MilLimetRe Training & Design Group since 2015

Episode(1)

Structural Pocket Book. . for Young Engineers

မျှဝေတယ်ဆိုတာ မင်္ဂလာတစ်ပါးပါ

နိဒါန်း

ဒီစာအုပ်လေးကို မျိုးဆက်သစ်လူငယ်အင်ဂျင်နီယာများ၊ နည်းပညာတက္ကသိုလ်များမှ မြို့ပြကျောင်းသားကျောင်းသူများ အတွက် အဓိကရည်ရွယ်ရေးသားဖြစ်ခဲ့တာပါ။ RC member တွေရဲ့အမျိုးအစားကို category ခွဲတတ်ရင် သူတို့ရဲ့ behaviour တွေကို သိလာမယ်။ ဒီစာအုပ်မှာတော့ ခွဲခြားနည်းတွေကိုပဲအဓိကရေးသားထားပါတယ်။

ဒီထက်ပိုပြည့်စုံအောင်ပေါ်ဟာရရှင်းလင်းချက်များ ထပ်ထည့်ပေးချင်ပေမယ့် Reinforcing Steel များရင် Congestion ဖြစ်သလိုပဲ Design စတင်လေ့လာသူများ၊ Beginnerများအနေနဲ့ ပိုရှုပ်ကုန်မှာစိုးလို့ မထည့်သေးပါဘူး။ Engineering မှာ စာမျက်နှာကျော်ဖတ်လို့မရပါဘူး။ အခုလဲ အတတ်နိုင်ဆုံးတော့ Simple English တွေနဲ့စုစည်းဖော်ပြထားပါတယ်။ အခကြေးငွေဖြင့် ပြန်လည်ရောင်းချခြင်းမပြုဖို့ တောင်းပန် မေတ္တာရပ်ခံပါတယ်ခင်ဗျာ ။အမှား(သို့)အားနည်းချက်တွေ့ရင်လဲ ခွင့်မလွှတ်ပဲ ထောက်ပြသင် ကြားပေးစေလိုပါတယ်။

ကျနော့်ကိုအင်ဂျင်နီယာလောကထဲရောက်စေခဲ့တဲ့ ဆရာဦးဝင်းမြင့်(T.H.S, G.T.I-Kalaw, M.MES, Taunggyi)၊ ဆရာဦးသန်းထိုက်၊ ဆရာဦးရဲခေါင်ညွန့်၊ ETABs သင်ပေးခဲ့တဲ့ စီနီယာကိုထွန်းထွန်းလင်း၊ နည်းပညာတက္ကသိုလ်(တောင်ကြီး)မှဆရာ၊ ဆရာမများ Civil Family မှစီနီယာကိုငြိမ်းချမ်းလင်း၊မြန်မာနိုင်ငံအင်ဂျင်နီယာအသင်း(တောင်ကြီး)မှဆရာများနှင့် အခြားသင်ဆရာ၊ မြင်ဆရာ၊ ကြားဆရာ၊ စီနီယာ၊ ဂျူနီယာ၊ အင်ဂျင်နီယာသူငယ်ချင်းများအားလုံးနဲ့ကျေးဇူးရှင်မိဘနှစ်ပါးကို ဂါရဝပြုလျက်

Aung Myat Thu

BE-Civil(TU-Taunggyi)

YE-AAE(MES-Shan State)

MillimetRe-Training & Design Group

millimetretaunggyi@gmail.com

27.1.2016

Contents

Title(1) : Five Members

Title(2) : Load Path

Title(3) : Basic Structural Loads

Title(4) : Design Basis

Title(5) : Footing and Foundation

Title(6) : Coulmn

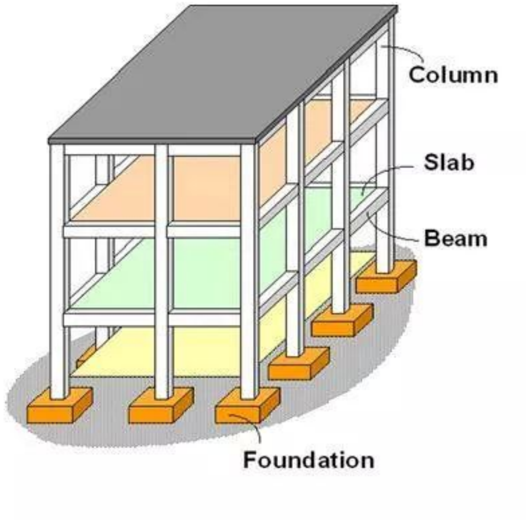
Title(7) : Beam

Title(8) : Slab

Title(9) : Stair

Title(10) : Structural Tips

Title (1) Five Members



Typical RC Frame Building

1. Footing
2. Column
3. Beam
4. Slab
5. Stair
6. Roofing (do not include in this book)

Building structure တစ်ခုမှာ အဓိက member (၆)ခုပါ ပါတယ်။ နံပါတ်(၁) footing၊ နံပါတ်(၂)column၊ နံပါတ်(၃) beam၊ နံပါတ်(၄)slab၊ နံပါတ်(၅)stair နဲ့ နံပါတ်(၆)roofing ပါ။ Roofing ကတော့ RC လုပ်တာရှားလို့ ဒီစာအုပ်မှာ ထည့်မရေးထားပါဘူး။ RC member (၅)ခုကိုပဲ အဓိက highlight လုပ်ပြီးရေးထားပါတယ်။ နံပါတ်(၁) footing ရှိမယ်၊ footing ပေါ်မှာ column ရှိမယ်၊ column(၂)ခုရှိတိုင်း beam နဲ့ချုပ်မယ်၊ beam(၂)ချောင်း ဒါမှမဟုတ် (၄)ချောင်းရှိရင် slab လဲရှိလာမယ်၊ ပြီးတော့ တစ်ထပ်နဲ့တစ်ထပ်ကို ကူးဖို့ stair လိုလာမယ်။ ဒါက RC building structure မှာမရှိမဖြစ် member (၅)ခုနဲ့ ရိုးရိုးလေးမိတ်ဆက်ပေးတာ။

Structure ဆိုတာကိုအမြဲတမ်းခက်ခက်ခဲခဲ မတွေးပါနဲ့။ တခါတလေ Structure ဆိုတာရိုးရိုးလေးတွေးပေးရတယ်။ ဆိုရိုးလေးတစ်ခုအရင်မှတ်ထားလိုက်ပါ။

"Structural Engineering is simple in concepts, but complex in details."

Residential Structural Design Guide : 2000 Edition

Title (2) Load Path

Building structure တစ်ခုမှာ (occupant)လူတွေ၊ (furniture) ပရိဘောဂတွေက floor slab ပေါ်မှာ အများဆုံးနေကြတယ်။ အဲ့ဒီ ရွှေ့လျားလို့ရတဲ့ (live load)တွေရဲ့weight တွေနဲ့ finishing ခင်းကြတဲ့ topping ရယ် ကြွေပြား(သို့)ပါကေးတွေရဲ့ (superdead load or additional dead load)တွေကို floor slab ကခံတယ်၊ တပြိုင်နက်ထဲမှာပဲ beam ကိုပို့ပေးတယ်။

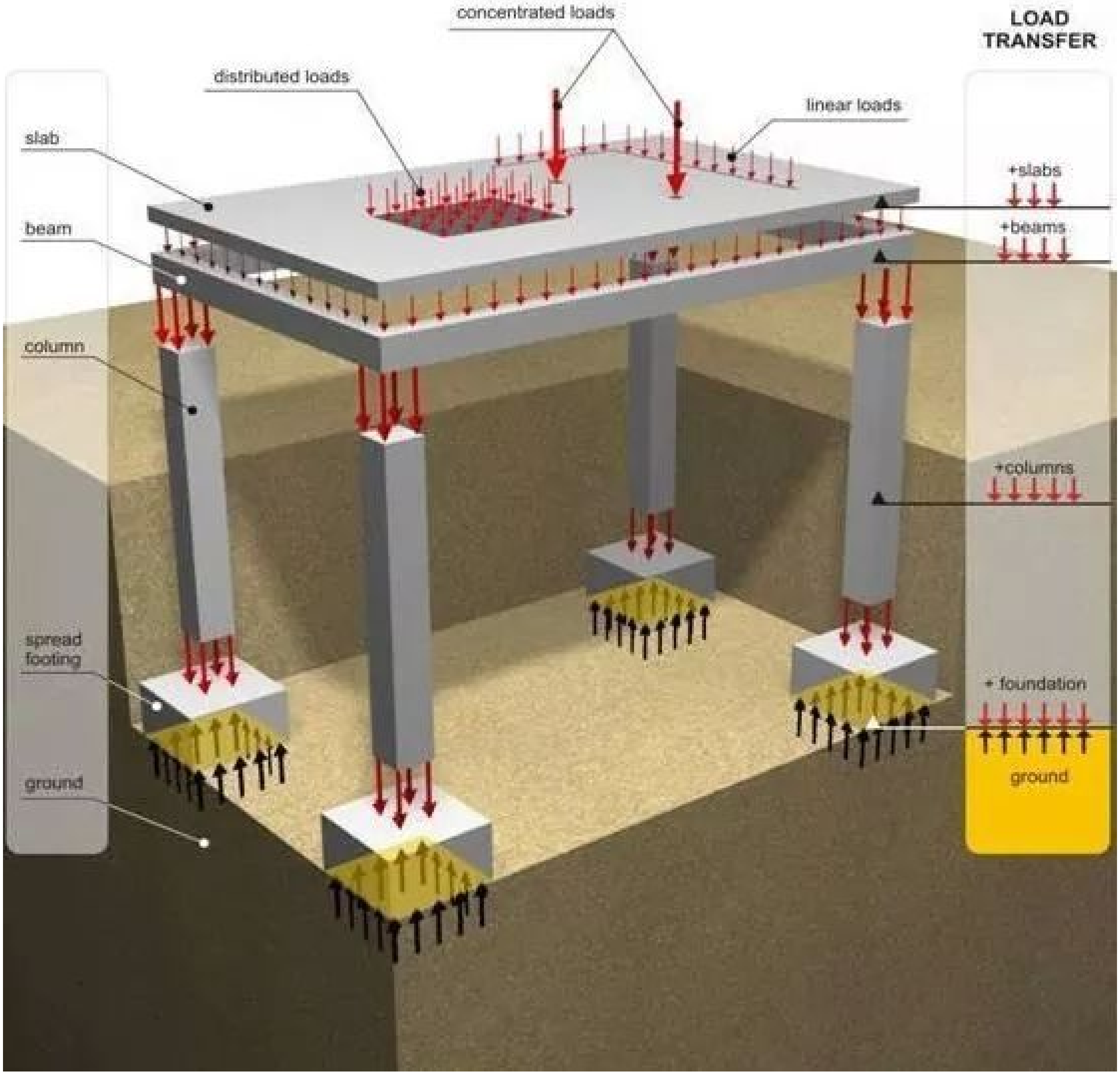
Beam တွေက (၁)သူ့ရဲ့ own weight၊ (၂) slab ရဲ့ own weight နဲ့ slab ကဖြန့်ပေးလိုက်တဲ့ စုစုပေါင်း load၊ (၃) walling အုတ်စီထားရင် brick ရဲ့ superdead load တွေကို column ဆီကိုပို့တယ်။ column က (၁)သူ့အပေါ်က column (၂)beam ကပို့လာသမျှ load တွေကို ခံဆောင်ပြီး တစ်ပြိုင်နက် footing ဆီကိုပို့ပေးနေတယ်။ footing ကတော့အပေါ်က ကျလာသမျှ dead load+live load အားလုံးကို ခံဆောင်ပြီး နောက်ဆုံးသဘာဝအတိုင်းရှိနေမယ့် soil ဆီကိုဖြန့်ဝေပေးတယ်။ ပုံကြည့်လိုက်ရင် ရှင်းသွားမှာပါ။

ဒါက Gravitational directional အတိုင်းစီးဆင်းနေတဲ့ Load Path ပါပဲ။ ဒါကိုအခြေခံမြင်တတ်တဲ့ မျက်စိရှိရင် Engineer Eye ရသွားပြီ။ ဘယ် member က ဘယ်လိုအလုပ်လုပ်ပြီး ဘယ်လိုအရေးကြီးလဲဆိုတာ သိသွားပြီ။ ကျနော့်ဆရာဦးဝင်းမြင့်ပြောလေ့ရှိတဲ့စကားတစ်ခွန်း လက်ဆောင် ပါးချင်ပါတယ်။ Tension, Compression, Moment, Shear, Torsion, Axial Point Load အဲ့ဒါတွေမြင်တတ်ရင်ဘယ်နစ်ထပ်မြင့်မြင့် ဆောက်လို့ရပြီတဲ့။ ဟုတ်ပါတယ် . . အဲ့ဒီ ဟာတွေကို မြင်တတ်ဖို့က အပေါ်မှာပြောခဲ့တဲ့ဒုတိယလေးစာသားအတိုင်း Structural Engineering is complex in details ပါပဲ။ Structural Engineers' Eye ရဖို့ဆက်လေ့ကျင့်ပါဗျာ။

Load Path

The structural frame must have enough strength to securely bear the gravity loads throughout the entire life span of the building.

