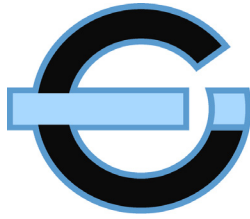


Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik

Rapport 11:2010

Tillämpningsdokument/beräkningsexempel

EN 1997-1 kapitel 9
Stödmur



Implementeringskommission för
Europastandarder inom Geoteknik

IEG Rapport 11:2010

Tillämpningsdokument/beräkningsexempel

EN 1997-1 kapitel 9 Stödmur

Framtagen av IEG

Stockholm 2010

IEG Rapport Implementeringskommissionen för
Europastandarder inom Geoteknik

Beställning

IEG
c/o IVA
Grev Turegatan 14
Box 5073
102 42 Stockholm
Org. Nr 802430-1221
E-post: ieg@iva.se
Web: www.ieg.nu

ISBN
Upplaga

978-91-85647-40-8
Digital

Version

Maj 2011

Förord

Denna rapport har framtagits på uppdrag av IEG (Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik), som är en ideell förening under Kungl. Ingenjörsvetenskapsakademiens hägn. Föreningen har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete, som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet i Sverige.

Denna rapport/beräkningsexempel beskriver hur EN 1997-1 kan tillämpas för stödmurar i Sverige baserat på de två tillämpningsdokumenten Plattgrundläggning och Stödkonstruktioner.

Värdefulla synpunkter på rapporten har inkommit från Håkan Stille, KTH och Per-Evert Bengtsson, SGI.

IEG kommer att uppdatera tillämpningsdokumenten efterhand som erfarenhet erhålls från tillämpning av EN1997-1. Målsättningen är att ha ett levande dokument som underlättar införandet av Eurokod och övriga Europastandarder i Sverige. För att uppnå detta mål, så behövs dina synpunkter på vilka förbättringar, ändringar, tillägg som behövs av tillämpningsdokument för att det skall bli det hjälpmedel som du och dina kollegor behöver? Har du frågor eller jämförande beräkningar som du vill att IEG skall ta del av? På www.ieg.nu finner du instruktioner för vart du skall skicka dina synpunkter, för att de skall beaktas vid revideringen av detta dokument. IEG tackar på förhand för dina synpunkter.

Detta dokument har utarbetades av Henrik Möller, Tyréns och Anders Ryner, GeoMind.

Helsingborg 2011-05-06

Henrik Möller

Anders Ryner

Sammanfattning

Detta tillämpningsdokument beskriver hur dimensionering av en stödmur kan utföras enligt SS-EN 1997-1, Kapitel 9 med hjälp av tillämpningsdokumenten Plattgrundläggning och Stödkonstruktioner.

Huvuddelen av de grundläggande reglerna för projektering återfinns i Tillämpningsdokument Grunder. Endast vad som är speciellt för stödmurar hanteras här.

För att illustrera dimensioneringsmetodernas användning visas i Bilaga A beräkningsexempel för en stödmur grundlagd på friktionsjord.

Summary

This Application document describes how design of gravity walls can be made according to SS-EN 1997-1, Section 9 with Application document “Plattgrundläggning” and “Stödkonstruktioner”.

The main parts of the fundamental rules for design can be found in the Application document called “Grunder”. Only rules especially related to gravity walls are treated in this document.

In order to illustrate the use of the design methods a calculation example for a gravity wall founded on sand is presented in Annex A.

Innehåll

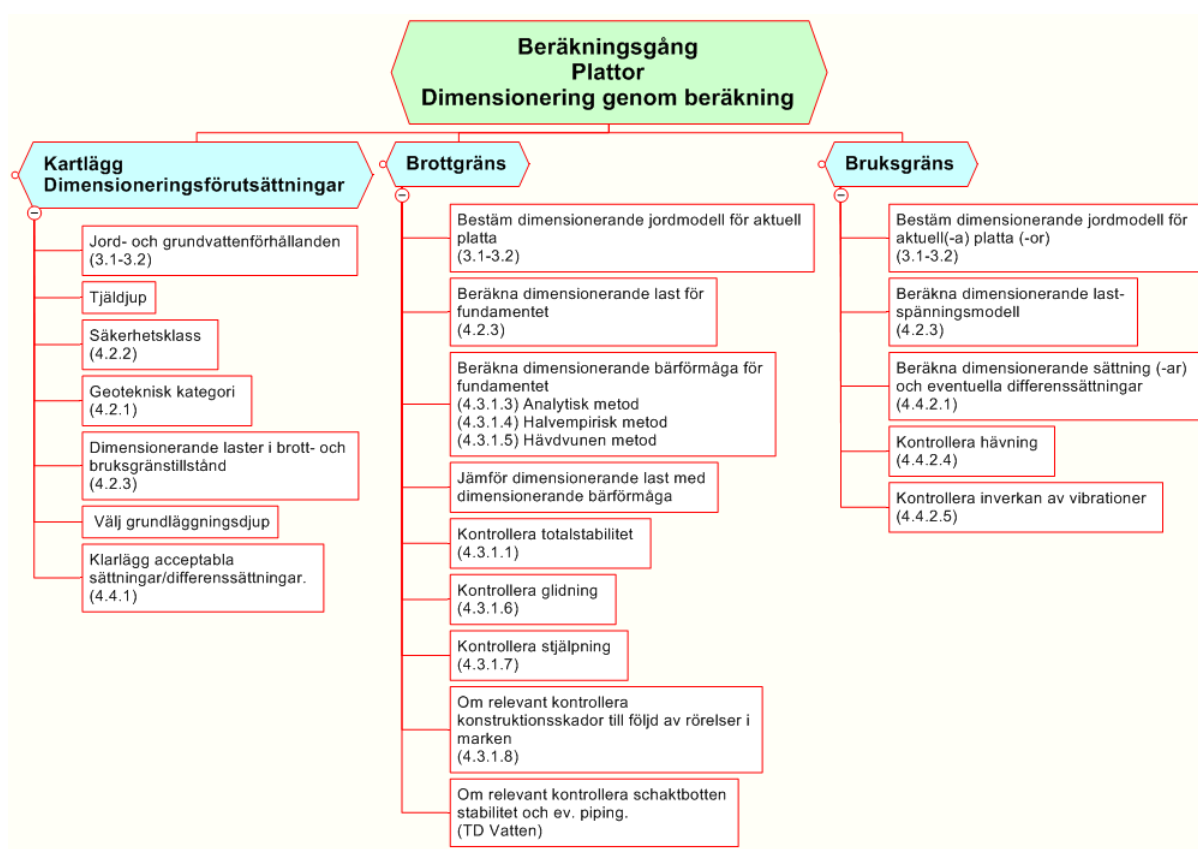
FÖRORD.....	I
SAMMANFATTNING	III
SUMMARY	V
1 INLEDNING.....	1
2 BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	1
3 UNDERLAG FÖR PROJEKTERING	2
3.1 Inledning	2
3.2 Geoteknisk kategori.....	2
3.3 Säkerhetsklass	2
3.4 Övrigt	2
4 PROJEKTERING	3
4.1 Allmänt avseende projektering.....	3
4.2 Beräkningsförutsättningar.....	3
4.3 Beräkning av laster och lasteffekter	4
4.4 Dimensionering i brottgräns	5
4.5 Dimensionering i bruksgräns	5
5 MATERIALKRAV OCH UTFÖRANDE	6
6 UPPFÖLJNING, KONTROLL OCH DOKUMENTATION	6
7 REFERENSER.....	7
BILAGA.....	9
BILAGA A BERÄKNINGSEXEMPEL STÖDMUR, FRIKTIONSJORD	11

1 Inledning

Syftet med detta tillämpningsdokument/beräkningsexempel är att ge geotekniker och konstruktörer vägledning för att dimensionera stödmurar enligt SS-EN 1997-1, kapitel 9 med stöd av tidigare upprättade tillämpningsdokument "Plattgrundläggning" och "Stödkonstruktioner".

De horisontella jordtrycken mot stödmuren beräknas enligt TD Stödkonstruktioner [26]. Framtagning av de dimensionerande parametrarna för dessa jordtryck hanteras också enligt TD Stödkonstruktioner. Därefter utförs dimensionering av stödmur enligt TD Plattgrundläggning [25].

