دیـــــواری راگـــــر

ئامادەکردنی

دانا عبدالکریم حەمە صاڵح

ئەندازیاری شارستانی

﴿ دیـــــــــــــواری ڕاگر ﴾

دیــــواری ڕاگـــــــر ئەو پێکهاتەیە کە بەکاردێت بۆ ڕاگرتن و گلدانەوەی خۆڵ و خاك بەرد و هەموو ئەو ماددانەی کە بـــــە شێوەیەکی شاووڵی یان نیمچە شاووڵی بوونیان هەیە و ناتوانن بەشێوەیەکی سروشتی لە دۆخێکی سەقامگیر و سەنگیندا بمێنەوە.

، کەواتە دیواری ڕاگـــــر کاری سەرەکی یەکەی بریتی یە لە پێدانی هێزی لاتەنیشت بە هەموو ئەو پێکهاتانەی کە پێویستە سنور دار بکرێن و جێگیر بن .

جۆرەکانی دیواری ڕاگر :-

دیواری ڕاگر چەندین شێوەو جۆری هەیە ، هەر جۆرێك لە دیواری پەیوەست بەو ڕۆڵەی کە ئەیبینێت لە شێوەی گلدانەوە و جۆری پرۆژەکە ، چـــەندین جۆری بەربڵاوی دیواری ڕاگر هەیە کە ئەمانەی خوارەوە بەشێکیانن :-

- دیواری ڕاگری تەختە (دارە ڕا)
- دیواری ڕاگری بەرد (قورسایی) .

  GravityRetaining Wall
- دیواری ڕاگری کۆنکرێتی

  Cantilever Retaining wall

  Counterfort Retaining wall

  Buttress wall
- دیواری ڕاگر بەهۆی بەکارهێنانی ئاسن و پلاستیك بە شێوەی (نێر و مێ) (**interlocking**) .

- دیواری ڕاگری (Gabbion) .
- دیواری ڕاگر بە هۆی ڕاکێشانەوە (Anchors, Soil nailing) .

بە شێوەیەکی گشتی ڕاگرتنی پێکهاتەی دیواری بە دوو شێوە ئەکرێت :-

یەکەم :- توند و تۆڵ کردن و جێگیر کردنی دەرەکی(External stabilized system).

دووەم :- توند و تۆڵ کردن و جێگیر کردنی ناوەکی (Internal stabilized system) .

- **توند و تۆڵ کردن و جێگیر کردنی دەرەکی بەم شێوازانە ئەکرێت :-**

١- ڕووتەختە پایە (Sheet pile) .

٢- ئاسن .

٣- کۆنکرێت .

٤- کۆنکرێتی شیشدار .

٥- بەرد .

٦-کۆنکرێتی قاڵبدار .

٧-(Gabbions) .

*** توند و تۆڵ کردن و جێگیر کردنی ناوەکیش بەم شێوازانە ئەکرێت :-**

١- بەهێزکردن و پتەوکردنی خاك (Reinforcing Earth)

٢- چنگ کردن بە خاکدا (Soil Nailing)

٣- تۆڕی وورده پایە (Reticulate Micro- Piles)

بەڵام بە شێوەیەکی سادە ئەتوانین جۆرەکانی دیواری ڕگر کورت بکەینەوە بۆ ئەم چوار جۆرە:-

١- دیواری ڕاگری قورسایی (هێزی ڕاکێشانی خوارەوە) (Gravity Retaining Wall

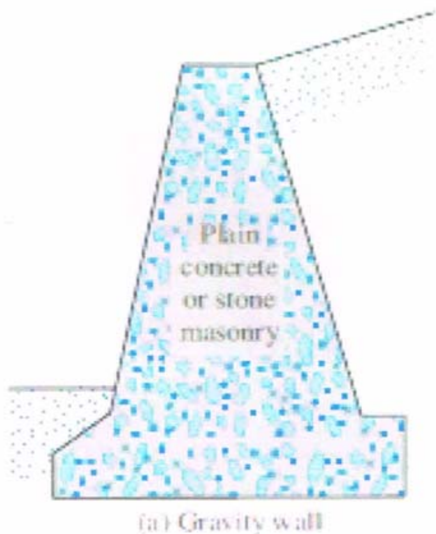
٢- دیواری ڕاگری نیمچە قورسایی) (Semi gravity Retaining Wall

٣- دیواری ڕاگری کونکرێتی شیشدار) (Cantilever Retaining Wall

٤- دیواری ڕاگری کۆنکرێتی شیشداری پتەوکراو) Counterfort retaining wall

یــــــەکەم :- دیواری ڕاگری قورسایی (Gravity Retaining Wall):-

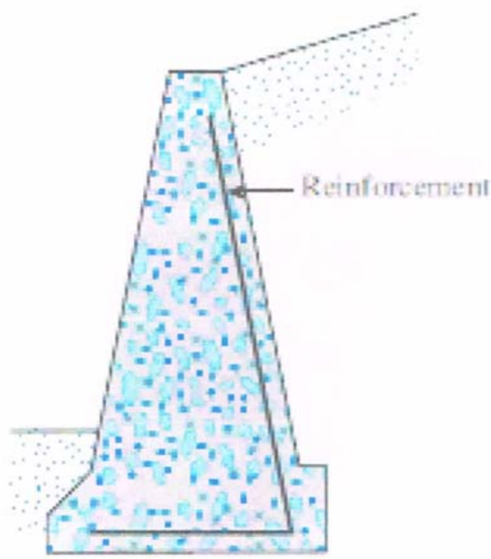
ئەم جۆرە دیوارە دروست ئەکرێت بە کۆنکرێتی سادە یان بەرد ئەم جۆرەش پشت بە قورسایی کێشی خۆی و ئەو خۆڵ و خاك ئەبەستێت کە ئەکرێتە سەری ، وە بە سادەترین جۆری دیواری ڕاگر دائەنرێت و بەکارهێنانی زۆرە بەڵام ئەم جۆرە لە دیواری ڕاگر گونجاو ڕاست نی یە بۆ ئەو شوێنانەی کە پێویستی بە دیواری بەرز هەیە ، واتە هەچ کاتێك پێویستمان بە دیوارێك بەرز هەبوو بۆڕاگرتنی خۆڵ و خاك ئەوا پێویستە بیر لە جۆرەکانی تر دیواری ڕاگر بکەینەوە .