- An adequate load bearing system is based on a continuous load path throughout the structure:
- The slabs carry the floor loads of each storey.
- The beams carry the loads transferred to them by the slabs as well as the weight of the walls seated on them.
- The columns carry the beam loads and they transmit them to the foundation.
- The footings (foundation) carry the column loads and transfer them to the ground.



တကယ့်အဆောက်အဦတစ်ခုရဲ့ load path က extremely complex ပါ။ ဥပမာ-Design မှာ load distribution တွက်တဲ့အခါ အပေါ်ထပ် slab ရဲ့ weight က အောက်ကပ်လျက်အထပ်ကို မရောက်ဘူးလို့ယူဆပေမယ့် တကယ့် Real structure မှာက partially အချို့တဂက်ရောက်လာနိုင်တာမျိုး၊ Brick walling တွေကို beam ပေါ်တိုက်ရိုက်တင်လို့ slab ဆီမရောက်လာဘူးလို့ ယူဆထားပေမယ့် တကယ့်အပြင်မှာက brick weight တွေက slab ဆီကို ကူးလာနိုင်တာမျိုး၊ စသဖြင့် စသဖြင့် redistribution of forces, partial composite action, substantial load sharing case တွေအများကြီး ရှိပါသေးတယ်။ အခုပြထားတဲ့ပုံက Basis ပါ။ ကျောင်းသား ကျောင်းသူတွေ level ကိုနားလည်ဖို့ရည်ရွယ်ရေးသားတာမို့ Simple & Basis သာထုတ်နှုတ်ထားပါတယ်။

The path through which loads are transferred is known as the load path. A continuous load path is capable of resisting and transferring the loads that are realized throughout the structure from the point of load origination down to the foundation.

As noted, the load path in a conventional home may be extremely complex because of the structural configuration and system effects that can result in substantial load sharing, partial composite action, and a redistribution of forces that depart from traditional engineering concepts.

In fact, such complexity is an advantage that often goes overlooked in typical engineering analyses.

Further, because interior nonload-bearing partitions are usually ignored in a structural analysis, the actual load distribution is likely to be markedly different from that assumed in an elementary structural analysis.

Reference: Chapter(2) Structural Design Concepts, Residential Structural Design Guide 2000

Title(3) : Basic Structural Loads

Question: Load ဆိုတာ ဘာလဲလို့မေးရင် . . .

Answer : ဂန် . . လို့ဖြေကြတာများပါတယ် . . ဟုတ်ပါတယ် . . ဒါပေမယ့်

ဂန် . . ဆိုတာဘာလဲ။ ဂန် ဆိုတာ အလေးချိန်ပါ . . weight ပါ။ ဒါဆို ဘာက weight ကို ဖြစ်စေတာလဲ။ Gravitational force ဆိုတဲ့ ကမ္ဘာ့ဆွဲအားကြောင့်ပါ။ အားလုံးပဲ Newton ရဲ့ W = mg ဆိုတာလေးကို သိနေပြီးသားပါ။ ဒီ equation လေးက Weight နဲ့ mass ရဲ့ difference ကိုခွဲပြနေပါတယ်။

ဘိလပ်မြေတစ်အိတ်ရဲ့အလေးချိန်က 112 lbs လေးပါတယ်။ ဒါက ကမ္ဘာ့ဆွဲအားကြောင့်ပါ။

W = m.g

m = W/g = 112/ 32.2 = 3.48 lbs သာရှိပါတယ်။ (ဒါက ကမ္ဘာ့ဆွဲအားမရှိတဲ့နေရာမှာတိုင်းရင်ပါ) အဲ့ဒါကြောင့် မိတ်ဆွေတွေထဲမှာ ဂိတ်ကျချင်တဲ့သူတွေရှိရင် ကမ္ဘာ့ဆွဲအားမရှိတဲ့ ကမ္ဘာ့အပြင်မှာဖြစ်ဖြစ် လကမ္ဘာမှာဖြစ်ဖြစ် ထွက်တိုင်းဖို့အကြံပေးလိုက်ပါ။ ဂိတ်ကျနေပါလိမ့်မယ်လို့ . . . ^o^

Question: Load ဘယ်နှစ်မျိုးရှိလဲလို့မေးရင် . . .

Answer : အခြေခံ(၂)မျိုးပဲ ရှိပါတယ် . . (Direction ရှုထောင့်အရခွဲလိုက်တာပါ)

(1) Gravity Loads (အလွယ်ပြောရင်) Vertical Loads

(2) Lateral Loads (အလွယ်ပြောရင်) Horizontal Loads

Building loads can be divided into two types based on the orientation of the structural actions or forces that they induce: vertical (i.e., gravity) loads and horizontal (i.e., lateral) loads.

Vertical (Gravity) Loads	Horizontal (Lateral) Loads
• Dead (gravity)	• Wind
• Live (gravity)	• Soil (active lateral pressure)
• Wind (uplift on roof)	• Flood (static and dynamic hydraulic forces)
• Snow (gravity)	• Seismic (horizontal ground motion)
• Seismic and wind (overturning)	
• Seismic (vertical ground motion)	

Vertical Loads

(1) Dead Loads (Own weight caused by gravity)

(2) Super Dead Loads or Additional Dead Loads

(finishing on slab, walling on beam, steps on stair, trees on roof-garden, water tanks, etc.)

(3) Suspended Loads (ceilings, M & E pipe lines, sign board, etc.)

(4) Live Loads (people, any vehicle, furniture, other movable things, etc.)

(5) Construction Loads (Concrete mixers, Back-hoe, Concrete pump, etc.)

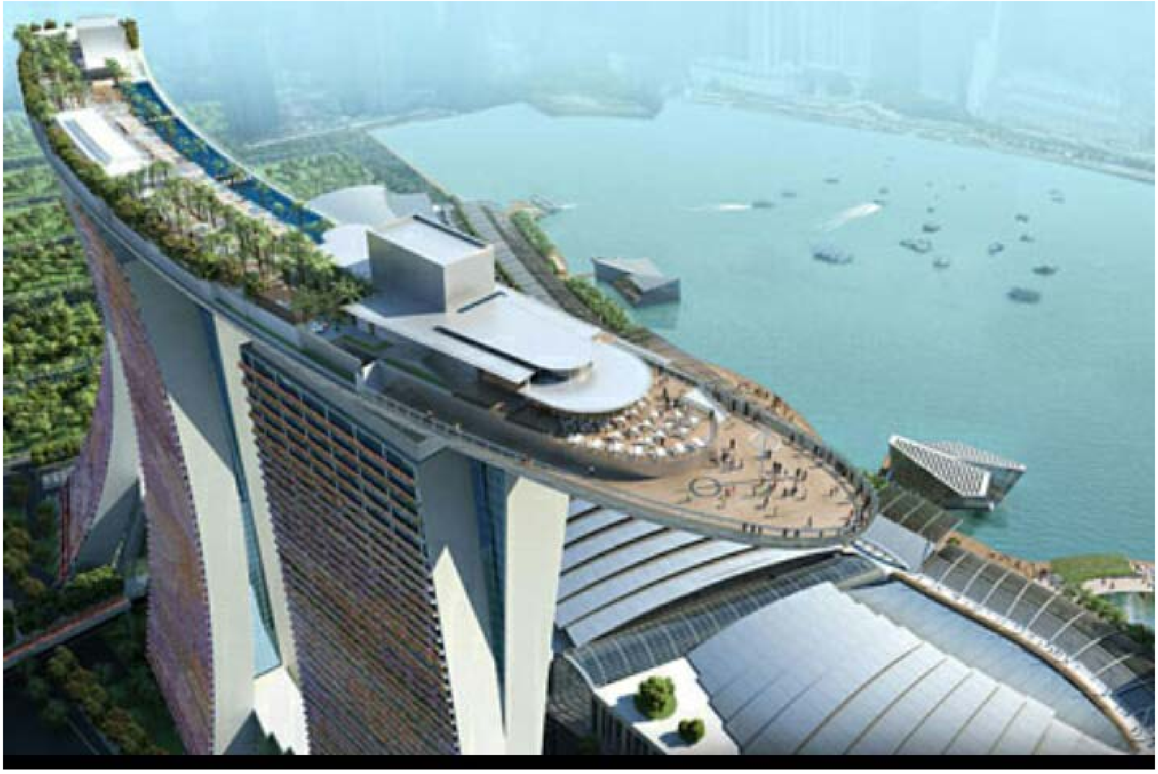
(6) Rain Loads (Natural loads)

(7) Snow Loads (Natural loads)

(8) Temperature & Shrinkage (Natural loads)

(9) Impact Loads (Accidental loads, falling of lift, etc.)

Dead Loads(example)



Super Dead Loads or Additional Dead Loads(example)

Live Loads(example)

Live Loads(example)

Construction Loads(example)

Snow Loads(example)

Fire or Temperature Loads(example)

Impact Loads(example)World Trade Center was attacked by 9/11

Horizontal Loads

(1) Wind loads (Natural loads)

(2) Earthquake loads (Natural loads)

(3) Soil pressures (Natural loads)

(4) Water pressures (Natural loads)

(5) Impact Loads (Accidental loads, hitting by vehicles, etc.)

ဒီမှာ တစ်ခုတော့ ပြောပါရစေ။ Engineering မှာ ပုံသေမမှတ်ပါနဲ့။ Classify လုပ်တယ်ဆိုတာ point of view အမျိုးမျိုးရှိပါတယ်။ ဒါက loads တွေကို Direction point of view အရခွဲလိုက်တာ . . မှတ်ရလွယ်လို့ပါ။ နောက်ရှုထောင့်တစ်မျိုးက ခွဲပြရရင် . . loads ဆိုတာ (၃)မျိုးရှိပါတယ်။ ဒါက ကျောင်းမှာခွဲခြားခဲ့တဲ့ ပုံစံပါ။ Arthur H. Nilson ရဲ့ Twelfth edition စာအုပ်ကို အခြေခံပြီးခွဲပါတယ်။

(1) Dead Loads

(2) Live Loads

(3) Environmental Loads

(ဒီ Environmental ထဲမှာ E.quake, wind, snow, rain, soil, water, temperature, impact, etc အကုန်ပဲ)

လေ့လာသူတော်တော်များများက ရှုထောင့်မတူတာနဲ့ concept တစ်ခုကိုမှားတယ်လို့ ထင်တတ်ကြလို့ ထပ်ရှင်းပြမိတာပါ။ တကယ်တော့ အထောက်အထားရှိရင် ၂ ယောက်လုံးမှန်တတ်တယ်။ Structure မှာ concept ပဲတူမှာပါ။ ချဉ်းကပ်တဲ့လမ်းကြောင်း မတူကြပါဘူး။ ဟုတ်ကဲ့ . . နောက်ထပ်စကားလေးတစ်ခုက *"Structural Engineering is much much more than crushing numbers(calculation)."*

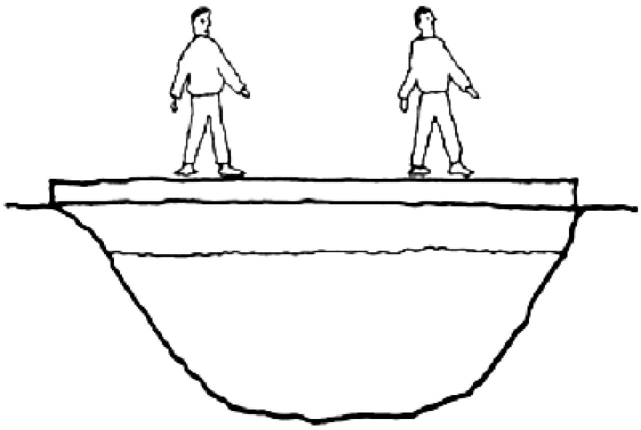
Vertical Loads

Gravity loads act in the same direction as gravity (i.e., downward or vertically) and include dead, and live loads. They are generally static in nature and usually considered a uniformly distributed or concentrated load.