Det vanligaste sättet att dimensionera stödmurar är dimensionering genom beräkning. I Figur 1.1 redovisas en översiktlig beräkningsgång med referenser till aktuella kapitel i tillämpningsdokument Plattgrundläggning som behandlar respektive beräkningssteg.



Figur 1.1 Översiktlig beräkningsgång för stödmur enligt TD Plattgrundläggning

2 Beteckningar och definitioner

Hänvisning görs till TD Plattgrundläggning [25] och TD Stödkonstruktioner [26]. I den fortsatta texten, då flera hänvisningar görs förkortas TD Plattgrundläggning TDp och TD Stödkonstruktioner med TDs.

3 Underlag för projektering

3.1 Inledning

I EN 1997-1, kapitel 9 beskrivs att stödmurar till stor del dimensioneras på samma sätt som för en plattgrundläggning i EN 1997-1, kapitel 6. Speciell hänsyn ska dock tas till grundbrott under bottenplattan som är kopplade till excentriska och/eller lutande laster.

I TD Grunder redovisas hur geokonstruktionens dimensionerande värde för en given materialparameter i jorden härleds från uppmätta värden. Vid denna härledning beaktas osäkerheter relaterade till geokonstruktionen och till jordens egenskaper.

För framtagning av dimensionerande värde för beräkning av horisontella jordtryck hänvisas till TD Stödkonstruktioner (TDs). I övrigt hänvisas till TD Plattgrundläggning (TDp).

Observera att omräkningsfaktorn, η , beskrivs på olika sätt i de båda Tillämpningsdokumenten.

3.2 Geoteknisk kategori

För beskrivning och val av geoteknisk kategori se kapitel 5.2 i TD Grunder [22] och de båda TDp och TDs. Prefabricerade stödmurselement utan trafiklaster med en höjd på som högst 2 m grundlagda på icke sättning-skänliga jordar kan antas ingå i GK1.

3.3 Säkerhetsklass

Val av säkerhetsklass skall göras enligt Boverket, BFS 2008:8, samt Vägverket VVFS 2004:43.

Partialkoefficienten γ_d för säkerhetsklassen antar följande värden:

Säkerhetsklass 1	$\gamma_d=0,83$
Säkerhetsklass 2	$\gamma_d=0,91$
Säkerhetsklass 3	$\gamma_d=1,00$

Det bör noteras att jämfört med tidigare så är effekten av säkerhetsklass flyttad från materialsidan till lastsidan.

TDs bör följas vad gäller SK3 för väg- och spårtrafik intill stödmuren.

TDp bör följas vad gäller SK3 avseende stödmur där stora deformationer kan medföra kollaps av ovanförliggande konstruktion, eller en stödmur grundlagd vid schakt eller slänt där skred, ras eller skjuvdeformationer kan medföra kollaps i överliggande konstruktion.

3.4 Övrigt

Utöver det underlag som erhålls från fält- och laboratorieundersökningar bör kunskap finnas om markytans lutning, vegetation, vattennivåer, närliggande byggnaders grundläggning, förekomst av ledningar, dräneringar samt trummor och eventuell pågående erosion samt kunskap om områdets geologiska historia, exempelvis tidigare skred. Ovanstående information ska finnas dokumenterad i MUR (Markteknisk undersöknings rapport) se TD Dokumenthantering [23]. Om underlag inte finns bör en känslighetsanalys utföras.

4 Projektering

4.1 Allmänt avseende projektering

Dimensionering av stödmurar i brott- och bruksgränstillstånd skall utföras i enlighet med kapitel 9 i SS-EN 1997-1, samt tillämpliga delar av kapitel 1, 4 och 6 i SS-EN 1997-1.

I GK1 används framförallt hävdvunna metoder. GK2 baseras framförallt på beräkningar enligt partialkoefficientmetoden och GK3 kan kompletteras med justeringar/uppföljningar när det gäller kontroll och övervakning.

Dimensioneringssätt DA3 ska användas för stödmurar, vid dimensionering genom beräkning. DA3 finns beskrivet i SS-EN 1997-1.

Enligt SS-EN 1997-1, kapitel 6.2 skall följande beaktas och redovisas vid dimensionering av en stödmur:

- Totalstabilitet
- Bärighet (Grund- och bärighetsbrott, stansbrott och utpressning)
- Glidbrott
- Stjälpling
- Konstruktionsskador till följd av rörelser i marken
- Sättningar
- Hävning pga svällning, tjäle eller andra orsaker
- Vibrationer

Detta innebär att följande gränstillstånd enligt Eurokod kan bli aktuella att verifiera för en stödmur

- STR/GEO (Totalstabilitet, Vertikal bärförmåga, Glidbrott)
- EQU (Stjälpling)
- UPL (Upplyftning, hydraulisk bottenuppträckning)
- HYD (Schaktbottens stabilitet, hydraulisk gradient (piping))

Förutom dimensionering i brott- och bruksgränstillstånd ska följande förhållanden beaktas vid utformning av en stödmur:

- Hänsyn till närliggande bebyggelse eller närhet till fastighetsgräns
- Framtida nivå på omgivande markyta, permanent eller tillfällig
- Risken för tjälning och upptining av de bärande jordlagren under grundplattorna
- Risken för erosion i strömmande vatten
- Risken för inträngande grundvatten eller sänkning av grundvattenytan
- Risken för bottenuppträckning eller uppluckring vid schakt
- Risken för att förkonsolideringstrycket i jorden överskrids med ökade sättningar som följd
- Risken för skadliga sättningar vid yttlig grundläggning till följd av befintlig eller kommande vegetation

4.2 Beräkningsförutsättningar

Enligt SS-EN 1997-1, kapitel 6.3 (1) skall dimensioneringsfall väljas så att både korttids- och långtids fall studeras. Följande information avseende beräkningsförutsättningarna ska finnas i de fall de är relevanta (komplett lista se SS-EN 1997-1, kapitel 2.2)

- Laster, lastkombinationer, lastfall
- Markens allmänna lämplighet för byggnation med avseende på totalstabilitet och markrörelser

- Läge och klassificering av olika jordlager, berg samt konstruktionselement som ingår i modellen.
- Om plattan vilar på berg är det även viktigt att karakterisera berget bl.a. avseende sprickighet, bergkvalitet och sprickplan
- Inverkan av omgivningen omfattande bl.a. tjäle, variationer i grundvattennivåer (översvämningar, avvattning), erosion, schaktning som ändrar markytans geometri, trummor, ledningar,
- Inverkan av befintliga eller planerade närliggande konstruktioner
- Byggnadsverkets känslighet för deformationer

Beräkningsförutsättningarna redovisas tillsammans med övrig relevant information i Projekterings PM (Se TD Dokumenthantering) [23].

4.3 Beräkning av laster och lasteffekter

Beräkning av laster och lasteffekter utförs enligt TD Grunder [22].

De möjliga laster som finns listade i SS-EN 1997-1, kapitel 2.4.2 (4) ska beaktas om de är relevanta för den aktuella konstruktionen. Dessa möjliga laster inkluderar bl.a. överlast, egentyngd, jordtryck, fritt vatten, tjäle, trafiklast, last från byggnad.

Med konstruktionslast avses i samband med plattgrundläggning av en stödmur permanenta och variabla laster, som påförs muren från överliggande konstruktion samt last av fundament. Konstruktionslast i gränstillstånd STR/GEO beräknas enligt SS-EN 1990 uppsättning B, ekvation 6.10a alternativt 6.10b.

Med geoteknisk last avses t ex. grundvattentryck, tyngd av jord över bottenplattan samt vilo, passiva och aktiva jordtryck, som utvecklas mot stödmuren. Den generella definitionen av geoteknisk last är att det är last eller lasteffekt som överförs till konstruktionen via jord, fyllning, fritt vatten eller grundvatten se EN 1997-1 kapitel 1.5.2.1 eller EN 1990 kapitel 1.5.3.7. Geoteknisk last i gränstillstånd STR/GEO beräknas enligt SS-EN 1990 uppsättning C, ekvation 6.10.