(a) Gravity wall

دووەم :- دیواری ڕاگری نیمچە قورسایی (Semigravity Retaining Wall) :-

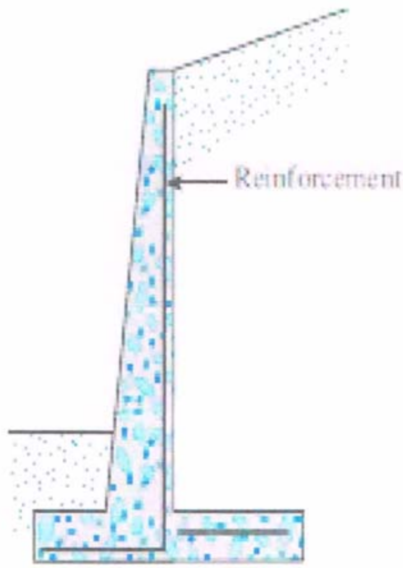
دیواری ڕاگری نیمچە قورسایی بە شێوەیەکی گشتی زۆر نزیکە لە دیواری ڕاگری قورسایی بەڵام جیاوازی یەکەی ئەوەیە کە هەندێك جار بۆ بچووك کردنەوەی قەبارەی (Section) دیوارە ڕاگرەکە شیش بەکار ئەهێنین بۆ ئەوەی هێزی شیشەکە قەرەبووی بچوککردنەوەی (Section) دیوارە ڕاگرەکە بکات .



(b) Semigravity wall

سێ یەم :- دیواری ڕاگری کۆنکرێتی شیشدار (Cantilever retaining wall) :-

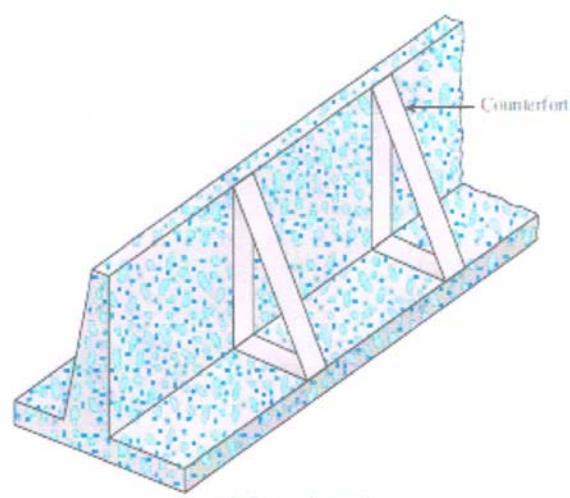
ئەم جۆرە دیوارە بۆ ئەو شوێنانە زیاتر بەکاردێت کە پێویستمان بە دیوارێکی ڕاگری بەرز هەیە کە پێك دێت لە (Stem) (قەد)ێکی بەرز و ژێر تەختێکی (base slab) کۆنکرێتی شیشدار .



(c) Cantilever wall

چوارەم :- دیواری ڕاگری شیشی پتەکراو (Counterfort Retaining wall)
-:

ئەم جۆرەش زۆر نزیکە لە دیواری شیشدار (Cantilever Retaining Wall) بەڵام جیاوازیەکەی ئەوەیە کە لە نێوان چەند دووری یەکی یەکسان دیوارێکی کۆنکرێتی شیشداری تر هەیە کە ژێر تەخت (base slab) و قەد (Stem)ی دیوارە ڕاگرەکە بەیەکەوە ئەبەستێتەوە ئەمەش بۆ کەمکردنەوەی کاریگەری (Shear) لەگەڵ (bending moment) .



(d) Counterfort wall

بۆ دیزاین کردنی دیواری ڕاگر بە شێوەیەکی ڕاست و تەواو ئەندازیار پێویستە نەگۆڕە سەرەکی یەکان وەك یەکەی و قورسایی گۆشەی لێك خشاندن و هێزی بەیەکدا نوسانی خاکەکەی لابیت چ ئەوخاکەی گلی ئەداتەوە چ ئەوەی ئەکەوێتە سەر ژێر تەختی (baseslab) ی دیواری ڕاگرەکە .

زانینی تایبه تمەندییەکانی خاکەکەی پشتی دیواری ڕاگرەکە یارمەتی ئەندازیاری دیزاینەر ئەدات بۆ ئەوەی بزانێت دابەش بوونی هێزی لاتەنیشتەکە چۆنەو ئەمەش بەرچاووی ئەندازیار ڕوون ئەکاتەوە کە بۆ چ مەبەستێك دیوارە ڕاگرەکە دروست ئەکات و بە کام شێوە و جۆرە پێویستە ئەو دیوارە دروست بکرێت.