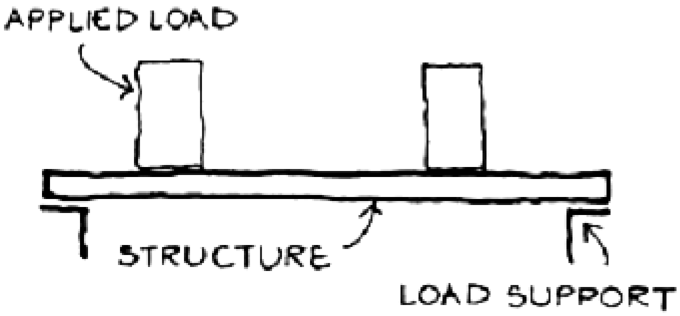
Thus, determining a gravity load on a beam or column is a relatively simple exercise that uses the concept of *tributary areas* to assign loads to structural elements. The tributary area is the area of the building construction that is supported by a structural element, including the dead load (i.e., weight of the construction) and any applied loads (i.e., live load).

Wind uplift forces are generated by negative (suction) pressures acting in an outward direction from the surface of the roof in response to the aerodynamics of wind flowing over and around the building. As with gravity loads, the influence of wind uplift pressures on a structure or assembly (i.e., roof) are analyzed by using the concept of tributary areas and uniformly distributed loads.

The major difference is that wind pressures act perpendicular to the building surface (not in the direction of gravity) and that pressures vary according to the size of the tributary area and its location on the building, particularly proximity to changes in geometry (e.g., eaves, corners, and ridges). Even though the wind loads are dynamic and highly variable, the design approach is based on a maximum static load (i.e., pressure) equivalent.



ဒီပုံမှာ ပျဥ်ပြားက Structure ပါ။ လူတွေက load ပါ။



Lateral Loads

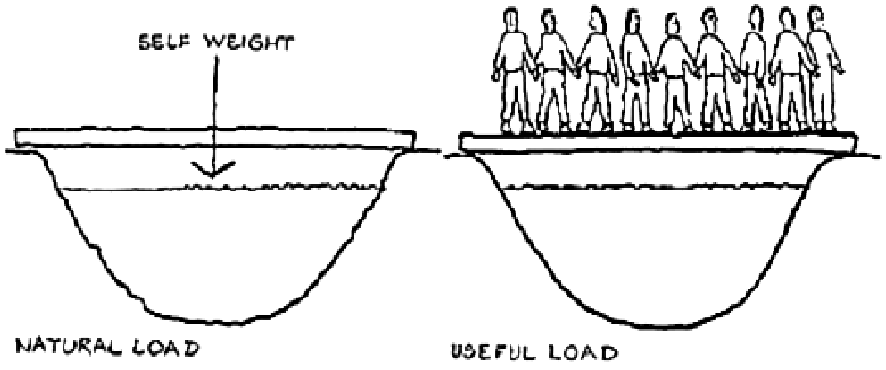
The primary loads that produce lateral forces on buildings are attributable to forces associated with wind, seismic ground motion, floods, and soil. Wind and seismic lateral loads apply to the entire building. Lateral forces from wind are generated by positive wind pressures on the windward face of the building and by negative pressures on the leeward face of the building, creating a combined push-and-pull effect.

Seismic lateral forces are generated by a structure's dynamic inertial response to cyclic ground movement. The magnitude of the seismic shear(i.e., lateral) load depends on the magnitude of the ground motion, the building's mass, and the dynamic structural response characteristics (i.e., dampening, ductility, natural period of vibration, etc.). For houses and other similar low-rise structures, a simplified seismic load analysis employs equivalent static forces based on fundamental Newtonian mechanics (F=ma) with somewhat subjective
(i.e., experience-based) adjustments to account for inelastic, ductile response characteristics of various building systems.

Flood loads are generally minimized by elevating the structure on a properly designed foundation or avoided by not building in a flood plain. Lateral loads from moving flood waters and static hydraulic pressure are substantial. Soil lateral loads apply specifically to foundation wall design, mainly as an "out-of-plane" bending load on the wall.

Lateral loads also produce an overturning moment that must be offset by the dead load and connections of the building. Therefore, overturning forces on connections designed to restrain components from rotating or the building from overturning must be considered. Since wind is capable of generating simultaneous roof uplift and lateral loads, the uplift component of the wind load exacerbates the overturning tension forces due to the lateral component of the wind load.

Conversely, the dead load may be sufficient to offset the overturning and uplift forces as is often the case in lower design wind conditions and in many seismic design conditions.



အနှစ်ချုပ်ရရင် . .သိပ်တော့မခက်ပါဘူး . . မြင်တတ်မယ်ဆိုရင် ကျနော်တို့ကိုယ်တိုင်က Load တွေပါပဲ။

Title(4) Simple Design Basis

ဘာ structure ပဲဖြစ်ဖြစ် သက်ရောက်မယ့် strength ထက် Design လုပ်ထားတဲ့ strength ကပိုခံနိုင်ရမယ်။ ဥပမာထိုင်ခုံတစ်ခုံလုပ်မယ်ဆိုပါတော့။ မေးရမှာက လူဘယ်နှစ်ယောက်ထိုင်မှာလဲ . . တစ်ယောက်လား. .နှစ်ယောက်လား. .ဆယ်ယောက်လား။ ဘာပစ္စည်းသုံးမှာလဲ . . သစ်လား . . သံလား. .ပလတ်စတစ်လား. .အုတ်လား။ မကျိုးအောင် Design လုပ်ရမယ်။ ကျိုးခဲ့ရင်တောင် ထိုင်နေတဲ့သူတွေ အန္တရာယ်မရှိအောင် ကြိုစဉ်းစားပေးထားရမယ်။ ဒါက Structure Design Basis ပေ့ါဗျာ။

Design Basis နဲ့ Design stage တွေကိုတော့ မိတ်ဆက်ရုံလောက်ပဲ နိဒါန်းပျိုးထားပါသေးတယ်။ Structure Design လုပ်တယ်ဆိုတာရဲ့နောက်ဆုံး Result က concrete dimension (b, d, h) နဲ့ steel cross-sectional area(As) ရှာတာပါပဲ။ ဒါကြောင့် Design တွက်တဲ့အခါ အဓိကလိုရင်းအဖြေက

$$\textbf{Design = Concrete Dimensions}(A_c) + \textbf{Steel Area}(A_s)$$

Design Basis

The single most important characteristic of any structural member is its actual strength, which must be large enough to resist, all foreseeable loads that may act on it during the life of the structure, without failure or other distress. Therefore, it is logical to proportion members, i.e., to select concrete dimensions and reinforcement, so that member strengths are adequate to resist forces resulting from certain hypothetical overload stages. This design concept is known as **strength design.**

ဒီမှာ Design တွက်တဲ့အခါ material properties ကိုအပြည့်အဝယုံလို့မရသေးလို့ actual strength ကိုအပြည့်အဝမသုံးဘူး။ ခေတ်အလိုက်လျှော့သုံးကြတယ်။ concrete compressive strength ကို 0.5(တစ်ဝက်)ထိပဲ သုံးတယ်၊ steel ultimate strength ကိုမသုံးဘူး၊ Fs = nFc အဲ နေနဲ့ပဲ စဉ်းစားတယ်။ ဒါကအရင်ခေတ်ကအသုံးများခဲ့တဲ့ elastic strength design ပါ။ အခုခေတ်မှာတော့ ultimate design strength ကိုအသုံးများပါတယ်။ ဒါလဲ concrete compressive strength ကို အပြည့်အဝမသုံးသေးပါဘူး။ 0.85(85%)ထိပဲ သုံးတယ်၊ steel ultimate strength ကိုမသုံးဘူး၊ Fy(yield strength)ထိပဲ သုံးတယ်။

ဘယ် method ပဲသုံးသုံး အဓိကကတော့ သက်ရောက်လာမယ့် loads တွေထက် ကျနော်တို့ design လုပ်ထားတဲ့ member တွေက ပိုပြီးခံနိုင်နေရပါမယ်။ ဒါကိုတော့ နောက်စာအုပ်တွေမှာမှ သီးသန့်အကျယ်တဝင့်ရေးပါတော့မယ်။ example တစ်ပုဒ်လာက်တွက်ပြမှ လိုရင်းကိုပိုမြင်မှာပါ။ အခုက beginner တွေအတွက်ပဲမို့ member size တွေကို ခန့်မှန်းခြင်း (Preliminary Sizing) ကိုပဲ အဓိကရေး ထားပါတယ်ဗျာ။

Design Output	Concrete Area	Steel Area	Differences
Actual Design Strength	Ac (Fc)	As (Fs)	used 100% strength
Elastic stage Design strength	Ac (0.5Fc')	As (Fs)	used 50%F'_c, $F_s=nF'_c$)
Yield strength Design	Ac (0.7Fc')	As (Fy)	(0.5Fc'< Fc< 0.85Fc'), fs =Fy
Ultimate strength Design	0.85 Ac (Fc')	As (Fy)	used 85%F'_c, $F_s=F_y$

Point to remember:

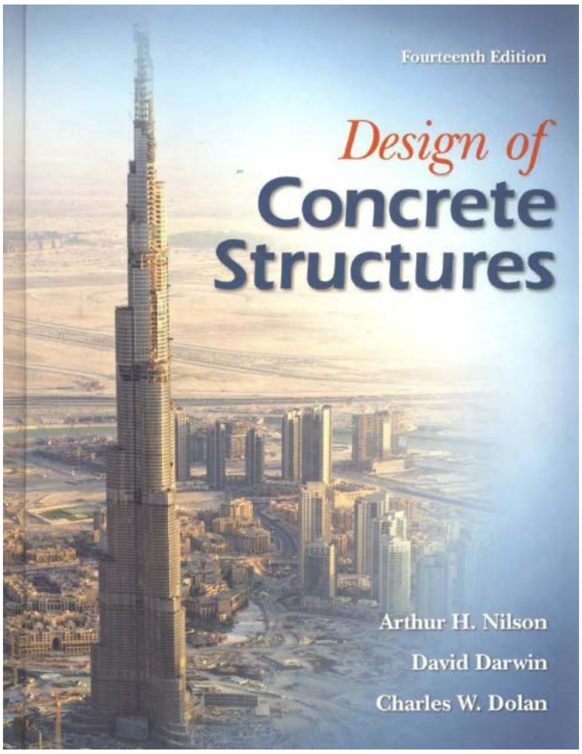
(1) The ultimate design strength is based in the scope of this writing guide.

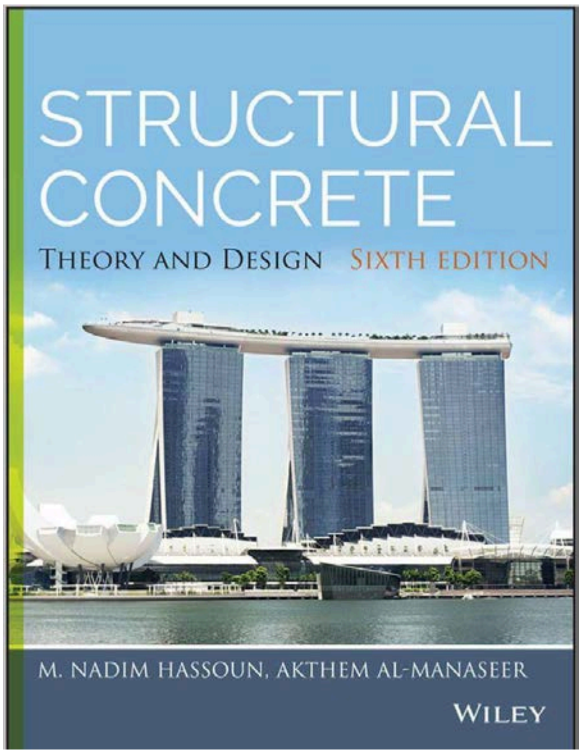
(2) This guide is helpful for preliminary design only, not for accurate structural calculations.

(3) We strongly recommend to use this guide only for those lower than 10-storeyed reinforced concrete buildings.

(4) In other words, we prohibited using this guide for high-rise buildings.