Notera att laster beräknas på olika sätt beroende på aktuellt gränstillstånd. Nedan redovisas ekvationerna för STR/GEO som är det vanligaste gränstillståndet för stödmurar.

I brottgränstillstånd gäller

Konstruktionslast¹ för gränstillstånd STR/GEO, ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1,35 \cdot G_{kj,sup} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10a \text{ i SS-EN 1990})$$

$$E_d = \gamma_d \cdot 0,89 \cdot 1,35 \cdot G_{kj,sup} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10b \text{ i SS-EN 1990})$$

Konstruktionslast för gränstillstånd STR/GEO, gynnsamma laster

$$E_d = 1,00 \cdot G_{kj,inf}$$

Geotekniska laster för gränstillstånd STR/GEO, ogynnsamma laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1,10 \cdot G_{kj,sup} + \gamma_d \cdot 1,4 \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1,4 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6.10 \text{ i SS-EN 1990})$$

Geotekniska laster för gränstillstånd STR/GEO, gynnsamma laster

$$E_d = 1,00 \cdot G_{kj,inf}$$

¹ Med konstruktionslast avses last som överförs direkt från konstruktionsdel till geokonstruktion

där	
E_d	dimensionerande lasteffekt
γ_d	partialkoefficient för säkerhetsklass
$G_{kj,sup}$	övre karakteristiskt värde för permanent last ("sup"=superior)
$G_{kj,inf}$	undre karakteristiskt värde för permanent last ("inf"=inferior)
$Q_{k,1}$	karakteristiskt värde för variabel huvudlast
$Q_{k,i}$	karakteristiskt värde för samverkande variabel last i
$\Psi_{0,1}, \Psi_{2,1}$	varaktighetskoefficienter för variabel huvudlast
$\Psi_{0,i}, \Psi_{2,i}$	varaktighetskoefficienter för samverkande variabel last i

I **bruksgränstillstånd** beräknas dimensionerande lasteffekt enligt följande ekvationer för STR/GEO:

Konstruktionslaster och geotekniska laster, ogynnsamma laster:

$$E_d = G_{kj,sup} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Konstruktionslaster och geotekniska laster, gynnsamma laster

$$E_d = G_{kj,inf}$$

För **EQU** skall ekvation 6.10 uppsättning A enligt SS-EN 1990 tillämpas. Partialkoefficienter enligt tabell A1 (bilaga A, SS-EN 1997-1) skall tillämpas för lasterna. Vid beräkning av lasteffekt t.ex. jordtryck skall partialkoefficienter enligt tabell A2 (bilaga A, SS-EN 1997-1) tillämpas på materialparametrarna.

4.4 Dimensionering i brottgräns

Relevanta gränstillstånd ska kontrolleras. För stödmurar och gravitationsmurar ges exempel på gränstillstånd i EN 1997-1, kapitel 9.7.3. Dimensionering av stödmurar kan enligt EN 1997-1, kapitel 2.1(4) utföras genom beräkning, enligt hävdvunna metoder, efter modellförsök och provbelastningar eller med observationsmetoden.

I övrigt hänvisas till TDp med följande tillägg:

- Rörelser i stödmuren för att erhålla fullt passivt jordtryck är mycket större än motsvarande rörelser för utbildandet av aktivt jordtryck. För beräkningar i brottgräns föreslås ändå att aktivt jordtryck medräknas på den pådrivande sidan och passivjordtryck på den mothållande sidan. Om jordarna däremot bedöms som spröda kan finnas anledning att använda endast vilojordtryck på den mothållande sidan.
- Hänsyn ska tas till att jorden framför stödmuren kan avlägsnas till följd av mänsklig aktivitet eller erosion.
- Hänsyn ska tas till förhöjda jordtryck mot stödmuren på grund av packningseffekter (packningsinducerade jordtryck).
- Vid dimensionering med hävdvunna metoder enligt TDp måste kontroll också utföras av risk för stjälpning och glidning.
- I EN 1997-1, Bilaga C beskrivs hur jordtryck beräknas med avseende på råhet mellan jord och stödmur samt vid lutande markytan ovanför stödmuren. I Bilagan ges också bedömningar av storleken på rörelser som erfordras för att aktiva och passiva jordtryck ska kunna utbildas.

4.5 Dimensionering i bruksgräns

Vid dimensionering i bruksgräns ska hänsyn tas till rörelser orsakade av laster som finns listade i SS-EN 1997-1, kapitel 2.4.2 (4).

När man bestämmer storleken på sättningar och andra rörelser hos stödmuren, ska man jämföra resultaten med jämförbar erfarenhet². Om det inte kan påvisas att sättningarna/rörelserna för den aktuella stödmuren är små i förhållande till vad som kan accepteras, ska rörelsernas storlek bestämmas genom beräkning.

I övrigt hänvisas till TDp med följande tillägg:

- För beräkningar i bruksgräns föreslås att vilojordtryck medräknas på både den pådrivande och mothållande sidan. Enligt TDs ska dimensionerande jordparametrar användas som beräknats med $\eta = 1,0$ och $\gamma_M = 1,0$, vid dimensionering med vilojordtryck.
- Aktiva jordtryck kan också användas i bruksgränsberäkningar, som ett medvetet val, då rörelser kommer att uppstå.
- Hänsyn ska tas till att jorden framför stödmuren kan avlägsnas till följd av mänsklig aktivitet eller erosion.
- Vid dimensionering med hävdvunna metoder enligt TDp måste kontroll också utföras av risk för stjälpning och glidning.
- Vid dimensionering i bruksgränstillstånd ska γ_M sättas till 1,0. En modellfaktor för osäkerheten i beräkningsmodellen $\gamma_{Rd} = 1,3$ bör användas.
- Storleksordningen på vertikala rörelser (sättningar) för en stödmur kan uppskattas enligt TDp. Generellt är det dock viktigare och svårare att beräkna de horisontella rörelserna. Baserat på de vertikala rörelserna och bedömd excentricitet på lasterna kan t.ex. en bedömd vinkeländring för bottenplattan överföras till en horisontell rörelse för stödmuren. Noggrannare analyser kan bara göras med FE-analyser kopplat till noggranna undersökningar.

5 Materialkrav och utförande

Se TDp.

6 Uppföljning, kontroll och dokumentation

Se TDp och TDs.

² Jämförbar erfarenhet definieras i SS-EN 1997-1 såsom dokumenterad eller annan väletablerad information relaterad till marken som beaktats vid dimensioneringen, innefattande samma typer av jord och berg med förväntat liknande geotekniska egenskaper, samt liknande byggnadsverk. Lokalt samlad information från byggplatsen anses särskilt relevant.