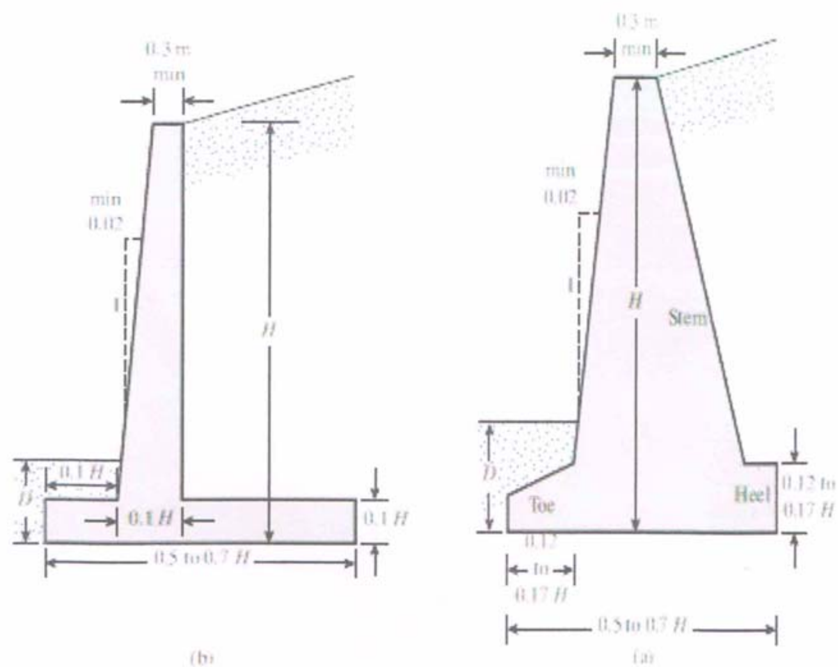
دوو قۆناغی سەرەکی هەیە بۆ دیزاین کردنی هەر دیوارێکی ڕاگری باو (سادە) ، قۆناغی یەکەم بریتی یە لە زانینی پاڵە پەستۆی هێزی لاتەنیشت کە پێویستە پێکهاتەکەی(Structure)هەمووی چێك بکرێتەوە لە ڕووی سەنگینی و سەقامگیری بۆ ئەو مەبەستەش پێویستە دیوارەکە بخرێتە ژێر تاقیکردنەوەی هەڵسوران(Over turning) و خلیسکان (Sliding) وە هەروەها بەرگری پاڵە پەستۆ (Bearining capacity Failure) .

قۆناغی دووەمیش بریتی یە لە چێك کردنەوەی بەهێزی (Strength) شیش بەکارهاتوو بۆ پێکهاتی دیواری ڕاگرەکە(Steel Reinforcement) .

- گونجاندنی قەبارەو دووری یەکانی دیواری ڕاگر :-

بۆ دیزاینی هەر دیوارێکی ڕاگر چەند یەکەو دووری و قەبارەك هەیە لە دیوارە ڕاگرەکە کە پێویستە پێشتر بە شێوەی گریمانە لە لایەن ئەندازیاری دیزاینەرەوە دابنرێت بۆ ئەوەی سەرەتا چێکی سەقامگیری سەنگینی (Stability) پێ بکرێتەوە ، بۆ ئەوەی ئەو دووری و قەبارانەی کە نەگونجا لەگەڵ چێکردنەوەی سەقامگیری بتوانرێت بۆ جارێکی تر دووری و قەبارەی تر گریمانە بکرێت کە چێکی سەقامگیری دیوارەکە بکاتەوە .

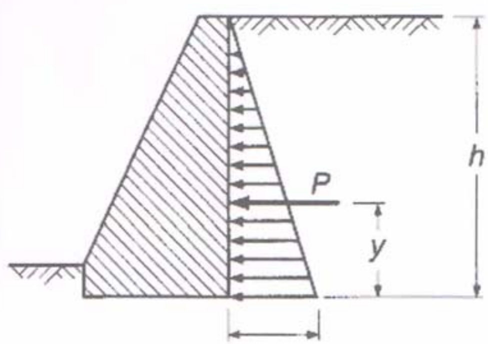
بۆ نموونه پێویسته تەپڵە سەری دیوارەکە (قەدەکە Stem) لە ٣٠ سم کەمتر نەبێت واتا هەندێك دووری هەیە پێویسته لۆژیکیانە گریمانەی بۆ بکرێت بۆ ئەوەی گریمانە سەرەتاییەکان بە شێوەیەك دابنرێت کە ئاسانکاری بکات لە پرۆسەی دیزاین کردنەکەدا .



پەستانی خاك لەسەر دیواری ڕاگر :-

بە شێوەیەکی گشتی پەستان خاك لەسەر دیواری ڕاگر بریتی یە لە سێ شێوازی باوی پەستان کە هەریەکەیان تایبەتە بە بارێکی پەستان جیاواز کە ئەیکاتە سەر دیوارەکە .

<u>باری یەکەم :-</u> پەستان ڕووتەختی ئاسۆی خاکی پڕکراوەی پشتی دیوارەکە تا بەرزی دیوارەکە .

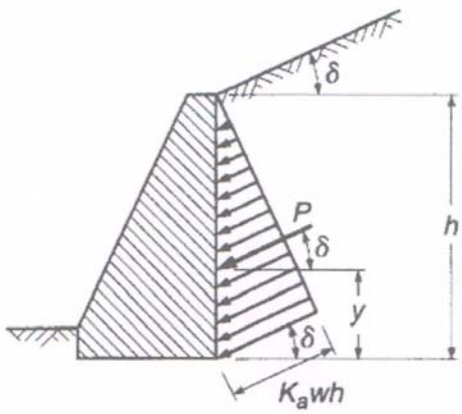


$$y = \frac{h}{3}$$

$$P = \frac{1}{2}K_{ah}wh^2$$

(a)

<u>باری دووەم :-</u> پەستانی ڕووتەختی لاری خاکی پڕکراوی پشتی دیوارەکە بە شێوەی گۆشەیەکی دیاری کراو لەسەری دیوارەکە وە تا خوارەوە



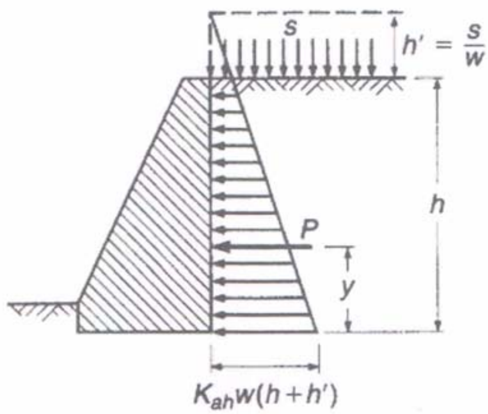
$$y = \frac{h}{3} \quad P = \frac{1}{2}K_a wh^2$$

For $\delta = \phi$, $K_a = \cos\phi$

(*b*)

باری سێ یەم :-

پەستان ئاسۆیی خاکی پڕکراوە و هەروەها قورسایی بە ڕێك دابەشی کراوەی ئەو هێزانەی کە لەسەر خاکە پڕکراوەکە بونیان هەیە وەك شتوومەك و کۆگا یان ڕێگای هاتوو چۆیە کە سەیارە و سەیارەی بارهەڵگر و قورسایی تر .



