**Liquefaction မြေအောင်းရေတိုးခြင်း (၁)**

မြေအောင်းရေတိုးခြင်း liquefaction ဆိုသည်မှာ အလုံးအစေ့များနှင့် စုပေါင်းဖွဲ့စည်းထားသော မြေသားတစုခဲဖွဲ့နေထားမှ မြေတွင်း ရေအား pore water pressure တိုးသဖြင့် အချင်းချင်း ထောက်ကန် ဖွဲ့စည်းမှု လျော့ကျပြီး အရည်သဘော ပြောင်းလဲပြုမူသွားခြင်း ဖြစ်သည်။ မြေပျော့ခြင်း ဖြစ်စဉ်ကြောင့် ကြိမ်ဖန်များစွာ လှုပ်ခါခံရခြင်းနှင့်အတူ ပွတ်လိမ် ခံရသဖြင့် မြေလွှာသည် ပျော့သွားသည်။ မြေပွများ၌ ပြတ်အားခံနိုင်ရည် shear strength ကျဆင်းခြင်းနှင့် အတူ မြေသည် အကြီးအကျယ် ပုံပျက်သွားယုံသာမက ပျော်ဆင်းသွား သည်။ အတော်အတန် သိပ်သည်းမှု ရှိသော မြေပြင်တလျှောက် ခုံးလိတ်ကုန်တတ်သည်။ လျှောစောင်း များ၌ မြေတုန်ခါမှုနှင့်အတူ မြေပြင်သည် ဘေးတိုက် ပြန့်ကား lateral spreading သွားကြသည်။ မြေပွတို့သည် ထိုဖြစ်စဉ်ကြောင့် သိပ်သည်းမှု ရရှိသွားသည်။ မြေတွင်းအောင်းရေ တိုးထွက်မှုကြောင့် မြေပြင်၌ သဲပွက်ခြင်း Sand boiling ရေပန်းထွက်ခြင်းများ ဖြစ်လေ့ရှိသည်။

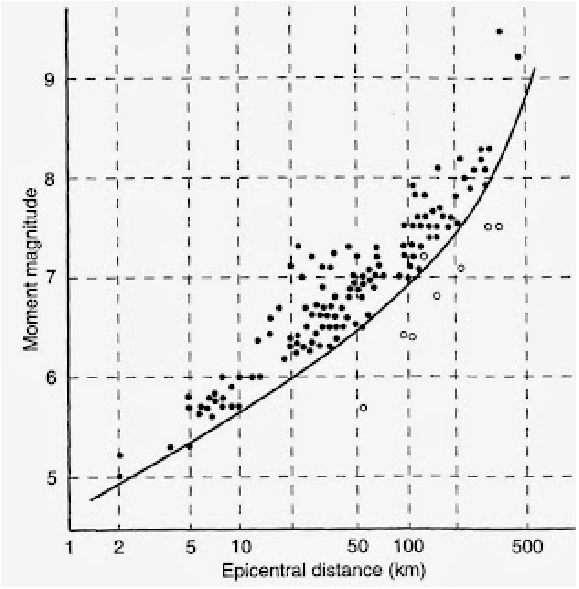
ပုံ (၁) ၁၁-၁၁-၂၀၁၂ သပိတ်ကျင်း ငလျင်လှုပ်သဖြင့် အောက်ခံမြေတွင်း မြေပျော့မှု ဖြစ်ကာ အပေါ်ဖက် တာပေါင်ပျက်စီး သွားပုံ။ (ဓါတ်ပုံ - စိုးမင်း ၂၀၁၂)

ပုံ (၂) ငလျင် အရှိန်ကြောင့် သဲပွက် ထားသည့် နေရာ။ (ဓါတ်ပုံ - စိုးမင်း ၂၀၁၂)

ပုံ (၃) ငလျင်အရှိန်ကြောင့် မြေပြင် ပြန့်ကားသွားပုံ။ (အဆောက်အဦ မရှိသဖြင့် ပျက်စီးမှု သက်သာသော်လည်း စိုက်ပျိုးမြေ ပျက်မှုရှိကြောင်း သိနိုင်သည်။) (ဓါတ်ပုံ - စိုးမင်း ၂၀၁၂)