7 Referenser

- [1] Bergdahl, U., Ottosson, E., Malmberg, B.S. Plattgrundläggning, Svensk Byggtjänst, Stockholm, 1993.
- [2] Boverket, BKR 1999, Konstruktionsregler, BFS 1993:58 med ändringar t o m BFS 1998:39, Karlskrona.
- [3] Boverket. Nybyggnadsregler, NR1, BFS 1988:18 (1988) Stockholm
- [4] Larsson, R., Sällfors, G., Bengtsson, P-E., Alén, C., Bergdahl, U., Eriksson, L., (2007), Utvärdering av skjuvhållfasthet i kohesionsjord, Statens geotekniska institut, Information 3.
- [5] Vägverket Publ. 1994:15, Allmän teknisk beskrivning. Jords hållfasthets- och deformationsegenskaper, 1994.
- [6] Wennerstrand, J. Geokonstruktioner. En handbok i anslutning till Boverkets konstruktionsregler. Byggvägledning 3, Svensk Byggtjänst, 1996.
- [7] Larsson, R., Sällfors, G., (1988). Nyare in situ-metoder för bedömning av lagerföljd och egenskaper i jord. Statens geotekniska institut, Information 5, Linköping
- [8] Janbu, N., Bjerrum, L., Kjaernsli, B., T (1973), Vejledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver. NGI Publikation nr 16.
- [9] Vägverket Publikation 1989:7, Geotekniska undersökningar för vägbroar.
- [10] Svensk Byggtjänst. AMA Anläggning 07: allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten, Stockholm 2008.
- [11] Svensk Byggtjänst. Kontroll av markarbeten. Råd och anvisningar (1988).
- [12] SS-EN 1997-1 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 1: Allmänna regler
- [13] SS-EN 1997:2 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Markundersökning och provning
- [14] Svensk Standard, SS-ISO 4463 (1983) Bergmätning, utsättning och inmätning – Tillåtna mätningsavvikelser, Stockholm.
- [15] VVFS 2004:43 Vägverkets föreskrifter om ändring i föreskrifterna om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder.
- [16] BFS 2008:8 Boverkets föreskrifter om ändring i föreskrifterna om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder.
- [17] Lee, I.K., White, W., Ingels, O. (1983). Geotechnical Engineering, Pitman, Toronto.
- [18] Boverket (1989) Värmeisolering. Värmegenomgångskoefficienter för byggnadsdelar och köldbryggor, tjälfri nivå. Rapport. Allmänna förlaget, Stockholm
- [19] Bergdahl, U. (1984). Geotekniska undersökningar i fält. Statens geotekniska institut, Information 2, Linköping.
- [20] Svensk Standard, SIS 027110. Geotekniska Provningsmetoder. Packningsegenskaper. Fältbestämning av densitet (1975).
- [21] IEG EN 1997-1, kapitel 6, plattgrundläggning, fas 2, Rapport 8:2006
- [22] IEG Tillämpningsdokument – Grunder, IEG Rapport 2:2008
- [23] IEG Tillämpningsdokument – Dokumenthantering, IEG Rapport 4:2008
- [24] TKGeo, Trafikverket, Tekniska krav Geoteknik, VVTK, VV publ: 2009:46
- [25] IEG Tillämpningsdokument – Plattgrundläggning, IEG Rapport 7:2008
- [26] IEG Tillämpningsdokument – Stödkonstruktioner, IEG Rapport 2:2009

Bilaga

I bilaga A återfinns beräkningsexempel för stödmur på friktionsjord. Exemplet är ett förslag till hur den föreslagna beräkningsgången i detta tillämpningsdokument kan tillämpas för dimensionering av en stödmur på friktionsjord.

Geotekniska förutsättningar är baserade på MUR (Markteknisk undersökningsrapport) från ett verkligt projekt. Inom ramen för IEG:s arbete har tre stycken exempel på MUR tagits fram (lös kohesionsjord, fast kohesionsjord samt friktionsjord). Syftet har varit att realistiska geotekniska förhållanden skall ligga till grund för de beräkningsexempel som tas fram inom IEG. Genom att utgå från MUR från verkliga projekt, så ställs man även inför samma frågeställningar som kommer att uppstå när dimensionering skall utföras enligt Eurokod.

Utdrag ur de tre marktekniska undersökningsrapporterna finns för nedladdning på IEG:s plattform, www.ieg.nu (logga in som medlem).

Samma geotekniska förutsättningar har använts vid framtagande av beräkningsexempel för slänter och bankar, pålar, stödkonstruktioner och plattor, vilket gör det möjligt att jämföra skillnaderna mellan de olika konstruktionerna.

Bilaga A Beräkningsexempel Stödmur, Friktionsjord

A.1 Geotekniskt underlag

Geotekniskt underlag för beräkningarna finns redovisade i följande rapport: MUR Markteknisk undersökningsrapport -Underlag till beräkningsexempel för tillämpningsdokument – friktionsjord. Datum: 2008-01-29.

A.2 Beräkningsförutsättningar

A.2.1 Val av säkerhetsklass

Beräkningar i föreliggande exempel har utförts enligt säkerhetsklass 2 (SK 2). $\gamma_d = 0,91$.

För beräkningar i säkerhetsklass 1 och 3 (SK 1 och SK 3) ($\gamma_d = 0,83$ och $1,0$) redovisas enbart resultat.

A.2.2 Partialkoefficienter

Brottgränstillstånd STR/GEO. Partialkoefficienter hämtade från VVFS bilaga 5, uppsättning M2. Friktionsvinkel och effektiv kohesion ($\gamma_M = 1,3$), odränerad skjuvhållfasthet ($\gamma_M = 1,5$), tunghet ($\gamma_\sigma = 1,0$)

A.2.3 Val av geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori 2 vald enligt TD Grunder. Undersökningar är utförda i en omfattning som motsvarar GK2. Jordens egenskaper har bestämts med metoder enligt SS-EN 1997-2, höjden överstiger 2 m och dimensionerande last överstiger 250 kN.

A.2.4 Laster och lasteffekter

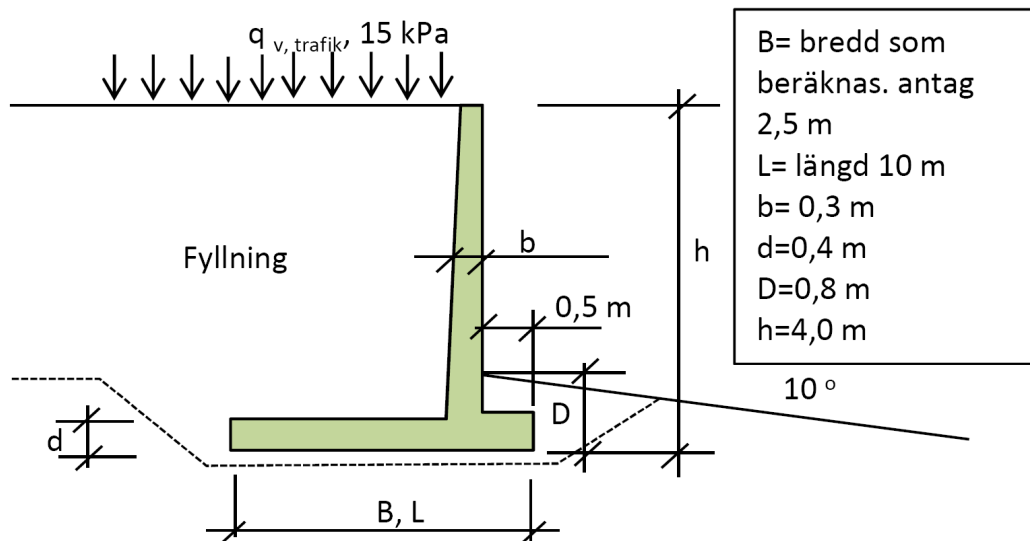
Laster och dimensioner är bestämda utifrån givna beräkningsförutsättningar och sammanfattas i Figur A. 1.

Stödmurens har initialt antagits ha en bredd på 2,5 m (B), en längd på 10,0 m (L) och en höjd på 4,0 m (h). Tjocklekar har antagits till $b=0,3$ m och $d=0,4$ m. Lastkombination 1 enligt tabell 7.1, har antagits som ogynnsammast, vilket givetvis måste kontrolleras. Observera att i detta fall antas att V och H som kommer av trafiklasten uppkommer beroende av varandra, d.v.s. det görs ingen lastkombination mellan $V_{d\text{ gyn}}$ och $H_{d\text{ ogyn}}$.

Tabell 7.1 Lastkombinationer

Lastkombination	1	2
Vertikallast	$V_{d\text{ ogyn}}$	$V_{d\text{ gyn}}$
Horisontallast	$H_{d\text{ ogyn}}$	$H_{d\text{ gyn}}$
Moment av horisontallast	$M_{d\text{ ogyn}}$	$M_{d\text{ gyn}}$

Även de vertikala lasterna ger upphov till moment då de är excentriska. I detta beräkningsexempel har dock ingen hänsyn tagits till detta. Moment skulle motverka momenten av horisontallasten, varför förenkling ligger på säkra sidan.



Figur A. 1 Geometri och laster för stödmur grundlagd på friktionsjord

Vertikala laster

$G_{v, \text{btg}}$, stödmurens egenvikt är en konstruktionslast och beräknas enligt ekvation 6.10 a i SS-EN 1990 (eftersom andelen variabel last är liten).

