ခဲမှု မရှိရန်လည်း လိုအပ်သည်။ ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးကို ဂရုတစိုက် စီစစ်ပြီး တယူနစ်ရေပါဝင်မှုကို တိုးမည်ဟု ဆုံးဖြတ်လျှင် ဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှုကိုလည်း အချိုးကျ တိုးပေးရန် လိုအပ်သည်။

နမူနာများ (samples) – လမ်းတွင်ဖျော်စပ်ရာ၌ဖျော်အိုး၏ အလျားရှည်သောကြောင့် ဖျော်စပ်မှုပြုလုပ်ရာတွင် ဖျော်အိုး (drum) ၏တစ်နေရာရှိ ကွန်ကရစ်နှင့် အခြားတစ်နေရာရှိ ကွန်ကရစ်တို့ကြား မညီမညာဖြစ်နိုင်ပါသည်။ သို့ရာတွင် consistency ရှုထောင့်မှ ကြည့်ပါက သွန်ထုတ်လိုက်သော ကွန်ကရစ်၏ ပထမ ၄ ပုံ ၁ ပုံ မှ ထုတ်ယူသော ကွန်ကရစ်၏ slump သည် ၄ ပုံ ၃ ပုံ နေရာမှ ထုတ်ယူသောကွန်ကရစ်၏ slump နှင့် ၁ လက်မ အတွင်းသာကွာခြားမှုရှိပါက ၄င်း consistency ကို လက်ခံနိုင်သည်ဟု မှတ်ယူနိုင်သည်။ ခံနိုင်ရည်အားစမ်းသပ်မှုများ အတွက် နမူနာယူရန် အစပ် ၏ ၃ နေရာ (သို့မဟုတ်) ၃ နေရာထက်ပိုသည့်နေရာမှ ၁ ကုဗပေထက် မနဲသည့်နမူနာများကို ယူရမည်။ နမူနာ ကို ထရပ်ကား မှ ကွန်ကရစ် ပထမဆုံးချသည့် အချိန်နှင့် နောက်ဆုံးချသည့်အချိန်မှတပါး ကျန်အချိန်များတွင်ယူရမည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ၄င်းအချိန် များတွင် segregation ဖြစ်နိုင်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။

လေဖိအားဖြင့်ဖြည့်သိပ်ခြင်း (pressure grouting)

သာမန်အားဖြင့် grouting ဟုဆိုလျှင် လေဖိအားဖြင့်ဖြည့်သိပ်ခြင်း (pressure grouting) ကို ဆိုလိုခြင်းဖြစ်သည်။ Pressure grouting ကို သာမန်ဖိအားဖြင့် ဖြည့်ရန်ခက်ခဲသည့် နေရာများဖြစ်သည့်အကွဲများ (cracks), လေခိုပေါက်များ (voids) ၊ အဆက်များ (joints) နှင့် အခြားနေရာများအား ဘိလပ်မြေအနှစ် (cement-water paste) သို့မဟုတ် မဆလာ (mortar) ကို ဖိအားဖြင့်ဖြည့်သိပ်ရာ၌ သုံးသည်။ သင့်တော်သည့် grouting ကိုပြုလုပ်ရန် အင်ဂျင်နီယာ ပညာဆိုင်ရာ ချင့်ချိန် ဆုံးဖြတ်မှု (engineering judgement) အတော်အသင့် ပြုလုပ်တတ်ရန်နှင့် ကျွမ်းကျင်မှုရှိရန် လိုအပ်သည်။

Grouting စစ်ဆေးခြင်းတွင်အောက်ပါကိစ္စရပ်များယေဘုယျအားဖြင့်ပါဝင်သည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် အဝင်ရရှိစေရန် လွန်သွား (drill) ဖြင့်ဖေါက်သည့် အပေါက်သည်လုံလောက်သည့်အနက်သို့ရောက်ရှိခြင်း ရှိ–မရှိ၊ အပေါက်များ(သို့မဟုတ်) ပိုက် (pipe) များကိုနောက်ဆုံးပိတ်ပြည့်သည်အထိဖွင့်ပြီး ရှင်းရှင်းလင်းလင်း ထားသင့်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ဖြည့်မည့်အပေါက်များကို မဖြည့်မီ ရေ (သို့) ရေ–လေ အရောဖြင့် နှံ့စပ်စွာ ဆေးကြောသင့်သည်။ Grouting ဖြည့်မည့် ရှေ့နောက်အစီအစဉ်ကို ဆွဲရာတွင် နီးစပ်ရာအပေါက်များကြား (သို့မဟုတ်) အဝေးတွင်ရှိသည့် ထောင့်များထဲတွင် ဖိအားပေးထားသည့်လေ (compressed air) များ ခိုမနေစေရန်သတိပြုရမည်။ အချို့နေရာများတွင် လေထွက်ပေါက် တပ်ထားရန် လိုအပ်ပါမည်။ ၎င်းလေထွက်ပေါက်အဝသို့ grout ရောက်လာသည့်အခါ အပေါက်ကို ပိတ်ပစ်နိုင်သည်။

အဖြည့်ပစ္စည်း (grout) ကို ဖျော်စပ်သည့်အခါ ပြင်းပြင်းထန်ထန် လှုပ်ခါပေးသင့်သည်။ ၎င်းကို ဘီလပ်မြေစတင်စိုစွတ်ပြီး (၂) နာရီအတွင်း အသုံးပြုသင့်သည်။ (၁) နာရီအတွင်းသုံးလျှင် ပိုကောင်းသည်။ ဘီလပ်မြေသည် မှုန်သင့်သည်။ သို့သော် လျှင်မြန်စွာခဲမှုမဖြစ်စေရပါ။ $\frac{၁}{၆၄}$ လက်မ ထက်ငယ်သည့် အက်ကွဲကြောင်းများအတွက် အလွန်မှုန်သည့် ဘီလပ်မြေကိုသုံးရန် လိုအပ်ပါသည်။ Grout သည် အက်ကွဲကြောင်းထဲသို့ ဝင်ရောက်နိုင်သည့်အနေအထား ထက်ပို၍ ကြဲရန် မသင့်သော်လည်း ပျစ်သော grout သည် အပေါက်ထဲတွင်ပိတ်ဆို့နိုင်သည်။ ၎င်းပြင် အပေါက်ပြည့်သွားပြီးပြီဟု မှားယွင်းစွာ အထင်ရောက်တတ်သည်။ သဲကိုအသုံးပြုမည်ဆိုလျှင် သေးငယ်၍ မှုန်သင့်သည်။ ကြီးသည့် အမှုန်များသည် အစပ်ကြောင်းများကို ပိတ်ဆို့နိုင်သည်။

ပစ်လောင်းကွန်ကရစ် (shotcrete)

Shotcrete ကို sprayed mortar, sprayed concrete, gunite ဟူ၍လည်း ခေါ်ပြီး ပြောင်းဝ (nozzle) မှ လေအားဖြင့်တွန်းလွှတ်ပြီး ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်းဖြစ်သည်။ Concrete လောင်းသည့် နေရာမှ အကွာအဝေးတိုတို အတွင်း nozzle ကိုကိုင်ထားပြီး အနီးကပ်ပစ်ထည့်ကာ ကွန်ကရစ် လောင်းခြင်း ဖြစ်သည်။

Shotcrete ကို အမျိုးမျိုးသော တည်ဆောက်ရေးလုပ်ငန်းများတွင် ကျယ်ကျယ်ပြန့်ပြန့် အသုံးပြုသည်။ ပါးလွှာ၍ ခေါင်းပေါ်တွင်ရှိသည့်မျက်နှာပြင်များ၊ ဒေါင်လိုက် သို့မဟုတ် ရေပြင်ညီလိုက်ရှိသည့် မျက်နှာပြင်များ အထူးသဖြင့် အကွေးမျက်နှာပြင်များနှင့် ထောင့်ချိုးပါမျက်နှာပြင် များပါသည့် လိပ်ခုံးပုံသဏ္ဍာန်နှင့် (shell) နှင့် ခေါက်ချိုးပြားပုံသဏ္ဍာန် (folded plate) များ၊

တူးမြောင်းများ၊ ရေလှောင်ကန်များ၊ ဥမင်လှိုဏ်ခေါင်း အပေါ်ယံလွှာ (lining) များ၊ ရေကူးကန်များနှင့် အခြားရေထိန်းအဆောက်အအုံများတွင် အသုံးပြုသည်။ Shotcrete ကို ကွန်ကရစ်အဆောက်အအုံများ ပြန်လည်ပြုပြင်ရေး လုပ်ငန်းများ၊ မီးလောင်၍ပျက်စီးနေသည့် အဆောက်အအုံ ပြုပြင်ခြင်းလုပ်ငန်းများနှင့် ရေလှိုန်ရုံများပြုလုပ်ရာတွင် အသုံးဝင်သည်။ Shotcrete ကို ကျောက်တောင် အလျှောများကို တည်ငြိမ်မှုရှိနေစေရန် ထိန်းပေးရာ၌လည်း အောင်မြင်စွာ အသုံးပြုကြသည်။ အဆောက်အအုံသုံး သံမဏိဘောင် (structural steel) များကို မီးဘေးကာကွယ်ရန် ပတ်ပတ်လည်ပုံလောင်းရာ၌လည်း အသုံးပြုသည်။

Shotcrete ကို အသုံးပြုရာတွင် ကျွမ်းကျင်မှုနှင့် အတွေ့အကြုံအတော်များများ လိုအပ်သည်။ ၄င်း၏ အရည်အသွေးသည် ကိုင်တွယ်သူများ (operators) ၏လုပ်ဆောင်ချက် အထူးသဖြင့် ပြောင်းဝ (nozzle) ကိုကိုင်၍အမှန်တကယ် ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်နေရာကို ထိန်းချုပ်နိုင်မှုအပေါ်တွင် များစွာမူတည်သည်။

Shotcrete သည် နောက်ခံမျက်နှာပြင်သို့ ကွန်ကရစ်ပစ်သွင်းပြီး တဖြည်းဖြည်းချင်းဖို့ယူခြင်းဖြင့် လောင်းသည့်နည်းစနစ် ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ကျောက်ပုံးကိုလည်း တစ်ဘက်ထဲတွင်သာလိုအပ်သည်။ အထူးသဖြင့် ကျောက်ပုံးအချည်အနှောင်များ (form ties) စသည်တို့မလိုသဖြင့် စရိတ်စက သက်သာနိုင်စရာ ရှိသည်။ သို့သော် အခြားတစ်ဖက်မှ ကြည့်လျှင် shotcrete ၏ ဘိလပ်မြေ လိုအပ်ချက်သည် မြင့်မားသည့်အပြင် ကွန်ကရစ်ပစ်သွင်းမည့် ကိရိယာ တန်ဆာပလာများနှင့် လောင်းပုံလောင်းနည်း (mode of placing) များကြောင့် သာမန်ထုံးစံအတိုင်း လောင်းသည့် ကွန်ကရစ်ထက် ဈေးပိုကြီးသည်။ ၄င်းအကြောင်းများကြောင့် shotcrete ကို ပါး၍သံနည်းသည့် အဆောက်အအုံ များတွင် အသုံးများ သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် shotcrete ကို အထူ ၄ လက်မ လောက်သာ အသုံးများသည်။ ၄င်းတွင် အခြေခံ နည်းစဉ် (process) (၂) ခု ရှိသည်။ ပို၍အသုံးများသော အခြောက်ရောနည်းစဉ် (dry mix process) တွင် ဘိလပ်မြေနှင့် စိုစွတ်သည့် ရောစာများကို နှံ့စပ်စွာ ရော၍ အစာကျွေးစက် (mechanical feeder) (သို့) gun ထဲသို့ထည့်သည်။ ၄င်းအရောကို လေဖိအားဖြင့် nozzle ရှိရာသို့ပို့သည်။ ထိုအခါ ဖိအားပေးထားသည့် ရေသည် nozzle ကို ဖြတ်၍ ဖော်ပြပါပစ္စည်းများနှင့် ရောစပ်သည်။ ၄င်းနောက် အရောကို မြင့်မားသည့်အလျင်ဖြင့် မိမိ ကွန်ကရစ် လောင်းလိုသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ ပစ်ထည့်ရမည်။

အစိုရောနည်းစဉ် (wet mix process) ၏ အခြေခံအချက်များမှာ ရေအပါအဝင် ရောစပ်မည့်ပစ္စည်းများ အားလုံးကို ဦးစွာရောစပ်ရမည်။ ၄င်းအရောအနှောကို သယ်ဆောင်မည့် ကိရိယာ

တန်ဆာပလာ (delivery equipment) ၏အခန်းငယ် (chamber) အတွင်းသို့ ထည့်သွင်းရမည်။ ၎င်းနောက် လေဖိအားဖြင့်သယ်ပို့ပေးမည်။ ဖိအားသွင်းထားသည့်လေကို nozzle ထဲသို့ထိုးသွင်း၍ ရောပြီးပစ္စည်းများကို မြင့်မားသည့် အလျင်ဖြင့် မိမိ ကွန်ကရစ် လောင်းလိုသည့် မျက်နှာပြင်ပေါ်သို့ပစ်ထည့်ရမည်။ အကြမ်းထည် (သို့) ကြီးမားသည့်အလုပ် [rough (သို့) heavy work] များအတွက် nozzle ရှိ လေဖိအားသည် (၅၀–၆၀ psi) လိုအပ်သည်။ မြင့်သောနေရာ၌ ကွန်ကရစ်လောင်းလိုလျှင်ဖြစ်စေ၊ ပေ (၁၀၀) ထက် ပိုဝေးသောနေရာ၌ ကွန်ကရစ်လောင်းလိုလျှင် ဖြစ်စေ၊ ဖိအားကို ၇၅ psi သို့ တိုးမြှင့်ပေးသင့်သည်၊ သို့မှသာ ပိတ်ဆို့မှုမှ စိတ်ချရမည်။

ဖျော်စပ်ရာတွင်ပါဝင်သည့် ရေကိုပြောင်းဝကိုင်သူ (nozzle operator) ကအခြောက်ရောနည်းစဉ် (dry mix process) တွင် တိုက်ရိုက်ထိန်းချုပ်နိုင်သည်။ ခံနိုင်ရည်အား ၇၀၀၀ psi ကိုပင်ရရှိနိုင်သည်။ အစိုရောနည်းစဉ် (wet mix process) တွင် ရောမည့်ရေ နှင့်အရော ဓာတုပစ္စည်း (admixture) ပမာဏ ကို ပိုမိုကောင်းမွန်စွာ ထိန်းချုပ်ပေးနိုင်သည်။ ၎င်းအပြင်wet process တွင် ဖုံထသက်သာပြီး ပြန်ကန်မှု (rebound) လည်းလျော့နည်းနိုင်သည်။ ပစ်သွင်းသည့်ကွန်ကရစ်၏ မြင့်မားသည့်အလျင်ကြောင့်မျက်နှာပြင်တွင်အကုန်မကပ်ဘဲအချို့ပြန်ထွက်လာတတ်သည် (rebound)။ Rebound ပမာဏသည် dry mix (သို့) wet mix ပေါ်တွင် လည်းကောင်း၊ ရေပြင်ညီ၊အစောင်း (sloping) ၊ထောင်လိုက် (သို့) ခေါင်းပေါ် (overhead) စသည့် မျက်နှာပြင် နေရာအနေအထားများပေါ်တွင်လည်းကောင်း မူတည်သည်။ Rebound ပမာဏသည် dry mix တွင် ၅ – ၅၀% နှင့် wet mix တွင် ၀ – ၂၀% ဖြစ်နိုင်သည်။ ပစ်လောင်းလိုက်သော shorcrete ၏ ရေပါဝင်မှုသည် material များ မိမိအလေးချိန်ကို မိမိ ထိန်းထားနိုင်သည့် အနေအထားလောက်ရှိရမည်။ တချိန်ထဲတွင်မှုတ်လိုက်သည့် လေဖိအားကြောင့် သိပ်သည်းမှု (compaction) ကိုရရှိနိုင်ပြီး အလွန်အကျွံ rebound မဖြစ်စေရပါ။ ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးသည် dry mix တွင် ၀.၃၀ မှ ၀.၅၀ ဖြစ်ပြီး wet mix တွင် ၀.၄၀ မှ ၀.၅၅ အထိ ဖြစ်လေ့ရှိသည်။

ယေဘုယျအားဖြင့် ဘိလပ်မြေ အလေးချိန်၏ ၁၀–၁၅% ခန့် silica fume ထည့်ပေးခြင်းဖြင့် shotcrete ၏စေးကပ်မှု (cohesion) နှင့်တွယ်ကပ်မှု (adhesion) ကို မြင့်မားလာစေပြီး rebound ဖြစ်မှုလည်းလျော့နည်းသွားမည်။

ရောစာ၏အကြီးဆုံးအရွယ်အစားသည် $\frac{၁}{၈}$ လက်မ ၊ $\frac{၁}{၂}$ လက်မ (သို့) $\frac{၃}{၄}$ လက်မ ဖြစ်နိုင်ပြီး ကောင်းမွန်သည့် grading ရှိသင့်သည်။

အခန်း (၁၁)

စစ်ဆေးရမည့်စာရင်း

CHECK LIST OF INSPECTION

အောက်တွင် ထည့်သွင်းဆောင်ရွက်သင့်သည့် လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်း လုပ်ငန်းစဉ်များကို အောက်တွင် စုဆောင်းထားပါသည်။

(၁) ချိန်တွယ်စပ်ခြင်း (batching) နှင့် ဖျော်စပ်ခြင်း (mixing) လုပ်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာများကို စစ်ဆေးခြင်းနှင့် သဘောတူလက်ခံခြင်း

(၂) ကွန်ကရစ် အရောများ၏ အချိုးအစားပါဝင်မှုကို ထိန်းကျောင်းခြင်း

(၃) ပစ္စည်းများချိန်တွယ် စပ်သည့်စပ်စက် (batching plant) ကိုစစ်ဆေးခြင်း

(၄) အသုံးပြုမည့် ပစ္စည်းများကို စစ်ဆေးခြင်း၊ စမ်းသပ်ခြင်းနှင့် သဘောတူလက်ခံခြင်း

(၅) ကျောက်ပုံး (form) များ၊ သံချောင်းများ၊ ဒေါက်တိုင်များ၊ ဘေးထောက်များ၊ မြှုပ်နှံထားမည့် ပစ္စည်းများ၊ အဆက် (joint) များ စသည့် တို့ကို စစ်ဆေးခြင်း

(၆) ပုံးများ (buckets)၊ လျှောများ (chutes)၊ လက်တွန်းလှည်းများ (buggies)၊ ကတော့ပုံထည့်စရာများ (hoppers)၊ တုန်ခါစက်များ (vibrators)၊ ပန့်များ (pumps) စသည့် ကိုင်တွယ်ရန်နှင့် လောင်းရန်အသုံးပြုသော ကိရိယာ တန်ဆာပလာများကို စစ်ဆေးခြင်း

(၇) ကွန်ကရစ်ကိုင်တွယ်ခြင်း၊ လောင်းခြင်း၊ ကျစ်လစ်သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်ခြင်း (consolidation)၊ အချောကိုင်ခြင်း (finishing) အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (curing) ကာကွယ်ခြင်း (protection) နှင့် ပြုပြင်ခြင်း (repair) (သို့) ဖါထေးခြင်း (patching) များကို စစ်ဆေးခြင်း

(၈) ကြိုတင်ဖိအားသွင်းထားသော (prestressed) လုပ်ငန်းအပါအဝင် ကြိုတင်သွန်းလောင်းသည့် (precast) အစိတ်အပိုင်းများအတွက် ခံနိုင်ရည်အား (strength)၊ အတိုင်းအတာနှင့် အထူးဂုဏ်သတ္တိများ (special properties) ကို စစ်ဆေးခြင်း

(၉) ကျောက်ပုံး (form) များ ခွာစဉ်နှင့် ထောက်များဖြုတ်စဉ် စစ်ဆေးခြင်း

(၁၀) ကွန်ကရစ်ခံနိုင်ရည်အားကို စမ်းသပ်မည့်စမ်းသပ်တုံးများကို ပြင်ဆင်ခြင်းနှင့်စမ်းသပ် ခြင်း

(၁၁) ဖော်ပြပါ items အားလုံးအတွက် အစီရင်ခံစာများရေးသားခြင်း

တို့ဖြစ်ကြသည်။

အောက်ဖော်ပြပါ item များသည်လုပ်ငန်းစစ်ဆေးခြင်းတွင်ပါဝင်နိုင်သည့် အမျိုးမျိုးသော ခေါင်းစဉ်များ ဖြစ်သည်။ အားလုံးကို နေ့စဉ်စစ်ဆေးရန် မဟုတ်ပါ။ ရံဖန်ရံခါ မှီငြမ်းပြုနိုင်ရန် အတွက် ပြည့်ပြည့်စုံစုံဖော်ပြပေးထားခြင်းသာ ဖြစ်သည်။ လုပ်ငန်းစစ်သည်မိမိလုပ်ငန်းနှင့်သက်ဆိုင် သည့်ခေါင်းစဉ်များကိုသာစံနစ်တကျရွေးထုတ်စာရင်းပြုလုပ်ပြီးစစ်ဆေးသွားရန်ဖြစ်ပါသည်။

ပဏာမ **(preliminary)**

ပုံစံများ **(plans)**နှင့် စံသတ်မှတ်ချက်များ **(specifications)** ၊ အဆောက်အဦး ကျင့်ထုံးများ **(building codes)** ကို လေ့လာရန်

အင်ဂျင်နီယာအသီးသီးကြားတွင် တာဝန်ခွဲဝေမှု

တိုင်းတာရာတွင် အမှားခံနိုင်မှုပမာဏ **(tolerance)** များ

မှတ်တမ်းများ **(records)** နှင့် အစီရင်ခံစာများ **(reports)** ကို မည်ကဲ့သို့ထားသည် ဆိုသည့် အချက်

ကန်ထရိုက်တာ၏ **plant** ၊ ကိရိယာ တန်ဆာပလာများ၊ အဖွဲ့အစည်းပုံစံ **(organization)** နှင့် အသုံးပြုသည့်နည်းလမ်းများ **(methods)**

လမ်းနယ်နိမိတ်များ၊ အသုံးအဆောင်များနှင့် ဆက်စပ်နေသည့် ပိုင်ဆိုင်မှုများ **(properties)** နှင့် အနှောင့်အယှက်ရှိ–မရှိ