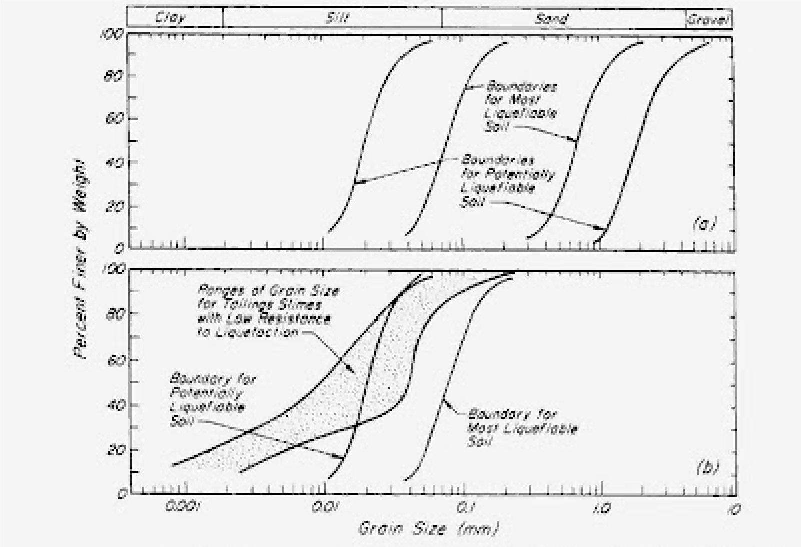
မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်တတ်သော အကြောင်းများ

မြေသားတိုင်း မြေအောင်းရေတိုးခြင်းကြောင့် မြေသားပြိုပျက်ခြင်း ဖြစ်နိုင်ပါသလား ဆိုတော့ မဖြစ်နိုင်ပါ။ အရေးကြီးသော စီမံကိန်း မြေနေရာများ၊ အဆောက်အဦများ အတွက် မြေပြင်ကို စူးစမ်းသောအခါ မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်နိုင်၏ မဖြစ်နိုင်၏ ဆန်းစစ်ရန်အချက်များစွာ ရှိသည်။ ပထမဦးဆုံးအချက်မှာ အတိတ်က မြေပျော်မှတ်တမ်း ဖြစ်သည်။ ယခု မန္တလေးနှင့် စစ်ကိုင်းဝန်းကျင်ကို ဗဟိုချက်ပြု၍ လှုပ်ခဲ့သော ၁၈၃၉ အင်းဝငလျင်ကြီး ဖြစ်စဉ်အခါ အမရပူရ (ယခုမန္တလေး မတည်ရသေး။) နှင့် အင်းဝ၊ စစ်ကိုင်းပတ်ဝန်းကျင် တဝိုက် မြေအောင်းရေတိုးခြင်း လက္ခဏာများအား မှတ်တမ်းတင်ထားသည်။ ၁၉၃၀ ပဲခူးငလျင်၊ ဖြူးငလျင်၊ ၁၉၉၁ တကောင်းငလျင်၊ ၂၀၀၃ တောင်တွင်းကြီး ငလျင်၊ ၂၀၁၁ တာလေ ငလျင်နှင့် ၂၀၁၂ သပိတ်ကျင်း ငလျင်များ၌ မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်ရပ်မှတ်တမ်းများ ရှိထားသည်။ တကမ္ဘာတလွှား အတိတ်ငလျင် နှင့် မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်ရပ်များအား Ambraseys (1988)၏ နှိုင်းယှဉ်လေ့လာတင်ပြချက်ကို ပုံ (၄)၌ ပြထားသည်။ ငလျင်အရွယ်အစားနှင့် ငလျင်စတင် ဖြစ်ရာ မြေပြင်ဗဟိုချက်မှ အကွာအဝေးအပေါ် လိုက်၍ မြေအောင်းရေတိုးခြင်း ဖြစ်နိုင်သည့်နေရာများကို ဆက်စပ်ပြထားသည်။




ပုံ (၄) လျေင်ပမာဏနှင့် လျေင်မြေပေါ်ဗဟိုချက်မှ တိုင်းတာသော မြေအောင်းရေတိုးခြင်း ဖြစ်ရပ်များတွေ့နိုင်သည့် အရပ် ဆက်စပ်ပြချက်။