Reference: Chapter (1) Introduction, Arthur H. Nilson, Design of Concrete Structures





Title(5) Footing & Foundation

ပထမဆုံး အဓိက member ဖြစ်တဲ့ footing ကိုမပြောခင် foundation နဲ့ footing အခေါ်အဝေါ်ကို စရှင်းပါမယ်။ Engineering Term တော်တော်များများကာ Site ထဲမှာ မြန်မာမှုပြုလိုက်တော့ အခေါ်အဝေါ် က ရောနေပါတယ်။ တကယ်က structural term အရဆို footing က footing . . foundation က foundation ပါ။

Visual point of view အမြင်သဘောနဲ့ပဲ ခွဲရင် ground level အောက်က member အားလုံးဟာ foundation ပါ။ retaining walls, basement slabs, short columns, footing beams, footing, pile caps, etc., အစရှိသဖြင့်ပေါ့။

footing တို့ . . . Plie cap တို့ဆိုတာကတော့ foundation ဆိုတဲ့ Sub-structure (မြေအောက် structure) ထဲက အစိတ်အပိုင်းလေးတစ်ခုစီပါ။ Foundation Engineering ဆိုတာ Engineering ရဲ့ ဘာသာရပ်ကြီးတစ်ခုပါ။ ကျယ်ပြန့်ပါတယ် . . ကျနော့်ရဲ့ဒီစာအုပ်သေးသေးလေးမှာ မရှင်းပြနိုင်ပါဘူး။ အခေါ်အဝေါ်လောက်ပဲ ရှင်းလင်းပေးထားပါတယ်။

ဒီမေးခွန်းကိုဖြေပေးကြည့်ပါ . . Q - foundation ဘယ်နှစ်မျိုးရှိပါသလဲ?

Reinforced Concrete Foundations

Foundation: The lowest division of a building or other construction, partly or wholly below the surface of the ground, designed to ***support*** and ***anchor*** the superstructure and ***transmit*** its loads directly to the earth.

One Engineer = One Formula

ကျနော်နောက်ထပ်ရေးတဲ့စာအုပ်တွေကို ဆက်ဖတ်မယ်ဆိုရင်တော့အထာသိအောင်ဒီစကားလေးလဲ မှတ်ထားပေးပါအုံး။ ကျနော်တို့ Engineering မှာ ဘယ်အခြေအနေမဆို အမြဲ (၂)မျိုးရှိတယ်။ ဘယ်လို ၂မျိုးရှိလဲဆိုတော့ အမြဲ ***တစ်ယောက်တစ်မျိုး*** ။ အဟက် . . မှတ်မိအောင် စတာပါ။ တကယ်က တစ်ယောက်ကို တစ်မျိုးဆိုတာOne engineer = One Formula = Same Concept ကို ဆိုလိုတာပါ။

Hansen ကတစ်မျိုးဆိုVesic ကတစ်မျိုး . . Meyerhof ကတစ်မျိုး . . ဥပမာထပ်ပေးရရင် - ကိုအောင်မြတ်သူကတစ်မျိုးဆို . . ကိုတင်ကိုကိုကတစ်မျိုး . အဲ့ဒီတော့ ကိစ္စရပ်တိုင်းမှာ အဖြေက ၂ မျိုးဆီအနည်းဆုံးရှိတတ်တယ်လို့တွေ့ရလိမ့်မယ်။ အဲ့ဒါကိုက အင်ဂျင်နီယာတွေရဲ့ အရည်အချင်းတစ်ခုပါ။ ဒီတစ်မျိုးမရရင် နောက်တစ်မျိုးနဲ့ရအောင် လုပ်မယ်ဆိုတဲ့အကျင့်လေ။

Structure ဆိုတာ သဘာဝတရားကိုလေ့လာတဲ့ ဘာသာရပ်ပါ။ သဘာဝမှာPositive နဲ့ Negative ရှိတယ်။ Structure မှာ positive moment နဲ့ negative moment ရှိတယ်။ သဘာဝမှာ လူပုနဲ့ လူရှည်ရှိတယ်။ Structure မှာ short column နဲ့ long column ရှိတယ် . . စသဖြင့် . . . အခြေခံ category နှစ်မျိုးဆီ Classify လုပ်လို့ရပါတယ်။ အဲ့ဒီတော့ စောစောကမေးတဲ့ မေးခွန်း Q - foundation ဘယ်နှစ်မျိုးရှိလဲဆိုရင် အဖြေက (၂)မျိုးရှိပါတယ်။ တခြား member တွေဟာလဲ အနည်းဆုံး ၂မျိုးစီရှိပါတယ်။

Shallow foundation နဲ့ Deep foundation . . ပါ။

Classification of Foundations

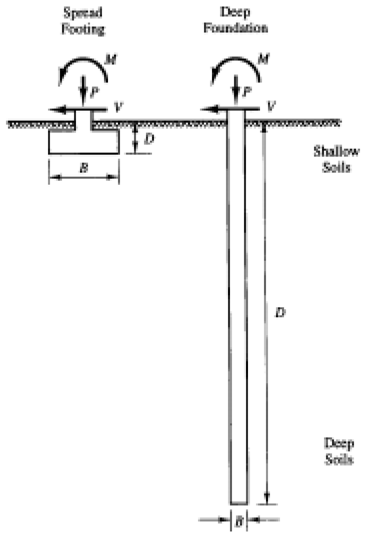
Foundation Depth တိမ်ရင် Shallow . . နက်ရင် Deep(အဲ့လိုတော့ အမြင်နဲ့ခွဲလို့မရဘူးပေါ့)။ Structural Division အရ depth of foundation ကိုတည် footing width နဲ့စား ၂ ထက်ကြီးရင် Deep ပါ။Foundation depth က width ရဲ့ ၂ဆထက်များနေပြီဆိုရင် Deep Foundation လို့စဉ်းစားသင့်ပြီ။ Structural Engineering မှာ ဂဏန်းတွေကို ပုံသေမမှတ်ပါနဲ့။ တချို့Design စာအုပ်တွေမှာ D/b ratio ကို 1.5 နဲ့ခွဲပါတယ်။ ပြောပြီးပြီ . . အင်ဂျင်နီယာဆိုတာကတစ်ယောက်တစ်မျိုးပါ။ကိုယ်ပိုင်ဟန်ကိုပုံဖော်ပါ။

Two Types of Foundation

D < 2B (Shallow Foundation)
D > 2B (Deep Foundation)

Where, D = Depth of foundation
B = Width of footing

- Shallow vs Deep Foundations
  - A deep foundation is one where the depth of embedment is larger than 2X the foundation width.



Footings are structural members used to support columns and walls and transmit their loads to the underlying soils. *Reinforced concrete* is a material admirably suited for footings and is used as such for both reinforced concrete and structural steel buildings, bridges, towers, and other structures.

Footing ဆိုတာ အဆောက်အဦမှာမှ မဟုတ်ဘူး။ Structure တိုင်းမှာ အရေးအကြီးဆုံးအပိုင်းပါပဲ။ ဘယ်အရာမဆိုFooting ကစတက်ရတယ်လေ။ Footing တွေမခိုင်ရင် foundation မခိုင်ဘူး။ foundation မခိုင်ရင် လူတစ်ယောက်ရဲ့ဘဝ၊ လုပ်ငန်း၊ အချစ်၊ ဘယ်အရာမှ မတည်မြဲဘူး အစရှိသဖြင့်စကားပြောရင်တောင် တင်စားလေ့ရှိကြတယ်လေ။ ဒါက Foundation ရဲ့အရေးကြီးမှုတဖြစ်လဲ footing တွေရဲ့အရေးပါမှုပါပဲ။

footing ပေါ်မှာ column or wall ရှိမယ်။ Gravity Load Path အရသူ့အပေါ်ကျလာတဲ့ load တွေကို underlying soil ဆီပို့ပေးတယ်။ footing ဘယ်နှစ်မျိုးရှိပါသလဲ။ ထုံးစံအတိုင်း (၂)မျိုးရှိတယ်။

(A) Natural footings (သဘာဝအုတ်မြစ်) သဘာဝကဖန်တီးပေးထားတဲ့ မြေကြီး soil

(B) Artificial footings (တည်ဆောက်အုတ်မြစ်) single/ combined/ mat/ cap/ etc.

Natural footings(သဘာဝမြေသား)တွေအကြောင်းကတော့ Geotechnical Engineer များထံမှာ လေ့လာပါ။ ကျနော်ကတော့ MES(Taunggyi)က ကျနော့်ဆရာတစ်ယောက်ဖြစ်တဲ့ ဆရာဦးရဲခေါင်(PE-geotechnical) 2012 December တုန်းက သင်ပေးဖူးတဲ့ Soil is a very complex construction material. *"Soil ဆိုတာ အလွန်မာယာများတဲ့ construction material တစ်မျိုး"* ဆိုတာပဲ သိပါသေးတယ်။ Artificial footings တွေကတော့ . . .

Types of Footings

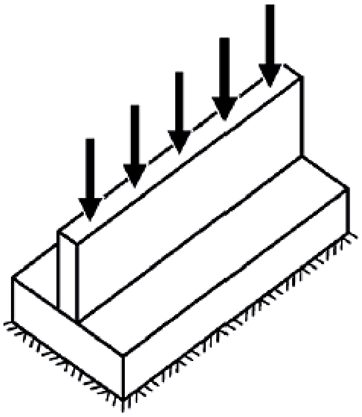
(a) Wall footings/ Strip footings

(b) Isolated footings/ Single Footings (One column on one footing, square or other shapes)

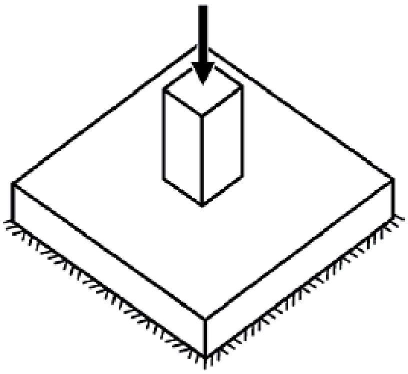
(c) Combined footings (Two or more columns rest on one footing, in a single row)

(d) Mat or Raft footings (Four or more columns rest on one footing, in two or more rows)

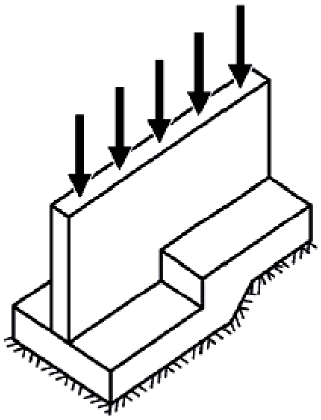
(e) Pile Caps (A single footing rest on One or more Piles)