$$y = \frac{h^2 + 3hh'}{3(h+2h')}$$

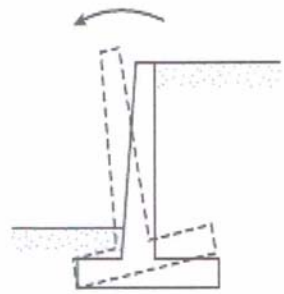
$$P = \frac{1}{2} K_{ah} w h (h + 2h')$$

(c)

سەقامگیری و سەنگینی دیواری ڕاگر :-

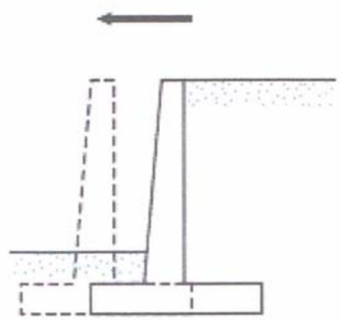
بۆ ئەوەی دیواری ڕاگر و سەقامگیر و سەنگین لە شوێنی خۆیدا ، پێویستە ئەو هۆکارانە کە ئەبنە هۆی ناسەقامگیری و ڕووخاندنی دیوارە ڕاگرەکان لەبەرچاوبگرین و کاری شیکاری بۆ بکرێت بۆ ئەوەی لەکاتی دیزاین کردندا چێکی هەموو ئەو هۆکارانە بکرێتەوە ، وە لەوانەیە یەکێك لەم هۆکارانەی خوارەوە ببێتە هۆکاری ئەو نا سەقامگیرییەن :-

- هەڵگەڕانەوەی دیواری ڕاگر (Overturn).



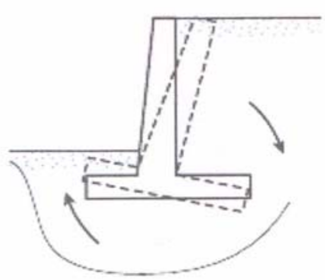
(a)

- خلیسکان دیواری ڕاگر (Sliding) .



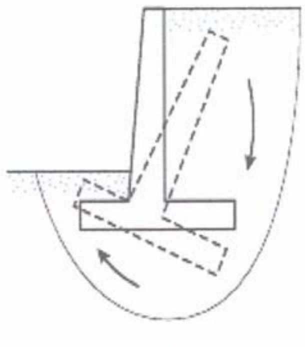
(b)

- کەمی هێزی بەرگە گرتنی ئەو خاکەی دیوارەکەی لەسەر دروست ئەکرێت (Bearing Capacity) .



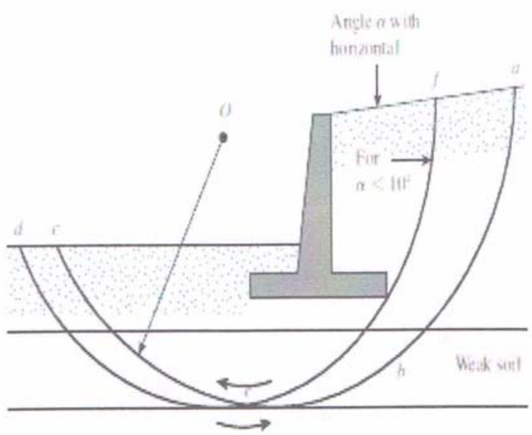
(c)

- ڕۆچوونی دیواری ڕاگرەکە (Under go deep- Seated Shear failure) .



(d)

- بەهۆی داڕووخاندنی لە ڕادە بە دەری زەوی یەکە (Excessive settlement).



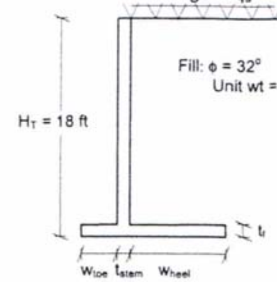
نمونەیەك لە دیزاینكردنی دیواری راگری كۆنكرێتی شیشدار

CANTILEVER RETAINING WALL

Retaining Wall Design Example

Design a reinforced concrete retaining wall for the following conditions.

f'c = 3000 psi
fy = 60 ksi



Development of Structural Design Equations. In this example, the structural design of the three retaining wall components is performed by hand. Two equations are developed in this section for determining the thickness & reinforcement required to resist the bending moment in the retaining wall components (stem, toe and heel).

Equation to calculate effective depth, d: Three basic equations will be used to develop an equation for d.

$$M_u = \phi M_n$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_u = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad [Eqn\,1]$$

$$C = T, \quad 0.85 f_c' a b = A_s f_y$$

$$A_s = 0.85 \frac{f_c'}{f_y} ab \qquad [Eqn\,2]$$

$$strain\ compatibility: \frac{0.003}{a/\beta_1} = \frac{\varepsilon_s + 0.003}{d}, \quad \frac{a}{d} = \frac{0.003}{\varepsilon_s + 0.003}\beta_1$$

Assuming $\beta_1 = 0.85$,

ε_s	a/d
0.005	0.319
0.00785	0.235
0.010	0.196

and choosing a value for ε_s in about the middle of the practical design range,

$$\frac{a}{d} = 0.235, \quad a = 0.235d \qquad [Eqn\ 3]$$

Retaining Wall Design Example

Substituting Eqn. 2 into Eqn. 1:

$$M_u = \phi\left(0.85\frac{f_c^{'}}{f_y}ab\right)f_y\left(d-\frac{a}{2}\right)$$

And substituting Eqn. 3 into the above:

$$M_u = \phi\, 0.85\frac{f_c^{'}}{f_y}0.235d\, b\, f_y \underbrace{\left(d-\frac{0.235d}{2}\right)}_{0.883d}$$

Inserting the material properties: f'c = 3 ksi and fy = 60 ksi, and b = 12^{in} (1-foot-wide strip of wall, in the direction out of the paper).

$$M_u = 0.90(0.85)3^{ksi}(12^{in})(0.235)(0.883)d^2 \qquad \boxed{M_u = 5.71^{\frac{k}{in}}d^2}$$