ဘူမိဗေဒသဘောအရ မြေအောင်းရေတိုးခြင်းဖြစ်ရပ်သည် မြေနုများ၌ ပို၍ အဖြစ်များသည်။ မြစ်ချောင်းပို့ချ အနယ်များ၊ မြေနုကျွန်းများ၊ တောင်ခြေကျ အနယ်များ စသဖြင့် လွန်ခဲ့သောနှစ် တသောင်းတန်း ၂သောင်းတန်းက အနယ်များထိ ဖြစ်နိုင်သည်။ ထို့အပြင် ဖို့မြေများလည်း မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ ထိုသို့ ဖြစ်ရန် မြေအောက်ရေလည်း ရှိနေရမည်။ မြေသည် ရေဝနေရသည်။ ရံခါ မြေအောက်ရေသည် မြေပြင်နှင့် ညီနေသည့်အခါလည်း ဖြစ်တတ်သည်။ မှတ်တမ်းများ၌ မြေပြင်မှ တိုင်းလျှင် ၁၅ မီတာ (ပေ ၅၀) အနက်ထိ လျေင်လှုပ်၍ မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ ထိုသို့ မြစ်ချောင်း၊ အင်းအိုင် စသည်တို့၌ ကျသောအနယ်များသည် အများအားဖြင့် သဲနှင့် သဲနုန်းများ ဖြစ်လေ့ရှိရာ ရေဝနေသော ထိုမြေများသည် မြေအောင်းရေတိုးခြင်းကြောင့် မြေလွှာပုံပျက်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သော မြေအမျိုးအစားများ ဖြစ်သည်။ ထိုမြေများကို နမူနာကောက်ယူ ဆန်းစစ်သောအခါ ပုံ (၅)အတိုင်း မြေအောင်းရေတိုးခြင်း ဖြစ်နိုင်သော မြေများကို တွေ့ရသည်။

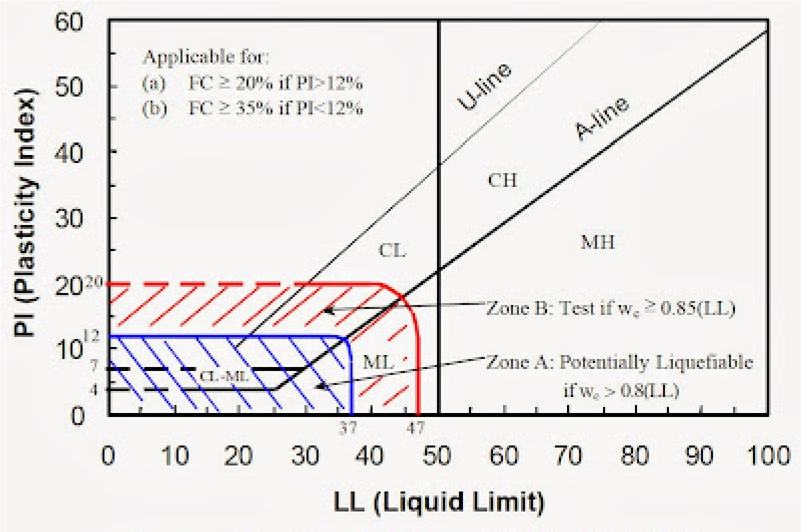



(*a*) Gradation curves defining limits of liquefiable and nonliquefiable soils (after Tsuchida 1970). (*b*) Range of grain sizes for tailings dams with low resistance to liquefaction (after Ishihara 1985).

ပုံ (၅) မြေအောင်းရေတိုးခြင်း ဖြစ်တတ်သော မြေအမျိုးအစားများ။ အပေါ် ပုံသည် မြေပြင်၌တွေ့ရသော မြေအမျိုးအစားများ ဖြစ်ပြီး အောက်ပုံသည် ဖို့မြေများ၌ ဖြစ်တတ်သော မြေအမျိုးအစား ခွဲပြချက် ဖြစ်သည်။