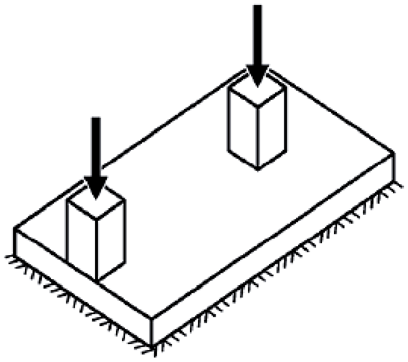
Strip footing



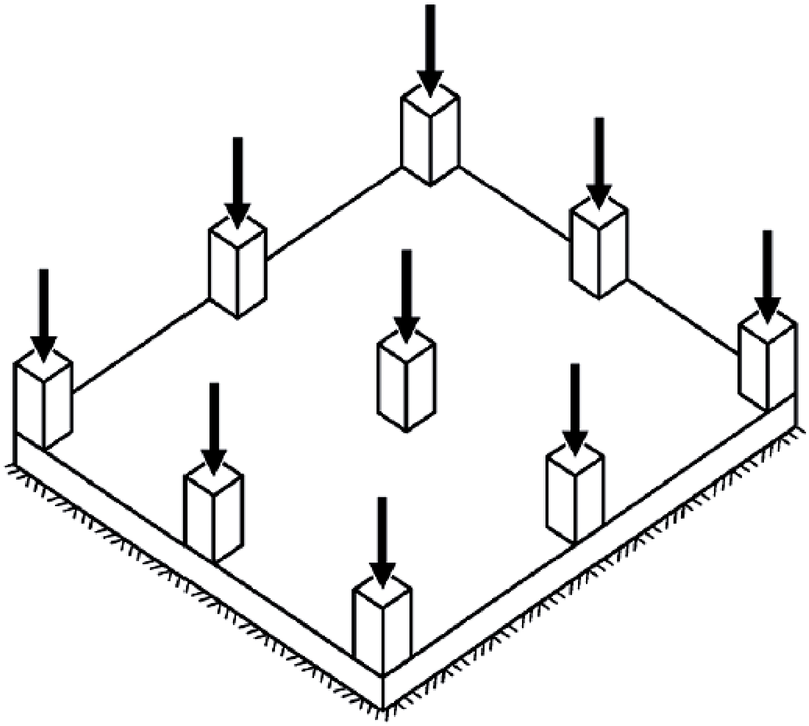
Isolated footing



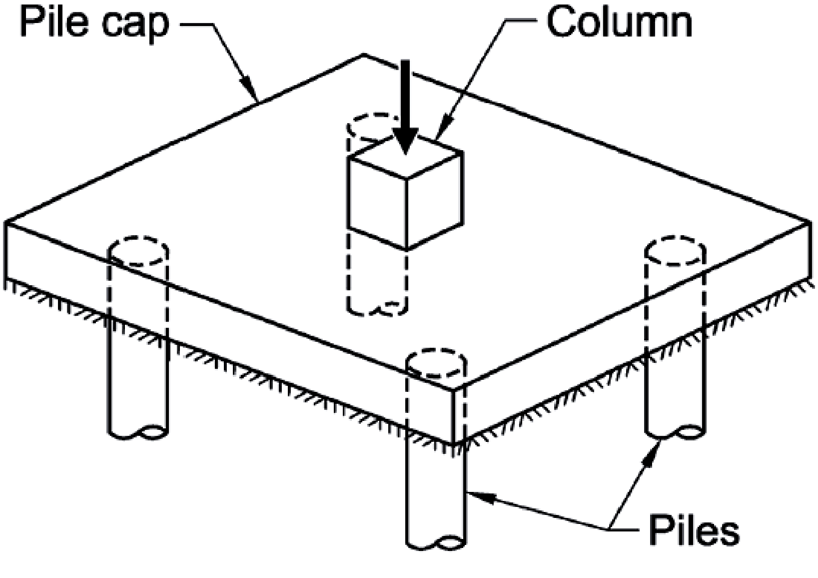
Stepped footing



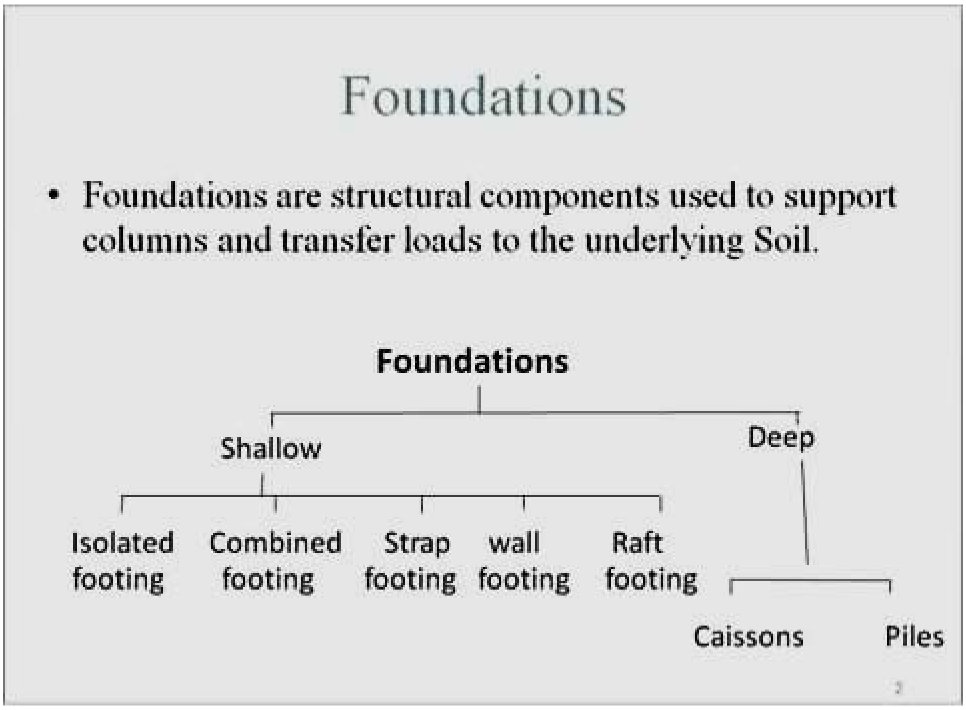
Combined footing



Mat foundation



Shallow foundation အကြောင်းပဲ အဓိကရေးမှာပါ။ single footing ကလွဲရင် တခြား shallow foundation အကြောင်းတောင် ဒီစာအုပ်သေးသေးလေးမှာမပါသေးပါဘူး။ Deep foundation က Geotechnical Engineering နဲ့ဆက်စပ်ပါတယ်။ ကျနော်က basis ပဲရေးနေတာပါ တကယ်တတ်ချင်သူတွေ က ဆက်လေ့လာပါ။ Structural Engineering မှာ စာမျက်နှာကျော်ဖတ်လို့မရပါဘူးဗျာ။



Types of Piles

(a) Bearing Piles (rest on hard stratum soil)

(b) Friction Piles (doesn't rest on hard stratum, friction force between pile & soil is critical)

(c) Floating Piles (rarely used)

Refer to - Pier & Pier Foundation Analysis and Design, Peter J. Bosscher, University of Wisconsin-Madison

Footing ဆိုတာ အဆောက်အဦမှာမှ မဟုတ်ဘူး။ Lamp-post ဓာတ်တိုင်တွေကအစ Structure တိုင်းမှာ အရေးအကြီးဆုံးအပိုင်းပါပဲ။ ဘယ်အရာမဆို Footing ကစတက်ရတယ်လေ။ Footing တွေ မခိုင်ရင် foundation မခိုင်ဘူး။ foundation မခိုင်ရင် Super-structure လဲမခိုင်ဘူး။ ဒါက Foundation ရဲ့အရေးကြီးမှုတဖြစ်လဲ footing တွေရဲ့အရေးပါမှုပါပဲ။ မြင်တတ်မယ်ဆိုရင် **ကျနော်တို့ရဲ့ခြေထောက်ဟာ ကျနော်တို့ရဲ့ foot = footing ပါပဲ။**

Step (1) Find the required footing area.

The permissible pressure on a soil beneath a footing is normally a **few tons per square foot**. The compressive stresses in the walls and columns of an ordinary structure may run as high as a few **hundred tons per square foot**. It is, therefore, necessary to spread these loads over sufficient soil areas to permit the soil to support the loads safely.

Not only is it desired to transfer the superstructure loads to the soil beneath in a manner that will prevent excessive or uneven *settlements* and *rotations*, but it is also necessary to provide sufficient resistance to **sliding** and **overturning**.

Footing Area = Superstructure loads/ Effective soil bearing capacity

$$A = (DL+LL) / Qe$$

where, Qe = result from soil test by a well-qualified geotechnical engineer

For example only,
DL+LL = 50040 lb (22 tons),
Qe = 1 tsf (soil test)

Note: these values are used for example only.
Footing area = 22/ 1 = 22 sq. ft
For square footing, B = L = 4.75'
Use 4.75'x4.75' square footing for 22 tons loading and 1tsf bearing capacity.

footing area = DL+LL/ Qe

DL+LL = unfactored load ကို (software သို့မဟုတ် Hand Calculation နဲ့တွက်ထုတ်လို့ရပါတယ်)

Qe = soil test result ကရပါမယ် . . ကပျက်ကချော် soil test ကမရပါဘူး . . စောစောကပြောခဲ့ပါတယ်။ Soil ဆိုတာ အလွန်မာယာများတဲ့ construction material တစ်မျိုးပါလို့။ လွယ်လွယ်နဲ့မယုံရပါဘူး . . . soil မှာ အလျော့်အစားလဲကြီးပါတယ်။ သတိထားကြည့်ရင် super-structure member တွေအပိုင်းမှာ safety factor က 1.4DL, 1.7LL စသဖြင့် 1 point something ပဲရှိပါတယ်။ sub-structure/ foundation ပိုင်းမှာက ဆရာကြီးဦးညီလှငယ်စာအုပ်အရဆို 1.5 to 3 ထိရှိပါတယ်။ ကျနော်တို့ BE တန်း foundation text book အရ Safety factor က 1.5 to 10 ထိရှိနိုင်ပါတယ်။ Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic, စတဲ့ Geotechnical Engineer ကြီးများရဲ့ ပုစ္ဆာများအရ recommendation ပေးတာပါ။ သေချာတာက soil test ကလာရပါမယ်။

If recommendations on allowable bearing pressures are not given by geotechnical engineer in the soil report or what is given in the report is in doubt, the structural engineer must determine the values of allowable soil bearing pressures by using well-known procedures such as Hansen, Meyerhof's, Vesic's, SPT(Standard Peneration Test), etc. and good judgment must be exercised to select an appropriate value.

Step(2) Estimate the footing thickness.

To resist one-way (beam) shear and two-way(punching) shear by *concrete strength* only. From past experiences, footing thickness, h should be equal to the larger of column dimensions. For example, if column dimensions which will rest on the footing are 12''x12'', this footing thickness should be about 12''.

Single footing thickness ကို Column width အတိုင်းယူလိုက်ပါ။ Economic မဖြစ်ပေမယ့် စိတ်ချရပါတယ်။ One-way(Beam) shear အတွက်ရော၊ Two-way(Punching) shear အတွက်ရော safe ဖြစ်ပါတယ်။ Code ကသတ်မှတ်ထားတာကတော့ ဘယ်ခွာဖိနပ်မဆို အနည်းဆုံး ၆ လက်မအထူရှိသင့်ပါတယ်။ ၆ လက်မမှမထူရင် footing လို့မခေါ်သင့်ပါဘူး။

Step(3) Check minimum reinforcement.

As = p.Ac	As = p.Ac
As = (200/ Fy).b.d	As = 0.002bh (for grade less than 60ksi)
As = (?) sq. in	As = (?) sq. in/ ft
(Considered as Beam)	(Considered as Slab)

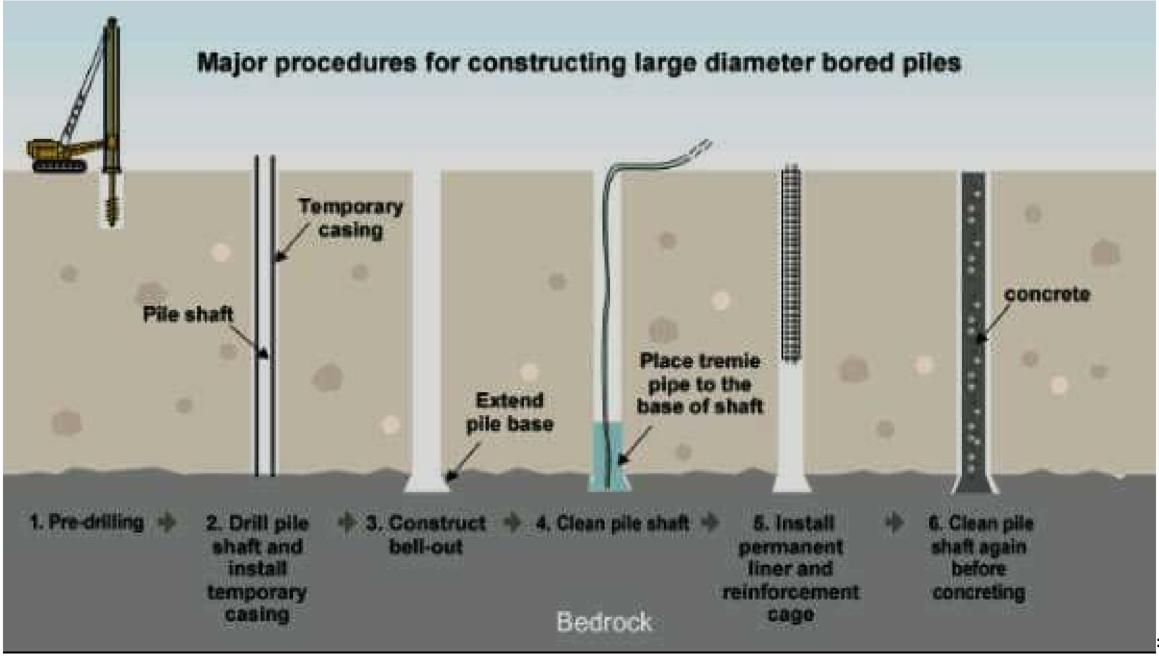
Point to remember:

(1) Reinforcement area considering as beam is controlled as As(minimum).