အချိုးအစားပါဝင်မှုကိုရှာဖွေခြင်း **(proportioning)**

ရောစာများကို ထိန်းကျောင်း စမ်းသပ်မှုများ ပြုလုပ်ခြင်း

အရော၏ အချိုးအစားပါဝင်မှုရှာဖွေခြင်း

ရောစပ်မှုဆိုင်ရာ တွက်ချက်မှုများ

[ရောစာအရော၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (grading), အစပ် (batch) တွင် ထည့်ရမည့် ပမာဏများ၊ အထွက်နှုန်း (yield) ၊ လေပါဝင်မှု]

ပစ္စည်းများ **(materials)**

ယေဘုယျအခြေအနေ (ပစ္စည်းအားလုံးအတွက်)

[အမျိုးအမည်ခွဲခြားခြင်း၊ ပမာဏ (သုံးပြီး၊ လက်ကျန်)၊ လက်ခံနိုင်မှုရှိ–မရှိ၊ ပစ္စည်းများ ညီညာသမမျှတမှု ရှိ–မရှိ၊ သိုလှောင်ထားမှုအခြေအနေများ၊ ကိုင်တွယ်ပုံ နည်းလမ်းများ အလေအလွင့် (waste)၊ စမ်းသပ်မှုအစီအစဉ် (test schedule)]

ဘိလပ်မြေ

[ဓါတ်ခွဲခန်း စမ်းသပ်ရန် နမူနာယူခြင်း (sampling)၊ စိုစွတ်မှုမှ ကာကွယ်ခြင်း၊ အများဆုံး သိုလှောင်မှု အချိန်အတိုင်းအတာ]

ရေ၁စာ (aggregate)

[လက်ခံနိုင်မှု ရှိ–မရှိ စမ်းသပ်ခြင်းများ၊ နုံးပါဝင်မှု၊ သစ်ရွက်ဆွေး စသည့် အော်ဂဲနစ် (organic) ပစ္စည်းများပါ–မပါ၊ အခြားမလိုလားအပ်သော ပစ္စည်းများပါဝင်မှုရှိ–မရှိ၊ တာရှည်ခံနိုင်ရည် ရှိ–မရှိ၊ ပွတ်တိုက်မှုခံနိုင်ရည် ကောင်း–မကောင်း၊ မဆလာ သို့မဟုတ် ကွန်ကရစ်၏ အဖိခံနိုင်ရည်အား]

[ထိန်းကျောင်းစမ်းသပ်မှုများ (control tests) :
အစိုဓါတ်ပါဝင်မှု၊ ရေစုပ်ယူမှုပမာဏ၊ သိပ်သည်းဆ၊ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်၊ လေခိုပေါက် ပါဝင်မှု]

[သိုလှောင်ထားပုံ]

ရေနှင့်အရောဓါတုပစ္စည်း (admixture) များ

သံချောင်း (reinforcing steel)

[အရွယ်အစား (size); အကွေး (bending); မျက်နှာပြင်အခြေအနေ (surface condition)]

အခြေအရံ ပစ္စည်းများ (accessories)

မြုပ်နှံတပ်ဆင်ထားမည့် ပစ္စည်းများ (fixtures)

အခြားပစ္စည်းများ

ကွန်ကရစ်မလောင်းမီစစ်ဆေးခြင်း (before concreting)

line များဖြောင့်–မဖြောင့်၊ အနိမ့်အမြင့် မှန်ကန်မှုရှိ–မရှိ

မြေတူးလုပ်ငန်း (excavation)၊ အုပ်မြစ်လုပ်ငန်း (foundation)

[နေရာ (location) ၊ အတိုင်းအတာများ၊ ပုံသဏ္ဍာန်၊ ရေဆင်းမြောင်း (drainage)၊ မျက်နှာပြင် ပြင်ဆင်ထားမှု]

ကျောက်ပုံးများ (forms)

[နေရာ (location) ၊ ဖြောင့်တန်းမှု (alignment) ၊ နိမ့်ဆင်းနိုင်ရန်စဉ်းစားထားရှိမှု (provision for settlement)

တည်ငြိမ်မှု (အောက်ခံ၊ ဒေါက်တိုင်၊ ချည်နှောင်ထားမှု၊ နှင့် ခြားတုံးထားရှိမှု)

စစ်ဆေးပေါက်များ၊ မျက်နှာပြင်များ ကိုပြင်ဆင်ခြင်း၊ နောက်ဆုံးပိတ် သန့်ရှင်းရေး ပြုလုပ်ခြင်း]

သံချောင်းဆင်ခြင်း

[သံချောင်းအရွယ်အစား (အချင်း) ၊ အရှည်၊ အကွေး (bending) နှင့် အဖျားပိုင်းတွင် ချိတ်ထားမှု (end anchorage) ၊ သံချောင်းနေရာ (အရေအတွက်၊ အနည်းဆုံးကွာခြားမှု၊ အနည်းဆုံးအဖုံးထု)

ပိုးဆက်ခြင်း (splicing)

တည်ငြိမ်မှု (stability) (ဝါယာနှင့်ချည်ထားသည်မှာ သေချာမှု ရှိ–မရှိ၊ အောက်ခံစင်များ၊ ခြားတုံးများ)

မျက်နှာပြင်သန့်ရှင်းမှု (သံချောင်းများတွင် သံချေးများရှိ–မရှိ၊ ဆီဆေး၊ မဆလာ အခြောက်များ ကပ်နေမှုရှိ–မရှိ၊ စသည်)]

မြုပ်နှံမည့်တပ်ဆင်ပစ္စည်းများ (fixtures) (နေရာမှန်ကန်မှု၊ တည်ငြိမ်မှု၊ သန့်ရှင်းမှု)

plan တွင် ပြမထားသည့် အပေါက်များ **(openings)**

ချိန်တွယ်သည့် ကိရိယာများ **(batching devices)** ကို ချိန်တိုက်ထားမှု **(calibration)**

ဖျော်စက် **(mixer)** ၏ အခြေအနေနှင့် လည်ပတ်နှုန်း **(speed)**

တဆက်တည်း ကွန်ကရစ်လောင်းနိုင်ရန် အတွက် စီစဉ်ထားရှိမှု

အသားသေအောင်ပြုလုပ်ရန် **(curing)** အတွက် စီစဉ်ထားရှိမှု

နေပူလျှင်၊ မိုးရွာလျှင်၊ လေအရမ်းတိုက်လျှင်ကာကွယ်မည့်ပစ္စည်းများ စီစဉ်ထားရှိမှု

လုံလောက်သည့် ပစ္စည်းကိရိယာ တန်ဆာပလာများနှင့် အလုပ်သမားဦးရေ ထားရှိမှု (သိပ်သည်းခြင်း**(compaction)**၊အချောကိုင်ခြင်း**(finishing)** နှင့် **curing** တို့အတွက်)

ကွန်ကရစ်လောင်းနေစဉ်စစ်ဆေးခြင်း (concreting)

လုပ်ငန်းခွင်အခြေအနေများ

[မိုးလေဝသ ၊ ပြင်ဆင်မှုများပြည့်စုံမှုရှိ–မရှိ၊ ယခင်လောင်းခဲ့သည့်အကြိမ်နှင့် ယခုအကြိမ် ကြား အချိန်ကွာခြားချက်နှင့်သတ်မှတ်ချက်၊ ကွန်ကရစ်လောင်းသည့်အချိန်သည် ညအချိန် ဖြစ်ပါက လောင်းနေစဉ်အတွင်း မီးရောင်လုံလောက်မှုရှိ–မရှိ၊ ဖုံးအုပ်မှုနှင့် ကာကွယ်မှု]

ချိန်တွယ်စပ်ခြင်း (batching)

[ဘိလပ်မြေ၊ ရောစာ၊ ရေနှင့်အရောခါတုပစ္စည်း (admixture)

ချိန်တွယ်စပ်သည် ကိရိယာတန်ဆာပလာများစစ်ဆေးမှု

ကွန်ကရစ်အထွက်နှုန်း (yield)]

ဖျော်ခြင်း (mixing)

[အနည်းဆုံးဖျော်ချိန်၊ ဖျော်အိုးထဲတွင် အစပ်များ နှောင့်နှေးနေမှု၊ ဝန်ပိုထည့်မှု (overloading)]

ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ ထိန်းကျောင်းခြင်း (control of consistency)

[လောင်းနေစဉ် ကွန်ကရစ်ကိုလေ့လာခြင်း၊ စမ်းသပ်ခြင်းများ ၊ အရောညှိယူခြင်းများ (adjustments)]

လေပါဝင်မှု ကို ထိန်းကျောင်းခြင်း

သယ်ယူပို့ဆောင်ခြင်း (conveying)

[ပစ္စည်းများ အရွယ်အစားအလိုက် ကွဲသွားခြင်း (segregation) မဖြစ်ရန်၊ ခဲမှုနှင့် ခြောက်သွေ့မှု အလွန်အကျွံမဖြစ်ရန်၊ အချိန်အကန့်အသတ်များ]

ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း (placing)

[ကွန်ကရစ်သည်သမမျှတပြီး သိပ်သည်းမှုရှိ–မရှိ၊ ကွန်ကရစ်ကို ဆက်တိုက်လောင်းနိုင်မှု ရှိ –မရှိ၊ ထိတွေ့မည့် မျက်နှာပြင်များပြင်ဆင်ထားမှု၊ ကွန်ကရစ်မလောင်းမီ မဆလာဖြင့် မျက်နှာပြင်ကို ဖုံ့သထားခြင်း၊ ကွန်ကရစ်ကိုအပေါ်အောက်လားရာ (vertical direction) အတိုင်းချခြင်း ရှိ–မရှိ၊ သံချောင်း(သို့)ကျောက်ပုံးများ (forms) ကိုတိုက်ပြီးမှကျလာခြင်း မျိုးရှိ–မရှိ၊ ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးသောအခါ ဘေးတိုက်စီးဆင်းမှု နည်း–မနည်း၊ ကွန်ကရစ် အလွှာအထု၊ ရေအပေါ်သို့တက်လာမှုရှိ–မရှိ၊ ကျောက်များတစ်နေရာထဲစုနေမှုရှိ–မရှိ၊

ယာယီချည်နှောင်ထားသည့် tie နှင့်ခြားတုံးများ(spacers)ကိုဖယ်ရှားခြင်း၊ ပယ်လိုက်သည့် အစပ် (rejected batch) များ စွန့်ပစ်မည့်နေရာ၊ ရေအောက်တွင် ကွန်ကရစ်လောင်းလျှင် မည်သို့လောင်းမည်။]

သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (compacting)

[နှံ့စပ်မှု ရှိ–မရှိနှင့် ညီညာစွာသိပ်သည်းမှု ရှိ–မရှိ၊ တုန်ခါစက် (vibrator) ကိုလိုသည်ထက် ပိုမထိုး စေရန်]

ရပ်နားအဆက်များ (construction joints)

[နေရာ ၊မျက်နှာပြင်အဟောင်းကို ပြင်ဆင်ခြင်း]

ကျုံ့ပွအဆက်များ (expansion joints)

[အဆက်တွင် ထည့်မည့်ပစ္စည်း (joint material) ၊ နေရာ၊ ဖြောင့်တန်းမှု၊ တည်ငြိမ်မှု၊ နောင်ဖြစ်လာမည့် ရွေ့လျားမှုအတွက် အနှောက်အယှက်ကင်းမှု]

ကျောက်ပုံးမရှိသောမျက်နှာပြင်အချောသပ်ခြင်း (finishing of unformed surfaces)

[ပါးလွှာသောအပေါ်ယံ မဆလာလွှာရှိ–မရှိ၊ မျက်နှာပြင်ပေါ်ရေတက်လာခြင်း၊ အချော ကိုင်ရာတွင် လိုသည်ထက်ပို၍ မလုပ်မိစေရန်၊ ပထမအကြိမ် လက်ပွတ်နှင့် ပွတ်ခြင်း၊ မျက်နှာပြင် မှန်ကန်မှု ရှိ–မရှိ စစ်ဆေးခြင်း၊ နောက်ဆုံးအကြိမ် သံလက်နှင့် ပွတ်ခြင်း၊ သေးငယ်သော အက်ကြောင်းများ (hair cracks)၊ မိုးရေကျမှု]

ကျောက်ပုံးနှင့်ကပ်ထားသောမျက်နှာပြင်အချောသပ်ခြင်း [finishing of formed surfaces)

[ကျောက်ပုံးကို ဖယ်ရှားလိုက်သည့်အခါ မျက်နှာပြင်အခြေအနေ ၊ ပျားသလက်အုံသဏ္ဍာန် (honeycomb) ၊ အလွှာလိုက်ကွာမှု (peeling)၊ tie ပေါက်များ၊ ကျောက်ပုံးအရာများ)၊ အပြစ်အနာအဆာကိုပြုပြင်ခြင်း၊ မျက်နှာပြင်ပြုပြင်ခြင်း၊ မျက်နှာပြင် မခြောက်သွေ့ စေရန်]

စမ်းသပ်မည့်အစီအစဉ် (Schedule of testing)

ကွန်ကရစ်လောင်းပြီးနောက်စစ်ဆေးခြင်း (after concreting)

အပျက်အစီးမရှိစေရန်ကာကွယ်ခြင်း

[တိုက်မိခြင်း (impact)၊ဝန်ကိုအလွန်အကျွံတင်ခြင်း (overloading) ၊ မျက်နှာပြင် ဒဏ်ရာ ဒဏ်ချက်ရှိခြင်း]

ကျောက်ပုံးခွာမည့်အချိန် (time of removal of forms)

အသားသေအောင်ပြုလုပ်ခြင်း (curing)

[မျက်နှာပြင်ကို ဆက်တိုက်စွတ်စိုစေရန်၊ curing စတင်ပြုလုပ်ပေးမည့်အချိန်၊ curing ပြုလုပ်ပေးမည့်အချိန်အတိုင်းအတာ]

ကွန်ကရစ်ကိုစမ်းသပ်ခြင်း (testing of concrete)

ကွန်ကရစ်အပျော့အမာ (consistency) ကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း

လေပါဝင်မှုကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း

ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ် အလေးချိန်ကို စမ်းသပ်ရှာဖွေခြင်း

ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ် အချိုးအစားပါဝင်မှုကို ခွဲခြမ်းစိတ်ဖြာရှာဖွေခြင်း

ခံနိုင်ရည်အား စမ်းသပ်ခြင်းများ

[စမ်းသပ်တုံးများပုံစံသွန်းလောင်းခြင်း (molding specimens) ၊ စမ်းသပ်တုံးများကို သိုလှောင်ခြင်း(storing specimens)၊ စံအခြေအနေ၊ လုပ်ငန်းခွင် (field) အခြေအနေ၊ လုပ်ငန်းခွင် စမ်းသပ်မှုများ(field tests) ၊ စမ်းသပ်တုံးများကို ဓါတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်း သို့ပို့ခြင်း]

[မာပြီးကွန်ကရစ် စမ်းသပ်တုံးများကို အဆောက်အဦးမှ ထုတ်ယူခြင်း(core များ,beam များ)]

အခြားစမ်းသပ်မှုများ

မှတ်တမ်းများနှင့် အစီရင်ခံစာများ (records and reports)

Records: ပစ္စည်းများ၊ ရောစပ်မှုတွက်ချက်ခြင်းများ၊ ချိန်တွယ်စပ်ခြင်းနှင့် ဖျော်စပ်ခြင်း၊ ကွန်ကရစ်လောင်းခြင်း နှင့် curing ပြုလုပ်ခြင်း၊ ထူးခြားချက်များ

Reports: နေ့စဉ်အစီရင်ခံစာ၊ အတိုချုပ်အစီရင်ခံစာ

နေ့စဉ်မှတ်တမ်း (diary)

ဓါတ်ပုံများ (photographs)

ပူပြင်းချိန်တွင် တည်ဆောက်ခြင်း **(hot-weather construction)**

ပစ္စည်းများကိုအအေးခံခြင်း၊ ဖျော်စပ်မည့် ရောစာများနှင့် ကွန်ကရစ်ထိတွေ့မည့် မျက်နှာပြင်များကို ကြိုတင်ရေလောင်းပေးခြင်း၊ ကွန်ကရစ်ကို ဖုံးအုပ်ထားခြင်း၊

အရံသင့်ဖျော်စပ်ထားသောကွန်ကရစ် **(ready-mixed concrete)**

ပင်မစပ်စက် **(plant)**

[စပ်မည့်ပစ္စည်းများ၊စပ်ခြင်း၊ဖျော်စက်၏ အဆန့်ပမာဏ(capacity) နှင့်အခြေအနေ]

လုပ်ငန်းခွင် **(job)**

[ကွန်ကရစ် စလောင်းသည့်အချိန်မှစ၍ ကြာမြင့်ခဲ့သောအချိန်၊ ဖျော်အိုး (drum) ၏ လည်ပတ်မှုနှုန်း၊ ရေအသုံးပြုမှု၊ ကွန်ကရစ်ပမာဏ၊ အပျော့အမာနှင့် လေပါဝင်မှုကို စမ်းသပ်ခြင်း၊ ခံနိုင်ရည်အားကို စမ်းသပ်မည့် စမ်းသပ်တုံးများ (specimens)]

လေဖိအားဖြင့်ဖြည့်သိပ်ခြင်း **(pressure grouting)**

အပေါက်များ **(holes)** (အနက်၊အကွာအဝေး၊ ပိတ်ဆို့မှုမရှိခြင်း)
ပစ္စည်းများ (လက်ခံနိုင်မှုရှိ–မရှိ၊ သုံးပြီးပမာဏ)
ထည့်သွင်းခြင်း**(injection)** (ရှေ့နောက်အစီစဉ် (sequence)၊ ဖိအား၊ အချိန်၊ အလုံးစုံဝင်ခြင်း၊ အဆောက်အအုံအပျက်အစီး မရှိခြင်း)

ပစ်လောင်းကွန်ကရစ် **[shotcrete (sprayed concrete)]**

ပစ္စည်းများ (လက်ခံနိုင်မှုရှိ–မရှိ၊ ပမာဏ)၊ ကိရိယာ တန်ဆာပလာများ၏ အခြေအနေ၊ ပဏာမ ဖျော်စပ်ခြင်း၊ ဖိအား (လေ၊ရေ)၊ မျက်နှာပြင် ပြင်ဆင်မှု၊ ပစ်လောင်းခြင်း **(application)** {အထူ၊ အိတ်ခွဲကျလာမှု မရှိခြင်း၊ ရပ်နားအဆက် (construction joint)} ၊ မျက်နှာပြင်အချောကိုင်ခြင်း **(surface finish)**

အခန်း (၁၂)
ကွန်ကရစ်အရောဒီဇိုင်းပြုလုပ်ခြင်း (ACI နည်းလမ်း)
CONCRETE MIX DESIGN (ACI METHOD)

<u>နည်းစဉ် (ACI 211.1)၊ Procedure (ACI 211.1)</u>

<u>အဆင့်(၁)</u> အအိကိုရွေးချယ်ခြင်း (choice of slump)

ACI နည်းလမ်းဖြင့် ကွန်ကရစ်အရောဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ပါက ပထမအဆင့်အနေဖြင့် သင့်လျော်သော အအိ (slump) ကို ရွေးချယ်ရပါမည်။ ကြိုတင်သတ်မှတ်ထားသော slump မရှိပါက Table 6 Recommended slumps for various types of construction မှ ကြည့်၍ ရွေးချယ်နိုင်ပါသည်။

Table တွင်ပါသော slump သည်ကွန်ကရစ်ကို တုန်ခါစက်ဖြင့်ထိုး၍ ကျစ်လစ်သိပ်သည်း အောင်လုပ်မည့်ကိစ္စအတွက်ယူရသော slump ဖြစ်ပါသည်။ Vibrator ဖြင့်မထိုးပဲအခြားနည်းလမ်း ဖြင့်သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်မည်ဆိုပါကရင်း slump ထက် ၁ လက်မပိုတိုး၍ ယူနိုင်သည်။

ကွန်ကရစ်အရော ကို ရွေးချယ်ရာတွင်ကောင်းမွန်စွာ လောင်း၍ရသော အမာဆုံးအရောကို ရွေးချယ်သင့်သည်။

<u>အဆင့်(၂)</u> အကြီးဆုံး ရောစာအရွယ်အစားကိုရွေးချယ်ခြင်း (choice of maximum size of aggregate)

အရွယ်အစားများကိုကောင်းမွန်စွာရောစပ်ထားသောရောစာ(well-graded aggregate) များထဲတွင် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစားကြီးသည့် အရောတစ်ခုသည် အကြီးဆုံးရောစာအရွယ် အစားငယ်သည့်အရောတစ်ခုထက် လေခိုပေါက် (void) ပိုနည်းပါသည်။ ထို့ကြောင့် ရောစာအရွယ် အစားအကြီးများဖြင့် ဖျော်စပ်ထားသော ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ် ထုထည်တွင် ပါဝင်သော မဆလာ ပမာဏသည်ရောစာအရွယ်အစားအငယ်များဖြင့်ပြုလုပ်ထားသောကွန်ကရစ်တွင်ပါဝင်သည့်မဆလာ ပမာဏ နှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် ပို၍နည်းပါသည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်ရာတွင် စရိတ်စကသက်သာစွာနှင့်ရရှိနိုင်ပြီးကွန်ကရစ်လောင်းမည့် အဆောက်အအုံအစိတ် အပိုင်း၏ အတိုင်းအတာနှင့်လည်းအဆင်ပြေသောအကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်သင့်

သည်။ မည်သည့်အခြေအနေတွင်ဖြစ်စေ အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစားသည် ကျောက်ပုံးဘေးတောင်ပြား (၂) ခု ကြားရှိ အကျဉ်းဆုံးအတိုင်းအတာ၏ $\frac{၁}{၅}$ ထက်လည်းကောင်း၊ ကြမ်းခင်းပြား (slab) ထု၏ $\frac{၁}{၃}$ ထက်လည်းကောင်း ၊ သံချောင်း နှစ်ချောင်းကြား(သို့) သံချောင်းထုတ် နှစ်ထုတ်ကြားရှိ အသားတင် အကွာအဝေး (clear spacing) ၏ $\frac{၃}{၄}$ ထက်လည်းကောင်း မကြီးသင့်ပေ။