Trafiklast, horisontella jordtryck och tyngden av återfylld jord ovanför fundamentet är geotekniska laster och beräknas enligt ekvation 6.10 i SS-EN 1990.

Trafiklasten q_v antas ha varaktighetskoefficienter $\psi_0 = 0,7$ $\psi_1 = 0,5$ $\psi_2 = 0,3$ enligt SS-EN 1991-1-1.

Fundamentets vikt

$$G_{\text{btg}} = g \cdot \rho_{\text{btg}} \cdot (B \cdot d + (h - d) \cdot b) \cdot L$$

$$G_{\text{btg}} = 10,0 \cdot 2,40 \cdot (2,5 \cdot 0,40 + (4,0 - 0,4) \cdot 0,30) \cdot 10 = 449,2 \text{ kN}$$

Jordens vikt på fundament. Det har förutsatts återfyllning med sand. Vald $\rho_d = 1,8 \text{ t/m}^3$.

$$G_{\text{jord}} = g \cdot \rho_d \cdot ((B - 0,5 - b) \cdot (h - d) + (D - d) \cdot 0,5) \cdot L$$

$$G_{\text{jord}} = 10,0 \cdot 1,80 \cdot ((2,5 - 0,5 - 0,3) \cdot (4 - 0,4) + (0,8 - 0,4) \cdot 0,5) \cdot 10 = 1137,6 \text{ kN}$$

Trafiklast $q = 15 \text{ kPa}$.

$$Q_v = q \cdot (B - 0,5 - b) \cdot L$$

$$Q_v = 15 \cdot (2,5 - 0,5 - 0,3) \cdot 10 = 255 \text{ kN}$$

Horisontella laster

Beräkning av horisontella geoteknisk last utföres enligt TD Stödkonstruktioner.

Trafiklasten $q_{v, \text{trafik}} = 15 \text{ kPa}$ beräknas enligt: $Q_d = \gamma_d \cdot 1,4 \cdot q_{v, \text{trafik}}$ (ogynnsamma laster) med olika resultat beroende på säkerhetsklass.

	SK 1	SK 2	SK 3
Trafiklast (kPa), q_d	17	19	21

Jordmaterialet mot stödmuren är en fyllning av friktionsjord som det förutsätts är komprimerad och kontrollerad. Enligt TKGeo väljs ett härlett värde på friktionsvinkeln till 37° och en tunghet enligt tidigare på 18 kN/m^3 .

Egenvikt/tunghet $\eta = 1,0$

Dränerad skjuvhållfasthet, $\eta = 1,10$

Delfaktorn $\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4 = 1,05$

Delfaktorn $\eta_5\eta_6 = 1,05$

Delfaktorn $\eta_7\eta_8 = 1,0$

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot \bar{X}$$

Tunghet γ_d samma som härledda värden.

Friktionsvinkel, $\phi_d = 32,5^\circ$ ($\tan(\phi_d) = \frac{1}{1,3} \cdot 1,10 \cdot \tan(37^\circ)$)

De olika jordtryckskoefficienten beräknas till:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) = \tan^2(45^\circ - 32,5^\circ/2) = 0,3$$

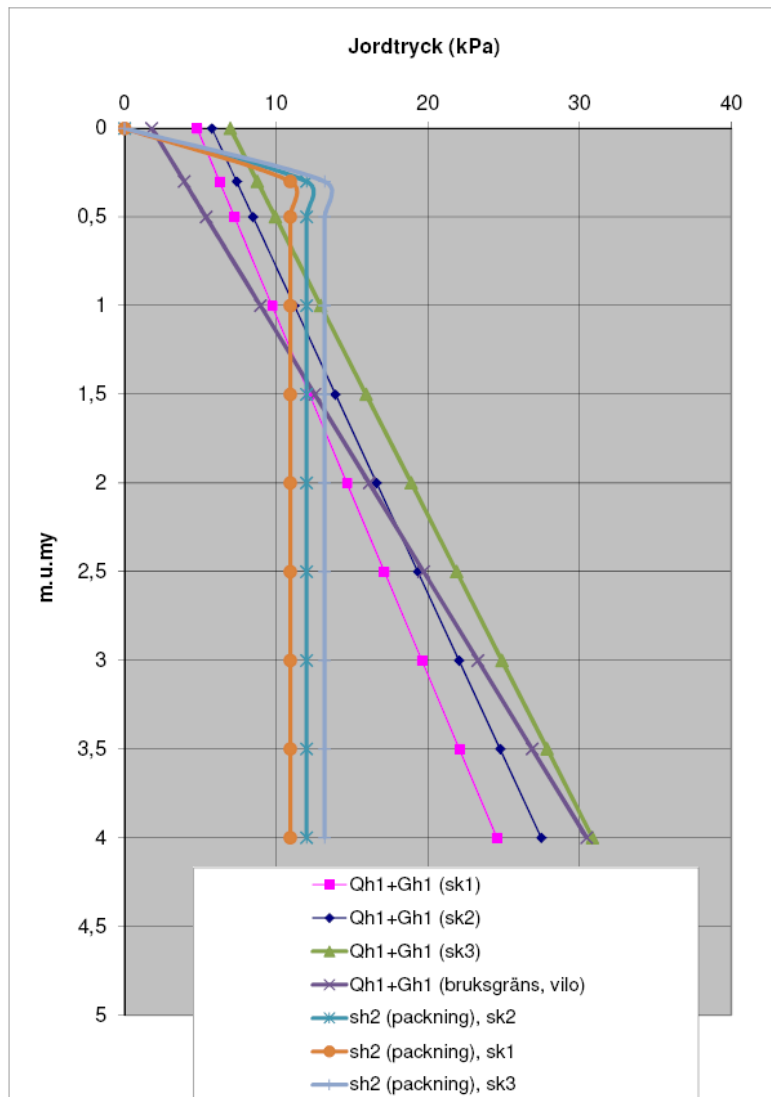
$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) = \tan^2(45^\circ + 32,5^\circ/2) = 3,3$$

$$K_o = 1 - \sin(\phi) = 1 - \sin(37^\circ) = 0,40 \text{ (gäller bruksgräns, } \gamma_m \text{ och } \eta = 1,0)$$

I brottgräns beräknas jordtrycken som aktiva på pådrivande sida och som passiva på mothållande sida enligt den klassiska jordtrycksteorin, $G_{hz} = K_x^*(Q_v + Z^*\gamma_d)$.

Packningsinducerade jordtryck kan beräknas enligt Plattgrundläggningshandboken [1] tabell 2.1. I aktuellt exempel har ansatts en spänning på $Q_p = 12 \text{ kPa}$ som angriper på $0,3 \text{ m}$ djup under överkant stödmur (100 kg:s vibratorplatta). Spänningen verkar tills de klassiska jordtrycken överstiger 12 kPa .

När sedan jordtrycken är framräknade justeras lasteffekten, vilket innebär att intensiteten så länge dessa är pådrivande multipliceras med $1,1$ i SK3 och med $0,91$ i SK1. De olika jordtrycken för olika säkerhetsklasser visas nedan.



Figur A. 2 Jordtryck för olika säkerhetsklasser i brottgräns, samt bruksgräns (vilo)

Brottgränstillstånd

Vid dimensionering i STR/GEO beräknas laster enligt nedan för konstruktionslaster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1,35 \cdot G_{kj,sup} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$E_d = 1,00 \cdot G_{kj,inf} \text{ (gynnsamma laster)}$$

Beräkning konstruktionslast, med insättning av värden ovan :

$$V_{d,k} = 0,91 \cdot 1,35 \cdot 499,2 = 613,3kN \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$V_{d,k} = 1,00 \cdot 499,2 = 499,2kN \text{ (gynnsamma laster)}$$

Vid dimensionering i STR/GEO beräknas laster enligt nedan för geotekniska laster:

$$E_d = \gamma_d \cdot 1,10 \cdot G_{kj,sup} + \gamma_d \cdot 1,4 \cdot Q_{k,1} + \gamma_d \cdot 1,4 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$E_d = 1,00 \cdot G_{kj,inf} \text{ (gynnsamma laster)}$$

Beräkning av vertikal geoteknisk last, med insättning av värden ovan:

$$V_{d,g} = 0,91 \cdot 1,1 \cdot 1137,6 + 0,91 \cdot 1,4 \cdot 255 = 1463,6kN \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$V_{d,g} = 1,0 \cdot 1137,6 = 1137,6 \text{ kN (gynnsamma laster)}$$

Hänsyn till den lutande markytan tas vid beräkning av effektivt överlagringsspänning, samt i föreskriven korrektionsfaktor.