(2) Minimum thickness for any footing is 6 inches according to US & UK building codes.

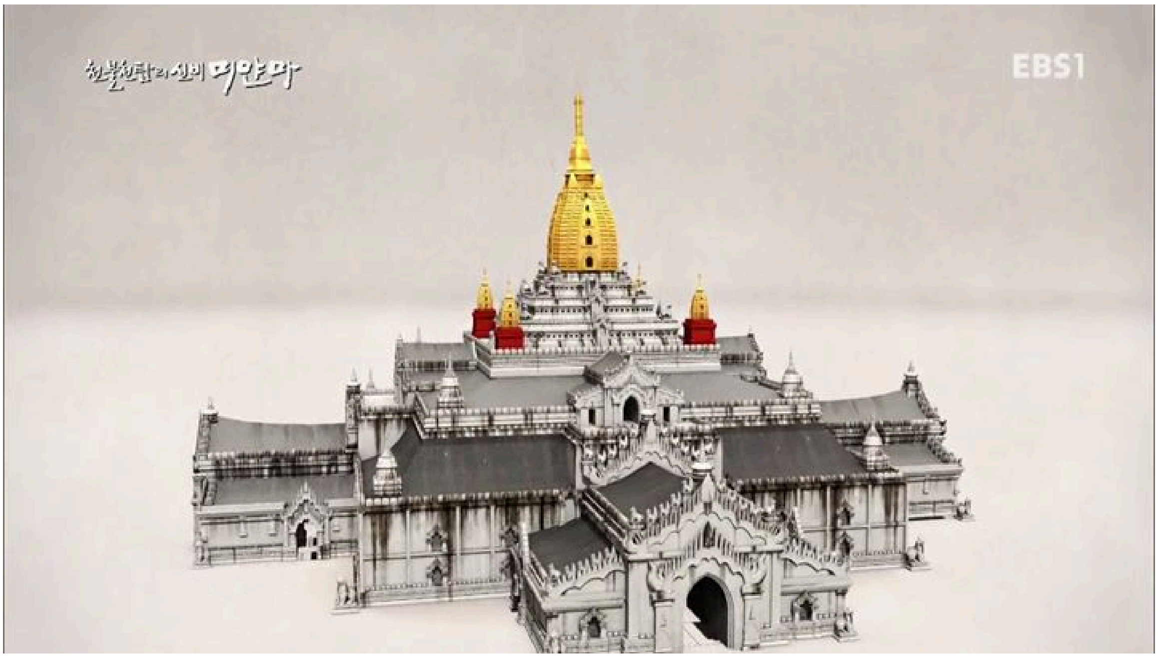
References:

ACI-318-14, Design of Reinforced Structures(9th Edition) Jack C. McCormac and Russell H. Brown Clemson University



=

Footings တွေဆိုတာ အပေါ်က Super-structure load ကိုရော အောက်က Soil pressure ကိုပါ အမြဲတမ်းခံနေရတဲ့ active member တွေပါ။ အထူးသဖြင့် ငလျင်/ မုန်တိုင်းလာတဲ့အချိန်မှာ အပေါ်က Super-structure design ဘယ်လောက်ကောင်းကောင်း footing မကောင်းရင် ပြိုမှာပါပဲ။ ဒါက footing တွေကို အရေးကြီးဆုံး အဓိက member ဖြစ်လာစေတဲ့ အကြောင်းရင်းတစ်ချက်ပါပဲ။ စိတ်ဝင်စားစရာအကောင်းဆုံး footing ကိုပြပါဆိုရင် ကျနော့်အတွက်ကတော့ ပြင်သစ်မှာရှိတဲ့ Picasa (Leaning) Tower ရယ်၊ ကျနော်တို့ မြန်မာနိုင်ငံမှာရှိတဲ့ အထင်ကရပုဂံဘုရားတွေရဲ့ unknown footing design တွေပါပဲ။



Title(6) Column

Columns are mostly compression members designed to resist axial loads transferred from above. Columns, the vertical members in RC buildings, contain two types of steel reinforcement, namely

(a) Long straight bars(called longitudinal bars) placed vertically along the length, and

(b) Closed loops of smaller diameter steel bars (called transverse ties) placed horizontally at regular intervals along its full length.

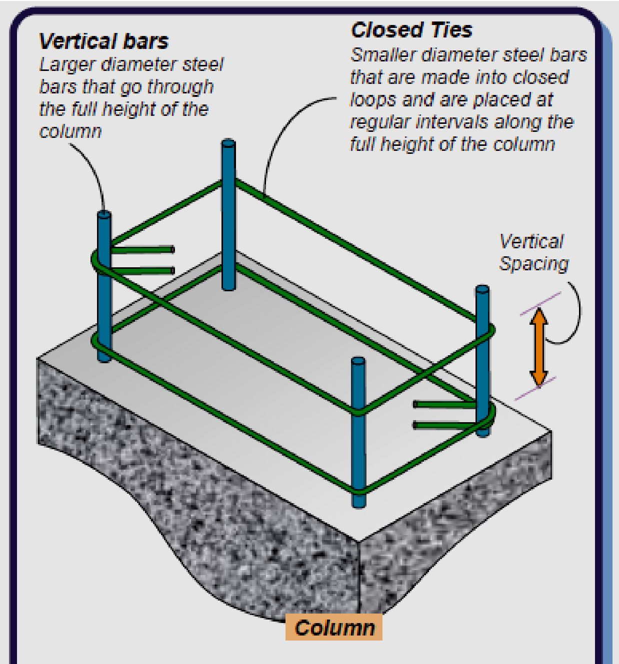


Figure 1: Steel reinforcement in columns – *closed ties at close spacing improve the performance of columns under strong earthquake shaking.*

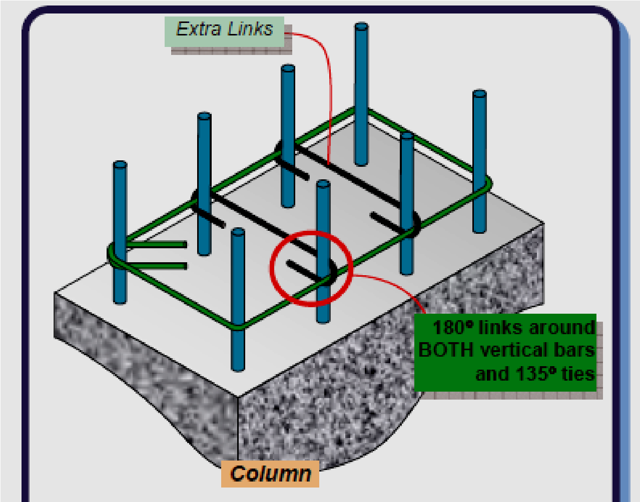


Figure 3: Extra links are required to keep the concrete in place – *180° links are necessary to prevent the 135° tie from bulging outwards.*

Types of Failures

Columns can sustain two types of damage, namely axial-flexural (or combined compression bending) failure and shear failure.

Step(1)Types of columns

height of column, H < 12b (Short columns)

height of column, H > 12b (Long or Slender columns)

height of column, H < cross-section of column (Short columns)

height of column, H > cross-section of column (Slender columns)

Slender Columns(Example)

Step(2)Size of columns

(a) Beam size (which depends on span length, see in Title 3 – Beam)

(b) Number of stories (in structural term 'axial loads' from above)

(c) Minimum column size for seismic case is 12"x12".

e.g., For 18' span length, Beam will be 12"x18"*(see in Title 3-Beam)*.

For strong column-weak beam effect, use column not less than beam width.

In this example, use C12x12 to carry B12x18 as a minimum for a top storey.

For lower stories, enlarge 2 inches floor by floor, C12x12 to C14x14 to C16x16. In this way, you can easily guess the suitable column sizes for the lowest storey level.

Step(3)Reinforcement limits

(a) ORMF and IMRF , use 1% (minimum) to 8% (maximum)

(b) SMRF, use 1% (minimum) to 6% (maximum)

OMRF = Ordinary Moment Resisting Frame *(100% cutoff is permitted)*

IMRF = Intermediate Moment Resisting Frame *(50% cutoff is permitted)*

SMRF = Special Moment Resisting Frame *(50% cutoff is permitted)*

Step(4) Shear Reinforcement(Ties)

Use 8 mm Ties, Smax = b or h (non-seismic)

Use 10 mm Ties, Smax = and b/2 or h/2 (seismic case)

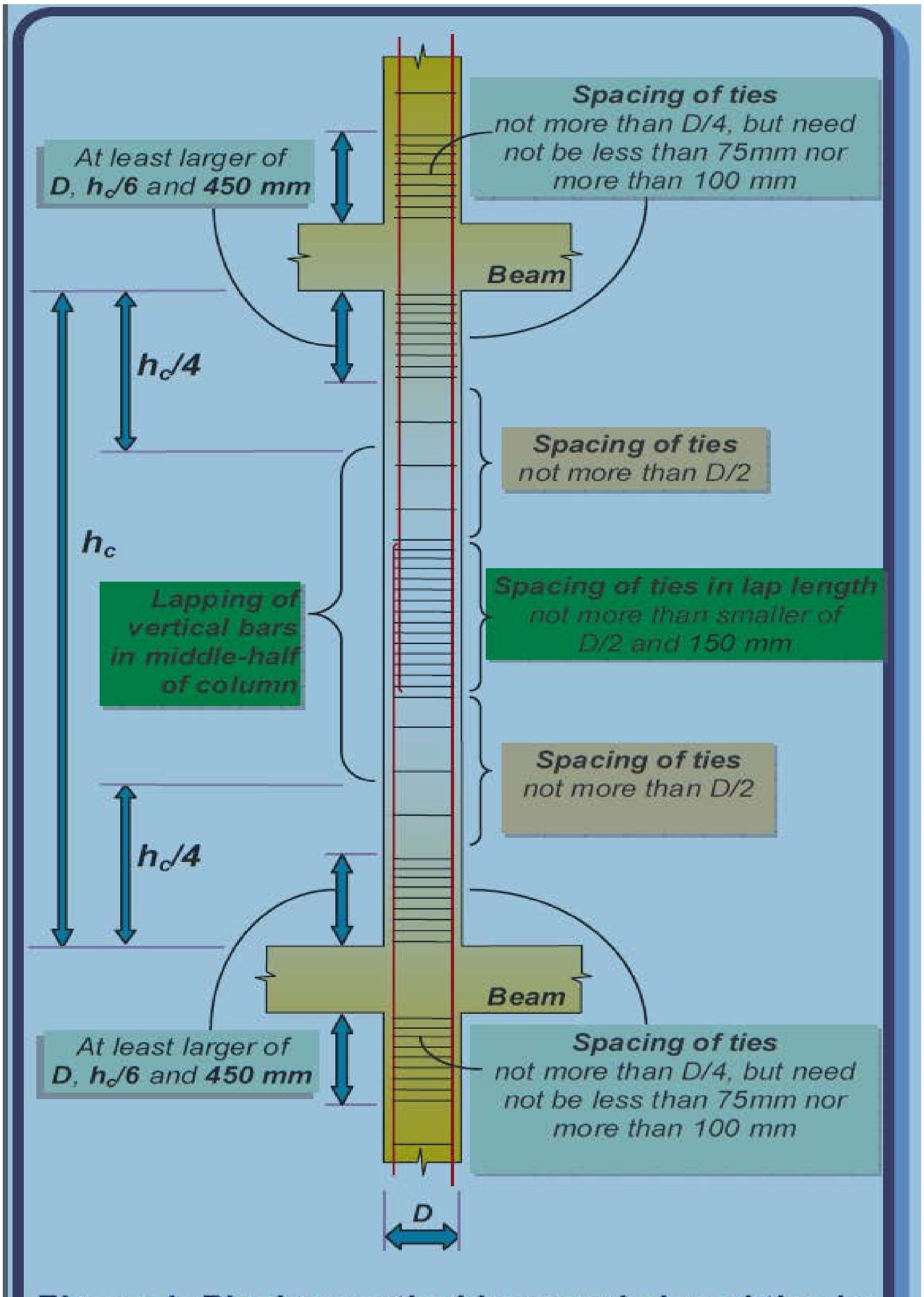


Figure 4: Placing vertical bars and closed ties in columns – *column ends and lap lengths are to be protected with closely spaced ties.*

References: Earthquake Tips . . Chapter(20)

ACI-318-14, Refresher course and Field reference manual for site engineers and inspectors, U Nyi Hla Nge

Title(7) Beams

In RC buildings, the vertical and horizontal members (i.e., the columns and beams) are built integrally with each other. Thus, under the action of loads, they act together as frame transferring forces from one to another. This tip is meant for beams that are part of a building frame and earthquake induced forces.