Equation for area of reinforcement, A_s. The area of reinforcement required is calculated from Eqn. 1:

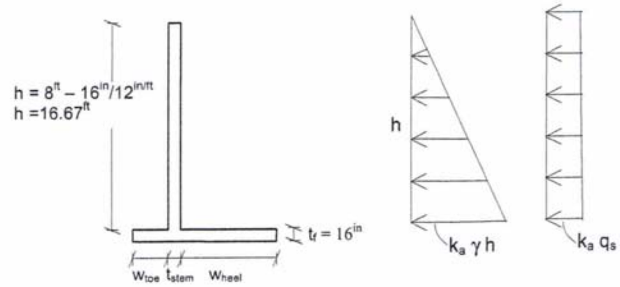
$$M_u = \phi A_s f_y\, 0.883d = 0.90 A_s\, 60^{ksi}\, 0.883d \qquad \boxed{M_u = 47.7^{ksi} A_s\, d}$$

Design Procedure (after Phil Ferguson, Univ. Texas)

1. Determine H_T. Usually, the top-of-wall elevation is determined by the client. The bottom-of-wall elevation is determined by foundation conditions. H_T = 18 feet.

2. Estimate thickness of base. $t_f \approx 7\%$ to 10% H_T (12" minimum)
T_f = 0.07 (18' x 12"/') = 15.1" use t_f = 16"

3. Design stem (t_{stem}, As_{stem}). The stem is a vertical cantilever beam, acted on by the horizontal earth pressure.



calc. d:

$$P_{fill} = \frac{1}{2}(k_a \gamma h) h \ (1^{ft} \ out \ of \ page)$$

$$k_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} = \frac{1-\sin(32^o)}{1+\sin(32^o)} = 0.31$$

$$P_{fill} = \frac{1}{2}(0.31)(100pcf)(16.67^{ft})^2 \ (1^{ft}) = 4310^{lb}$$

$$P_{sur} = k_a \ q_{sur} h \ (1^{ft}) = 0.31(400psf)(16.67^{ft})(1^{ft}) = 2070^{lb}$$

$$M_u = (\text{Earth Pressure Load Factor})(P_{fill})(\frac{h}{3}) + (\text{Live Load Factor})(\text{P}_{sur})(\frac{h}{2})$$

$$M_u = (1.6)(4310^{lb})(\frac{16.67^{ft}}{3}) + (1.6)(2070^{lb})(\frac{16.67^{ft}}{2}) = 65.9^{k-ft}$$

$$M_u = 5.71^{\frac{k}{in}} d^2$$

$$65.9^{k-ft}(12\frac{in}{ft}) = 5.71^{\frac{k}{in}} d^2, \ d = 11.8^{in}$$

$$t_{stem} = 11.8^{in} + 2^{in}\text{cover} + \frac{1}{2}(1.0^{in}) = 14.3^{in}, \ (assume \ \#8 \ bars)$$

$\underline{use \ t_{stem} = 15^{in}}$

$$d = 15^{in} - 2^{in} - 0.5^{in} = 12.5^{in}$$

calc. A_s:

$M_u = 47.7^{ksi} A_s d$

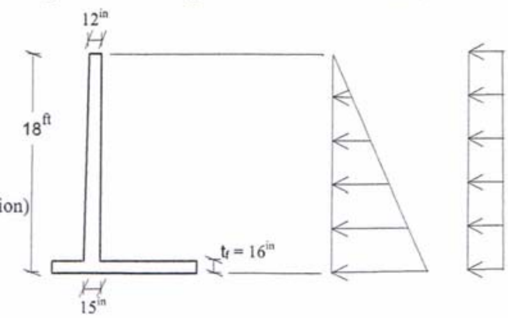
$65.9^{k-ft}(12\frac{in}{ft}) = 47.7^{ksi} A_s (12.5^{in}),\ A_s = 1.33 in^2$

$A_s\ of\ one\#8\,bar = 0.79\,in^2$

$\dfrac{0.79\frac{in^2}{bar}}{1.33\frac{in^2}{ft\ of\ wall}}\ 12\frac{in}{ft} = 7.13\frac{in}{bar},$ $\underline{use\ \#8\ @\ 6in}$

4. Choose Heel Width, w_{heel} Select w_{heel} to prevent sliding. Use a key to force sliding failure to occur in the soil (soil-to-soil has higher friction angle than soil-to-concrete).

Neglect soil resistance in front of the wall.



$set\ \frac{F_{resist}}{FS} = F_{sliding}$

FS = Factor of Safety = 1.5 for sliding

F_{resist} = (Vertical Force)(coefficient of friction)

$F_{resist} = W_T\ (\tan\phi_{natural\,soil})$

$\tan\phi_{natural\,soil} = \tan(32^o) = 0.62$

$W_T = W_{fill} + W_{stem} + W_{found}$

$W_{fill} = (100pcf)(16.67^{ft})(w_{heel})(1^{ft}) = 1670\frac{lb}{ft}\ w_{heel}$

$W_{stem} = (150pcf)(16.67^{ft})(\frac{12^{in}+15^{in}}{2}\ \frac{1^{ft}}{12^{in}})(1^{ft}) = 2810^{lb}$

$W_{found} = (150pcf)(\frac{16}{12}ft)(w_{heel} + \frac{15}{12}ft + 3^{ft})(1^{ft}) = 200plf\ w_{heel} + 850$

$F_{sliding} = P_{fill} + P_{sur}$

$P_{fill} = \frac{1}{2}(0.31\times100pcf)(18^{ft})^2(1^{ft}) = 5020^{lb}$

$P_{sur} = (0.31\times400psf)(18^{ft})(1^{ft}) = 2230^{lb}$

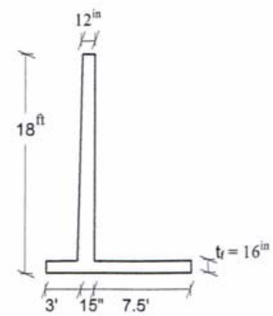
$F_{sliding} = 5020^{lb} + 2230^{lb} = 7250^{lb}$

$$7250^{lb} = \frac{\left[1670\frac{lb}{ft}w_{heel} + 2810^{lb} + 200\frac{lb}{ft}w_{heel} + 850^{lb}\right](0.62)}{1.5}$$

$$7250^{lb}\frac{1.5}{0.62} = 3660^{lb} + 1870\frac{lb}{ft}w_{heel}, \quad w_{heel} = 7.42^{ft},$$