Total dimensionerande vertikallast:

$$V_d = 613,3 + 1463,6 = 2076,9 \text{ kN (ogynnsamma laster)}$$

$$V_d = 499,2 + 1137,6 = 1636,8 \text{ kN (gynnsamma laster)}$$

Beräkningar av de horisontella lasterna i lastkombination 1

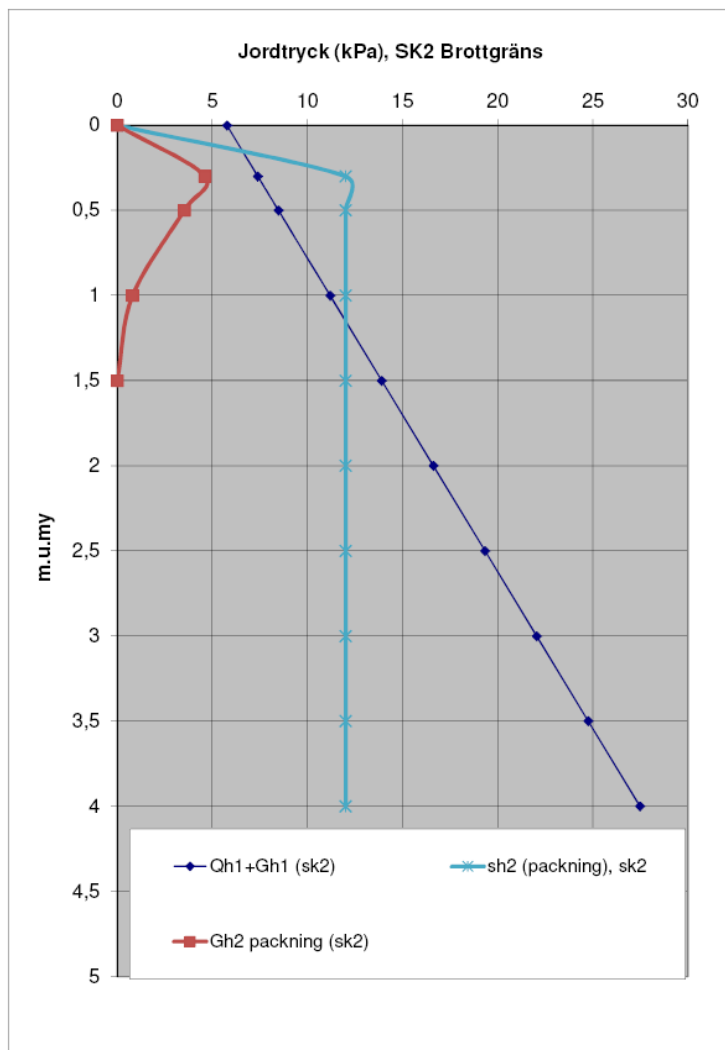
$$Q_{h1} = Q_d \cdot K_A \cdot L \cdot h = 19 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 4 = 228 \text{ kN}$$

$$G_{h1} = h \cdot \gamma_d \cdot K_A \cdot L \cdot h / 2 = 4 \cdot 18 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 4 / 2 = 432 \text{ kN}$$

$$G_{h2} = \text{resterande_last_då_} Q_p \geq (Q_{h1} + G_{h1}) = 28 \text{ kN}$$

$$G_{h3} = D \cdot \gamma_d \cdot K_p \cdot L \cdot D / 2 = 0,8 \cdot 18 \cdot 3,3 \cdot 10 \cdot 0,8 / 2 = 190 \text{ kN}$$

$$G_{hd} = Q_{h1} + G_{h1} + G_{h2} - G_{h3} = 228 + 432 + 28 - 190 = 498 \text{ kN}$$



Figur A. 3 Horisontella jordtryck för säkerhetsklass 2

Motsvarande laster exkl. trafik och packning för lastkombination 2

$$Q_{h1} = 0,0 \text{ kN}$$

$$G_{h1} = h \cdot \gamma_d \cdot K_A \cdot L \cdot h / 2 = 4 \cdot 18 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 4 / 2 = 432 \text{ kN}$$

$$G_{h2} = 0,0 \text{ kN}$$

$$G_{h3} = D \cdot \gamma_d \cdot K_0 \cdot L \cdot D / 2 = 0,8 \cdot 18 \cdot 3,3 \cdot 10 \cdot 0,8 / 2 = 190 \text{ kN}$$

$$G_{hd} = Q_{h1} + G_{h1} + G_{h2} - G_{h3} = 432 - 190 = 242 \text{ kN}$$

De horisontella lasterna ger även upphov till ett moment som ska beaktas vid dimensioneringen. Hävarm för respektive horisontell last:

$$x_{Qh1} = h / 2 = 4 / 2 = 2 \text{ m}$$

$$x_{Gh1} = h / 3 = 4 / 3 = 1,33 \text{ m}$$

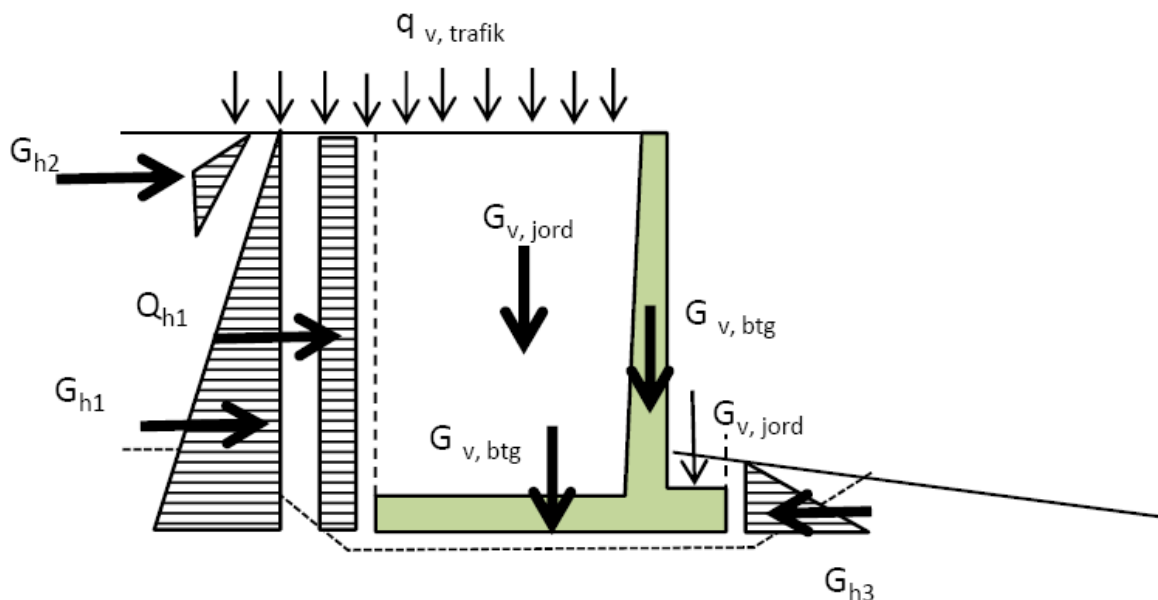
$$x_{Gh2} = h - 0,3 = 4 - 0,3 = 3,7 \text{ m (ca)}$$

$$x_{Gh3} = D / 3 = 0,8 / 3 = 0,27 \text{ m}$$

$$M_{hd} = Q_{h1} \cdot x_{Qh1} + G_{h1} \cdot x_{Gh1} + G_{h2} \cdot x_{Gh2} - G_{h3} \cdot x_{Gh3}$$

$$M_{hd} = 228 \cdot 2 + 432 \cdot 1,33 + 28 \cdot 3,7 - 190 \cdot 0,27 = 1082,9 \text{ kNm (ogynnsamma laster)}$$

$$M_{hd} = 432 \cdot 1,33 - 190 \cdot 0,27 = 523,3 \text{ kNm (gynnsamma laster)}$$