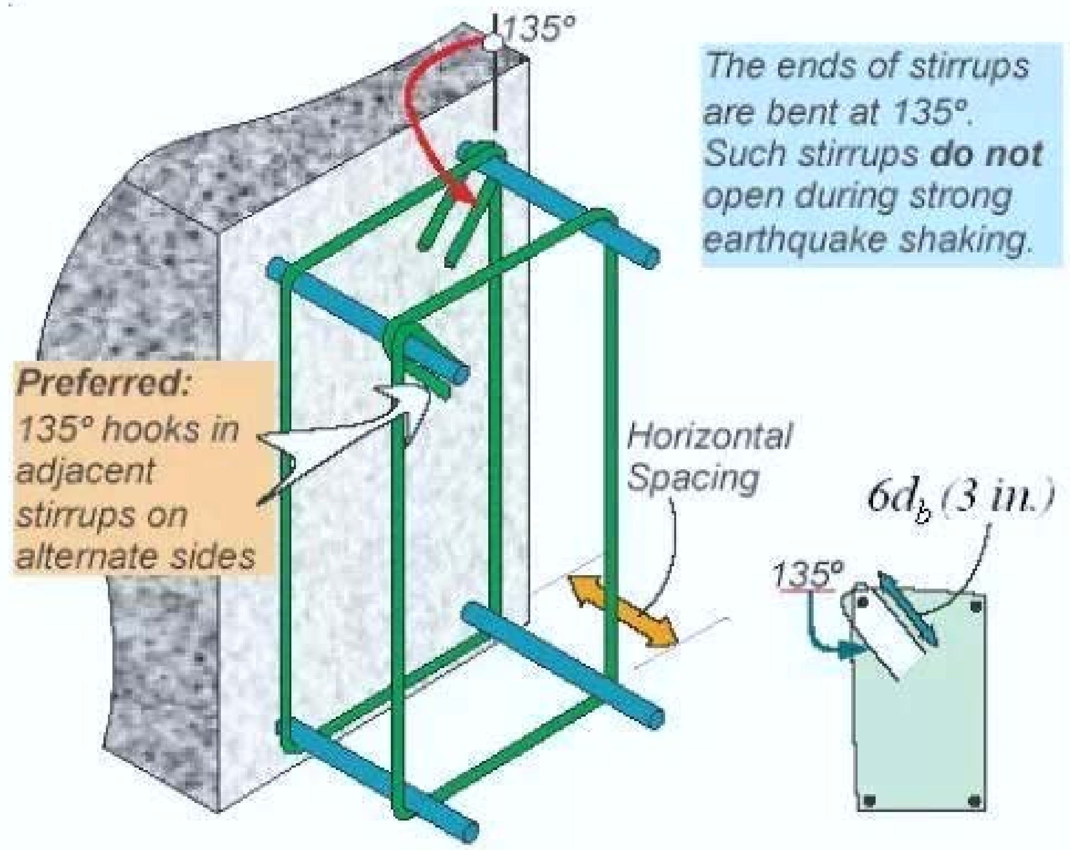


Figure 24: Steel reinforcement in seismic beams.

Beams in RC buildings have two sets of steel reinforcement, namely

(a) Long straight bars(called longitudinal bars) placed horizontally along the length, and
(b) Closed loops of smaller diameter steel bars (called stirrups) placed vertically at regular interval along its full length.

Types of Beams

(a) Superstructure Beams

(b) Sub-structure Beams

Super-structure(Construction Points of View)

(a) Main Beam (column to column)

(b) Secondary Beam (beam to beam, or column to beam)

Super-structure(Structural Points of View)

(a) Singly Reinforced Beam

(b) Doubly Reinforced Beam

(c) T-beam

(d) Deep Beam

(e) Wide/ Flat Beam

(f) Other Irregular Beams

Sub-structure Beams

(a) Ground Beam (carry loads)

(b) Tie Beam (to connect piles/ footings/ columns)

Step(1)Types of beams

Rho (steel ratio) < 0.75p_b (Singly Reinforced)

Rho (steel ratio) > 0.75p_b (Doubly Reinforced)

Table-A4(Design of Concrete Structures, Arthur H. Nilson)

Design Moment < Actual Moment

(even used maximum As, i.e., Doubly Reinforced Case)

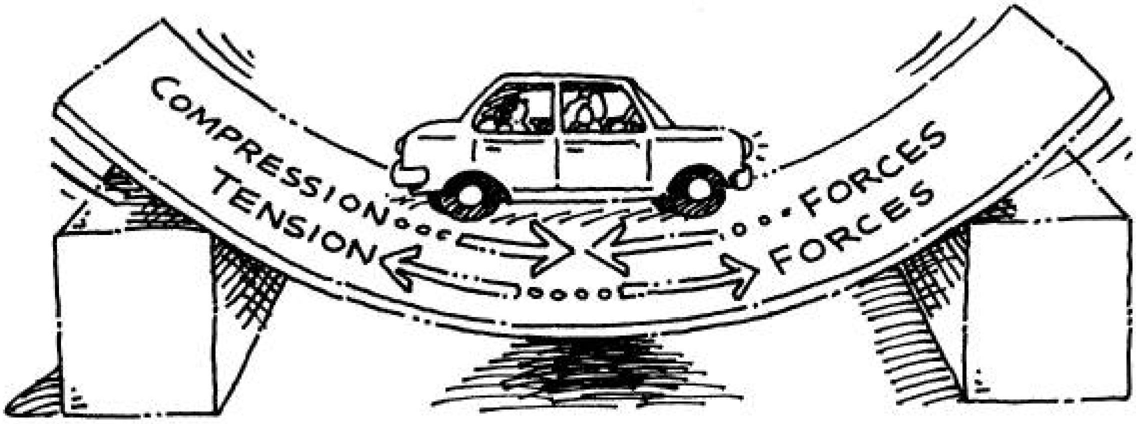
Step(2)Size of beams

(a) Depends on span length, L ~ h, e.g., 1′ ~ 1″ *Reinforced Concrete Detailing, John A. Baker*

(b) Over 20′ span, 1′ ~ 0.9″ Rule of Thumb is recommended to reduce D.L.

(c) Minimum beam depth for any case is 9 inches.

(d) Beam width is generally 2/3 times its depth, b = 2/3 x h



Step(3)Reinforcement limits

(a) p(min) to p(max) *ACI-318-05 (or) Field Reference Manual and Refresher Course, U Nyi Hla Nge*

(b) $p_{min} = 200/F_y$ (or) $\frac{3\sqrt{f'_c}}{f_y}$ *Table-A4(Design of Concrete Structures, Arthur H. Nilson)*

e.g., For 18′ span, L =18′

h = 18″

b = 2/3 h = 2/3 x 18 = 12″

For preliminary sizing, using main beam B12x18 is suitable for span 18′ long.

For secondary beams, they should be smaller than main beams which carry them.

Step(4) Shear Reinforcement(Ties)

Use 10mm stirrups,

Smax = b or d (non-seismic) and b/2 or d/2 (seismic case)

Smax = P/8 (p = perimeter of stirrups)

Smax = 12″

References:

Reinforced Concrete Detailing, John A. Baker, and ACI-318-05 (or) Field Reference Manual and Refresher Course, U Nyi Hla Nge, and Table-A4(Design of Concrete Structures, Arthur H. Nilson)

Title(8) Slab

In reinforced concrete construction, floor slabs are used to provide flat, useful surfaces. A reinforced concrete slab is a broad, flat plate, usually horizontal, with top and bottom surfaces parallel or nearly so. It may be supported by reinforced concrete beams (and is usually cast monolithically with such beams), by masonry or reinforced concrete walls, by structural steel members, directly by columns, or continuously by the ground.

Step(1) Types of slabs

(a) One-way, Load Distribution Slabs

Loads are distributed only in one direction, one arrow sign

(b) Two-way, Load Distribution Slabs

Loads are distributed both in two directions, two arrows sign

For more explaination by Myanmar language, visist www.facebook.com/millimetretaunnggyi

For e.g., 15'x15' room (dimensions refer to effective spans, i.e., beam o beam)

L/ B = 15/15 = 1 < 2 (i.e. 2 ways load distribution slab)

For e.g., 15'x5' room (dimensions refer to effective spans, i.e., beam to beam)

L/ B = 15/5 = 3 > 2 (i.e. 1 way load distribution slab)

Point to remember: *The real difference between 1W and 2W slabs is load distribution direction and its deflection.*

(1) Sometimes, even 1 way load distribution slabs can need two layers of reinforcement, i.e., both positive steel and negative steel, for example, in stair, inclined slabs.
(2) Just for knowledge, the ratio is considered by 3 (not 2) in ancient design concepts.
(3) There is no by-heart (sparrow study system) in structural engineering.

Step(2) Minimum Thickness of 1 way slabs and 2 way slabs

Table 7.3.1.1—Minimum thickness of solid nonprestressed one-way slabs

Support condition	Minimum h[1]
Simply supported	$\ell/20$
One end continuous	$\ell/24$
Both ends continuous	$\ell/28$
Cantilever	$\ell/10$

[1]Expression applicable for normalweight concrete and f_y = 60,000 psi. For other cases, minimum h shall be modified in accordance with 7.3.1.1.1 through 7.3.1.1.3, as appropriate.

For 1-way slabs, **L = shorter span**

For e.g., 15'x5' room (dimensions refer to effective spans, i.e., beam to beam)

L/ B = 15/5 = 3 (one-way slab)

h = L/24 = 5/24 = 2.5 < 3" , use 3" *(for simply supported case, loading is 10 kN/mm^2)*

For 2-way slabs, h(minimum) = Perimeter/ 180 = 2(L+B)/180 = (L+B)/90

For e.g., 20'x20' room (dimensions refer to effective spans, i.e., beam to beam)

Step(3) Reinforcement Limits(Minimum)

For less than Fy = 60 ksi (is suitable Myanmar), As(minimum) = 0.002 bh

Since slab is considered to be 1 ft width strip (b=12''), As = 0.002 x 12 x 6.5 = 0.156 sq. in/ ft

To be easily, that (sq. in/ft) means 0.156 sq. in = 1 ft(12'')

If we provide No.3(10mm) as usual 0.11 sq. in = ?

As = 8.5'' c/c

Maximum spacing for 2 way slab, s = 2h and so S(max) = 2 x 6.5 = 13'' > 8.5'' c/c

At least As (minimum) should be provided for any case, use No.3(or)10mm @4''c/c spacing *main steel* and 8'' c/c spacing ***distribution or temperature and shrinkage steel*** for 6.5''two ways slab.

Step(4) Maximum Spacing

Smax = 2h or 18'' (for 2-way slabs)

Smax = 3h or 18'' (for 1-way slabs)

Point to remember:

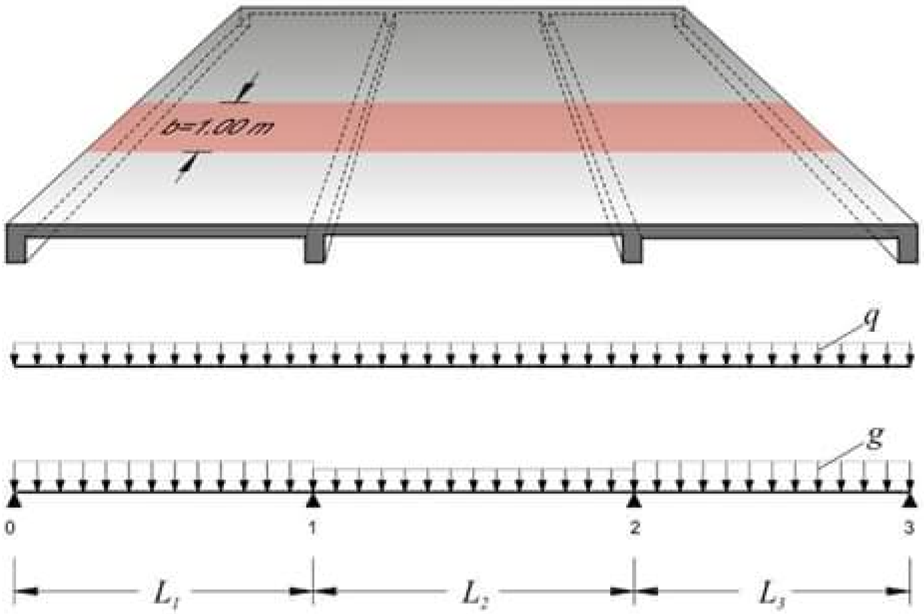
(1) ACI code recommended Rho(p) = 0.004 should be used for bottom steel, i.e., 2 times of As(minimum) as we used in above example.
(2) For 2 way slabs, both shorter and longer directions are main steel, i.e., effective depth, d, is treated as an average effective depth for both directions in structural design.
(3) That is why, one bar diameter construction error in steel detailing work for 2 ways slab is neglected often.