အကယ်၍ ကွန်ကရစ်တွင် ပျားသလက်အုံ သဏ္ဍာန် (honeycomb) (သို့) လေခိုပေါက် (void) များ မဖြစ်ပေါ်နိုင်လောက်အောင် လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းသော ကွန်ကရစ်ကို ကောင်းမွန်သည့် သိပ်သည်းခြင်းနည်းလမ်း (compaction method) များကို အသုံးပြုပြီး သိပ်သည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်ပါက အဆိုပါ သတ်မှတ်ချက်များကို တစ်ခါတရံ ရှောင်ဖယ်နိုင်သည်။ ခံနိုင်ရည်အားမြင့်ကွန်ကရစ် (high-strength concrete) ကို လိုချင်ပါက ပေးထားသော w/c တစ်ခုတွင် အကြီးဆုံး ရောစာအရွယ်အစားကို လျှော့ပေးခြင်းအားဖြင့် အကောင်းဆုံး ရလဒ်ကို ရရှိနိုင်စရာ ရှိပါသည်။

<u>အဆင့်(၃)</u> ဖျော်စပ်ရေနှင့် လေပါဝင်မှုကိုခန့်မှန်းခြင်း (estimation of mixing water and air content)

ပေးထားသော slump ကိုရရန် ကွန်ကရစ် တစ်ယူနစ်ထုထည်တွင် ထည့်ရန်လိုအပ်သည့် ရေပမာဏသည် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား၊ ရောစာခဲများ၏ ပုံပန်းသဏ္ဍာန်နှင့် အရွယ်အစား၊ ရောစာအရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံနှင့် ခိုအောင်းနေသော လေပမာဏ တို့ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှုပမာဏအနေဖြင့် များစွာသြဇာလွှမ်းမိုးမှု မရှိပေ။ Table 7 မှ အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစားမျိုးစုံနှင့် ပြုလုပ်ထားသော ကွန်ကရစ်များ အတွက် လိုအပ်သည့် ဖျော်စပ်ရေပမာဏကိုရနိုင်သည်(တမင်လေခိုအောင် လုပ်မထားသောကွန်ကရစ်များအတွက်သာ)။

ရောစာ၏ မျက်နှာပြင်အကြမ်းအချောနှင့် ပုံပန်းသဏ္ဍာန် (texture & shape) ပေါ်မူတည်၍ ဖျော်စပ်ရေလိုအပ်ချက်သည် ဇယားထဲတွင် ဖော်ပြထားသည့် တန်ဘိုးထက် အတန်အသင့် နည်းခြင်း၊ များခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ သို့သော် ပထမအဆင့် ခန့်မှန်း တွက်ချက်ရန် အတွက်မူ ဇယားတွင် ပေးထားသော အချက်အလက်များသည် လုံလောက်မှုရှိပါသည်။

Table 6 Recommended slump for various types of construction

Type of construction	Slump, in	
	Max.	Min.
Reinforced foundation walls and footings	3	1
Plain footings, caissons and substructure walls	3	1
Beams and reinforced walls	4	1
Building columns	4	1
Pavement and slabs	3	1
Mass concrete	2	1

Table 7 Approximate mixing water and air content requirements for different slumps and nominal maximum sizes of aggregates (when aggregate is in SSD condition)*

Slump in.	Water, lb/yd^3 of conc. for indicated nominal max. size of agg. (Agg. is in SSD condition)							
	3/8 in.	½ in.	¾ in.	1 in.	1 ½ in.	2 in.$^+$	3 in.$^+$	6 in.$^+$
1 – 2	350	335	315	300	375	260	240	210
3 – 4	385	365	340	325	300	285	265	230
6 – 7	410	385	360	340	315	300	285	
Approximate amount of entrapped air, %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

<u>အဆင့် (၄)</u> ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးကိုရွေးချယ်ခြင်း **(selection of water – cement ratio)**

လိုအပ်သည့်ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးကို ရွေးချယ်ရာတွင် ခံနိုင်ရည်အားနှင့်တာရှည်ခံမှု လိုအပ်ချက်များကို အခြေခံ၍ရွေးချယ်နိုင်သည်။ မတူညီသော ရောစာများနှင့် ဘိလပ်မြေများကို သုံးပါက တူညီသော w/c ၌ပင် ကွဲပြားသောရလဒ်များကို ရတတ်ပေရာ အမှန်တကယ်အသုံးပြုမည့် ပစ္စည်းများကိုသုံး၍ ခံနိုင်ရည်အားနှင့် w/c တို့ကြားဆက်သွယ်မှုကို ရှာထားသင့်ပါသည်။

ထိုသတင်းအချက်အလက်များ မရှိသေးပါက သာမန်ဘိလပ်မြေသုံး ကွန်ကရစ်များအတွက် Table 8 တွင် ပေးထားသော ပို၍စိတ်ချရသောဘက်တွင်ရှိသည့် (conservative) ခန့်မှန်းခြေ တန်ဘိုးများကို ယူသုံးနိုင်သည်။ ဤဆက်သွယ်မှုများတွင် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစားကို ၃/၄ – ၁ လက်မဟု ယူဆထားသည်။ ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးကို ပုံသေထားပါက လေပါဝင်မှု များလျှင် ခံနိုင်ရည်အား ကျဆင်းပြီး ပေးထားသော w/c တစ်ခုအတွက် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား ငယ်လျှင် ခံနိုင်ရည်အား တက်လာပါသည်။

Table 8 Relationship between water-cement ratio and compressive strength of concrete

Compressive strength at 28 days, psi	Water-cement ratio by weight (Non air-entrained concrete)
6000	0.41
5000	0.48
4000	0.57
3000	0.68
2000	0.82

ဆိုးရွားသော ပတ်ဝန်းကျင်နှင့် ထိတွေ့သည့်ကိစ္စများအတွက်မူ ခံနိုင်ရည်အား (strength) အတွက် မလိုအပ်သည့်တိုင် w/c ကို နည်းအောင် ထိန်းထားသင့်သည်။ ထိုသို့ ဆိုးရွားသော အခြေအနေများအတွက် အများဆုံးခွင့်ပြုနိုင်သော w/c ကို Table (4) တွင် ဖေါ်ပြထားသည်။

<u>အဆင့် (၅)</u> ဘိလပ်မြေ လိုအပ်ချက်ကို တွက်ချက်ခြင်း **(calculation of cement content)**

Mix design တွင်လိုအပ်သော cement ပမာဏကို အဆင့် (၃) နှင့် အဆင့် (၄) တို့ပြီးလျှင် တွက်ယူရရှိနိုင်ပါသည်။ အဆင့်(၃) မှရသော ဖျော်စပ်ရေပမာဏကို အဆင့် (၄) တွင် ရှာခဲ့သော w/c ဖြင့် စားပါက ဘိလပ်မြေပမာဏကို ရရှိနိုင်သည်။

သို့ရာတွင် ခံနိုင်ရည်အား (strength) နှင့် တာရှည်ခံမှု (durability) လိုအပ်ချက်အရ အနည်းဆုံးထည့်ရမည့် ဘိလပ်မြေပမာဏကို စံသတ်မှတ်ချက်များက သီးခြားသတ်မှတ် ပေးထားပါ

က၊ ၄င်း သတ်မှတ်ချက် ပမာဏ နှင့် အထက်ပါ အတိုင်း တွက်၍ရသော ပမာဏ ၂ ခုထဲမှ ပို၍ ကြီးသော ပမာဏကို အခြေခံ၍ ဆက်တွက်ရမည်။

Table 9 Maximum permissible water-cement ratios for concrete in severe exposures

Type of structure	Structure – wet continuously or frequently and exposed to freezing and thawing	Exposed to sea water or sulphates
Thin sections and sections with less than 1 in. cover over steel	0.45	0.40
All other structures	0.50	0.45

အဆင့်(၆) ရောစာကြီးပါဝင်မှုကိုခန့်မှန်းခြင်း (**estimation of coarse aggregate content**)

ရောစာကြီးပါဝင်မှုကို သိလိုပါက Table 10 မှရရှိနိုင်ပါသည်။ ၄င်း Table အရ အကယ်၍ လုပ်ရကိုင်ရကောင်းခြင်းအဆင့် (workability) ကို အတူတူထားလျှင် ကွန်ကရစ် ထုထည် တစ်ယူနစ်တွင် ပါဝင်သော ရောစာကြီးထုထည်သည် အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစားနှင့် ရောစာသေး၏ Fineness Modulus တို့ပေါ်တွင်သာ မူတည်နေကြောင်းတွေ့နိုင်ပါသည်။ တစ်ကုဗကိုက် ထုထည်တွင်ပါဝင်သော ရောစာထုထည် (ကုဗပေ) ကို လိုချင်လျှင် Table 10 မှ ရသည့်တန်ဘိုးကို ၂၇ ဖြင့် မြှောက်ယူရန် ဖြစ်သည်။ ၄င်းထုထည်ကို ရောစာအခြောက်အလေးချိန် (တစ်ကုဗကိုက် ထုထည်အတွက်) သို့ပြောင်းယူရန် ၄င်းကို ရောစာကြီး၏ အခြောက်ထောင်း ထားသော တစ်ယူနစ် အလေးချိန် (တစ်ကုဗပေ အလေးချိန်) နှင့် မြှောက်ယူရမည်။

လုပ်ကိုင်ရပိုလွယ်ကူသော (more workable) ကွန်ကရစ်များ အတွက်ဆိုလျှင် ရောစာကြီး ပါဝင်မှုပမာဏကို Table 10 မှပေးသောတန်ဘိုးထက် ၁၀% လျှော့ယူ၍၊ လုပ်ကိုင်ရ ပိုခက်သော (less workable) ကွန်ကရစ်အတွက်မှု ၄င်းပမာဏကို Table 10 မှ ပေးသော တန်ဘိုးထက် ၁၀% ပိုယူနိုင်သည်။ သို့သော်ရရှိလာသည့် အအိ (slump)၊ ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးနှင့် ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား စသည့်ဂုဏ်သတ္တိတို့သည် စီမံကိန်းစံသတ်မှတ်ချက်များ (specifications) တွင် ပေးထားသော လိုအပ်ချက်များနှင့် ကိုက်ညီစေရန် သတိပြုရမည်။

Table 10 Volume of coarse aggregate per unit of volume of concrete

Maximum size of aggregate in.	Volume of (oven)dry- rodded coarse aggregate per unit volume of concrete for different F.M. of sand			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
½	0.59	0.57	0.55	0.53
¾	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

အဆင့်(၇) ရောစာသေးပါဝင်မှုကိုခန့်မှန်းခြင်း(estimation of fine aggregate content)

ယခု အနေအထားတွင်၊ ရောစာသေးမှလွဲ၍ ကျန်ပါဝင်ပစ္စည်းများအားလုံးကို ခန့်မှန်းပြီး ဖြစ်သည်။ ရောစာသေး၏ ပါဝင်မှုကို အလေးချိန်နည်းလမ်း (weight method) (သို့) ပကတိထုထည် နည်းလမ်း (absolute volume method) တစ်ခုခုဖြင့် ခန့်မှန်းရှာဖွေနိုင်သည်။

ကွန်ကရစ် ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်နှင့် ပတ်သက်၍ ယူဆချက် (assumption) တစ်ရပ် ပြုလုပ်နိုင်လျှင် (သို့) အတွေ့အကြုံအရ မှန်းဆနိုင်ခဲ့လျှင် လိုအပ်သောရောစာသေး၏ အလေးချိန် ကိုရှာလိုပါက ဖျော်စပ်ပြီးစကွန်ကရစ် (fresh concrete) ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်နှင့်ရောစာသေး မှအပအခြားပါဝင်ပစ္စည်းများအားလုံး၏ စုစုပေါင်း အလေးချိန်တို့၏ ခြားနားခြင်းမှ ရနိုင်ပါသည်။

လုပ်ငန်းအတွေ့အကြုံအရ ကွန်ကရစ် ၏ တစ်ယူနစ် အလေးချိန်ကို အတော်အသင့် မှန်ကန်စွာ မှန်းဆနိုင်သည်။ ဤကဲ့သို့သော အချက်အလက်များ စုဆောင်းထားခြင်း မရှိပါက Table 11 ကိုသုံး၍ ပထမဆုံးအဆင့် ခန့်မှန်းမှုကိုပြုလုပ်နိုင်သည်။ ကွန်ကရစ် တစ်ကုဗဂိုက်၏ အလေးချိန် ခန့်မှန်းမှုသည်ခပ်ကြမ်းကြမ်းဖြစ်ခဲ့လျှင်ပင် အရောအချိုးအစားရောစပ်ပါဝင်ပုံ (mix proportion) ကိုအတော်မှန်ကန်စွာ ရှာဖွေနိုင်ပါသည်။ ၎င်းနောက်တွင် စမ်းသပ်မှုပေါ် အခြေခံ၍ ညှိယူခြင်းများ ကိုလွယ်ကူစွာ ပြုလုပ်နိုင်ပါသည်။

Table 11 First estimate of weight of fresh concrete (Non air-entrained concrete)

Maximum size of aggregate in.	First estimate of concrete weight	
	lb/yd³	lb/ft³
⅜	3840	142.2
½	3890	144.1
¾	3960	146.7
1	4010	148.5
1 ½	4070	150.7
2	4120	152.6
3	4160	154.1
6	4230	156.7

လိုအပ်သော ရောစာသေးပမာဏကို တွက်ချက်သည့် ပိုမိုတိကျသော နည်းစဉ်မှာ ပါဝင်ပစ္စည်းများ၏ ထုထည်ကို မူတည်၍ တွက်ချက်သော ပကတိထုထည်နည်းလမ်း (absolute volume method) ဖြစ်သည်။

ဤနည်းတွင်ပါဝင်ပစ္စည်းများ၏ သိရှိပြီး စုစုပေါင်းထုထည် (ရေ၊ လေ၊ ဘိလပ်မြေ နှင့် ရောစာကြီး)ကို ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ်ထုထည်ထဲမှ နှုတ်လိုက်ခြင်းဖြင့် ရောစာသေး၏ထုထည်ပမာဏကိုရရှိခြင်းဖြစ်ပါသည်။

ပါဝင်ပစ္စည်းတစ်ခုချင်း၏ ထုထည်ကိုရလိုပါက ၎င်း၏အလေးချိန်ကို သိပ်သည်းခြင်းဖြင့် စားပါကရနိုင်သည်။ (သိပ်သည်းခြင်းဆိုသည်မှာ သိပ်သည်းဆနှင့် ရေ၏တစ်ယူနစ်အလေးချိန်တို့၏ မြှောက်ရကိန်းဖြစ်သည်။)

<u>အဆင့်(၇)</u> ရောစာတွင် ပါဝင်သော အစိုဓါတ်အတွက် ညှိယူခြင်း (adjustments for aggregate moisture)

ရောစာများတွင် တွယ်ကပ်နေသည့် ရေပမာဏနှင့် တူညီမှုရှိသည့် ရေပမာဏ (ရောစာ၏ စုစုပေါင်းပါဝင်သောအစိုဓါတ်–ရောစာ၏ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်း) ကို စုစုပေါင်းလိုအပ်သည့် ဖျော်စပ်ရေ (mixing water) ပမာဏထဲမှ နှုတ်ယူခြင်းအားဖြင့် ဖျော်စပ်ရာတွင် အမှန်တကယ် ထည့်ရမည့်ရေ (added water) ကို ရရှိနိုင်သည်။

အဆင့်(၉)　　အစမ်းစပ်ခြင်းဖြင့်ညှိယူခြင်းများ (trial batch adjustments)

အချိုးအစားရောစပ်ပါဝင်မှုတွက်ချက်ခြင်းကိုဓာတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်းတွင်သော်လည်းကောင်း၊ လက်တွေ့အစပ်ကြီးများ (full-sized batches) အားဖြင့် သော်လည်းကောင်း ၊ စမ်းသပ် အတည်ပြုသင့်သည်။ ၎င်းစမ်းသပ်ချက်မှ ကွန်ကရစ်၏တစ်ယူနစ် အလေးချိန် ၊ အထွက်နှုန်း (yield) ၊ ထည့်ရမည့် ရေပမာဏ နှင့် slump တို့ကို ရှာဖွေနိုင်သည်။ အစမ်းဖျော်စပ်မှုမှ ရရှိသည့် slump သည် အနေတော် မဟုတ်သေးလျှင် slump ၁ လက်မ အတိုးအလျှော့အတွက် ရေကို ၁၀ lb/yd^3 နှုန်းဖြင့် အတိုးအလျှော့ လုပ်ပေးနိုင်သည်။

ဥပမာ (example)

လေခိုအောင်တမင်ပြုလုပ်ထားခြင်း မရှိသော (non-air-entrained) Type I ရိုးရိုးဘိလပ်မြေကို အသုံးပြုမည်။ ၎င်း၏ သိပ်သည်းဆကို ၃.၁၅ ဟုယူဆရန် ဖြစ်သည်။ ရောစာကြီးနှင့် ရောစာသေးသည် လက်ခံနိုင်သော အရည်အသွေးရှိပြီး grading များသည်လည်း ယေဘုယျ လက်ခံနိုင်သော သတ်မှတ်ချက်ဘောင်အတွင်း ကျရောက်သည်။ ရောစာကြီး၏ လုံးဝအခြောက် (oven-dry) သိပ်သည်းဆသည် ၂.၆၈ ဖြစ်ပြီး ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်းသည် ၀.၅% ဖြစ်သည်။ ရောစာသေး၏ (oven-dry) သိပ်သည်းဆသည် ၂.၆၄ ဖြစ်ပြီး ရေစုတ်ယူနိုင်စွမ်းသည် ၀.၇% ဖြစ်သည်။ ရောစာသေး၏ Fineness Modulus သည် ၂. ၈ ဖြစ်သည်။ ရောစာကြီးနှင့် ရောစာသေးတွင် ပါဝင်သော စုစုပေါင်းရေပါဝင်မှုသည် (oven-dry အလေးချိန်ပေါ် အခြေခံ၍) ၂% နှင့် ၆% အသီးသီးဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်သည် ပြင်းထန်သည့် ပတ်ဝန်းကျင်ဒဏ်ကို မခံရသည့် column အတွက် လိုအပ်သော ကွန်ကရစ် ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်၏ လိုအပ်သော ပျမ်းမျှဆလင်ဒါခံနိုင်ရည်အား (cylinder strength) သည် ၃၅၀၀ psi ဖြစ်သည်။ ၎င်းကွန်ကရစ် ၏ slump သည် ၃ ၁/၂ လက်မ ဖြစ်သင့်သည်ဟု ဆုံးဖြတ်ထားသည်။ စီးပွားရေးတွက်ခြေကိုက်စွာ အလွယ်တကူ ရရှိနိုင်သည့် max. size of aggregate ၁ ၁/၂ လက်မ ရှိသော စိုစွတ်နေသည့် ရောစာကြီးကိုသုံးရန် ဖြစ်သည်။ ရောစာကြီး၏ အခြောက်ထောင်းထားသည့် (oven-dry-rodded) တစ်ယူနစ် အလေးချိန်သည် တစ်ကုဗပေတွင် ၁၀၀ lb/ft^3 ရှိသည်။ ကွန်ကရစ်ထုထည် ၀. ၀၃ yd^3 ရှိဓာတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်းတွင် ပြုလုပ်ထားသည့် အစမ်းစပ်တွင် ရေ ၇ ပေါင် ထည့်သောအခါ slump ၂ လက်မ ရရှိသည်။ ကွန်ကရစ် ၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန် ၁၄၉ ပေါင် ရရှိသည် (149 lb/ft^3) ။ ACI နည်းလမ်းကိုအသုံးပြု၍ ဖျော်စပ်ပြီးစ ကွန်ကရစ် တစ်ကုဗကိုက်တွင် ပါဝင်ရမည့် ပစ္စည်းများ၏ အလေးချိန်(ပေါင်)ကို ရှာပါ။ ရောစာတွင် ပါဝင်သော ရေပါဝင်မှု များအတွက် လိုအပ်သည့် ညှိယူမှုများကို ပြုလုပ်ပါ။

အဖြေ (solution)

အဆင့်(၁)

Slump ကို $၃\frac{၁}{၂}$ လက်မ ဟူ၍ သတ်မှတ်ထားပြီး ဖြစ်သည်။

အဆင့်(၂)

အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစားကို $၁\frac{၁}{၂}$ လက်မ ဟုရွေးချယ်ထားပြီး ဖြစ်သည်။

အဆင့်(၃)

ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့် ရေပမာဏနှင့်စပ်လျဉ်း၍ slump $၃\frac{၁}{၂}$ လက်မ နှင့် အကြီးဆုံး ရောစာ အရွယ်အစား $၁\frac{၁}{၂}$ လက်မ တို့အတွက် Table 7 တွင် ဖော်ပြထားသည့် တန်ဘိုးမှာ ၃၀၀ lb/yd^3 ဖြစ်သည်။ ၎င်းရေပမာဏမှာ ရောစာ၏ အခြေအနေ သည် SSD အခြေအနေ အတွက်ဖြစ်ပြီး ခန့်မှန်းခြေ လေပါဝင်မှုပမာဏသည် Table 7 အရ ၁% ဖြစ်သည်။

အဆင့်(၄)

Table 8 မှ ကွန်ကရစ်၏ ခံနိုင်ရည်အား ၃၅၀၀ psi အတွက်လိုအပ်သော ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးသည် ၀.၆၂ ဖြစ်ကြောင်း တွေ့ရသည်။ အဆောက်အဦးသည် ပြင်းထန်သော ပတ်ဝန်းကျင် အခြေအနေနှင့် မထိတွေ့သဖြင့် Table 9 ကို အသုံးပြုရန်မလိုပါ။

အဆင့်(၅)

လိုအပ်သည့် ဘိလပ်မြေပမာဏသည်

$$\text{Cement} = \frac{၃၀၀}{၀.၆၂} = ၄၈၄\ lb/yd^3$$ ဖြစ်သည်။

အဆင့်(၆)

Table 10 တွင် ရောစာသေး ၏ F.M. ၂.၈ နှင့် အကြီးဆုံး ရောစာ အရွယ်အစား $၁\frac{၁}{၂}$ လက်မ တို့အတွက် ရောစာကြီး (အခြောက်ထောင်းထားသော oven-dry အခြေအနေ) ထုထည်သည် ဖျော်စပ်ပြီးစကွန်ကရစ်တယူနစ်ထုထည်လျှင် ၀.၇၁ ရှိသည်။ ထို့ကြောင့်ရောစာကြီး၏ အခြောက်ထောင်းထားသည့် ထုထည်သည် ဖျော်စပ်ပြီးစ ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 တွင်

ရောစာကြီးထုထည်	=	၂၇ × ၀.၇၁	=	၁၉.၁၇ ft^3/yd^3
ရောစာကြီး (oven-dry) အလေးချိန်	=	၁၉.၁၇ × ၁၀၀	=	၁၉၁၇ lb/yd^3

ရောစာကြီး (SSD) အလေးချိန် = ၁၈၁၇ × ၁.၀၀၅ = ၁၈၂၇ lb/yd^3

ဖြစ်သည်။

အဆင့် (၇)