မြေအမျိုးအစားများ ခွဲခြားရာ၌ မြေသားအားဖွဲ့စည်းသည့် မြေအလုံးအစေ့များကို လိုက်၍ ခွဲခြားရသည်။ မြေအလုံးအစေ့ အရွယ်အစား ၀.၀၀၂မီလီမီတာနှင့် ငယ်လျှင် ရွံ့မှုန် Clay၊ ၀.၀၀၂ မှ ၀.၀၇၅ မီလီမီတာကြားအရွယ်အစားကို နုန်းမြေ Silt၊ ၀.၀၇၅ မှ ၄.၇၅ မီလီမီတာထိ သဲ Sand၊ ၄.၇၅ မီလီမှ ၇၅ မီလီကို ကျောက်စရစ် Gravel စသဖြင့် ခွဲခြားသတ်မှတ်ထားသည်။ သဲ၊ ကျောက်စရစ် စသည်မြေများကို သတ်မှတ်ထားသော အရွယ်အစား အမျိုးမျိုးရှိသည့် စကာတိုက်၍ ခွဲခြားနိုင်သည်။ နုန်းမြေနှင့် ရွံ့မှုန်ကို ရေ၌ အနည်ကျစေပြီး ခွဲခြားနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် နုန်းမြေနှင့် ရွံ့မှုန်တို့သည် သဲမြေထက် ရေနှင့် စပ်သော ဂုဏ်သတ္တိများ ပိုပြသည်။ ရွံ့မြေသည် ရေခြောက်နေသောအခါ မာသည်။ ရေနည်းနည်း ၀လာသောအခါ ပျော့သွားသည်။ ရေအလွန် တိုးလာသောအခါ ပျော်စီးသွားသည်။ ထို ရေပါဝင်မှုကိုလိုက်၍ ရေပျော်မှတ် Liquit Limit (LL)၊ မြေစေးမှတ် Plastic Limit (PL) ဟူ၍ စမ်းသပ်၍ ရသည်။ ထိုမြေစေးမှတ်ရောက်သည့် အညွှန်းကို Plasticity Index (PI) ဟု ခေါ်သည်။

ရှေးက ပုံ (၅) အတိုင်း မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်ရပ်အား သဲ၊ နုန်း စသည့် အလုံးအစေ့ဆန်သည့် မြေများ၌သာ ဖြစ်လေ့ရှိသည်ဟု ဆိုကြသော်လည်း နောက်ပိုင်း ကမ္ဘာတလွှား လျှင်မှတ်တမ်းများနှင့် လေ့လာချက်များအရ ရွံ့ဆန်သော မြေအချို့၌လည်း ဖြစ်တတ်ကြောင်း တွေ့ရှိရသည်။ မြေ၌ ရွံ့မှုန် အချိုးဆ ၁၀ရာနှုန်းခန့် ပါဝင်ပြီး ရေပျော်မှတ် ၃၂ ထက်လျော့ပါက ထိုမြေသည် ငလျင်လှုပ်စဉ် မြေအောင်းရေတိုးကာ ပုံပျက်သွားနိုင်သည်။ ငလျင်လှုပ်၍ မြေအောင်းရေတိုးခြင်း ဖြစ်နိုင်သော ရွံ့မြေရောသော မြေအမျိုးစားများအား ခွဲခြားပြပုံကို ပုံ (၆)၌ ပြထားသည်။



Recommendations Regarding Assessment of "Liquefiable" Soil Types

**ပုံ (၆) မြေအောင်းရေတိုးမှုကြောင့် မြေသားပုံပျက်ခြင်း ဖြစ်နိုင်ချေရှိသော ရွှံ့ဆန်သော မြေအမျိုးအစားနှင့် ဆန်းစစ်ရန် အချက်များ။ (Seed et al, 2003)**

ပုံ (၆) သည် ရွှံ့နှင့် နုန်းမြေတို့အား Casagrande နည်းဖြင့် အတန်းအစားခွဲခြားသတ်မှတ်သည့် ပုံ ဖြစ်သည်။ A-line နှင့် ရွှံ့နှင့် နုန်းမြေကို ခွဲသည်။ A-line အပေါ်ဖက်ကျလျှင် ရွှံ့ဖြစ်ပြီး A-line အောက်ဖက်ကျလျှင် နုန်းမြေ ဖြစ်သည်။ ပုံအရ ရေပျော်မှတ် LL ၅၀ အောက်ကို စေးထန်းမှုနည်းသော ခပ်ဖွယ်ဖွယ် ရွှံ့မြေ CL (Low plasticity clay) (သို့မဟုတ်) နုန်းမြေ ML (Low plasticity silt) ဟုဆိုရသည်။ ရေပျော်မှတ် ၅၀ အထက်ကို စေးထန်းမှုများသော ရွှံ့မြေ CH (High plasticity clay) (သို့မဟုတ်) နုန်းမြေ MH (High plasticity silt) ဟု သတ်မှတ်သည်။ ရေပျော်မှတ် ၃၇ အောက်နှင့် မြေစေးညွှန်းကိန်း PI ၁၂ အောက် ရွှံ့ (သို့မဟုတ်) နုန်းမြေ (အပြာရောင်)များသည် မြေပျော်ခြင်း ဖြစ်နိုင်သည်။ အနီရောင်ပြထားသောမြေအမျိုးအစားများကိုမူ စမ်းသပ်၍ ဆုံးဖြတ်နိုင်သည်။ Fine Content (FC) ဆိုသည်မှာ ကောက်ယူစမ်းသပ်သော မြေနမူနာ၌ ၀.၀၀၂မီလီမီတာ (ရွှံ့မှုန်) ပါဝင်မှု အချိုးဆကို ဆိုသည်။