<u>use $w_{heel} = 7.5^{ft}$</u>

5. Check Overturning.



$$M_{over} = P_{fill}(\frac{18^{ft}}{3}) + P_{sur}(\frac{18^{ft}}{2})$$

$$M_{over} = 5.02^{k}(6^{ft}) + 2.23^{k}(9^{ft}) = 50.2^{k-ft}$$

$$M_{resist} = W_{fill}(\frac{7.5^{ft}}{2} + \frac{15}{12}ft + 3^{ft}), \ \text{assume } w_{toe} = 3^{ft}$$

$$+ W_{stem}(3^{ft} + \frac{1.25^{ft}}{2})$$

$$+ W_{found}(\frac{11.75^{ft}}{2})$$

$$M_{resist} = \underbrace{(1.67^{klf} \times 7.5^{ft})}_{12.53^{k}}(8^{ft}) + (2.81^{k})(3.625^{ft}) + \underbrace{(0.20^{klf} \times 7.5^{ft} + 0.85^{k})}_{2.35^{k}}(5.875^{ft})$$

$$M_{resist} = 124.2^{k-ft}$$

$$\frac{M_{resist}}{M_{over}} = \frac{124.2^{k-ft}}{50.2^{k-ft}} = 2.47 > 2.0 = FS_{over}, \ OK$$

6. Check Bearing.

$$\sigma_v \ at\ end\ of\ toe\ = \frac{W_T}{bL} + \frac{M}{\frac{bL^2}{6}}, \quad \text{equation is valid only if } e < \frac{L}{6}$$

$$W_T = W_{fill} + W_{stem} + W_{found}$$

$$W_T = 12.45^{k} + 2.81^{k} + 2.35^{k} = 17.69^{k}$$

$$M = M_{over} - W_{fill}(5.875^{ft} - \frac{7.5^{ft}}{2}) + W_{stem}(7.5^{ft} + \frac{1.25^{ft}}{2} - 5.875^{ft}) + W_{found}(0)$$

$$M = 50.2^{k-ft} - 12.53^{k}(2.125^{ft}) + 2.81^{k}(2.25^{ft}) = 29.9^{k-ft}$$

<u>Check that e < L/6:</u>

$$e = \frac{m}{W_T} = \frac{29.9^{k-ft}}{17.69^{k}} = 1.68^{ft}, \quad \frac{L}{6} = \frac{11.75^{ft}}{6} = 1.96^{ft}, \quad \therefore e < \frac{L}{6}, \ OK$$

$$\sigma_v = \frac{17.69^k}{(1^{ft})(11.75^{ft})} + \frac{29.9^{k-ft}}{\frac{1}{6}(1^{ft})(11.75^{ft})^2} = 2.80^{ksf} \; < \; 5.0^{ksf} = \text{allowable bearing capacity, OK}$$

7. Heel Design.

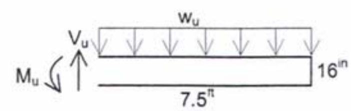
Max. load on heel is due to the weight of heel + fill + surcharge as the wall tries to tip over.

Flexure:

$$W = W_{heel} + W_{fill} + W_{sur}$$

$$W = 1.2(150pcf)(\frac{16}{12}ft)(1^{ft}) + 1.2(100pcf)(16.67^{ft})(1^{ft}) + 1.6(400plf)$$

$$W = 2.88^{klf}$$



$$M_u = \frac{w_u L^2}{2} = \frac{2.88^{klf}(7.5^{ft})^2}{2} = 81.0^{k-ft}$$

$$M_u = 5.71\frac{k}{in}d^2$$

$$81.0^{k-ft}(12\frac{in}{ft}) = 5.71\frac{k}{in}d^2, \quad d = 13.0^{in} \; \textit{for flexure}$$

Shear:

$$V_u = w_u(7.5^{ft}) = 2.88^{klf}(7.5^{ft}) = 21.6^k$$

$$\phi V_c = (0.75)2\sqrt{f_c'}\; b_w\, d = (0.75)2\sqrt{3000psi}\,(12^{in})\,d$$

$$set V_u = \phi V_c, \quad 21{,}600^{lb} = (0.75)2\sqrt{3000psi}\,(12^{in})\,d, \quad d = 21.9^{in} \; \textit{for shear, controls}$$

Shear controls the thickness of the heel.

$$t_{heel} = 21.9^{in} + 2^{in}\,\text{cover} + \frac{1}{2}in = 24.4^{in} \quad (\textit{assume \#8 bar}),$$

<u>$use\, t_{heel} = 21.5^{in}$</u>

Reinforcement in heel:

$$M_u = 47.7^{ksi}A_s d$$

$$81.0^{k-ft}(12\frac{in}{ft}) = 47.7^{ksi}A_s(21.9^{in}), \quad A_s = 1.07in^2$$

$$\frac{0.79\frac{in^2}{bar}}{1.07\frac{in^2}{ft}}(12\frac{in}{ft}) = 8.83^{in},$$

<u>*use #8 @8"*</u>

8. Toe Design.

Earth Pressure at Tip of Toe:

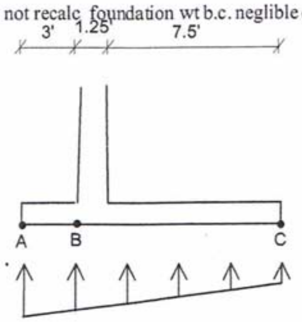
$$\sigma_v = \frac{W_u}{bL} \pm \frac{M_u}{\frac{1}{6}bL^2}$$

$$W_u = 1.2(W_{fill} + W_{stem} + W_{found}) + 1.6(W_{sur})$$

$$W_u = 1.2(12.53^k + 2.81^k + 2.35^k) + 1.6(0.4^{ksf})(18^{ft})(1^{ft}) = 32.7^k,$$ (did not recalc foundation wt b.c. neglible change)

$$M_u = 1.6M_{over} - 1.2(W_{soil} \times 2.125^{ft} + W_{stem} \times 1.0^{ft})$$

$$M_u = 1.6(50.2^{k-ft}) - 1.2\left[12.53^k(2.125^{ft}) + 2.81^k(1^{ft})\right] = 45.0^{k-ft}$$



$$\sigma_v = \frac{32.7^k}{(1^{ft})(11.75^{ft})} + \frac{45.0^{k-ft}}{\frac{1}{6}(1^{ft})(11.75^{ft})^2}$$

$$\sigma_{v_A} = 2.78^{ksf} + 1.96^{ksf} = 4.74^{ksf}$$

$$\sigma_{v_C} = 2.78^{ksf} - 1.96^{ksf} = 0.82^{ksf}$$

$$\sigma_{v_B} = 0.82^{ksf} + \frac{4.74^{ksf} - 0.82^{ksf}}{11.75^{ft}}(8.75^{ft}) = 3.74^{ksf}$$

d for flexure:

$$M_u = (3.74^{ksf})(3^{ft})(1^{ft})(\frac{3^{ft}}{2}) + \frac{1}{2}(1.00^{ksf})(3^{ft})(1^{ft})(\frac{2}{3}3^{ft}) = 19.8^{k-ft}$$

$$M_u = 5.71\frac{k}{in}d^2$$

$$19.8^{k-ft}(12\frac{in}{ft}) = 5.71\frac{k}{in}d^2, \quad d = 6.5^{in} \textit{ for flexure}$$

d for shear:

Assume $t_{heel} = t_{toe} = 21.5^{in}$

Critical section for shear occurs at "d" from face of stem, d = 21.5" – 3"cover-1/2"=18"

$$\sigma_{v_{critical\ section}} = 0.82^{ksf} + \frac{4.74^{ksf} - 0.82^{ksf}}{11.75^{ft}}(8.75^{ft} + \frac{18}{12}ft) = 4.24^{ksf}$$

$$V_u = \frac{1}{2}(4.74^{ksf} + 4.24^{ksf})(3^{ft} - \frac{18}{12}ft)(1^{ft}) = 6.74^k$$

$$\phi V_c = (.75)2\sqrt{3000psi}\,(12^{in})(18^{in}) = 17{,}750^{lb} > V_u, \quad OK, \quad d \textit{ for flexure controls}$$

Retaining Wall Design Example

Reinforcement in toe:

$$M_u = 47.7^{ksi} A_s d$$

$$19.8^{k-ft}(12\frac{in}{ft}) = 47.7^{ksi} A_s (18^{in}), \quad A_s = 0.28 in^2$$

$$\frac{0.79\frac{in^2}{bar}}{0.28\frac{in^2}{ft}}(12\frac{in}{ft}) = 33^{in}, \text{ try smaller bars, say \#4}$$

$$\frac{0.20\frac{in^2}{bar}}{0.28\frac{in^2}{ft}}(12\frac{in}{ft}) = 8.6^{in}$$

use #4 @8"

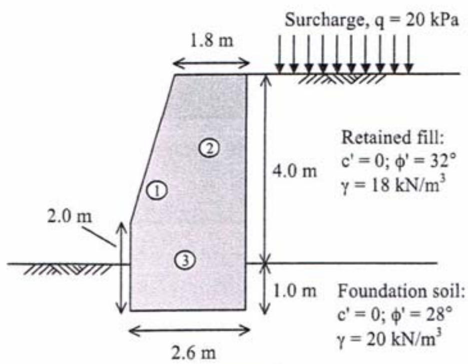
نمونەیەك لە دیزاینكردنی دیواری راگری بەرد(قورسایی)

GRAVITY RETAINING WALL

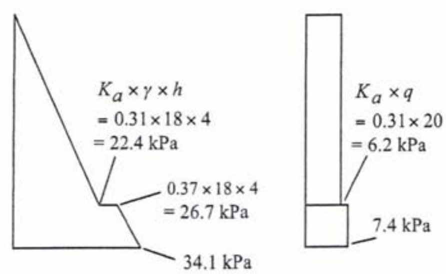
Example: Gravity retaining wall

Check the proposed design of the mass concrete retaining wall shown in Figure 4-5. The wall is to be cast into the foundation soil to a depth of 1.0m and will retain granular fill to a height of 4m as shown. Take the unit weight of concrete as γ_c = 24 kN/m^3 (EN1991-1-1 Table A.1) and ignore any passive resistance from the soil in front of the wall such that any over-dig can be safely ignored

Check the overturning (EQU) and sliding (GEO) (using Design Approach 1) limit states.



(a) Retaining wall



(b) Earth pressure diagram

(EQU)

Solution:

EQU Limit state:

From Annex A, we obtain the partial factors:

$\gamma_{G;\,dst}$ = 1.1; $\gamma_{G;\,stb}$ = 0.9; γ_Q = 1.5; $\gamma_{\phi'}$ = 1.25.

First, we determine the design material properties and the design actions:

(i) Design material properties:

Retained fill:

$$\phi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\tan 32°}{1.25}\right) = 26.6°$$

Eurocode 7 states that for concrete walls cast into the soil, δ should be taken as equal to the design value of φ, i.e. $\delta / \phi'_d = 1$. From Figure 4-4, the horizontal component of K_a = 0.31.

Foundation soil:

$$\phi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\tan 28}{1.25}\right) = 23\,°$$

(ii) Design actions

The self-weight of the wall is a permanent, favourable action. Consider the wall as comprising three areas as indicated in Figure 4-5(a). The design weight of each area is determined:

Area 1: $G_{W1;d} = \frac{1}{2} \times 0.8 \times 3 \times \gamma_{concrete} \times \gamma_{G,stb} = 1.2 \times 24 \times 0.9$ = 25.9 kN

Area 2: $G_{W2;d} = 1.8 \times 3 \times \gamma_{concrete} \times \gamma_{G,stb} = 5.4 \times 24 \times 0.9$ = 116.6 kN

Area 3: $G_{W3;d} = 2.6 \times 2 \times \gamma_{concrete} \times \gamma_{G,stb} = 5.2 \times 24 \times 0.9$ = 112.3 kN

The thrust from the active earth pressure behind the wall is a permanent, unfavourable action.