အလေးချိန်နည်းလမ်း (weight method)

အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစား ၁ $\frac{၁}{၂}$ လက်မအတွက် ဖျော်ပြီးသားကွန်ကရစ် တစ်ယူနစ် အလေးချိန်သည် ၄၀၇၀ lb/yd^3 ဖြစ်သည် [Table 11]

သိရှိပြီးအလေးချိန်များမှာ–

ရေ (ရောစာ SSD အခြေအနေ အတွက်)	=	၃၀၀ lb/yd^3
ဘိလပ်မြေ	=	၄၇၄ lb/yd^3
ရောစာကြီး (SSD အခြေအနေ အတွက်)	=	၁၈၂၇ lb/yd^3
စုစုပေါင်းအလေးချိန်	=	၂၇၁၁ lb

ထို့ကြောင့် fresh concrete တွင် ပါဝင်သော ရောစာ အားလုံးသည် ရေပြည့်ဝနေသည် (saturated) ဟုယူဆလျှင် ရောစာသေး၏ အလေးချိန်မှာ

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (SSD အခြေအနေ အတွက်) = ၄၀၇၀ – ၂၇၁၁ = ၁၃၅၉ lb

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (oven-dry အခြေအနေ အတွက်) = $\frac{၁၃၅၉}{၁.၀၀၇}$ = ၁၃၅၀ lb

ပကတိထုထည်နည်းလမ်း (absolute volume method)

ရေ၏ထုထည် = $\frac{၃၀၀}{၆၂.၄}$ = ၄.၈၁ ft^3/yd^3 (ရောစာ SSD အခြေအနေ အတွက်)

ဘိလပ်မြေ၏ထုထည် = $\frac{၄၇၄}{၃.၁၅ \times ၆၂.၄}$ = ၂.၄၆ ft^3/yd^3

ရောစာကြီး၏ အသားထုထည် = $\frac{၁၈၁၇\ (\text{oven-dry})}{၂.၈၆ \times ၆၂.၄}$ = ၁၁.၄၆ ft^3/yd^3

ပိတ်မိနေသောလေ၏ထုထည် (၁%) = ၀.၀၁ × ၂၇ = ၀.၂၇ ft^3/yd^3

ထို့ကြောင့်ရောစာသေးမှအပကျန်ပါဝင်သော ပစ္စည်းများအားလုံး၏ အသားထုထည်

= ၄.၈၁ + ၂.၄၆ + ၁၁.၄၆ + ၀.၂၇

= ၁၉.၀၀ ft^3/yd^3

ထို့ကြောင့် ရောစာသေး၏ အသားထုထည် = ၂၇.၀၀–၁၉.၀၀ = ၈.၀၀ ft^3/yd^3

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (oven-dry အခြေအနေ) = ၈.၀၀ × ၂.၆၄ × ၆၂.၄

= ၁၃၁၈ lb/yd^3

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (SSD အခြေအနေ) = ၁၃၁၈ × ၁.၀၀၇ = ၁၃၂၇ lb/yd^3

အချုပ်အားဖြင့် နည်းလမ်း ၂ မျိုးကိုအသုံးပြုပြီးရရှိသော ဖျော်ပြီးစ တစ်ကုဗကိုက်တွင်ပါဝင်ရမည့် အစပ်အလေးချိန်များမှာ–

Ingredients	Weight Method		Abs. Vol. Method	
	SSD	Oven-dry	SSD	Oven-dry
Water (to be added)	300	319 (300 + 19*)	300	319 (300 + 19*)
Cement	484	484	484	484
Coarse agg.	1927	1917	1927	1917
Fine agg.	1359	1350	1327	1318
	4070	4070	4038	4038

* ရောစာများ၏ ရေစုပ်ယူနိုင်စွမ်း (absorption capacity) အတွက် ညှိထားခြင်း

ရောစာတွင်ပါဝင်သော ရေပါဝင်မှုပမာဏများအတွက်ညှိယူခြင်း

အလေးချိန်နည်းလမ်း (weight method)

<u>အဆင့်(၈)</u>

ညှိထားပြီးရောစာအစို၏ အလေးချိန်များမှာ–

ရောစာကြီး (အစို) = ၁၉၁၇ × ၁.၀၂ = ၁၉၅၅ lb/yd^3

ရောစာသေး (အစို) = ၁၃၅၀ × ၁.၀၆ = ၁၄၃၁ lb/yd^3

ရောစာကြီးမျက်နှာပြင်တွင်ရှိသောရေ = ၂ – ၀.၅ = ၁.၅ %

ရောစာသေးမျက်နှာပြင်တွင်ရှိသောရေ = ၆ – ၀.၇ = ၅.၃ %

ထို့ကြောင့်ဖျော်စပ်ရာတွင် ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့်ရေ = ၃၀၀–၁၉၁၇×၀.၀၁၅ – ၁၃၅၀×၀.၀၅၃

= ၂၀၀ lb/yd^3

(စိုစွတ်သောရောစာအခြေအနေ)

ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 အတွက်ခန့်မှန်းခြေဖျော်စပ်ရမည့်အလေးချိန်များမှာ–

ရေ (to be added) = ၂၀၀ lb/yd^3

(စိုစွတ်သောရောစာအခြေအနေ)

ဘိလပ်မြေ = ၄၇၄ lb/yd^3

ရောစာကြီး (အစို) = ၁၉၅၅ lb/yd^3

ရောစာသေး (အစို) = ၁၄၃၁ lb/yd^3

<u>အဆင့်(၉)</u>

ဓါတ်ခွဲခန်းတွင် ပြုလုပ်မည့် ၀.၀၃ ကုဗကိုက် (၀.၈၁ ft^3) ရှိသည့် စမ်းသပ်ဖျော်စပ်မှု အတွက် လိုအပ်သည့်ပါဝင်ပစ္စည်းများမှာ–

ရေ (to be added) = ၆.၀ lb (စိုစွတ်သောရောစာအခြေအနေ)

ဘိလပ်မြေ = ၁၄.၅၂ lb

ရောစာကြီး (အစို) = ၅၈.၆၅ lb

ရောစာသေး (အစို) = ၄၃.၅၃ lb

မည်သို့ပင်ဖြစ်စေ ပထမအကြိမ်ဓါတ်ခွဲခန်း စမ်းသပ်ဖျော်စပ်ရာတွင် ရေ ၇ lb ကို ထည့်သွင်း ဖျော်စပ်သည့်တိုင်အောင် slump ၂ လက်မသာ ရရှိကြောင်းတွေ့ရသည်။ ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ် အလေးချိန်သည် ၁၄၉.၀ ft^3 ဖြစ်ကြောင်းကိုလည်း တွေ့ရ သည် (ပေးထားချက်)။

ထို့ကြောင့် ပထမအကြိမ်စမ်းသပ်ဖျော်စပ်မှုအတွက် –

$$\text{Yield} = \frac{၇.၀+၁၄.၅၂+၅၈.၆၅+၄၃.၅၃}{၁၄၉.၀} = ၀.၈၃၀\ ft^3/batch$$

$$\text{ရောစာကြီးမျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိနေသောရေပို(free water)} = ၅၈.၆၅ - \frac{၅၈.၆၅}{၁.၀၂} \times ၁.၀၀၅$$

$$= ၀.၈၆\ lb$$

$$\text{ရောစာသေး၏မျက်နှာပြင်တွင်ရှိသောရေပို(free water)} = ၄၃.၅၃ - \frac{၄၃.၅၃}{၁.၀၆} \times ၁.၀၀၇$$

$$= ၂.၁၈\ lb$$

ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင်ပါဝင်မည့်ရေ = ၇ + ၀.၈၆ + ၂.၁၈ = ၁၀.၀၄ lb
(effective mixing water)

∴ slump ၂ လက်မ အတွက် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 တွင်ပါဝင်မည့်(effective) ရေ = $\frac{၁၀.၀၄ \times ၂၇}{၀.၇၃}$

= ၃၂၇ lb/yd^3

Slump ကို ၂ လက်မ မှ ၃$\frac{၁}{၂}$ လက်မသို့ တိုးစေရန် ထပ်မံထည့်ရမည့် ရေပမာဏမှာ ၁၅ lb ဖြစ်သည်။

ထို့ကြောင့် ဖျော်စပ်ရာတွင် ပါဝင်မည့် (effective) ရေ = ၃၂၇ + ၁၅ = ၃၄၂ lb/yd^3

၎င်းအထဲတွင် ထည့်သည့်ရေ (added water)၊ agg. တွင်ပါသည့်ရေပိုနှင့် slump ပြင်ရန် အတွက် ထပ်တိုးရေ အားလုံးပါဝင်သည်။

ရေကိုတိုးလျှင် ဘိလပ်မြေလည်း အချိုးကျတိုး၍ ဖျော်စပ်မှသာ ရေနှင့်ဘိလပ်မြေ အချိုး ၀.၆၂ ကို ထိန်းထားနိုင်မည် ဖြစ်ပါသည်။

ရေနှင့်ဘိလပ်မြေအချိုး = ၀.၆၂

ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု (အသစ်) = $\frac{၃၄၂}{၀.၆၂}$ = ၅၅၂ lb/yd^3

၁yd^3 အတွက် ရောစာကြီး(အစို)အလေးချိန် = $\frac{၅၇.၆၅ \times ၂၇}{၀.၇၃}$ = ၁၉၀၇ lb/yd^3

၁yd^3 အတွက် ရောစာကြီး (SSD) အလေးချိန် = $\frac{၁၉၀၇ \times ၁.၀၀၅}{၁.၀၂}$ = ၁၈၈၀ lb/yd^3

၁yd^3 အတွက် ရောစာကြီး(oven-dry)အလေးချိန် = $\frac{၁၈၈၀}{၁.၀၀၅}$ = ၁၈၇၁ lb/yd^3

ဖျော်စပ်ပြီးစကွန်ကရစ်၏ ခန့်မှန်းတယူနစ်အလေးချိန် = ၁၄၉.၀ × ၂၇= ၄၀၂၃ lb/yd^3

(စမ်းသပ်မှုကိုအခြေခံ၍)

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (SSD) = ၄၀၂၃ – (၃၄၂ + ၅၅၂ + ၁၈၈၀)

= ၁၂၄၉ lb/yd^3

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (oven-dry) = $\frac{၁၂၄၉}{၁.၀၀၇}$ = ၁၂၄၀ lb/yd^3

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (အစို) = ၁၂၄၀ × ၁.၀၆ = ၁၃၁၄ lb/yd^3

ထို့ကြောင့် ညှိပြီး အစပ်အလေးချိန်များမှာ (by Weight Method):

Ingredients	Aggregate (wet) lb/yd^3	Aggregate (SSD) lb/yd^3	Aggregate (oven-dry) lb/yd^3
Water	249 (added) (342 – 93)	342 (effective)	360 (added) (342 + 18)
Cement	552	552	552
Coarse Agg.	1908	1880	1871
Fine Agg.	1314	1249	1240
Total	4023	4023	4023

မှတ်ချက် ။လက်တွေ့ဖျော်စပ်ရာတွင် အထက်ပါဇယားမှ ဒုတိယကော်လံ (Aggregate-wet) ပါ အချက်အလက် များသည် များသောအားဖြင့် အသုံးကျမည် ဖြစ်ပါသည်။

ရောစာတွင်ပါဝင်သောရေပါဝင်မှုပမာဏအတွက်ညှိယူခြင်း

ပကတိထုထည်နည်းလမ်း (absolute volume method)

<u>အဆင့် (ဂ)</u>

ညှိပြီးသားရောစာအလေးချိန်များမှာ–

ရောစာကြီး (အစို) = ၁၈၁၇ × ၁.၀၂ = ၁၈၅၅ lb/yd^3

ရောစာသေး (အစို) = ၁၃၁ဂ × ၁.၀၆ = ၁၃၉၇ lb/yd^3

ရောစာကြီးမျက်နှာပြင်တွင်ရှိသောရေ = ၂ – ၀.၅ = ၁.၅%

ရောစာသေးမျက်နှာပြင်တွင်ရှိသောရေ = ၆ – ၀.၇ = ၅.၃%

ရောစာ၏ SSD အခြေအနေထက်ပိုနေသေးသည့်ရေကိုပါထည့်စဉ်းစားလျှင်

ဖျော်စပ်ရာတွင်ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့်ရေ (added water)

= ၃၀၀ – ၁၈၁၇ × ၀.၀၁၅ – ၁၃၁ဂ × ၀.၀၅၃

= ၂၀၁ lb (စိုစွတ်သောရောစာအခြေအနေ)

ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 အတွက် ခန့်မှန်းခြေဖျော်စပ်ရမည့်အလေးချိန်များမှာ–

ရေ (to be added)	= ၂၀၁ lb/yd^3 (စိုစွတ်သောရောစာအခြေအနေ)
ဘိလပ်မြေ	= ၄၇၄ lb/yd^3
ရောစာကြီး (အစို)	= ၁၉၅၅ lb/yd^3
ရောစာသေး (အစို)	= ၁၃၉၇ lb/yd^3

<u>အဆင့် (၉)</u>

ဓါတ်ခွဲခန်းတွင် ပြုလုပ်မည့် စမ်းသပ်ဖျော်စပ်မှု ၀.၀၃ yd^3 (၀.၈၁ ft^3) အတွက် လိုအပ်သည့်ပါဝင်ပစ္စည်းများမှာ–

ရေ (to be added)	= ၆.၀၃ lb (စိုစွတ်သောရောစာအခြေအနေ)
ဘိလပ်မြေ	= ၁၄.၅၂ lb
ရောစာကြီး (အစို)	= ၅၈.၆၅ lb
ရောစာသေး (အစို)	= ၄၁.၉၁ lb

မည်သို့ပင်ဖြစ်စေ ပထမအကြိမ်ဓါတ်ခွဲခန်း စမ်းသပ်ဖျော်စပ်ရာတွင် ရေ ၇ lb ကို ထည့်သွင်းဖျော်စပ်သည့် တိုင်အောင် slump သည် ၂ လက်မ သာရရှိကြောင်း တွေ့ရသည်။ အမှန်တကယ်လိုအပ်သည့် slump သည် ၃ $\frac{၁}{၂}$ လက်မ ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်၏ တစ်ယူနစ်အလေးချိန်သည် ၁၄၉.၀ lb/ft^3 ဖြစ်သည် ကိုလည်း တွေ့ရသည် (ပေးထားချက်)။

ထို့ကြောင့်ပထမအကြိမ် စမ်းသပ်ဖျော်စပ်မှုအတွက်–

$$\text{Yield} = \frac{၇.၀ + ၁၄.၅၂ + ၅၈.၆၅ + ၄၁.၉၁}{၁၄၉} = ၀.၈၁၉ \ ft^3/batch$$

ရောစာကြီး၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်ရှိနေသောရေပို (free water) မှာ–

$$\text{Free water} = ၅၈.၆၅ - \frac{၅၈.၆၅}{၁.၀၂} \times ၁.၀၀၅ = ၀.၈၆ \ lb \text{ ဖြစ်သည်}$$

ရောစာသေး၏ မျက်နှာပြင်ပေါ်တွင်ရှိသောရေပို (free water) မှာ–

$$\text{Free water} = ၄၁.၉၁ - \frac{၄၁.၉၁ \times ၁.၀၀၇}{၁.၀၆} = ၂.၁၀ \ lb \text{ ဖြစ်သည်။}$$

ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်ရာတွင် ပါဝင်မည့်ရေ (effective mixing water)

$$= ၇.၀၀ + ၀.၈၆ + ၂.၁၀ = ၉.၉၆ \text{ lb}$$

၂ လက်မ slump အတွက် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 တွင် ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့်ရေ

$$= \frac{၉.၉၆}{၀.၈၁၉} \times ၂၇ = ၃၂၈ \text{ lb/yd}^3$$

၃½ လက်မ slump နှင့် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 တွင် ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့်ရေ

$$= ၃၂၈ + ၁၅ = ၃၄၃ \text{ lb/yd}^3$$

ရေနှင့်ဘိလပ်မြေအချိုးကို ၀.၆၂ တွင် ထိန်းထားရမည်ဖြစ်သောကြောင့် ဘိလပ်မြေပမာဏကိုလည်း အချိုးကျ ပြင်ရမည်။

$$\text{Cement (new)} = \frac{၃၄၃}{၀.၆၂} = ၅၅၃ \text{ lb/yd}^3$$

ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 အတွက် ရောစာကြီး၏ပါဝင်မှု အလေးချိန်

$$\text{ရောစာကြီး (အစို) အလေးချိန်} = \frac{၅၈.၆၅}{၀.၈၁၉} \times ၂၇ = ၁၉၃၄ \text{ lb/yd}^3$$

SSD အခြေအနေတွက် ရောစာကြီး၏ပါဝင်မှု အလေးချိန်

$$\text{ရောစာကြီး (SSD) အလေးချိန်} = \frac{၁၉၃၄}{၁.၀၂} \times ၁.၀၀၅ = ၁၉၀၆ \text{ lb/yd}^3$$

အပူပေး၍အခြောက်ခံထားသည့် အခြေအနေ (oven-dry)အတွက် ရောစာကြီး၏ ပါဝင်မှု အလေးချိန်

$$\text{ရောစာကြီး(oven-dry) လေးချိန်} = \frac{၁၉၀၆}{၁.၀၀၅} = ၁၈၉၇ \text{ lb/yd}^3$$

စမ်းသပ်ခန်းတွင် စမ်းသပ်သည့် ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်မှုတွင် လေမည်မျှပါဝင်သည်ကို ရှာဖွေရန်

$$\text{ရေ၏ထုထည်} = \frac{၉.၉၆}{၆၂.၄} = ၀.၁၆၀ \text{ ft}^3$$

ဘိလပ်မြေ၏ထုထည် = $\frac{၁၄.၅၂}{၃.၁၅\times၆၂.၄}$ = ၀.၀၇၄ ft^3

ရေစာကြီး၏ထုထည် = $\frac{၅၈.၆၅}{၁.၀၂\times၂.၆၈\times၆၂.၄}$ = ၀.၃၄၄ ft^3

ရေစာသေး၏ထုထည် = $\frac{၄၁.၉၁}{၁.၀၆\times၂.၆၁\times၆၂.၄}$ = ၀.၂၄၀ ft^3

လေမှလွဲ၍ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှုတွင်ပါဝင်သော ပစ္စည်းများ၏ စုစုပေါင်းထုထည် = ၀.၈၁၁ ft^3
ထို့ကြောင့် ၀.၈၁၉ ft^3 yield ကို သုံးလျှင် လေပါဝင်မှုမှာ

$$\frac{၀.၈၁၉ - ၀.၈၁၁}{၀.၈၁၉}\times၁၀၀ = ၀.၁၂ \text{ percent}$$ ဖြစ်သည်။

၎င်းလေပါဝင်မှု အတိုင်းဆက်လက်ရှိနေ မည်ဟု ယူဆမည်ဆိုပါလျှင် –
၁ yd^3 အတွက် ရေစာသေးမှလွဲ၍ ကွန်ကရစ်အတွင်းပါဝင်သော ပစ္စည်းများမှာ–

ရေ (effective) = $\frac{၃၄၃}{၆၂.၄}$ = ၅.၅၀ ft^3/ yd^3

ဘိလပ်မြေ = $\frac{၅၅၃}{၃.၁၅\times၆၂.၄}$ = ၂.၈၁ ft^3/ yd^3

လေ (ခန့်မှန်းခြေ) = ၀.၀၀၁၂ × ၂၇ = ၀.၀၃ ft^3/ yd^3

ရေစာကြီး = $\frac{၁၈၉၇}{၂.၆၈\times၆၂.၄}$ = ၁၁.၃၄ ft^3/ yd^3

Total = ၁၉.၆၈ ft^3 / yd^3

ထို့ကြောင့် ရေစာသေး ၏ ထုထည် = ၂၇ – ၁၉.၆၈
= ၇.၃၂ ft^3 / yd^3

ရေစာသေး၏ အလေးချိန် (oven – dry) = ၇.၃၂ × ၂.၆၄ × ၆၂.၄
= ၁၂၀၆ lb /yd^3

ရေစာသေး၏ အလေးချိန် (SSD) = ၁၂၀၆ × ၁.၀၀၇ = ၁၂၁၄ lb/yd^3

ရောစာသေး၏ အလေးချိန် (အစို) = ၁၂၀၆ × ၁.၀၆

= ၁၂၇၈ lb/yd^3

ထို့ကြောင့် ညှိပြီးအစပ်အလေးချိန်များမှာ (by Absolute Volume Method):

Ingredients	Aggregate (wet) lb/yd^3	Aggregate (SSD) lb/yd^3	Aggregate (oven-dry) lb/yd^3
Water	251 (added) (343 – 92)	343 (effective)	360 (added) (343 + 17)
Cement	553	553	553
Coarse Agg.	1934	1906	1897
Fine Agg.	1278	1214	1206
Total	4016	4016	4016

မှတ်ချက်။ လက်တွေ့ဖျော်စပ်ရာတွင် အထက်ပါဇယားမှ ဒုတိယ ကော်လံ (Aggregate-wet) ပါ အချက်အလက်များသည် များသောအားဖြင့် အသုံးကျမည်ဖြစ်ပါသည်။

အလေးချိန်နည်းလမ်း နှင့် ပကတိထုထည် နည်းလမ်း ၂ မျိုးကို နှိုင်းယှဉ်ကြည့်လျှင် ရောစာသေးနှင့် ရောစာကြီးတို့ ပါဝင်မှုနှင့် ပတ်သက်၍ အလေးချိန်ကွာခြားမှု အနည်းငယ်ရှိသည်ကို တွေ့ရပါမည်။ ၎င်းပြင် မည်သည့်နည်းလမ်းကို သုံးသည်ဖြစ်စေ နောက်ထပ် အစမ်းဖျော်စပ် မှုတစ်ခု ထပ်လုပ်လျှင် နောက်တဖန် အနည်းငယ် ထပ်ညှိပေးရန် လိုအပ်ကြောင်း တွေ့ရှိမည် ဖြစ်ပါသည်။

အခန်း (၁၃)
ကွန်ကရစ်အရောဒီဇိုင်းပြုလုပ်ခြင်း (ဗြိတိသျှနည်းလမ်း)
CONCRETE MIX DESIGN (BRITISH METHOD)