Posted 13th October 2013 by Tint Lwin Swe, M. Engg. Geol., FGS, MMEC

Labels: Geotechnical Earthquake Engineering Hazard

=====

**Liquefaction မြေအောင်းရေတိုးခြင်း တွက်ချက်ပုံ**

N(1,60)

မြေအောင်းရေတိုးခြင်းကို စံထားမြေဝင်စမ်းနည်း SPTနည်းဖြင့် ဆန်းစစ်သောအခါ အဓိက ဖြစ်နိုင်သော မြေလွှာ (သဲ၊ နုန်း စသည်)ကို ဦးတည်၍ တွက်ချက်ရန် ဖြစ်သည်။ သို့သော် အခြား သဲရေပန်းထွက်နိုင်သော အပေါ်ရန်မြေလွှာကိုလည်း ထည့်သွင်းစဉ်းစားရန် လိုသည်။ ထိုမြေလွှာ၏ အပေါ်ဖက်မှ မြေထုက ဖိထားသည် ထိုဖိအားသည် ငလျင်အရှိန်နှင့် အားကို တုန့်ပြန် သက်ရောက်ကြောင်း ရှေ့အခန်းများ၌ ပြခဲ့ပြီ။ ထို့အတူ မြေဝင်ရိုက်ချက် အရေအတွက်ကိုလည်း သက်ရောက်သဖြင့် ထို အပေါ်ယံမြေထုဖိအား overburden pressure ကိုထည့်သွင်း၍ ရိုက်ချက် အရေအတွက်ကို ပြင်ဆင်ပေးရန် လိုသည်။ ထိုပြင်ဆင်ချက် မြှောက်ဖော်ကိန်းကို CN သင်္ကေတနှင့် သုံးပြီး Liao and Whitman (1986) ၏ ညီမျှချက်အတိုင်း တွက်ယူရန် ဖြစ်သည်။

CN= SQRT(1 atm/SIGMA_V0')

ထိုအခါ N(1,60) အား အောက်ပါအတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။ လေဖိအား 1 atm ၌ ၁၀၁ kPa ရှိသည်။

N(1,60)=N(60) x CN

ရှေ့၌ပြခဲ့သော ဥပမာ၌ မြေအောက်ရေပြင်အား မြေပြင်အောက် ၁မီတာအနက်၌ တွေ့ရပြီး မြေသိပ်သည်းဆ ၁၉.၄kN/m3 ရှိသည် ဆိုပါစို့။ ထိုအခါ SIGMA_V0' သည်

SIGMA_V0'= ၁၉.၄ x ၁ + (၁၉.၄-၉.၈) x ၉ = ၁၀၅.၈ kPa

မြေထုဖိအား ပြင်ဆင်ချက် မြှောက်ဖော်ကိန်း

CN = SQRT(၁၀၁/၁၀၅.၈)= ၀.၉၈

ထိုအခါ N(1,60) = ၉.၈ x ၀.၉၈ = ၉.၅ ရရှိသည်။

Cyclic Resistance Ratio (CRR)