Figur A. 4 Lastsammanställning

Bruksgränstillstånd

Vid dimensionering i STR/GEO beräknas laster enligt nedan för konstruktionslaster och geotekniska laster:

$$E_d = G_{kj, \text{sup}} + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$E_d = 1,00 \cdot G_{kj, \text{inf}} \text{ (gynnsamma laster)}$$

Total dimensionerande vertikallast:

$$V_{d,k} = 499,2 + 1137,6 + 0,3 \cdot 255 = 1713,3 \text{ kN (ogynnsamma laster)}$$

$$V_{d,k} = 1,00 \cdot (499,2 + 1137,6) = 1636,8 \text{ kN (gynnsamma laster)}$$

Trafiklasten $Q_{v, \text{trafik}} = 15 \text{ kPa}$ beräknas enligt: $Q_d = \psi_2 \cdot q_{v, \text{trafik}}$

	Bruksgräns
Trafiklast (kPa), Q_d	4,5

För motsvarande beräkningar för horisontallast antas vilojordtryck.

$$Q_{h1} = Q_d \cdot K_o \cdot L \cdot h = 4,5 \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot 4 = 72 \text{ kN}$$

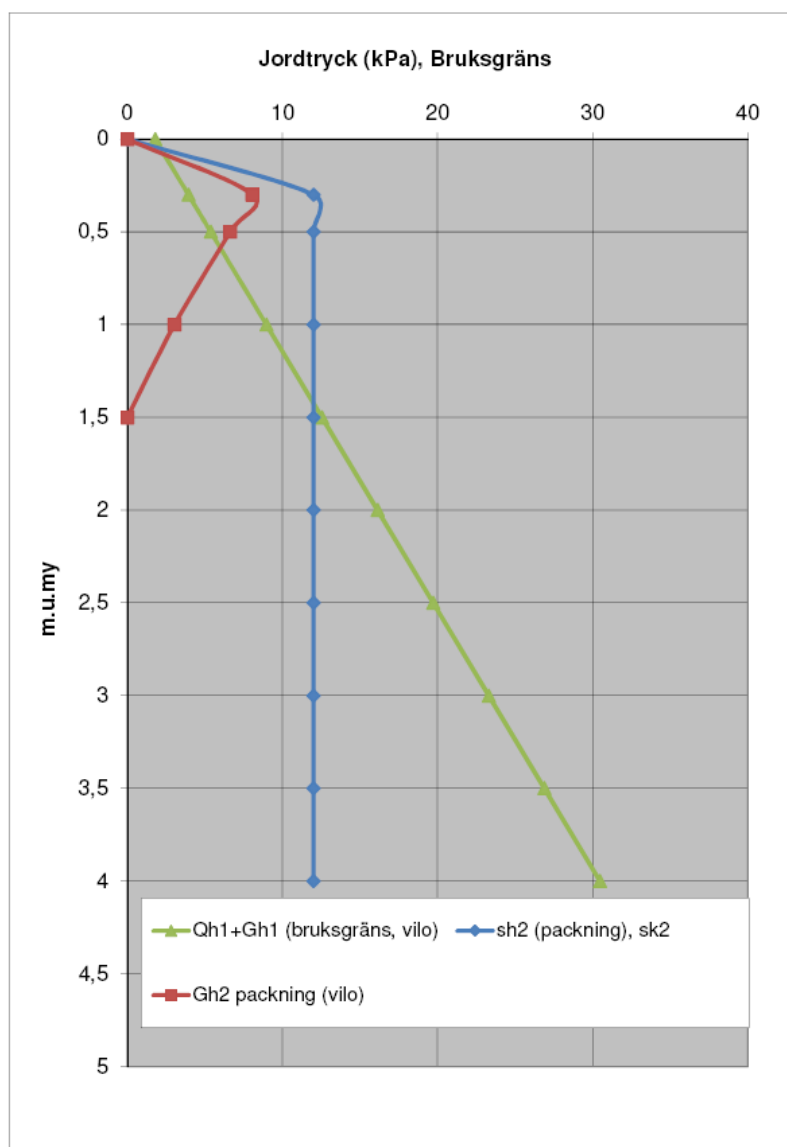
$$G_{h1} = h \cdot \gamma_d \cdot K_o \cdot L \cdot h / 2 = 4 \cdot 18 \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot 4 / 2 = 576 \text{ kN}$$

$$G_{h2} = \text{resterande_last_då_} Q_p \geq (Q_{h1} + G_{h1}) = 59 \text{ kN}$$

$$G_{h3} = D \cdot \gamma_d \cdot K_o \cdot L \cdot D / 2 = 0,8 \cdot 18 \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot 0,8 / 2 = 23 \text{ kN}$$

$$G_{hd} = Q_{h1} + G_{h1} + G_{h2} - G_{h3} = 72 + 576 + 59 - 23 = 684 \text{ kN (ogynnsamma laster)}$$

$$G_{hd} = G_{h1} - G_{h3} = 576 - 23 = 553 \text{ kN (gynnsamma laster)}$$



Figur A. 5 Horisontella jordtryck i bruksgräns

Den horisontella lasten ger även upphov till ett moment som ska beaktas vid dimensioneringen.

$$M_{Hd} = 72 \cdot 2 + 576 \cdot 1,33 + 59 \cdot 3,7 - 23 \cdot 0,27 = 1122,2 \text{ kNm (ogynnsamma laster)}$$

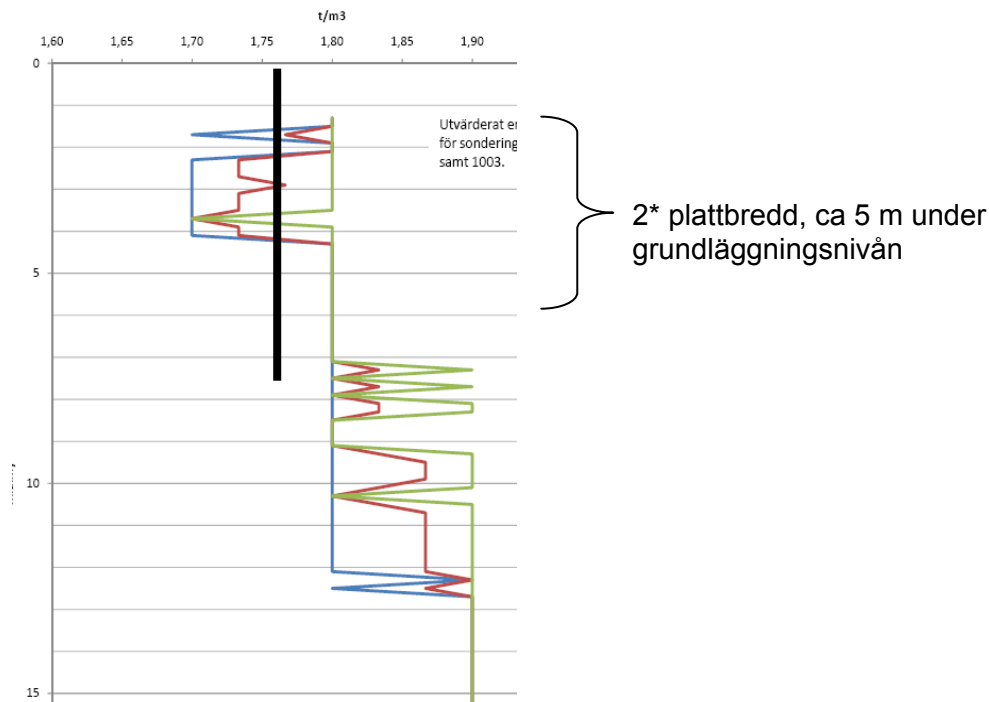
$$M_{Hd} = 576 \cdot 1,33 - 23 \cdot 0,27 = 759,9 \text{ kNm} \text{ (gynnsamma laster)}$$