<u>နည်းစဉ် (Procedure)</u>

<u>အဆင့် (၁)</u>

သတ်မှတ်ထားသည့် ဘိလပ်မြေ အမျိုးအစား ၊ သတ်မှတ်ထားသည့် ရောစာအမျိုးအစား နှင့် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး ၀. ၅ ဖြင့် ပြုလုပ်မည့် ကွန်ကရစ်အတွက် ဖိအားခံနိုင်ရည် (compressive strength) ကို Table 12 မှ ရှာပါ။ ထို့နောက် Table 12 မှ ရရှိလာသော strength နှင့် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (w/c) ၀. ၅ တို့နှင့် သက်ဆိုင်သည့် အမှတ် (point) ကို Fig. 8 ပေါ်တွင် မှတ်သားပါ။ အဆိုပါ Fig. 8 တွင် မှတ်သားထားသည့် အမှတ်ကိုဖြတ်၍ ၎င်းအနီးအနားတွင်ရှိသည့် curve များနှင့်အပြိုင် curve တစ်ခု ဆွဲယူပါ။ ၎င်း curve မှ မိမိမျှော်မှန်းထားသော ပျမ်းမျှခံနိုင်ရည်အား (target mean strength) နှင့် ဆိုင်သည့် free w/c (ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး) ကိုဖတ်ပါ။ ၎င်း w/c သည် မျှော်မှန်းသတ်မှတ်ထားသည့် mean strength နှင့် သက်ဆိုင်သည့် တန်ဖိုးဖြစ်သည်။ သို့ရာတွင် တာရှည်ခံနိုင်မှု (durability) လိုအပ်ချက်အတွက် သတ်မှတ်ထား သည့် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (w/c) ထက်မြင့်၍မယူရကြောင်း မမေ့လျော့သင့်ပါ။

<u>အဆင့် (၂)</u>

Slump သို့မဟုတ် Vebe time အနေဖြင့် ဖော်ပြထားသော လိုအပ်သည့် workability အတွက် ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့် ရေပို (free water) ကို ရှာဖွေရန်ဖြစ်သည်။ အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစားနှင့်ရောစာအမျိုးအစား (ခွဲရောစာ (သို့) သဘာဝရောစာ)တို့သည် ရေပါဝင်မှုကို ဩဇာသက်ရောက်ပါသည်။ Table 13 ကို အသုံးပြုနိုင်ပါသည်။

<u>အဆင့် (၃)</u>

ရေပါဝင်မှုကို w/c ဖြင့် စားခြင်းဖြင့် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုကို တွက်ချက်နိုင်သည်။ ထိုဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှုသည် တာရှည်ခံနိုင်မှု (durability) အတွက် သတ်မှတ်ထားသည့် အနည်းဆုံးဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှု (minimum cement content)နှင့် ဆန့်ကျင်မှု မဖြစ်စေရပါ။ အလားတူ အပူထွက်မှု (heat development) အကြောင်းကြောင့် သတ်မှတ်ထားသည့် အများဆုံးဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှု (maximum cement content) နှင့်လည်း ဆန့်ကျင်မှု မဖြစ်စေရပါ။

Table 12 Approximate compressive strengths of concretes made with a free water-cement ratio of 0.5

Type of cement	Type of coarse aggregate	Compressive strength MPa (psi) at the age (days) (cube strength)			
		3	7	28	91
Ord. Portland (Type I) Sulphate-Resisting Portland (Type IV)	Uncrushed	22(3200)	30 (4400)	42 (6100)	49 (7100)
	Crushed	27 (3900)	36 (5200)	49 (7100)	56 (8100)
Rapid-Hardening Portland (Type III)	Uncrushed	29 (4200)	37 (5400)	48 (7000)	54 (7800)
	Crushed	34 (4900)	43 (6200)	55 (8000)	61 (8900)

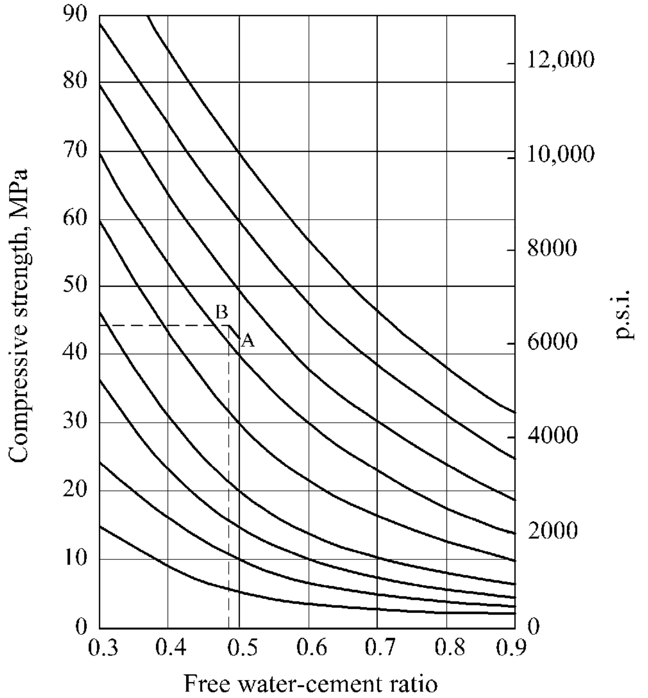

Fig. 8 Relation between compressive strength and free water-cement ratio for use in the British mix selection method

Table 13 Approximate free water contents required to give various levels of workability

Aggregate		Free water content, kg/m^3 (lb/yd^3) for			
Max. size mm (in)	Type	Slump, mm 0-10mm	10 - 30	30 - 60	60 - 180
		Vebe time (sec) > 12 sec	6 - 12	3 - 6	0 - 3
10 (⅜)	Uncrushed	150 (255)	180 (305)	205 (345)	225 (380)
	Crushed	180 (305)	205 (345)	230 (390)	250 (420)
20 (¾)	Uncrushed	135 (230)	160 (270)	180 (305)	195 (330)
	Crushed	170 (285)	190 (320)	210 (355)	225 (380)
40 (1 ½)	Uncrushed	115 (195)	140 (235)	160 (270)	175 (295)
	Crushed	155 (260)	175 (295)	190 (320)	205 (345)

အဆင့် (၄)

စုစုပေါင်း ရောစာပါဝင်မှုကို ရှာရမည်။ ပထမအဆင့်အနေဖြင့် ကောင်းစွာသိပ်သည်းမှုပေးထားသည့် ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ်၏ သိပ်သည်းခြင်း (တစ်ယူနစ်အလေးချိန်) ကို ရှာရမည်။ ၎င်းသိပ်သည်းခြင်း ကို အဆင့် (၂) တွင် ရှာခဲ့သော ရေပါဝင်မှုနှင့် ရောစာ၏သိပ်သည်းဆတန်ဘိုးကို အသုံးပြု၍ Fig. 9 မှ ဖတ်ယူနိုင်ပါသည်။ ရောစာ၏ သိပ်သည်းဆကို မသိလျှင် ၎င်းတန်ဘိုးအတွက် ယူဆမှုတစ်ရပ်ပြုလုပ်ရမည် (assumption) ။ သဘာဝရောစာ (uncrushed agg.) ၏ သိပ်သည်းဆကို ၂.၆ ဟု ယူဆပြီးလျှင် ခွဲရောစာ (crushed agg.) ၏ သိပ်သည်းဆကို ၂.၇ ဟု ယူဆနိုင်သည်။ ရောစာ၏ပါဝင်မှုကို ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ်၏ သိပ်သည်းခြင်း (တစ်ယူနစ်အလေးချိန်) ထဲမှ ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုနှင့် ရေပါဝင်မှု တို့ကိုနှုတ်ခြင်း အားဖြင့် တွက်ယူနိုင်ပါသည်။

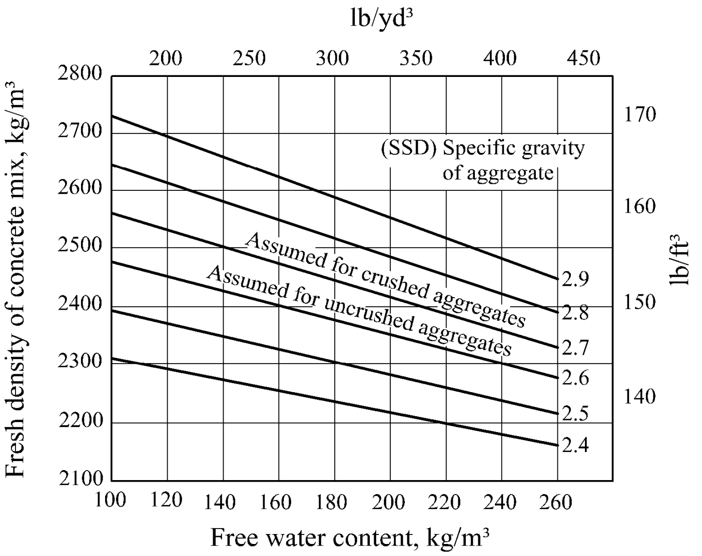

Fig. 9 Estimated wet density for fully compacted concrete

<u>အဆင့် (၅)</u>

စုစုပေါင်းရောစာပါဝင်မှုထဲမှ ရောစာသေး၏အချိုးပါဝင်မှုကို Fig. 10 အား အသုံးပြုပြီး ရှာယူနိုင်သည်။ ၎င်း Fig. 10 တွင် အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား ၂၀ mm (၃/၄ လက်မ)နှင့် ၄၀mm (၁ $\frac{၁}{၂}$ လက်မ) နှစ်မျိုးအတွက်သာ ဖော်ပြထားသည်။ သြဇာလွှမ်းမိုးနေသည့် အချက်များ (factors) မှာ အကြီးဆုံးအရွယ်အစား ၊ လုပ်ရကိုင်ရကောင်းခြင်းအဆင့် (level of workability) [slump (or) Vebe time] ၊ ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးအစား(water-cement ratio) ၊ ၆၀၀µm ဇကာ (၀.၀၂၃၄ လက်မ , BS No. 25 , ASTM No. 30) ကို ဖြတ်သွားသည့် ရောစာသေး၏ ရာခိုင်နှုန်းတို့ဖြစ်သည်။ ရောစာကြီးနှင့် ရောစာသေးတို့၏ grading ဆိုင်ရာအခြားရှုထောင့်တို့ ကိုမူ ထည့်သွင်း စဉ်းစားခြင်း မပြုဘဲ လျစ်လျူရှုထားသည်။ ရောစာသေး၏ ပါဝင်မှု အချိုးကို ရရှိပြီးလျှင် စုစုပေါင်း ရောစာပါဝင်မှု ပမာဏတန်ဘိုးကို ရောစာသေးပါဝင်မှုအချိုးဖြင့် မြှောက်ပါက ရောစာသေး ပါဝင်မှုပမာဏကို ရမည်။

ထို့နောက် ရေစာကြီး ပါဝင်မှုပမာဏကို စုစုပေါင်းရေစာပါဝင်မှုပမာဏထဲမှ ရေစာသေး၏ပါဝင်မှုပမာဏကို နှုတ်ခြင်းအားဖြင့် ရှာယူနိုင်သည်။ ၎င်းတို့ကို ရှာပြီးလျှင် ရေစာကြီး၏အရွယ်အစား အုပ်စုအလိုက်ပါဝင်မှုကို ရှာနိုင်သည်။ ၎င်းကို Table 14 အားလမ်းညွှန်အဖြစ် အသုံးပြု၍လည်း ရှာနိုင်သည်။

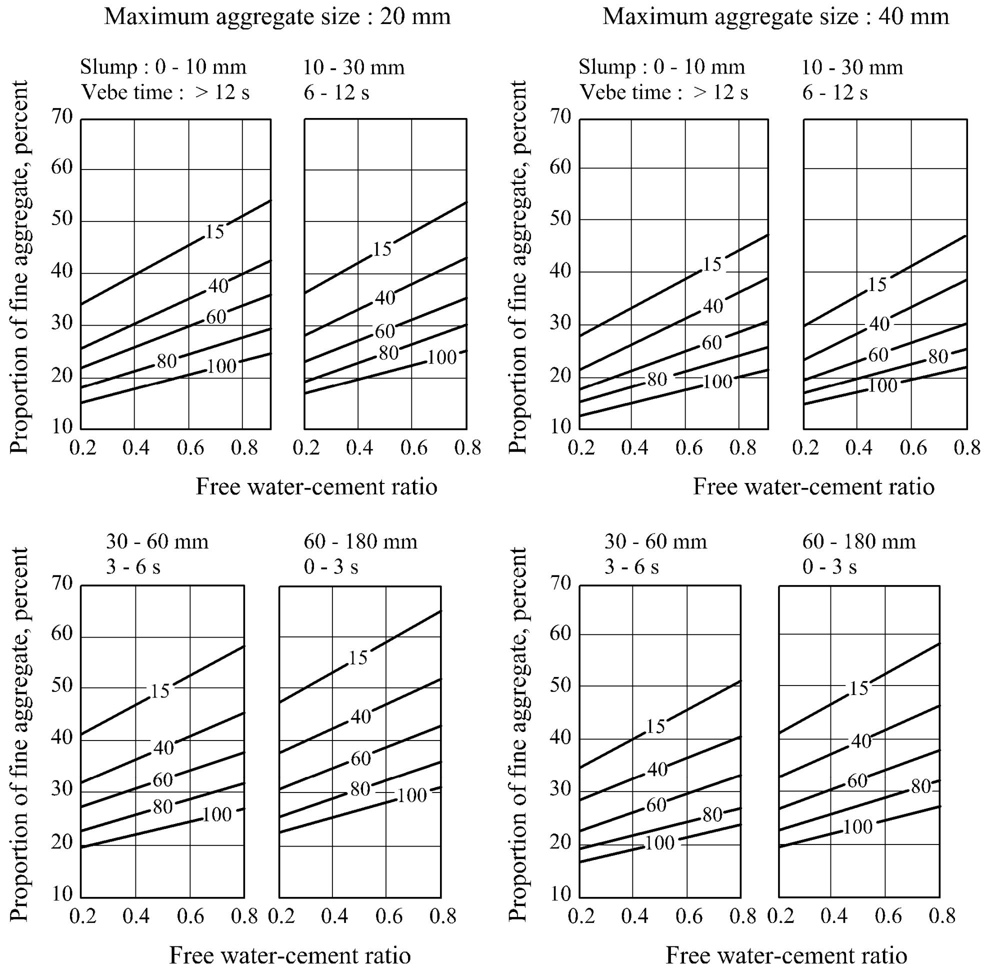

Fig. 10 Recommended proportion of fine aggregate (expressed as percentage of total aggregate) (numbers shown are % age of fine agg. passing 600 μm sieve)

Table 14 Proportion of coarse aggregate fractions (1988 British Method)

Total Coarse Aggregate	5 - 10 mm ($\frac{3}{16}$ - $\frac{3}{8}$ in)	10 - 20 mm ($\frac{3}{8}$ - $\frac{3}{4}$ in)	20 - 40 mm ($\frac{3}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ in)
100	33	67	-
100	18	27	55

အထက်ပါ တွက်ချက်မှုများပြီးလျှင် ဓါတ်ခွဲစမ်းသပ်ခန်းတွင် စမ်းသပ်ဖျော်စပ်မှုများကို ပြုလုပ်ရမည်။ အထက်ဖော်ပြပါ တွက်ချက်မှုများသည် British Method ဖြစ်သောကြောင့် British material များကို အခြေခံထားခြင်း ဖြစ်သည်ကို သတိပြုရမည်။ ကမ္ဘာ့ အခြား နေရာများရှိ ပစ္စည်းများ အတွက် ဖော်ပြပါ ဇယားများနှင့် ပုံများကို တိုက်ရိုက် အသုံးပြု၍ ရချင်မှရမည် ဖြစ်ပါသည်။

ဥပမာ (example)

အောက်ပါ လိုအပ်ချက်များကို ပြည့်မီသည့် အရော (mix)တစ်ခုကို ရွေးချယ်ပါ။

<u>ပေးချက်</u>

28-day mean strength (cube)	=	၄၄ MPa (၆၄၀၀ psi)
Slump	=	၅၀ mm (၂ လက်မ)
ရောစာ၏ အမျိုးအစား	=	uncrushed
အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစား	=	၂၀ mm (၃/၄ လက်မ)
ရောစာ၏ သိပ်သည်းဆ (specific gravity) (SSD)	=	၂.၆၄
600 µm sieve ကို ဖြတ်သွားသည့် ရောစာသေးရာခိုင်နှုန်း	=	၆၀%
ဘိလပ်မြေအမျိုးအစား	=	ordinary Portland cement

အဖြေ (solution)

<u>အဆင့် (၁)</u>

ရိုးရိုးဘိလပ်မြေနှင့် သဘာဝရောစာ (uncrushed) တို့ကို အသုံးပြုပြီး Table 12 မှ ဖတ်ယူသည့် 28-day strength တန်ဘိုးသည် ၄၂ MPa (၆၁၀၀ psi) ဖြစ်သည်။ ၄၂ MPa နှင့် w/c = ၀.၅ တို့ကို အသုံးပြုပြီး Fig 8 တွင် A အမှတ်အသားကိုမှတ်ပါ။ ၎င်းအမှတ်ကိုဖြတ်၍ အနီးဆုံး curve နှင့် အပြိုင်ဆွဲပါ။ ၎င်း ဆွဲလိုက်သည့် curve ပေါ်သို့ မိမိလိုအပ်သည့် ၄၄ MPa (၆၄၀၀ psi) နေရာမှ x-axis နှင့် အပြိုင်လိုင်းဆွဲပါက curve ကို ဖြတ်သောနေရာကို B ဟု သတ်မှတ်ပါ။ အဆိုပါ point B မှ y-axis နှင့် အပြိုင် အောက်တည့်တည့်သို့ လိုင်းဆွဲပါက ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး ၀.၄၈ ကို ရရှိပါမည်။

<u>အဆင့် (၂)</u>

Table 13 မှ ရောစာ၏ အကြီးဆုံးအရွယ်အစား ၂၀ mm ($\frac{၃}{၄}$ လက်မ)၊ uncrushed agg. နှင့် slump = ၅၀ mm (၂ လက်မ) ကို အသုံးပြုပြီး ရေပါဝင်မှုကို ဖတ်ယူသည့်အခါ လိုအပ်သည့် ရေမှာ ၁၈၀ kg/m^3 (၃၀၅ lb/yd^3) ဖြစ်ကြောင်း တွေ့ရသည်။

<u>အဆင့် (၃)</u>

ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုမှာ $\frac{၁၈၀}{၀.၄၈}$ = ၃၇၅ kg/m^3 (၆၃၁ lb/yd^3) ဖြစ်သည်။

<u>အဆင့် (၄)</u>

Fig. 9 မှ ရေပါဝင်မှု ၁၈၀ kg/m^3 နှင့် ရောစာ၏ s.g. (SSD အခြေအနေ) ၂.၆၄ တို့ကို အသုံးပြုပြီး ဖျော်ပြီးစကွန်ကရစ်၏ သိပ်သည်းခြင်းကို ဖတ်ယူနိုင်သည်။ ၎င်းတန်ဘိုးမှာ ၂၄၀၀ kg/m^3 (၄၀၃၉ lb/yd^3) ဖြစ်သည်။ စုစုပေါင်း ရောစာပါဝင်မှုမှာ

၂၄၀၀ – ၃၇၅ – ၁၈၀ = ၁၈၄၅ kg/m^3 (၃၁၀၅ lb/yd^3) ဖြစ်သည်။

<u>အဆင့် (၅)</u>

Fig. 10 မှ ရောစာ၏ အကြီးဆုံးအရွယ်အစား ၂၀ mm ($\frac{၃}{၄}$ လက်မ)၊ slump ၅၀ mm (၂ လက်မ) ၊ ၆၀၀ μm sieve ကိုဖြတ်သွားသည့် ရောစာသေး 60 ရာခိုင်နှုန်းနှင့်

ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (w/c) ၀. ၄၈ တို့ကို အသုံးပြုပြီး ရောစာသေး ၏ပါဝင်မှုအချိုးကို ဖတ်ယူပါက ရရှိသည့်တန်ဘိုးသည် ၃၂% (by wt.) ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ရောစာသေး၏ပါဝင်မှု တန်ဘိုးမှာ ၀.၃၂ × ၁၈၄၅ = ၅၉၀ kg/m^3 (၉၉၃ lb/yd^3) ဖြစ်ပြီး

ရောစာကြီး၏ ပါဝင်မှု တန်ဘိုးမှာ

၁၈၄၅ – ၅၉၀ = ၁၂၅၅ kg/m^3 (၂၁၁၂ lb/yd^3) ဖြစ်သည်။

ထို့ကြောင့် ပါဝင်သည့် ပစ္စည်းများ၏ ပမာဏများမှာ

ရေ (ရောစာ၏ အခြေအနေ SSDအတွက်)	....	၁၈၀ kg/m^3 (၃၀၅ lb/yd^3)
ဘိလပ်မြေ	....	၃၇၅ kg/m^3 (၆၃၁ lb/yd^3)
ရောစာကြီး (SSD အခြေအနေ)	....	၁၂၅၅ kg/m^3 (၂၁၁၂ lb/yd^3)
ရောစာသေး (SSD အခြေအနေ)	....	၅၉၀ kg/m^3 (၉၉၃ lb/yd^3)
Total	....	၂၄၀၀ kg/m^3 (၄၀၄၁ lb/yd^3)

Table 14 ကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ရောစာကြီးကို အောက်ပါအတိုင်း ၂ ပိုင်း ခွဲခြားနိုင်ပါသည်။

၅ – ၁၀ mm (၃/၁၆ –၃ /၈ လက်မ) – ၀.၃၃ × ၁၂၅၅ = ၄၁၄ kg/m^3 (၆၉၇ lb/yd^3)

၁၀ – ၂၀ mm (၃/၈ –၃/၄ လက်မ) – ၀.၆၇ × ၁၂၅၅ = ၈၄၁ kg/m^3 (၁၄၁၅ lb/yd^3)

ၶင်းတို့အားလုံးကို တွက်ချက်ပြီးလျှင် စမ်းသပ်ခန်းတွင် လက်တွေ့စမ်းသပ် ဖျော်စပ်မှု ပြုလုပ်ပြီး လိုအပ်သလို ရေပါဝင်မှုကို ညှိယူရဦးမည်ဖြစ်ပါသည်။

အခန်း(၁၄)

အအိမ့် ကွန်ကရစ်အတွက် အရောအချိုးအစားရွေးချယ်ခြင်း

(ACI နည်းလမ်း)

MIX SELECTION FOR NO-SLUMP CONCRETE

(ACI METHOD)