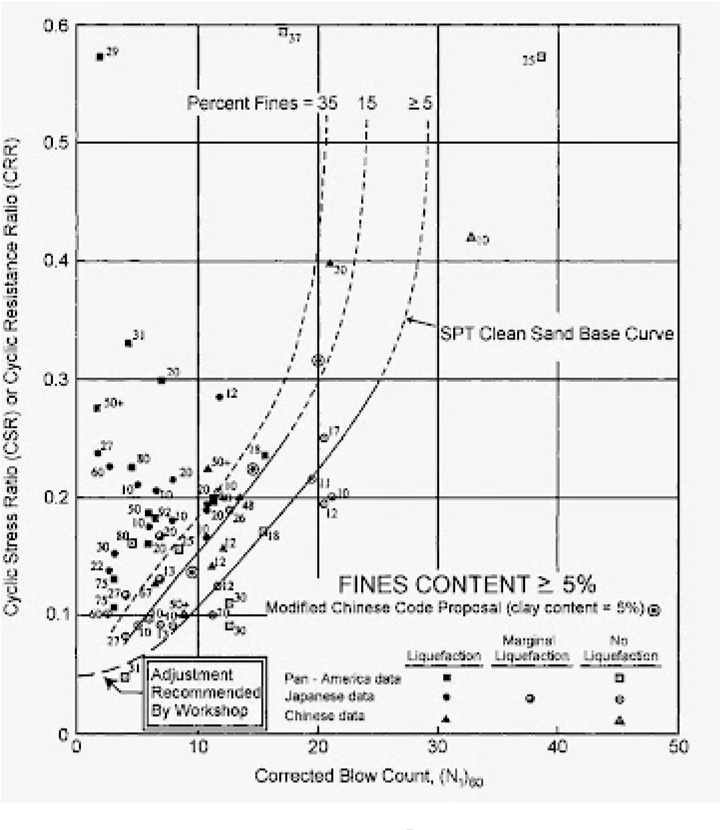
ငလျင်ဖြတ်အားခံနိုင် အချိုးဆ CRR ကို စံထားမြေဝင်စမ်းနည်းအရ ခန့်မှန်းတွက်ချက်ရန်အတွက် ပုံ(၁) ကို သုံးနိုင်သည်။ မြန်မာနိုင်ငံအဆောက်အအုံ ဆောက်လုပ်ပုံ လုပ်ထုံး (မူကြမ်း) ၂၀၁၂၌ လည်း ဤပုံကို ပြထားသည်။ တွက်ချက်ပုံမှာ အထက်၌ပြခဲ့သည့် အစဉ်အတိုင်း ဖြစ်သည်။ ဥပမာပြ တွက်ချက် ပုစ္ဆာ၌ မြေသား၏ ဖွဲ့စည်းပုံမှာ အမှုံအမွှားဟု ဆိုရသည့် Fines ၁၅ % ပါဝင်သည်ဆိုကြပါစို့။ ပုံ(၁) အရ N(1,60) = ၉.၅နှင့် Fines (15) မျဉ်းများ ဆုံရာသည် CRR ဖြစ်သည်။ ဤတွက်ချက်မှု၌ CRR = ၀.၁၅ ရရှိသည်။

မြေပျော်မှုဖြစ်မဖြစ် ဆန်းစစ်ရန်သည့်အခါ မြေသား၏ ခုခံနိုင်စွမ်းသည် ဖြတ်တောက်အားထက်ပိုမပို၊ ပိုခဲ့လျှင် မြေပျော်နိုင်မှု မဖြစ်၊ မပိုခဲ့လျှင် မြေအောင်းရေတိုးနိုင်သည်ဟု မှတ်ရန် ဖြစ်သည်။ ထိုသို့ ပြရန် ကိန်းဂဏန်းတခုနှင့် ပြနိုင်သည်။ လုံခြုံစိတ်ချမှုကိန်း Factor of Safety ဟု ဆိုရမည်။ ထိုတန်ဘိုးကို အောက်ပါညီမျှချက်အတိုင်း တွက်ယူနိုင်သည်။

FS = CRR/CSR

ရှေ့၌ ဥပမာပြခဲ့သည့်အတိုင်း ၁ စက္ကန့်လျှင် ၂၀၀ စင်တီမီတာနှုန်း အရှိန်ရှိသော ငလျင်ကြောင့် ဖြစ်သော CSR သည် ၀.၂၁၈ ဖြစ်ပြီး CRR သည် ၀.၁၅ ဖြစ်ရာ လုံခြုံစိတ်ချရမှုကိန်းသည် (၀.၁၅/၀.၂၁၈) ၀.၆၉ ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် ဤဥပမာပြ ပုစ္ဆာ၌ ရည်ညွှန်းသော မြေသားသည် လုံခြုံစိတ်ချရမှုတန်ဘိုး သည် ၁ ထက် နည်းသဖြင့် မြေအောင်းရေတိုးမှု ဖြစ်နိုင်ကြောင်း ပြောနိုင်သည်။