$P_{a;d}$ (fill) = $\frac{1}{2} \times 22.4 \times 4 \times \gamma_{G,dst} = 49.3$ kN

$P_{a;d}$ (foundation soil) = $\frac{1}{2} \times (26.7 + 34.1) \times 1.0 \times \gamma_{G,dst} = 33.4$ kN

The lateral thrust from the surcharge is a variable, unfavourable action:

$P_{q;d}$ (fill) = $6.2 \times 4 \times \gamma_Q = 37.2$ kN

$P_{q;d}$ (foundation soil) = $7.4 \times 1.0 \times \gamma_Q = 11.1$ kN

(iii) Design effect of actions and design resistance

The effect of the actions is to cause the overturning moment about the toe of the wall. This is resisted by the stabilising moment from the self-weight of the wall.

Action	Magnitude of Action (kN)	Lever arm (m)	Moment (kNm)
Stabilising:			
Area 1	25.9	$\frac{2}{3} \times 0.8 = 0.53$	13.7
Area 2	116.6	$0.8 + \frac{1.8}{2} = 1.7$	198.2
Area 3	112.3	$\frac{2.6}{2} = 1.3$	146.0
		Total:	357.9
Destabilising:			
P_a (fill)	49.3	$1 + \frac{4}{3} = 2.33$	115.0
P_a (foundation soil)	33.4	$\frac{1.0(2 \times 26.7 + 34.1)}{3(26.7 + 34.1)} = 0.48$	16.0
P_q (fill)	37.2	$1.0 + \frac{4}{2} = 3.0$	111.6
P_q (foundation soil)	11.1	$\frac{1.0}{2} = 0.5$	5.6
		Total:	248.2

From the results it is seen that the EQU limit state is satisfied since the sum of the design destabilising actions and effects (248.2 kNm) is less than the sum of the design stabilising actions and effects (357.9 kNm).

This result may be presented by the *over-design factor*, Γ:

$$\Gamma = \frac{357.9}{248.2} = 1.44$$

GEO Limit state:

For Design Approach 1 we must check both partial factor sets combinations.

1. Combination 1 (partial factor sets A1 + M1 + R1)

From Annex A: $\gamma_{G,\,unfav} = 1.35$; $\gamma_{G,\,fav} = 1.0$; $\gamma_Q = 1.5$; $\gamma_{\phi'} = 1.0$.

(i) Design material properties:

Retained fill:

$$\phi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\tan 32}{1.0}\right) = 32°$$

From Figure 4-4, the horizontal component of $K_a = 0.25$.

Foundation soil:

$\phi'_d = \phi' = 28°$

the horizontal component of $K_a = 0.30$.

(ii) Design actions:

The design weight of each area of the wall is determined as before, this time taking $\gamma_{G,\,fav} = 1.0$.

Area 1: $G_{W1;d} = 1.2\times 24\times 1.0$	=	28.8 kN
Area 2: $G_{W2;d} = 5.4\times 24\times 1.0$	=	129.6 kN
Area 3: $G_{W3};d = 5.2\times 24\times 1.0$	=	124.8 kN
	Total, $R_{v;d}$:	283.2 kN

The thrust from the active earth pressure is a permanent, unfavourable action.

$P_{a;d}$ (fill) = $\frac{1}{2}\times 0.25\times 18\times 4^2\times \gamma_{G,unf\,av} = 48.6$ kN
p_a (fill/foundation interface) = $0.30\times 18\times 4 = 21.6$ kPa
p_a (base) = $21.6 + 0.30\times 20\times 1.0 = 27.6$ kPa
$P_{a;d}$ (foundation soil) = $\frac{1}{2}\times(21.6+27.6)\times 1.0\times \gamma_{G,unf\,av} = 33.2$ kN

The lateral thrust from the surcharge is a variable, unfavourable action.

$P_{q;d}$ (fill) = $20\times 0.25\times 4\times \gamma_Q = 30.0$ kN
$P_{q;d}$ (foundation soil) = $20\times 0.30\times 1.0\times \gamma_Q = 9.0$ kN

(iii) Design effect of actions and design resistance:

The effect of the actions is to cause forward sliding of the wall. This is resisted by the friction on the underside of the wall.

Total horizontal thrust, $R_{h;d}$ = 48.6 + 33.2 + 30.0 + 9.0 = 120.8 kN
Design resistance = $R_{v;d}$ tanδ = 283.2 × tan 28° = 150.6 kN (since δ = ϕ)

Thus the GEO limit state requirement is satisfied and the over-design factor, $\Gamma = \frac{150.6}{120.8} = 1.25$.

2. Combination 2 (partial factor sets A2 + M2 + R1)

The partial factors are: $\gamma_{G,\,fav}$ = 1.0; $\gamma_{G,\,unfav}$ = 1.0; γ_Q = 1.3; $\gamma_{\phi'}$ = 1.25. The calculations are the same as for Combination 1 except that this time these partial factors are used.

K_a (fill) = 0.31
K_a (foundation soil) = 0.37

$R_{v;d}$ = 283.2 kN
$R_{h;d}$ = 44.9 + 30.4 + 32.5 + 9.7 = 117.5 kN
$R_{v;d}$ tanδ = 283.2 × tan 23° = 120.2 kN

Thus the GEO limit state is satisfied and the over-design factor, $\Gamma = \frac{120.2}{117.5} = 1.03$.

Overview
The GEO limit state is satisfied for both combinations and thus the proposed design of the wall is satisfactory. The lower value of Γ obtained (in this case 1.03) governs the design.

سەرچاوەکان

1-Prinsiples of Foundation Engineering

By : Braja M . Das

2- Design of concrete of structures

By : Arthur H . Nilson