ACI 211.1 နည်းဖြင့် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှု အချိုးအစားပါဝင်ပုံကို ရွေးချယ်ခြင်းသည် အနည်းဆုံး slump ၁ လက်မ ရှိသည့် ကွန်ကရစ်အတွက်သာဖြစ်ပြီး no-slump concrete ကို အသုံးပြုမည်ဆိုပါက အထက်ပါနည်းလမ်း၏ အချို့နေရာများတွင် ပြုပြင်မှုများပြုလုပ်ရန် လိုအပ်ပါသည်။ ၎င်းတို့တွင် မူလအခြေခံကျသည့် ပြုပြင်မှုအနေဖြင့် ယခင်ကဖော်ပြခဲ့သည့် ACI Method တွင် ပေးထားသည့် Table 7 မှ ရေလိုအပ်ချက်ကို ပြုပြင်ရန်လိုအပ်သည်။ Slump ၃ လက်မ မှ ၄ လက်မ ထိ ရှိသည့် ကွန်ကရစ်အတွက် Table 7 တွင် ပေးထားသည့် တန်ဘိုးကို reference အနေဖြင့် ယူပါ။ ၎င်းကို ၁၀၀ ရာခိုင်နှုန်းဟု မှတ်ယူပါ။ အခြားသော workability များအတွက် ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့် ရေပါဝင်မှုတန်ဘိုးကို reference လုပ်ထားသည့် ရေပါဝင်မှု တန်ဘိုး၏ ရာခိုင်နှုန်းအနေဖြင့် Table 15 တွင် ဖော်ပြထားသည်။ No-slump ကွန်ကရစ်ကို အခြေအနေ ၃ မျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။ အလွန့်အလွန်ခြောက်သွေ့သည့် ကွန်ကရစ် (extremely dry)၊ အလွန်မာသည့် ကွန်ကရစ် (very stiff) နှင့် မာသည့်ကွန်ကရစ် (stiff) တို့ဖြစ်သည်။ ၎င်းတို့၏ရေပါဝင်မှု နှိုင်းရရာခိုင်နှုန်းကို အဆိုပါ Table မှပင်ရရှိနိုင်ပါသည်။ ပို၍ မြင့်သော workability များအတွက် နှိုင်းရရာခိုင်နှုန်း တန်ဘိုးများကိုလည်း ၎င်းဇယားမှပင် ရရှိနိုင်ပါသည်။

No-slump ကွန်ကရစ်အတွက် ACI 211.1 ၏ဒုတိယပြုပြင်မှု အနေဖြင့် Table 10 တွင် ပေးထားသည့် ကွန်ကရစ် တစ်ယူနစ်ထုထည်တွင် ပါဝင်သည့် ရောစာကြီး၏ ထုထည်တန်ဘိုးကို Table 16 တွင် ပေးထားသည့်တန်ဘိုးဖြင့် ပြောင်းရန်ဖြစ်ပါသည်။ အဆိုပါ ပြုပြင်မှု ၂ ခုမှလွဲ၍ ကျန်လုပ်ငန်းစဉ်အဆင့်ဆင့်သည် ACI 211.1 တွင် ပါဝင်သည့် လုပ်ငန်းစဉ်အဆင့်ဆင့် နှင့် တူညီသည်။

Table 15 Relative mixing water requirements for concrete with different workabilities

Consistency Description	Workability			Relative Value of Water Content percent
	Slump (in.)	Vebe Time (second)	Compacting Factor *	
Extremely dry	-	32-18	-	78
Very Stiff	-	18-10	0.70	83
Stiff	0-1	10-5	0.75	88
Stiff plastic	1-3	5-3	0.85	92
Plastic (reference)	3-5	3-0	0.90	100
Flowing	5-7	-	0.95	106

* စမ်းသပ်မှုတွင် ရရှိသော သိပ်သည်းခြင်းနှင့် လုံးဝသိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ထားသည့် (fully-compacted) ကွန်ကရစ် ၏ သိပ်သည်းခြင်း အချိုးဖြစ်ပြီး compacting factor test မှ ရရှိနိုင်သည်။

Table 16 Factors to be applied to the volume of coarse aggregate calculated on the basis of Table 10 for mixes of different workabilities

Consistency Description	Factor for Max. Size of Aggregate of				
	⅜ in	½ in.	¾ in.	1 in.	1 ½ in.
Extremely dry	1.90	1.70	1.45	1.40	1.30
Very stiff	1.60	1.45	1.30	1.25	1.25
Stiff	1.35	1.30	1.15	1.15	1.20
Stiff plastic	1.08	1.06	1.04	1.06	1.09
Plastic (reference)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Flowing	0.97	0.98	1.00	1.00	1.00

အခန်း (၁၅)

စီးဆင်းကွန်ကရစ်အတွက်အရောအချိုးအစားရွေးချယ်ခြင်း

MIX SELECTION FOR FLOWING CONCRETE

Flowing concrete နှင့်ပတ်သက်သည့် အထူး မှတ်ချက်အချို့ကို ဖော်ပြသင့်ပါသည်။ ASTM C 1017 တွင် ဖော်ပြထားသော flowing concrete ဆိုသည်မှာ slump ၇$\frac{၁}{၂}$ လက်မ အထက်ရှိပြီး စေးကပ်မှုသဘာဝလည်းရှိသော (cohesive nature) ကွန်ကရစ်ကို ဆိုလိုသည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် flowing concrete၏ slump မှာ ၈ လက်မ သို့မဟုတ် flow (စီးဆင်းမှုအတိုင်းအတာ) ၂၀–၂၄ လက်မ သို့မဟုတ် compacting factor ၀.၉၆ မှ ၀.၉၈ လောက်ရှိရသည်။ Flowing concrete အတွက် အရော အချိုးအစား ရွေးသည့် ဖြစ်စဉ်တွင် ၊ ပထမဦးစွာ ရေဖြင့် ၃ လက်မ slump ရအောင် ပြုလုပ်ပြီးမှ အထူးပျော့အရောခါတုပစ္စည်း (superplasticizer) ကို အသုံးပြု၍ ပိုမြင့်သော slump ကို ရအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ Flowing concrete သည် ပျော့ပြဲနေသော်လည်း အပေါ် ယံရေတက်လာခြင်း (သို့) ရေထွက်ခြင်း (bleeding) မှာမရှိသလောက်သာဖြစ်၍ပုံမှန်မဟုတ်သည့်ရောစာအရွယ်အစားအလိုက် ကွဲသွားခြင်း (abnormal segregation) မဖြစ်ပါ။ ထိုကဲ့သို့မဖြစ်စေရန် အလွန်အမင်းချွန်နေသော၊ ပြားနေသော၊ ရှည်နေသော ရောစာကြီးများကို မသုံးသင့်ပါ။ ရောစာသေး၏ပါဝင်မှုကိုပုံမှန်ထက် ၅% တိုးလိုက်ပြီး တစ်ချိန်တည်းတွင် ရောစာကြီးကို လျှော့ချလိုက်လျှင် စေးကပ်မှု (cohesion) ပိုကောင်းလာပါမည်။ ရောစာသေး သည် အရွယ်ကြီးပါက (သဲကြမ်းဖြစ်ပါက) ၎င်း၏ပါဝင်မှုကို ပို၍တိုးပေးရန်ပင် လိုအပ်သည်။ ကွန်ကရစ်အထွက်နှုန်း (yield)ကိုတွက်ချက်ရာတွင်ရေပါဝင်မှုလျော့နည်းခြင်းကိုလည်းထည့်သွင်းစဉ်းစားရန်လိုအပ်ပါသည်။

Flowing concrete တွင် စေးကပ်မှု (cohesion) ကောင်းရန်အရေးကြီးသောကြောင့် ရောစာသေး ကို ရွေးချယ်ရာတွင် တွယ်ကပ်တတ်သော ပစ္စည်းများ (cementitious materials) အပါအဝင် ၃၀၀ µm ထက်ငယ်သော particle များ၏ စုစုပေါင်း အလေးချိန်သည် အကြီးဆုံး ရောစာ၏ ပမာဏ $\frac{၃}{၄}$ လက်မ ဖြစ်သောအခါတွင် အနည်းဆုံး ၇၅၀ lb/yd^3 ရှိသင့်သည်။ ရောစာ၏ အကြီးဆုံး အရွယ်အစား သည် ၁$\frac{၁}{၂}$ လက်မဖြစ်ပါက အထူးနုတ်အမှုန်များ (ultra-fines) ၏

ပါဝင်မှု သည် ၆၇၅ lb/yd^3 ရှိသင့်သည်။ အရောထဲတွင်ပါသော ultra-fines နှင့်ဘိလပ်မြေတို့ကို ဆက်စပ် ဖော်ပြမည့်အစား ၎င်းတို့၏ပါဝင်မှုကို အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစားနှင့် ဆက်သွယ်၍ ဖော်ပြကြ သည်။ အရံသင့်ဖျော်စပ်ထားသော ကွန်ကရစ် (ready-mixed concrete) အတွက် အီတလီနိုင်ငံမှ သတ်မှတ်ထားသော စံနှုန်းတွင် ၂၅၀ µm ထက်ငယ်သော ပစ္စည်းများ၏ စုစုပေါင်း အလေးချိန်သည် အကြီးဆုံး ရောစာအရွယ်အစား $\frac{၅}{၈}$ လက်မ ဖြစ်သောအခါ ၇၅၀ lb/yd^3 ရှိရမည် ဖြစ်ပြီး အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား $\frac{၃}{၄}$ လက်မ ဖြစ်ပါက ၇၂၅ lb/yd^3 ရှိရမည်ဟု ဆိုပါသည်။

Flowing concrete သည် သာမန်ကွန်ကရစ်ထက် ခုခံမှုနည်းပြီးပိုမိုလွယ်ကူစွာ စီးဆင်းနိုင်သောကြောင့် ပန့် (pump) ကိုအသုံးပြု၍ ကွန်ကရစ်လောင်းသော လုပ်ငန်းများအတွက် အထူးသင့်လျော်ပါသည်။ Flowing concrete တွင် အထူးပျော့အရောခါတုပစ္စည်း (superplasticizer) ပါဝင်သဖြင့်ရေနှင့် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုနည်းသောကြောင့် အပူထွက်မှုနှင့် ကျုံ့မှုကိုလည်းနည်းစေပါသည်။ ထို့ကြောင့် ထုထည်ကြီးမားသော လုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုသင့် ပါသည်။ ASTM C494 အရ Type G ခေါ် ခါတ်ပြုမှုနှေးသော (retarding) superplasticizer အမျိုးအစားများကို အသုံးပြုပါက အကျိုးရှိ နိုင်ပါသည်။

Superplasticizer ပါဝင်သော ကွန်ကရစ်ကို ဖျော်စပ်ရာတွင် ဘိလပ်မြေနှင့်သဲကို အရင်ရောစပ်ပါက slump များ၍ ဘိလပ်မြေနှင့်ရေကို အရင်ရောစပ်လျှင် slump နည်းပါသည်။ ပစ္စည်းအားလုံးကို တပြိုင်တည်းရောစပ်ပါက သင့်တင့်သော slump ကို ရရှိပါသည်။ သို့ရာတွင် ဘိလပ်မြေနှင့်သဲကို အရင်ရောစပ်ပါက slump များသော်လည်း slump ဆုံးရှုံးမှုနှုန်းမြန်သည်။ အားလုံးကို တပြိုင်တည်းရောစပ်လျှင် slump ဆုံးရှုံးမှုအနည်းဆုံးဖြစ်ကြောင်းတွေ့ရသည်။ ထို့ကြောင့် slump ဆုံးရှုံးမှုကို အနည်းဆုံးဖြစ်စေလိုလျှင် သမရိုးကျ ရောစပ်နည်းကို သုံးခြင်းက အကောင်းဆုံးဖြစ်ပါသည်။

Flowing concrete ကို ဖျော်စပ်ရာတွင် အရောသည် အရည်ကဲ့သို့ ဖြစ်နေသဖြင့် မျက်စိအမြင်ဖြင့်ကြည့်၍ ကွန်ကရစ်၏ အပျော့အမာ (consistency) ကို ဆုံးဖြတ်ရန် မလွယ်ပါ။

အခန်း (၁၆)

ခံနိုင်ရည်အားမြင့် ကွန်ကရစ်အရောဒီဇိုင်းပြုလုပ်ပုံ

DESIGN OF HIGH-STRENGTH MIXES

ခံနိုင်ရည်အားမြင့် ကွန်ကရစ် (high-strength concrete) ကို ရရှိစေရန် အခြားသော အထူးနည်းလမ်းများကို မသုံးဘဲ သာမန်ကွန်ကရစ်ကိုပင်သင့်တော်သော အချိုးအစား ပြောင်းလဲခြင်းအားဖြင့် ခံနိုင်ရည်အားအမြင့်ကို ရအောင်ပြုလုပ်ထားသည့် ကွန်ကရစ်များ အကြောင်းကို ဆွေးနွေး မည်ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်၏ လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်းမှုအဆင့် (workability)၊ ရောစာ၏ အမျိုးအစားနှင့်အရွယ်အစား၊ နှင့် လိုအပ်သော strength ပမာဏတို့သည် ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုး (water-cement ratio) ရွေးချယ်ရာတွင်ဩဇာလွှမ်းမိုးနေသည့် အရေးပါသောအချက်များ ဖြစ်ပါသည်။ ရောစာ–ဘိလပ်မြေ အချိုး သည် medium နှင့် high-strength concrete များ (strength ၅၀၀၀ psi နှင့် အထက်ကွန်ကရစ်များ)၏ strength အပေါ်တွင် သက်ရောက်မှုရှိသော်လည်း ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုး လောက် အရေးမပါပေ။ ၎င်း ရောစာ–ဘိလပ်မြေအချိုးသည် ဒုတိယနေရာတွင်သာရှိပါသည်။ သို့ရာတွင် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုးကို ပုံသေထားသောအရောများတွင် ရောစာ–ဘိလပ်မြေအချိုး များသော် strength ပိုများကြောင်း တွေ့ရပါသည်။ အကြောင်းမှာ ရောစာပမာဏပိုများပါကရောစာမှ စုပ်ယူသော ရေပမာဏပိုများပြီး ထိရောက်သော ရေ–ဘိလပ်မြေ အချိုးကို လျော့နည်းစေခြင်းကြောင့် strength ပိုရခြင်း ဖြစ်သည်ဟု ယူဆနိုင်စရာရှိပါသည်။

Erntroy နှင့် Shacklock တို့တင်ပြသော ခံနိုင်ရည်အားမြင့် အရော (high-strength mix) ရအောင် ရွေးချယ်သည့် လုပ်ဆောင်ချက် အစီအစဉ်မှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်ပါသည်။ ပထမဦးစွာ Fig. 11 or Fig. 12 မှ reference number ကို အရင်ရှာရပါမည်။ Graph များတွင် လိုအပ်သော compressive strength (cube) နှင့် သုံးမည့် ရောစာအမျိုးအစား (irregular gravel သို့မဟုတ် crushed granite) များအရ reference number များကိုရရှိနိုင်ပါသည်။ Reference no. ကို ရပြီးနောက် လိုအပ်သော workability ကို ပေးနိုင်သည့် w/c (water-cement အချိုး) ကို Fig. 13 မှ ရရှိနိုင်ပါသည်။ ၎င်း Fig. 13 သည် max. agg. size $\frac{၃}{၄}$ လက်မ အတွက်သာ ဖြစ်သည်။ မှီငြမ်းရန်ပေးထားသည့် Tabel (12) မှ max. size of agg. $\frac{၃}{၄}$ လက်မ (သို့) $\frac{၁}{၂}$ လက်မအတွက် workability နှင့် သက်ဆိုင်ရာ slump range တို့ကို ရရှိနိုင်ပါသည်။ ၎င်းနောက် ရောစာ–ဘိလပ်မြေအချိုးကို Table 18 မှ ရရှိနိုင်ပါသည်။ ၎င်း Table မှ

တန်ဘိုးများသည် B.S. sieve $\frac{၃}{၁၆}$ လက်မ ဖြင့် ဇကာချလျှင် ၃၀% ကျသွားသော material များပါဝင်သည့် ရောစာများအတွက်ဖြစ်သည်။ အခြား grading များ အတွက်မူ လိုအပ်သော ညှိယူမှုများ ပြုလုပ်ရမည်။ အစမ်းအရော (trial mix) များ အမျိုးမျိုးပြုလုပ်စမ်းသပ်ရမည်။ အရောတွင် ထည့်ရမည့် ရေကို တွက်ချက်ရန်အတွက် ရောစာတွင်ပါဝင်သော အစိုဓါတ်ပမာဏ ကိုလည်း ထည့်သွင်းစဉ်းစားရမည်။

သတိပြုရန်အချက်မှာ ပေးထားသော အရောတစ်ခု၏ ခံနိုင်ရည်အားကို မပြောင်းပဲ workability ကိုသာ ပြောင်းစေချင်ပါက w/c ကို ပုံသေထား၍ ရောစာ–ဘိလပ်မြေ အချိုး (သို့) ရောစာ၏ grading ကို ပြောင်းလဲမှုများ ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ရောစာ–ဘိလပ်မြေ အချိုးနည်းပါက workability ပိုကောင်းစေပါသည်။ Particles များ၏ မျက်နှာပြင်ဧရိယာနှင့် ၎င်းတို့၏ ထုထည်အချိုးကို specific surface ဟုခေါ်သည်။ ၎င်း specific surface နည်းသော ရောစာ များပါဝင်သည့် grading curve သည် ပိုကောင်းသော workability ကို ပေးမည်။ ပြောင်းပြန်အားဖြင့် workability မပြောင်းဘဲ ခံနိုင်ရည်အားကိုသာ ပြောင်းစေချင်ပါက အရော တွင် ပါဝင်သော ရေပမာဏကို မပြောင်းစေဘဲ water-cement အချိုးကိုသာ ပြောင်းပေးရမည်။

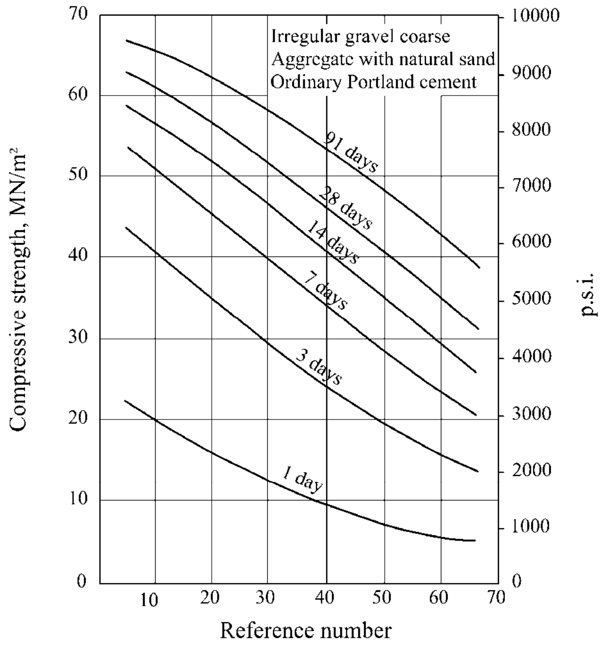

Fig. 11 Relation between compressive strength and reference number for mixes containing irregular gravel coarse aggregate, natural sand and ordinary Portland cement

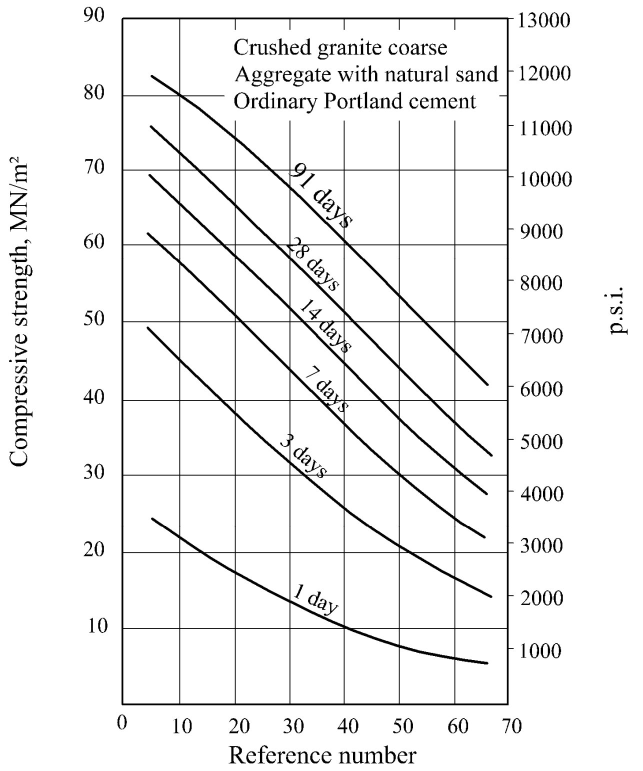

Fig. 12 Relation between compressive strength and reference number for mixes containing crushed granite coarse aggregate, natural sand and ordinary Portland cement

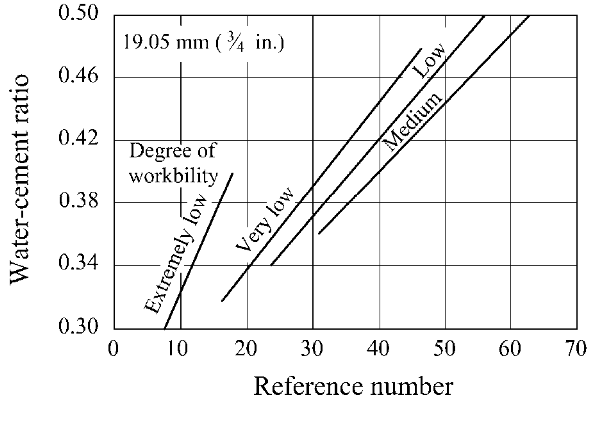

Fig. 13 Relation between water-cement ratio and reference number for ¾ in. maximum size aggregate

Table 17 Workability and slump of concretes with ¾ in. or 1½ in. maximum size of aggregate

Degree of workability	Slump (in)	Use for which concrete is suitable
Extremely low	0	Sections subjected to extremely intensive vibration
Very low	0 - 1	Roads vibrated by power-operated machines. At the more workable end, concrete may be compacted in certain cases with hand-operated machines
Low	1 - 2	Roads vibrated by hand-operated machines. Mass concrete foundations without vibration or lightly reinforced sections with vibration
Medium	2 - 4	At the less workable end, manually compacted flat slabs. Normal reinforced concrete manually compacted and heavily reinforced section with vibrations

လိုအပ်သော workability အခြေအနေတွင် water-cement ratio အသီးသီး အတွက် aggregate-cement ratio ကို Table 18 မှ ရရှိနိုင်ပါသည်။