စံထားမြေဝင်စမ်းသပ်နည်းနှင့် ကွင်းဆင်းလေ့လာချက်များကို အခြေခံ၍ Seed et al (1985) က အောက်ပါအတိုင်းသုံးသပ်ထားသည်။ N(1,60) အရေအတွက် ၃၀ ထက်များလျှင် မြေပျော့ခြင်းကြောင့် အထိအခိုက် သိပ်မရှိနိုင်ဟု ဆိုသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် မြေသည် ကျစ်လျစ်သိပ်သည်းနေသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ N(1,60) ၂၀ ထက်နည်းခဲ့လျှင် အပျက်အစီးပိုများနိုင်သည်။ မြေသည်လည်း ပွယောင်းယောင်း ရှိနေတတ်သည်။ ၂၀ နှင့် ၃၀ ကြားသည် ကြားအဆင့် ဖြစ်သည်။

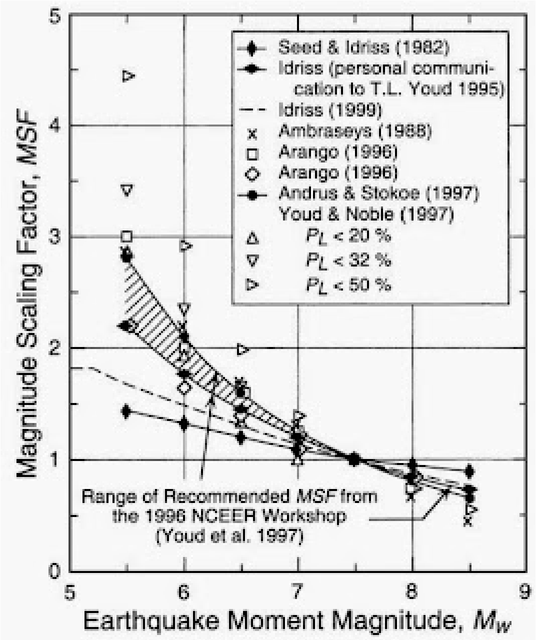



ပုံ(၁) CRR တွက်ယူရန် ဆက်သွယ်ချက်ပြပုံ။ Seed et al (1985)

ပုံ(၁)သည် ငလျင်ပမာဏ ၇.၅ကို စံထား၍ တွက်ချက်တင်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် အခြားသော ၇.၅ထက် များသော၊ နည်းသော ငလျင်ပမာဏများအတွက် ပြင်ဆင်ချက် လုပ်ပေးရန်လိုအပ်သည်။ ထိုအတွက် မြန်မာအဆောက်အအုံတည်ဆောက်ရေး လုပ်ထုံး၌ ဇယားနှင့် ပြထားသည်။ Seed et al (1985) ၏ အဆိုပြုကိန်းများ ဖြစ်သည်။ Magnitude Scaling Factor, MSF ဟု ခေါ်သည်။ ထိုကိန်းနှင့် CRR ကို မြှောက်ရန် ဖြစ်သည်။

| လှျင်ပမာဏ | ပြင်ဆင်ချက် မြှောက်ဖော်ကိန်း |
|---|---|
| ၈.၅ | ၀.၈၉ |
| ၇.၅ | ၁ |
| ၆.၇၅ | ၁.၁၃ |
| ၆.၀ | ၁.၃၂ |
| ၆.၂၅ | ၁.၅ |

အခြား ပညာရှင်များ၏ လှျင်ပမာဏအတွက် ပြင်ဆင်ချက် မြှောက်ဖော်ကိန်းများကို ပုံ (၂)အတိုင်း ယူနိုင်သည်။




ပုံ(၂) လှျင်ပမာဏကို လိုက်၍ ပြင်ဆင်ရန် မြှောက်ဖော်ကိန်း။ (EERC 2003-06)

Posted 8th December 2013 by Tint Lwin Swe, M. Engg. Geol., FGS, MMEC

Labels: Geotechnical Earthquake Engineering