Table 7.6.1.1—$A_{s,min}$ for nonprestressed one-way slabs

Reinforcement type	f_y, psi	$A_{s,min}$	
Deformed bars	< 60,000	$0.0020A_g$	
Deformed bars or welded wire reinforcement	≥ 60,000	Greater of:	$\frac{0.0018 \times 60,000}{f_y} A_g$
			$0.0014A_g$

References:

Design of Concrete Structures, Arthur H .Nilson and ACI-318-14, Chapter 7 and 8



Slab thickness is based on 1 unit strip, the largest deflections strip

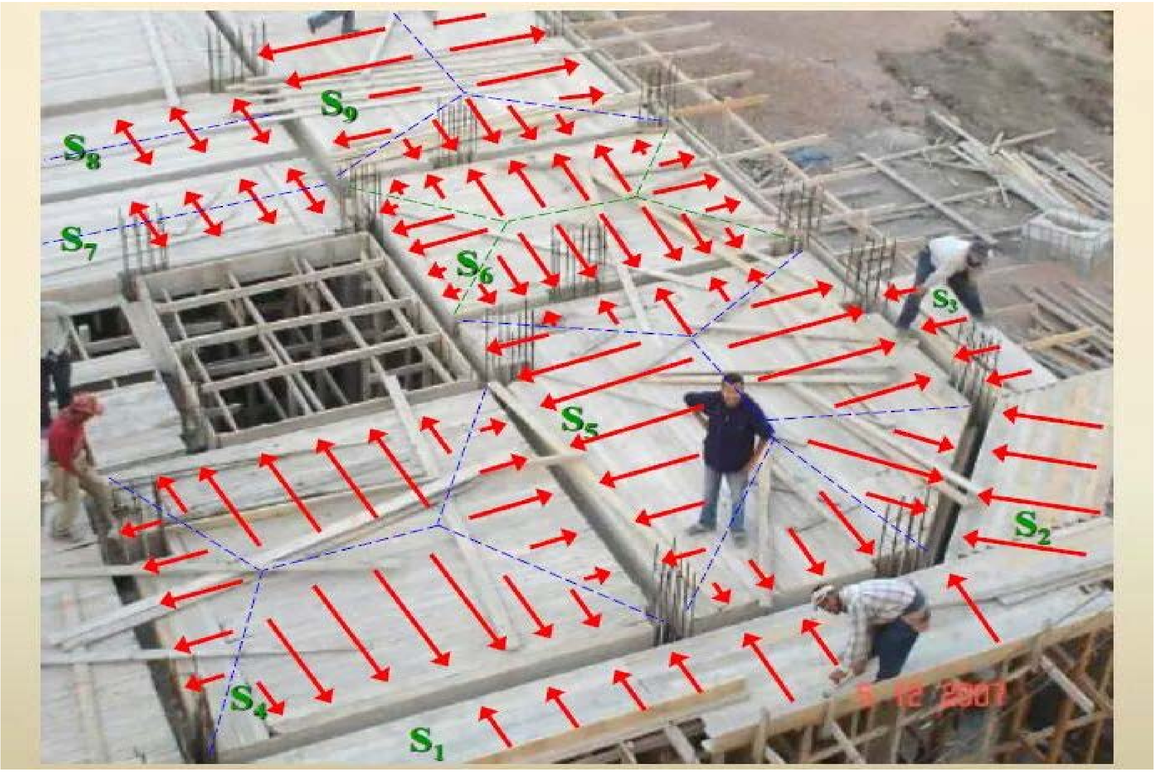


Photo- Visual inspection in Site for 1-way and 2-way slabs

Title (9) Stair

Stairs consist of risers, treads and landings. The total steps and landings are called a *staircase.* For structural analysis, each flight is treated as a single flight and is considered supported on two or more beams. The landing extends in the transverse direction between two supports and is designed as one-way load distribution slab. Among many types of stairs, we commonly use Double-flight stairs in Myanmar. The structural behavior of stair is similar to that of a one-way slab supported at both ends.

Step(1) Types of stairs

(a) One-way, Load Distribution Stairs *(Loads are distributed only in one direction, one arrow sign)*

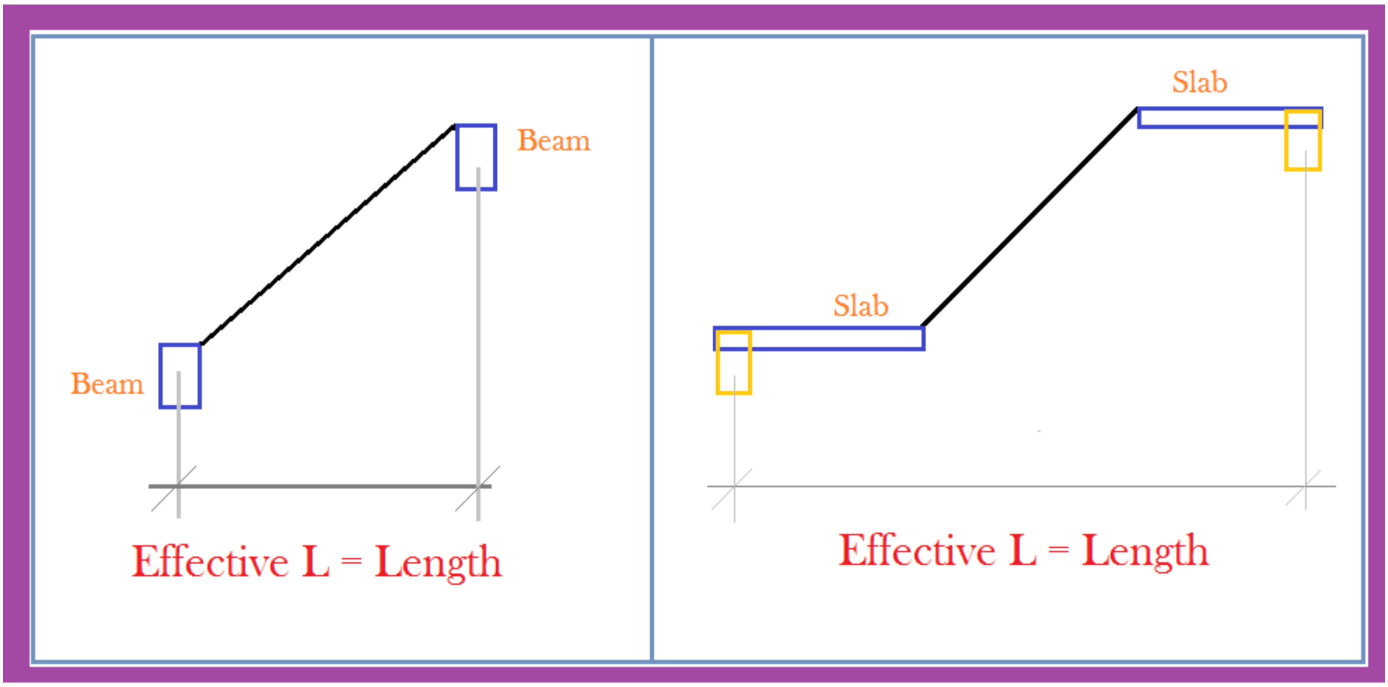
(b) Two-way, Load Distribution Stairs *(Loads are distributed both in two directions, two arrows sign)*

Point to remember: The method is same as in one-way and two-way load distribution slabs.

Step(2) Waist of Stairs

(a)For both end continuous case, h = L/28 = Inclined Length/ 28 x 12 = (?) in

(b) Inclined length of stair is calculated by Pythagoras' Theorem, $A^2 = B^2 + C^2$.



Step(3) Reinforcement Limits(Minimum)

Except for negative steel, the method is same as in one-way slabs.

Point to remember:

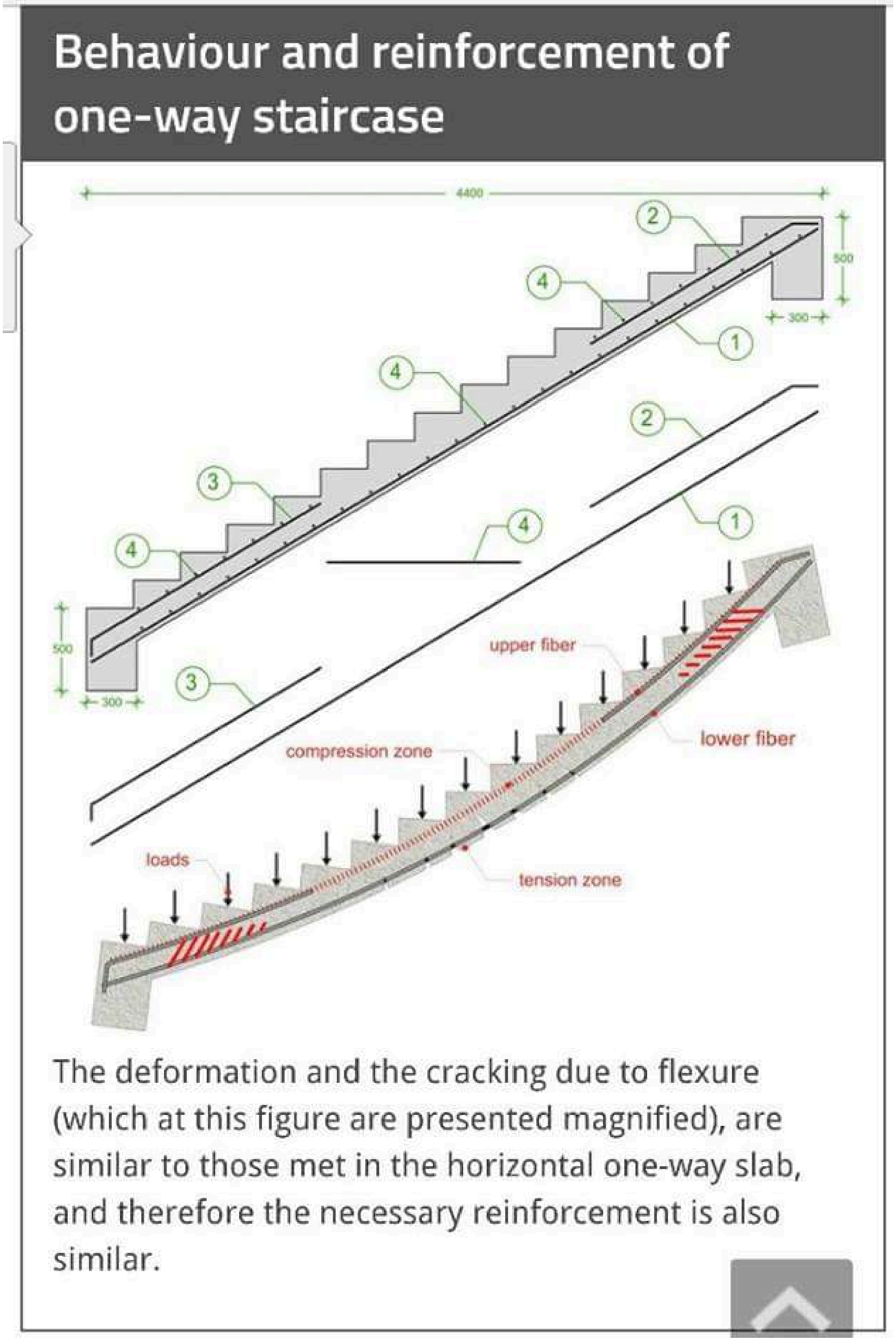
(a) *One-way stair, here, is considered because this type is mostly used in most constructions.*

(b) *This is only general use for preliminary design.*

(c) *This shortcut way should not be used for inclined length more than 12 feet.*

(d) *Structural engineering is simple is concepts, but so complex in details.*

(e) *Please don't hesitate to ask and discuss with MilLimetRe-Training and Design Group.*



To be continued . . .

" With Bundle of Thanks "

It is never too late to learn . .

. . Structural Engineering!