* EL = Extremely low
VL = Very low
L = Low
M = Medium
} as defined in Table 17

Table 18 Aggregate-cement ratio (by weight) required to give four degrees of workability with different water-cement ratios using ordinary portland cement

Type and max. size of aggregate	Irregular gravel (¾ in.)				Crushed granite (¾ in.)			
Degree of workability*	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M
(Free) water-cement ratio (by wt.)	Aggregate-cement ratio (by wt.)							
0.3	3.0	-	-	-	3.3	-	-	-
0.32	3.8	2.5	-	-	4.0	2.6	-	-
0.34	4.5	3.0	2.5	-	4.6	3.2	2.6	-
Type and max. size of aggregate	Irregular gravel (¾ in.)				Crushed granite (¾ in.)			
Degree of workability*	EL	VL	L	M	EL	VL	L	M
(Free) water-cement ratio (by wt.)	Aggregate – cement ratio (by wt.)							
0.36	5.2	3.5	3.0	2.5	5.2	3.6	3.1	2.6
0.38	-	4.0	3.4	2.9	-	4.1	3.5	2.9
0.40	-	4.4	3.8	3.2	-	4.5	3.8	3.2
0.42	-	4.9	4.1	3.5	-	4.9	4.2	3.5
0.44	-	5.3	4.5	3.8	-	5.3	4.5	3.7
0.46	-	-	4.8	4.1	-	-	4.8	4.0
0.48	-	-	5.2	4.4	-	-	5.1	4.2
0.50	-	-	5.5	4.7	-	-	5.4	4.5

ဥပမာ (example)

Mean 28-day compressive strength (cube) ၇၅၀၀ psi ရရှိရန် ordinary cement နှင့် max. size $\frac{၃}{၄}$ လက်မ ရှိသော irregular gravel coarse aggregate များကို admixture မသုံးဘဲ low workability mix တစ်ခုရရှိအောင် ရောစပ်ပါက ထည့်ရမည့် ဘိလပ်မြေ ၊ ရောစာ နှင့် ရေ ပမာဏတို့ကို ရှာဖွေရန်ဖြစ်သည်။ ကွန်ကရစ်၏ လေပါဝင်မှုကို ၁ ရာခိုင်နှုန်း ဟုယူဆရန်ဖြစ်ပြီး s.g. of cement မှာ ၃.၁၅ , s.g. of coarse aggregate (SSD) မှာ ၂.၆၀ , s.g. of fine aggregate (SSD) မှာ ၂.၆၄ ဖြစ်သည်။ ရောစာကြီး နှင့် ရောစာသေး တို့၏ အလေးချိန်အချိုးကို ၂ ဟုယူဆပါ။

အဖြေ (solution)

Fig. 11 မှ compressive strength ၇၅၀၀ psi အတွက်

reference no. = ၃၀ ကိုလည်းကောင်း

Fig. 13 မှ low workability အတွက် W/C = ၀.၃၇ ကိုလည်းကောင်း

Aggregate-cement ratio ၃.၂ ကို Table 18 မှ လည်းကောင်း ရရှိပါသည်။

Absolute Volume Method အရ

$$\frac{W}{၆၂.၄}+\frac{C}{၆၂.၄\times\rho_c}+\frac{A_1}{၆၂.၄\times\rho_{a1}}+\frac{A_2}{၆၂.၄\times\rho_{a2}}=၂၇\,(\,၁-\frac{၁}{၁၀၀}\,)$$

၎င်းတွင်	W	=	weight of water (lb/yd^3)
	C	=	weight of cement (lb/yd^3)
	A_1	=	weight of fine aggregate (lb/yd^3)
	A_2	=	weight of coarse aggregate (lb/yd^3)
ρ_c , ρ_{a1} , ρ_{a2}		=	s.g. values of cement , fine aggregate and coarse aggregate, respectively

၎င်း eqn. အား $\frac{၆၂.၄}{C}$ ဖြင့် မြှောက်သော်

$$\frac{W}{C}+\frac{၁}{\rho_c}+\frac{A_1}{C\times\rho_{a1}}+\frac{A_2}{C\times\rho_{a2}}=\frac{၂၆.၇၃\times၆၂.၄}{C}$$

$$၀.\,၃၇ + \frac{၁}{၃.\,၁၅} + \frac{၁}{၂.\,၆၄}\,\frac{A_1}{C} + \frac{၁}{၂.\,၆၈}\,\frac{A_2}{C} = \frac{၁၆၆၇.\,၉၅}{C}$$

$$၀.\,၃၇ + ၀.\,၃၁၇၅ + ၀.\,၃၇၈၈\,\frac{A_1}{C} + ၀.\,၇၄၆၂\,\frac{A_1}{C} = \frac{၁၆၆၇.\,၉၅}{C}$$

$$\frac{A_1 + A_2}{C} = ၃.\,၂ \text{ or } \frac{၃A_1}{C} = ၃.\,၂ \text{ or } \frac{A_1}{C} = ၁.\,၀၆၇$$

ထို့ကြောင့်

$$၀.၃၇ + ၀.၃၁၇၅ + (၀.၃၇၈၈ + ၀.၇၄၆၂) \times ၁.၀၆၇ = \frac{၁၆၆၇.\,၉၅}{C}$$

$$C = \frac{၁၆၆၇.\,၉၅}{၁.\,၈၈၇၅} = ၈၈၃.၇ \text{ lb/yd}^3$$

$$W = ၃၂၇.၀ \text{ lb/yd}^3 \text{ (SSD condition aggregates) } \left(\because \frac{W}{C} = ၀.\,၃၇\right)$$

$$A_1 = ၉၄၂.၉ \text{ lb/yd}^3 \text{ (SSD) } \left(\because \frac{A_1}{C} = ၁.\,၀၆၇\right)$$

$$A_2 = ၁၈၈၅.၈ \text{ lb/yd}^3 \text{ (SSD) } \left(\because \frac{A_2}{A_1} = ၂\right)$$

ရောစာတွင် ပါဝင်သော အစိုဓါတ်အရ အရောထဲသို့ ထည့်ရမည့် ရေပမာဏကို တွက်ချက်၍ ညှိပေးရပါမည်။

အခန်း (၁၇)

အဆင့်မြင့် ကွန်ကရစ်အတွက် အရောအချိုးအစားရွေးချယ်ခြင်း

MIX SELECTION FOR HIGH-PERFORMANCE CONCRETE

High strength ဟူသော ဝေါဟာရကို ယခင်က ၆၀၀၀ psi အထက်ဟုလည်းကောင်း ၊ နောက်ပိုင်းတွင် ၉၀၀၀ psi အထက်ဟုလည်းကောင်း သတ်မှတ်စဉ်းစားခဲ့ကြပါသည်။ သို့သော် ယခုအခါတွင် concrete ၏ အဖိခံနိုင်ရည်အား (compressive strength) အနေဖြင့်ကြည့်လျှင် ၁၂၀၀၀ psi အထက်ရှိမှသာ အဆင့်မြင့် ကွန်ကရစ် (high-performance concrete) ဟု သတ်မှတ်ကြသည်။

၎င်းအပြင် အလွန်မြင့်မားသော strength ရှိသည့် ကွန်ကရစ်များအတွက် cube strength နှင့် cylinder strength ခြားနားချက်မှာ မရှိသလောက်ဖြစ်သည်ကို သိရှိထားရပါမည်။ ထို့ကြောင့် test specimen အမျိုးအစားများကြား သိသိသာသာ ကွာခြားမှုမရှိတော့ပေ။

High-performance concrete တွင် ပါဝင်သော ပစ္စည်းများမှာ–

(၁) အရည်အသွေး ကောင်းမွန်သော သုံးနေကျ ရောစာများ (common good quality aggregates)

(၂) သာမန်ထက်ပမာဏပိုများသော ordinary Portland cement (၁ yd^3 တွင် ၇၆၀ lb မှ ၉၃၀ lb အထိပါဝင်သည်။)

(၃) ဘိလပ်မြေမှုန့်များထက် သေးငယ်သော silica fume (စုစုပေါင်း cementitious material များ၏ ၅% မှ ၁၅% ထိ (by wt.))

(၄) တခါတရံတွင် fly ash (သို့) ကြိတ်ချေထားသော granulated blast furnace slag (ggbs) ကဲ့သို့သော အခြား cementitious material များ

(၅) အမြဲတမ်းအားဖြင့် အထူးပျော့ အရောခါတုပစ္စည်း (superplasticizer) (၀.၁၃၅ – ၀.၄ ft^3/yd^3 ခန့်ပါဝင်သည်)

တို့ဖြစ်ကြသည်။

၎င်းပစ္စည်းများပါဝင်မှုအချိုးအစားသည် ရေပါဝင်မှုကို ၇၅-၁၂၅ lb/yd^3 ထိ လျော့ကျစေနိုင်သည်။ အဆင့်မြင့် ကွန်ကရစ် (high-performance concrete) တွင် ရေ–ဘိလပ်မြေအချိုး (w/c) သည် အမြဲတမ်း ၀.၃၅ အောက်တွင် သာရှိသည်။ မကြာခဏဆိုသလို w/c ကို ၀.၂၅ ခန့်

နှင့် ရံဖန်ရံခါ ၀.၂ အထိ လျှော့သုံးသည်။ High-performance concrete သည် silica fume နှင့် superplasticizer များကို အသုံးပြုခြင်းကြောင့် ရရှိလာသည့်နည်းပညာ တိုးတက်မှုတစ်ရပ် ဖြစ်သည်။ ဥပမာအားဖြင့် w/c ၀.၂ နှင့် ၀.၃ ကြားထားပြီး mix လုပ်သော်လည်း slump ၇–၈ လက်မ ရရှိနိုင်သည်။ သာမန် concrete တွင် slump ၄–၅ လက်မ ရရန်ပင်ရေပါဝင်မှုကို ၂၈၀–၃၄၀ lb/yd^3 ထိ ထည့်ရသော်လည်း high-performance concrete တွင်မူ ၂၂၀–၂၄၀ lb/yd^3 ထည့်ရုံမျှဖြင့် slump ၇–၈ လက်မ ထိ ရရှိနိုင်သည်။

သို့သော် cementitious material များကို အလွန်အကျွံမထည့်သင့်ပေ။ Cementitious material များပါက ကျုံ့ခြင်း (shrinkage) ဖြစ်သောကြောင့် အက်ကွဲကြောင်း (crack) များ ပေါ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ၄င်းတို့ကို ၈၅၀ lb/yd^3 မှ ၉၃၀ lb/yd^3 အထိသာထည့်၍ ၄င်းပမာဏ၏ ၁၀% ခန့် သည် silica fume ဖြစ်သည်။ အသုံးပြုသော ဘိလပ်မြေ၏ fineness သည်လည်း မြင့်ပါက ပိုကောင်း ပါသည်။ အထူးသဖြင့် သုံးသော ဘိလပ်မြေ နှင့် superplasticizer များသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု လိုက်လျောညီထွေဖြစ်စေရန် (compatible) အထူးဂရုစိုက်ရပါမည်။

High-performance concrete နှင့်ပတ်သက်၍ စနစ်ကျသော mix proportion ရွေးချယ်မှုနည်းလမ်း တစ်ခု မသတ်မှတ်နိုင်သေးသော်လည်း နိုင်ငံအသီးသီးတွင် စမ်းသပ်ထားသော mix အမျိုး အသီးသီးနှင့် ရလဒ်များကို Table 19 တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။

Table - 19 : Mix proportions of some high-performance concretes

Ingredient (lb/yd^3)	Mix A (USA)	B (Canada)	C (Canada)	D (USA)	E (Canada)	F (Canada)	G (Moroco)	H (France)	I (Canada)
Portland cement	899	842	530	863	274	384	715	757	} 774
Silica fume	67	50	61	72	91	77	67	76	
Fly ash	99	-	-	-	-	-	-	-	-
ggbs	-	-	231	-	547	306	-	-	-
Fine aggregate	1049	1178	1254	1153	1229	1346	1271	1239	1313
Coarse aggregate	1799	1851	1902	1818	1851	1868	1759	1882	1818
Total water **	234	241	252	234	229	232	295 *	241	232
Water/cementitious material	0.22	0.27	0.31	0.25	0.25	0.30	0.38	0.29	0.30
Slump, in.	10	-	-	-	8	8 ½	9	9	4 ¼
Cylinder strength (psi) at age (days)									
1	-	-	-	-	1885	2755	-	5075	5220
2	-	-	-	9425	-	-	-	-	-
7	-	-	9715	13195	10440	8990	-	9860	-
28	-	13485	12035	17255	16530	15225	13775	16095	12035
56	17980	-	-	-	-	-	-	-	-
91	-	15515	13485	21025	18270	17545	15225	-	12905
365	-	-	-	-	19720	18270	-	-	-

* It is suspected that the high water content was due to a high ambient temperature in Moroco

** **Total water** is the water added to the dry aggregate as different from **free water** which is the water in excess of that absorbed by the aggre

အခန်း (၁၈)

လက်တွေ့သုံးရောစာအရွယ်အစားများပါဝင်ပုံပြမျဉ်းများ

PRACTICAL GRADING CURVES

သဘာဝသဲများပါဝင်သည့် ရောစာများအတွက် အဆင်သင့်ပြုလုပ်ထားသည့် grading curves များမှာ နှိုင်းယှဉ်ရမည့် အခြေခံတစ်ခုအနေဖြင့် အသုံးဝင်ပါသည်။ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှု ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရန်အတွက် လမ်းသုတေသန (Road Research) Note No.4 ၏ curve များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ ၄င်း Road Note No. 4 ၏အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစား $\frac{၃}{၄}$ လက်မ နှင့် ၁ $\frac{၁}{၂}$ လက်မ တို့အတွက် curve များကို Fig. 14 နှင့် Fig. 15 တွင် အသီးသီးဖော်ပြထားသည်။ အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်ပမာဏ $\frac{၃}{၈}$ လက်မ အတွက် McIntosh နှင့် Erntroy တို့ ရှာဖွေတင်ပြထားသည့် curve များကို Fig. 16 တွင်ဖော်ပြ ထားသည်။

အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစားအသီးသီးအတွက် ပေးထားသည့် Fig. များတွင် curve (၄) ခုစီကို ဖော်ပြထားသည်။ သို့သော် လက်တွေ့ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှု ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ရာ၌ အဆိုပါ curve များနှင့်အတိအကျ ထပ်တူဖြစ်အောင် ရွေးရန်မလွယ်ကူပါ။ လက်တွေ့ရောစာ၏ grading သည် အဆိုပါ grading curve များ၏ပတ်ဝန်းကျင် အနီးအနားတဝိုက်တွင်သာရှိမည် ဖြစ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် grading curve များကြားထဲရှိ zone ထဲတွင် ဝင်ရန်ကိုသာ စဉ်းစားသင့်ပါသည်။

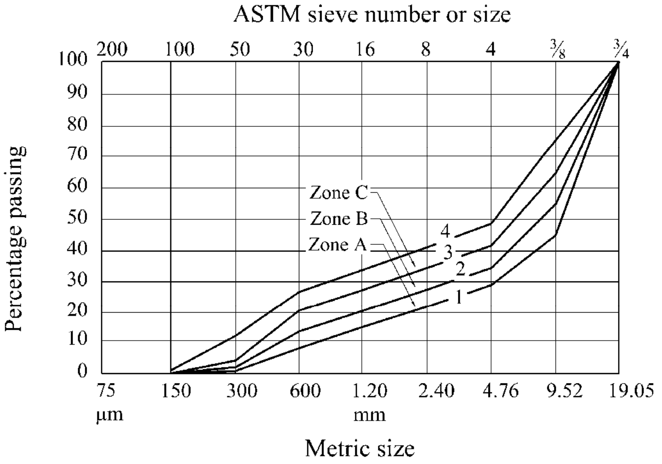

Fig. 14 Road Note No.4 type grading curves for 19.05mm (¾ in.) aggregate

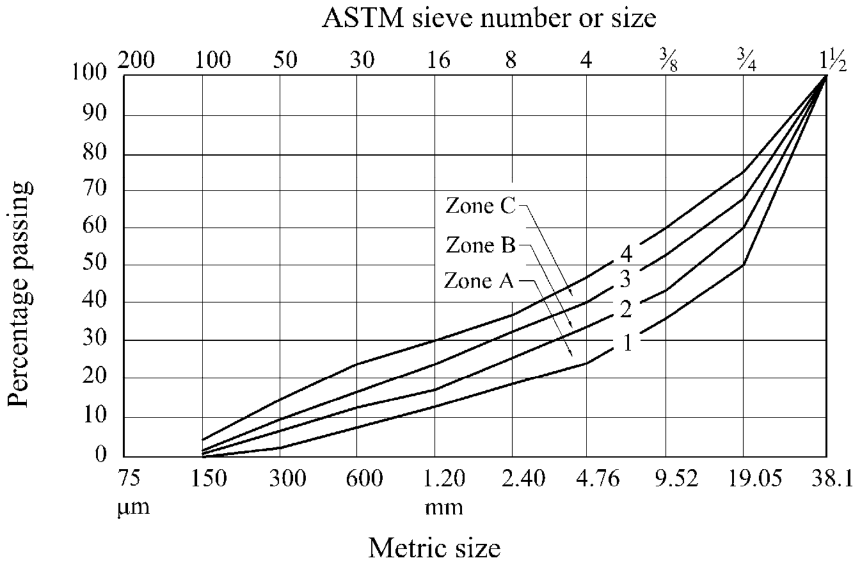

Fig. 15 Road Note No.4 type grading curves for 38.1 mm (1 ½ in.) aggregate

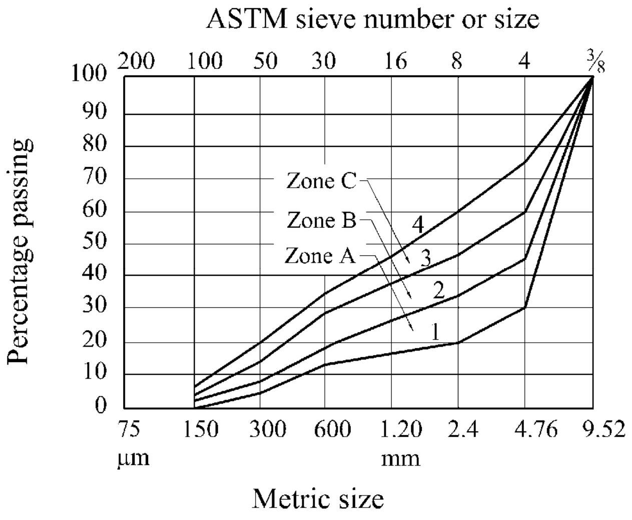

Fig. 16 McIntosh and Erntroy's type grading curves for 9.52 mm (⅜ in.) aggregate

ပုံတွင် ဖော်ပြထားသည့် curve (၄)ခုအနက် curve no.1 သည် အကြီးဆုံးရောစာ၏ grading ကိုဖော်ပြသည်။ ၎င်းကိုအသုံးပြုပြီး ဖျော်စပ်ထားသော ကွန်ကရစ်ကို လုပ်ရကိုင်ရ ကောင်း၍ w/c နည်းသည့် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှုတွင် (သို့မဟုတ်) ဘိလပ်မြေများသည့် ကွန်ကရစ် ဖျော်စပ်မှုတွင် သုံးသည်။ မည်သို့ပင်ဖြစ်စေ segregation မဖြစ်စေရန် ဂရုစိုက်ဘို့ လိုအပ်သည်။ အစွန်းတဖက်တွင် ရှိသည့် curve no. 4 သည် သေးငယ်သည့် ရောစာ၏ grading ကို ဖော်ပြသည့် curve ဖြစ်သည်။ ၎င်းသည် စေးကပ်မှု (cohesion) ရှိသော်လည်း လုပ်ငန်းခွင်တွင် လုပ်ရကိုင်ရ သိပ်မကောင်းပါ။ No. 16 နှင့် $\frac{၉}{၁၆}$ လက်မ ကြား material များနေသော grading ဖြင့်ပြုလုပ်သည့် ကွန်ကရစ်သည် ဖွယ်နေတတ်သည်။ ၎င်းကွန်ကရစ်သည် တုန်ခါမှု (vibration) သုံးပြီး သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ရန် အတွက် ပို၍သင့်တော်သည်။ သို့သော် လက်ဖြင့် သိပ်သည်းအောင်ပြုလုပ်ရန်အခက်အခဲရှိသည်။ ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှုတွင်တူညီသည့် workability ရှိသော်လည်း curve no.1 ကို သုံးပြီး ဖျော်ထားသည့် ကွန်ကရစ် နှင့် curve no. 4 ကိုသုံးပြီး ဖျော်ထားသည့် ကွန်ကရစ်တို့ကို နှိုင်းယှဉ်လျှင် curve no. 4 ကိုသုံးပြီး ဖျော်ထားသည့် ကွန်ကရစ်အတွက် ရေပို၍ လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် ၎င်းကွန်ကရစ် ၂ ခု ၏ ရောစာ–ဘိလပ်မြေ အချိုးတူညီလျှင် ဒုတိယကွန်ကရစ်က strength ကျသည်။ သို့မဟုတ်ဘဲ strength အတူတူ လိုအပ်လျှင် ရောစာသေးနှင့် ပြုလုပ်သည့် ကွန်ကရစ်အတွက် ဘိလပ်မြေ ပိုမိုလိုအပ်သည်။ ဥပမာ အားဖြင့် ကွန်ကရစ် ၁ yd^3 တွင် ဘိလပ်မြေ ပါဝင်မှုသည် curve no.1 ကို သုံးထား သည်ထက် curve no. 4 ကိုသုံးထားသည်က ပိုများသည်။

ရောစာ၏ grading မျဉ်းသည် ဇုံတစ်ခုနှင့်တစ်ခုကို ဖြတ်သွားပြီး အလယ်အလတ် အရွယ်အစားရှိသော ရောစာအချို့ ပျောက်နေပါက segregation ဖြစ်နိုင်သည့်အန္တရာယ် ရှိနိုင်ပါသည်။ အလယ်အလတ် အရွယ်အစားရှိသည့်ရောစာများ လိုအပ်သည်ထက်ပိုနေပါကလည်း ကွန်ကရစ်သည် ဖွယ်၍နေတတ်ပြီး လက်ဖြင့် သိပ်သည်းအောင်လုပ်ရန် မလွယ်ရုံမက တုန်ခါမှုသုံးပြီး သိပ်သည်းအောင် လုပ်ရန်ပင် ခက်ခဲတတ်ပါသည်။ ထို့ကြောင့် ပေးထားသော စံပြ grading curve များနှင့် အနီးစပ်ဆုံးဖြစ်သည့် grading ကိုရအောင်ပြုလုပ်ခြင်းက လုံးဝကွဲပြားခြားနားသည့် grading များကိုသုံးခြင်းထက်ပို၍ အဆင်ပြေစရာရှိပါသည်။

ရောစာသေးနှင့် ရောစာကြီးတို့၏ အရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံ (grading of fine and coarse aggregate)

အရေးမကြီးသည့် လုပ်ငန်းများမှလွဲ၍ ကျန်လုပ်ငန်းများတွင် သုံးမည့် ဖျော်စပ်မှုများ ပြုလုပ်ရာတွင် ရောစာသေး နှင့် ရောစာကြီးများကို ခွဲခြားထားပြီး ရောစပ်သောအခါကျမှ အချိုးအလိုက် ထည့်သွင်းအသုံးပြုပါသည်။ ထို့ကြောင့် ရောစာ အသီးသီး၏ grading ကို ခွဲခြားသိရန်နှင့် ထိန်းကျောင်းရန် (control) လိုအပ်ပါသည်။

BS 882 : 1992 အရ မည်သည့် ရောစာသေး၏ grading မဆို Table 20 တွင် ဖော်ပြထားသည့် overall grading limit ဘောင်အတွင်းကျရောက်ရမည်။ ၎င်းပြင် Table 20 တွင် ပေးထားသည့် နောက်ထပ် grading (၃)ခုအနက် တစ်ခုခုကိုလည်း satisfy ဖြစ်ရန်လိုသည်။ ၎င်း grading (၃)ခုမှ လွဲချော်မှုကို (၁၀)ကြိမ် ဆက်တိုက် စမ်းသပ်မှုတွင် တစ်ကြိမ်သာ လက်ခံသည်။ ASTM C 33-93 ၏ လိုအပ်ချက်ကို နှိုင်းယှဉ်နိုင်ရန် ထည့်သွင်း ဖော်ပြထားပါသည်။ ASTM C 33-93 အရအသုံးပြုမည့် ရောစာသေးသည် Fineness Modulus ၂.၃ နှင့် ၃.၁ ကြား ရှိရန်လည်းလိုအပ်သည်။ Table 21 တွင် US Bureau of Reclamation ၏လိုအပ်ချက်ကိုလည်းပေးထားသည်။ အသုံးပြုမည့်ရောစာသေး၏ မျက်နှာပြင် သည် ခပ်လုံးလုံးရှိပြီး ချောမွတ်လျှင် workability ပို၍ ကောင်းသည်။ ရေကို လျှော့အသုံးပြု၍ ရသဖြင့် အကျိုးကျေးဇူးရှိနိုင်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် ရောစာကြီးနှင့်ရောစာသေး၏ အချိုးသည် ရောစာသေး၏ grading ပိုသေးလေလေ ပိုမြင့်လေလေ ဖြစ်သင့်သည်။ အကယ်၍ ခွဲရောစာကြီးကို အသုံးပြုလျှင်သဘာဝကျောက် (gravel) ရောစာကြီးကိုအသုံးပြုသည်ထက် ရောစာသေး၏အချိုး ကိုမြင့်ဘို့လိုအပ်သည်။ အကြောင်းမှာ မျက်နှာပြင်ကြမ်းသည့် ရောစာကို အသုံးပြုခြင်းကြောင့် workability ကျဆင်းခြင်းကို ထေမိရန် အတွက်ဖြစ်သည်။

BS 882-1992 ၏ရောစာကြီးအတွက် လိုအပ်ချက်များကို Table 22 တွင် ပေးထား သည်။ ASTM C 33-93 ၏လိုအပ်ချက်များကို Table 23 တွင် ဖော်ပြထားသည်။ အရွယ်စုံ ပါဝင်သည့် ရောစာ (all-in aggregate) အတွက် BS 882-1992 ၏ သတ်မှတ်ချက် များကို Table 24 တွင် ဖော်ပြထားပါသည်။ ဤရောစာအမျိုးအစားကို သေးငယ်ပြီး အရေးမပါ သည့် လုပ်ငန်းငယ်များမှလွဲလျှင်အသုံးမပြုပါ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ရောစာများ ပုံသည့် နေရာတွင် segregation ဖြစ်မှုကိုရှောင်ရန် ခက်ခဲသောကြောင့် ဖြစ်သည်။

Table 20 BS and ASTM grading requirements for fine aggregate

Sieve Size		Percentage by mass passing sieves				
		BS 882:1992				ASTM C 33-93
BS	ASTM No.	Overall grading	Coarse grading	Medium grading	Fine grading	
10.0 mm	$\frac{3}{8}$ in.	100				100
5.0 mm	$\frac{3}{16}$ in.	89-100				95-100
2.36 mm	8	60-100	60-100	65-100	80-100	80-100
1.18 mm	16	30-100	30-90	45-100	70-100	50-85
600 μm	30	15-100	15-54	25-80	55-100	25-60
300 μm	50	5-70	5-40	5-48	5-70	10-30
150 μm	100	0-15*				2-10

* For crushed stone fine aggregate, the permissible limit is increased to 20 percent except for heavy duty floors.

Table 21 U.S. Bureau of Reclamation grading requirements for fine aggregate

Sieve Size		
BS	ASTM No.	Individual percentage by mass retained
4.75 mm	4	0-5
2.36 mm	8	5-15 (or) 5-20
1.18 mm	16	10-25 (or) 10-20
600 μm	30	10-30
300 μm	50	15-35
150 μm	100	12-20
< 150 μm	< 100	3-7

Table 22 Grading requirements for coarse aggregate according to BS 882:1992

Sieve size		Percentage by mass passing BS sieves						
		Nominal size of graded aggregate			Nominal size of single-sized aggregate			
mm	in.	40 to 5mm 1½" to 3/16"	20 to 5mm ¾" to 3/16"	14to5mm ½" to 3/16"	40mm 1½ "	20mm ¾ "	14mm ½ "	10mm ⅜"
50.0	2	100	-	-	100	-	-	-
37.5	1 ½	90-100	100	-	85-100	100	-	-
20.0	¾	35-70	90-100	100	0-25	85-100	100	-
14.0	½	25-55	40-80	90-100	-	0-70	85-100	100
10.0	⅜	10-40	30-60	50-85	0-5	0-25	0-50	85-100
5.0	3/16	0-5	0-10	0-10	-	0-5	0-10	0-25
2.36	No. 8	-	-	-	-	-	-	0-5

Table 23 Grading requirements for coarse aggregate according to ASTM C33-93

Sieve size		Percentage by mass passing sieves				
		Nominal size of graded aggregate			Nominal size of single-sized aggregate	
mm	in.	37.5 to 4.75mm 1½ in. to 3/16 in.	19.0 to 4.75 mm ¾ in. to 3/16 in.	12.5 to 4.75 mm ½ in. to 3/16 in.	63 mm 2 ½ in.	37.5 mm 1 ½ in.
75	3	-	-	-	100	-
63.0	2 ½	-	-	-	90-100	-
50.0	2	100	-	-	35-70	100
38.1	1 ½	95-100	-	-	0-15	90-100
25.0	1	-	100	-	-	20-55
19.0	¾	35-70	90-100	100	0-5	0-15
12.5	½	-	-	90-100	-	-
9.5	⅜	10-30	20-55	40-70	-	0-5
4.75	3/16	0-5	0-10	0-15	-	-
2.36	No. 8	-	0-5	0-5	-	-

Table 24 Grading requirements for all-in aggregate according to BS 882:1992

Sieve size		Percentage by mass passing sieves		
		40mm (1½ in.) nominal size	20mm (¾ in.) nominal size	10mm (⅜ in.) nominal size
50.0 mm	2 in.	100	-	-
37.5 mm	1 ½ in.	95-100	100	-
20.0 mm	¾ in.	45-80	95-100	-
14.0 mm	½ in.	-	-	100
10.0 mm	⅜in.	-	-	95-100
5.0 mm	3/16 in.	25-50	35-55	30-65
2.36 mm	No.8	-	-	20-50
1.18 mm	No.16	-	-	15-40
600 µm	No.30	8-30	10-35	10-30
300 µm	No.50	-	-	5-15
150 µm	No.100	0-8*	0-8*	0-8*

* Increased to 10 percent for crushed rock fine aggregate

ကြားလပ်ရောစာ (gap-graded aggregate)

Gap-grading ဆိုသည်မှာ ကြားအရွယ်အစား (intermediate size) တစ်ခု သို့မဟုတ် တစ်ခု ထက်ပို၍ လစ်လပ်နေသည့် grading ကိုဆိုလိုသည်။ ရှေ့တွင်ဖော်ပြခဲ့သည့် သမားရိုးကျ grading ကို အရွယ်စုံပါရောစာ (continuously-graded) ဟုခေါ်သည်။

ကြား size မပါခဲ့လျှင် လိုအပ်သည့်ရောစာအပုံ အရေအတွက်ကို လျှော့နည်းစေသောကြောင့် စရိတ်စကသက်သာစေနိုင်သည် (economical) ၊ ဥပမာ Fig. 17 တွင်ဖော်ပြထားသည့် grading အတွက် ၃/၄ လက်မ – ၃/၈ လက်မ အပုံတစ်ပုံနှင့် ASTM No.16 ဇကာထက်သေးငယ်သည့် အပုံတစ်ပုံ ပေါင်း အပုံ ၂ ပုံသာ လိုအပ်သည်။ ရောစာထဲတွင် ပါဝင်သော No.16 ဇကာထက်သေးငယ်သည့် particle များသည် ရောစာကြီးများကြားထဲရှိ void များထဲသို့ အလွယ်တကူ ဝင်ရောက်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် ကွန်ကရစ်ဖျော်စပ်မှုတစ်ခု၏ workability သည် ရောစာသေးပါဝင်မှုချင်း တူညီလျှင် ကြားလပ် (gap-graded) ရောစာအတွက် အရွယ်စုံပါ (continuously-graded) ရောစာထက်ပို၍ ကောင်းသည်။ ပေးထားသည့် aggregate-cement အချိုးနှင့် w/c အချိုးများအတွက် gap-graded ရောစာကိုသုံးခြင်းက continuously-graded

ရောစာကိုသုံးခြင်းထက် ရောစာအသေးပါဝင်မှု နိမ့်လျှင် workability မြင့်ခြင်းကို ပိုဖြစ်စေသည်။ သို့ရာတွင် workability အလွန်ကောင်းသော ဖျော်စပ်မှုများတွင် gap-graded ရောစာ သုံးခြင်းဖြင့် segregation ဖြစ်ရန် အခွင့်အလမ်းများသည်။ ထို့ကြောင့် workability နိမ့်သည့် concrete ကို အသုံးပြုမည်ဆိုလျှင် gap-graded ရောစာကို သုံးရန်ပိုသင့်လျော်သည်။

Gap-graded ရောစာသုံးကွန်ကရစ်ကို ပန့် (pump) အသုံးပြုပြီး ကွန်ကရစ် လောင်းရာတွင် အခက်အခဲရှိနိုင်သည်။ Segregation ဖြစ်နိုင်ခြေရှိသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ Strength ကိုမူ ထူးထူးခြားခြား အကျိုးသက်ရောက်မှု မဖြစ်ပေါ်စေပါ။ ပေးထားသည့် material များကိုအသုံးပြုပြီး aggregate-cement အချိုးကို ပုံသေလုပ်ထားပါက gap-graded (သို့မဟုတ်) continuously- graded ရောစာကို သုံးခြင်းဖြင့် ရရှိသည့် workability နှင့် strength တန်ဘိုး များမှာ အတူတူလောက်ပင်ဖြစ်သည်။

အကြီးဆုံးရောစာ အရွယ်အစား (maximum size of aggregate)

တစ်ယူနစ် အလေးချိန်ချင်း တူညီသည့် ရောစာအရွယ်အသေးနှင့် ရောစာအရွယ်အကြီး တို့၏ မျက်နှာပြင်ဧရိယာချင်းနှိုင်းယှဉ်လျှင် ရောစာအရွယ်အစား ကြီးလေလေ မျက်နှာပြင်ဧရိယာ နဲလေလေ ဖြစ်ပါသည်။ ပို၍ အရွယ်အစားကြီးသည့် ရောစာပိုထည့်လေ ထည့်သွင်းဖျော်စပ်ရမည့် ရေပမာဏလျော့လေလေ ဖြစ်မည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် workability နှင့် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု အတွက် w/c ကို လျော့၍ရသဖြင့် strength ပိုတက်လာလိမ့်မည်။

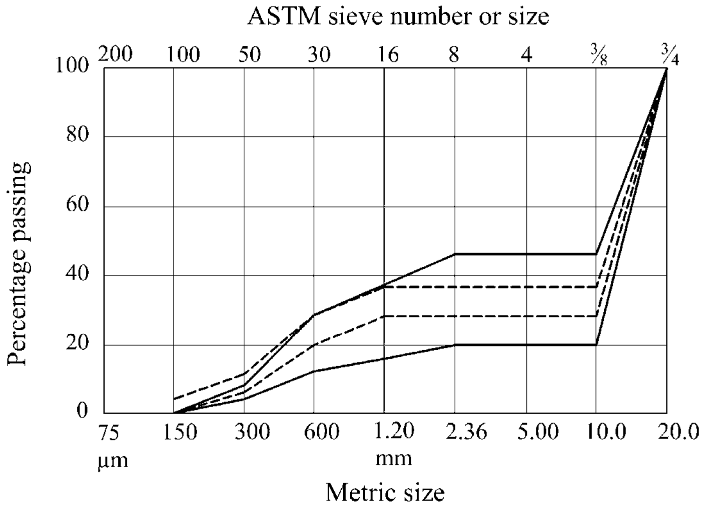

Fig. 17 Typical gap gradings

ပေးထားသည့် ကွန်ကရစ်၏ strength (သို့မဟုတ်) ပေးထားသည့် w/c အတွက် အသင့်တော်ဆုံး အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစား ဟူ၍ ရှိသည်။ ၎င်းသည် အရောထဲတွင် ဘိလပ်မြေပါဝင်မှု ပေါ်တွင် မူတည်သည် (Fig. 18) ။ ဘိလပ်မြေပါဝင်မှုသည် ၁ yd^3 တွင် ၂၀၀ lb သာပါဝင်ပါက အကြီးဆုံးရောစာအရွယ်အစား ၆ လက်မ ကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် ခံနိုင်ရည်အား ရှုဒေါင့် (strength point of view) မှကြည့်လျှင် အကျိုးရှိပါသည်။ သို့ရာတွင် ရောစပ်နေကျ သာမန်အချိုးအစားများအတွက်မူ အကြီးဆုံး ရောစာအရွယ်အစား ၁ လက်မ သို့မဟုတ် ၁½ လက်မ ထက်ပို၍ အသုံးပြုခြင်းဖြင့် အကျိုးမရှိနိုင်ပါ။

စံပြအရွယ်အစားများ ရောစပ်ပါဝင်ပုံတစ်ခုအတိုင်းရရှိရန် ရောစာများကိုပေါင်းစပ်ခြင်း (combining aggregates to obtain a type grading)

ပေါင်းစပ်ထားသည့်ရောစာ၏ grading ကို မိမိလိုချင်သည့် grading limit အတွင်းတွင် ရှိစေရန် ပေးထားသည့်ရောစာသေးနှင့် ရောစာကြီးတို့ကို စနစ်တကျ ပေါင်းစပ်ယူတတ်ရန် လိုအပ်မည် ဖြစ်ပါသည်။

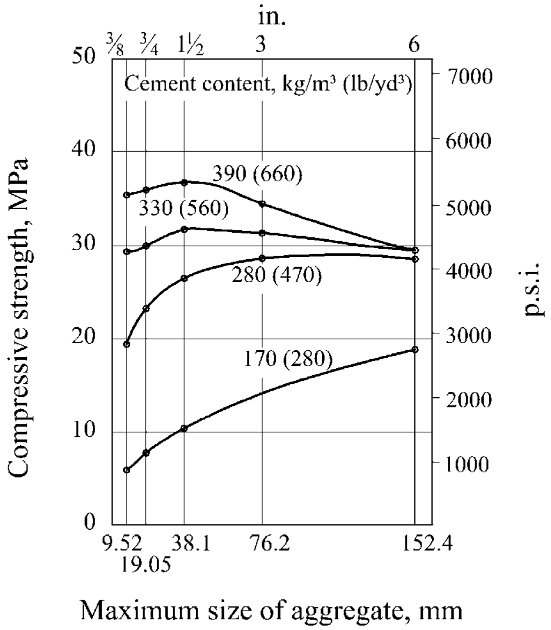

Fig. 18 Influence of maximum size of aggregate on the 28-day compressive strength of concretes of different richness

ဥပမာ (example)

Table 25 တွင်ပေးထားသည့် ရောစာသေး၏ grading ၁ ခု နှင့်ရောစာကြီး ၂ မျိုး၏ grading ၂ ခု တို့ကို Fig. 15 ၏ grading curve (1) နှင့်ဆင်တူသည့် combined aggregate ရရှိအောင် ပေါင်းစပ်ရန်ဖြစ်သည်။

အဖြေ (solution)

Fig. 15 ၏ curve (1) တွင် ရောစာစုစုပေါင်း၏ ၂၄% သည် ၃/၁၆ လက်မ ဇကာကို ဖြတ်ပြီး စုစုပေါင်း၏ ၅၀% သည် ၃/၄ လက်မ ဇကာကိုဖြတ်ကြောင်းတွေ့ရသည်။

ရောစာသေး (သဲ) ပါဝင်မှုအချိုး = x

ရောစာကြီး (၃/၄ – ၃/၁၆ လက်မ) ပါဝင်မှုအချိုး = y

ရောစာကြီး (၁½ လက်မ –၃/၄ လက်မ) ပါဝင်မှုအချိုး = z

ဖြစ်ပါစေ။

ရောစာများအားလုံးပေါင်း၏ ၅၀% သည် ၃/၄ လက်မ sieve ကို ဖြတ်သောကြောင့်

$$၁.၀\, x + ၀.၉၉\, y + ၀.၁၃\, z = ၀.၅\, (x + y + z) \qquad \text{---------------} (၁)$$

ရောစာများအားလုံးပေါင်း၏ ၂၄% သည် ၃/၁၆ လက်မ sieve ကိုဖြတ်သောကြောင့်

$$၀.၉၉\, x + ၀.၀၅\, y + ၀.၀၂\, z = ၀.၂၄\, (x + y + z) \qquad \text{---------------} (၂)$$

၎င်းညီမျှခြင်း ၂ ခုအား ဖြေရှင်းရာတွင်

$x : y : z =$ ၁ : ၀.၉၄ : ၂.၅၉ ဖြစ်သည်ကိုတွေ့ရသည်။

ထို့ကြောင့် ရောစာ ၃ မျိုးကို ၁ : ၀.၉၄ : ၂.၅၉ အချိုးအစားဖြင့်ပေါင်းစပ်ရမည်။

Table 25 ၏ column (4) , (5) နှင့် (6) ကိုပေါင်းလျှင် column (7) ရမည်။ ၎င်းကို (၁ + ၁. ၉၄ + ၂. ၅၉ = ၄. ၅၃) ဖြင့်စားလျှင် column (8) ကိုရမည်။ column (8) ၏အဖြေသည် ပေါင်းစပ်ရောစာ (combined aggregate) ၏ grading ဖြစ်သည်။ Fig. 19 သည် ပေါင်းစပ်ရောစာ၏ grading ကိုပြသည့် curve ဖြစ်သည်။ ၎င်း curve ကို ရှာဖွေနေသည့် စံgrading curve နှင့်အတူတွဲ၍ ဖော်ပြထားပါသည်။ Deviation ဖြစ်ပေါ်မှုကို ရှောင်လွှဲ၍မရပါ။ အနည်းနှင့်အများ ဆိုသလို ရှိမည်ဖြစ်ပါသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် သတ်မှတ်နေရာများ (specified points) တွင်သာ တိတိကျကျ မှန်ကန်မည်ဖြစ်ပြီး ကျန်နေရာများတွင်မူ အနည်းအကျဉ်း ကွဲလွဲမှု ရှိမည် ဖြစ်ပါသည်။

Table 25 Example of combining aggregates to obtain a type grading

Sieve size		Cumulative percentage passing for			(1) × 1	(2) × 0.94	(3) × 2.59	(4)+(5) +(6)	Grading of combined aggregate (7)÷4.53
mm or μm	in. or No.	Fine agg.	19.0 to 4.75mm (¾ to 3/16 in.)	38.1 to 19.0mm (1½ to ¾ in.)					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
38.1	1½	100	100	100	100	94	259	453	100
19.0	¾	100	99	13	100	93	34	227	50
9.50	⅜	100	33	8	100	31	21	152	34
4.75	3/16	99	5	2	99	5	5	109	24
2.36	8	76	0	0	76	0	0	76	17
1.18	16	58			58			58	13
600	30	40			40			40	9
300	50	12			12			12	3
150	100	2			2			2	½

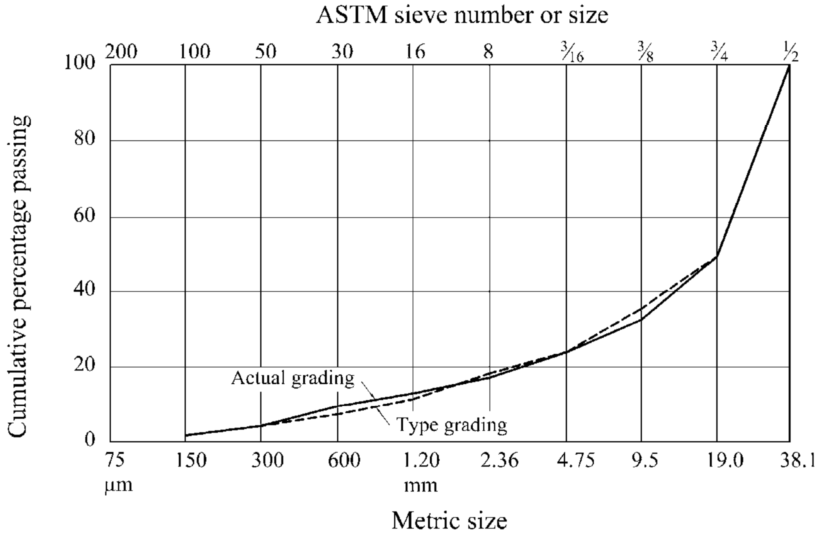

Fig. 19 Grading of the aggregate for the example of Table 25