A.2.5 Dimensionerande jordegenskaper

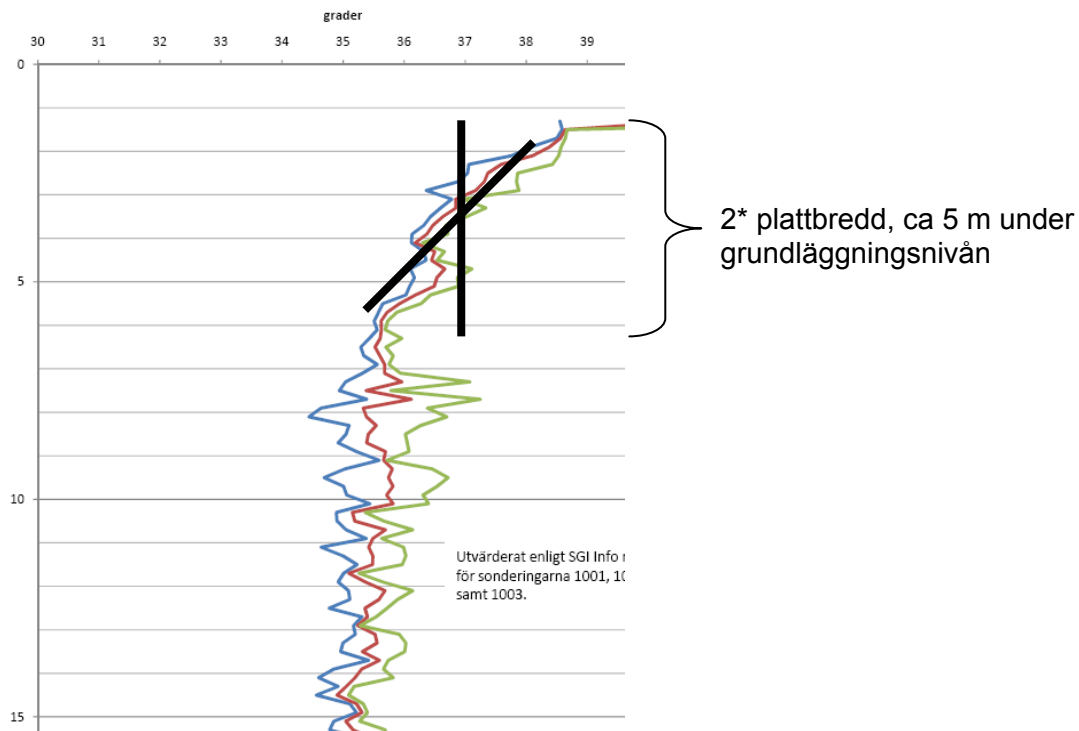
Härledda värden

Underlag till beräkningsexempel se MUR- friktionsjord.

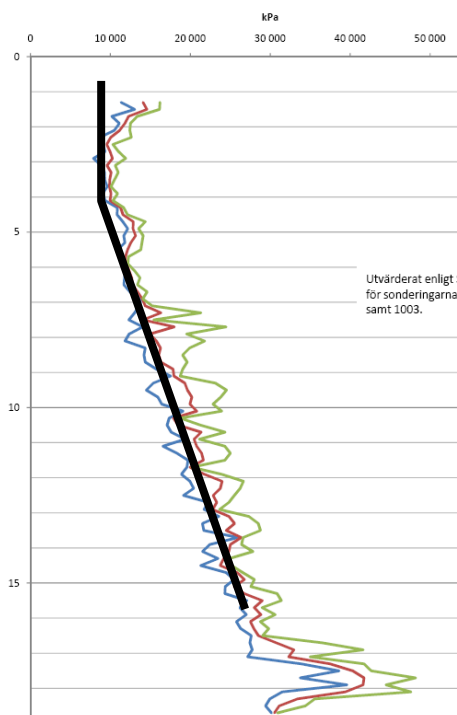
Härlett värde för jordens densitet ca 2 plattbredder under grundläggningsnivå, $1,75 \text{ t/m}^3$, med motsvarande tunghet $\square_k = 17,5 \text{ kN/m}^3$. För fortsatta beräkningar antas den vattenmättade tungheten \square_m till $20,5 \text{ kN/m}^3$.



Härledda värden för jordens hållfasthetsegenskaper i form av friktionsvinkel ca 2 plattbredder under grundläggningsnivån, $\square_k = 37^\circ$.



Härledda värden för jordens deformationsegenskaper i form av elasticitetsmodul från grundläggningsnivån till 4 m.u.my, $E_k = 10\,000$ kPa. Från 4 m.u.my och djupare enligt sambandet $E_k = 10\,000 + z \cdot 1500$ kPa



Omräkningsfaktorn $\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5 \eta_6 \eta_7 \eta_8$
 Egenvikt/tunghet $\square = 1,0$

Dränerad skjuvhållfasthet, $\gamma = 1,05$ med delfaktorer:

Delfaktorn $\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \gamma_4 = 1,0$

Delfaktorn $\gamma_5 \gamma_6 = 0,95$

Delfaktorn $\gamma_7 \gamma_8 = 1,1$

Dimensionerande värden

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} \cdot \eta \cdot \bar{X}$$

Tunghet γ_d samma som härledda värden.

$$\text{Friktionsvinkel, } \phi_d = 31^\circ \quad (\tan(\phi_d) = \frac{1}{1,3} \cdot 1,05 \cdot \tan(37^\circ))$$

Sättningsmodul samma som härledda värden, $E_d = 10\,000$ kPa. Från 4 m.u.my och djupare enligt sambandet $E_d = 10\,000 + z \cdot 1500$ kPa. Observera γ_{Rd} som används vid sättningsberäkning.

Modellosäkerheter

Beräkning av vertikal bärförmåga, friktionsjord, $\gamma_{Rd} = 1,0$.

Bruksgräns, beräkning $\gamma_{Rd} = 1,3$.

A.3 Beräkningar i brottgräns

A.3.1 Lastkombinationer

Brottgräns, lastkombination 1.

$$V_d = 2076,9 \text{ kN} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$H_d = 498 \text{ kN} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$M_{Hd} = 1082,9 \text{ kNm} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

Bruksgräns

$$V_d = 1713,3 \text{ kN} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$H_d = 684 \text{ kN} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$M_{Hd} = 1122,2 \text{ kNm} \text{ (ogynnsamma laster)}$$

A.3.2 Brottgräns

Beräkningar utförs enligt allmänna bärrighetsekvationen som redovisas i sin helhet som bilaga C i TDp.

$$q_{bd} = c_d N_{cd} \xi_c + q_d N_{qd} \xi_q + 0,5 \gamma' b_{ef} N_{yd} \xi_y$$

I friktionsjord kan antas $c = 0$ vilket ger

$$q_{bd} = q_d N_{qd} \xi_q + 0,5 \gamma' b_{ef} N_{yd} \xi_y$$

Bärrighetsfaktorer enligt bilaga C i TDp.

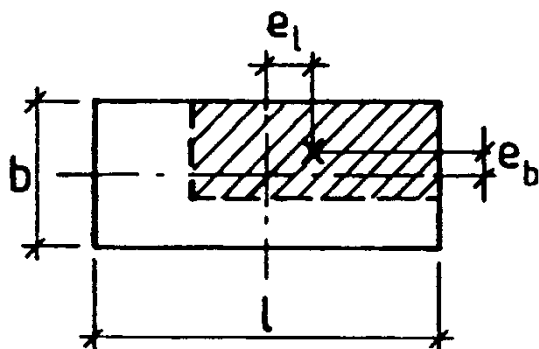
γ_d	N_{cd}	N_{qd}	N_{yd}
31	33	21	17

$$e_b = M/V = 1082,9/2076,9 = 0,52$$

$$b_{ef} = b - 2 \cdot e_b = 2,5 - 2 \cdot 0,52 = 1,46 \text{ m}$$

$$l_{ef} = l - 2 \cdot e_L = 10 - 2 \cdot 0 = 10,0 \text{ m}$$

$$A_{ef} = b_{ef} \cdot l_{ef} = 1,46 \cdot 10,0 = 14,6 \text{ m}^2$$



Inom den effektiva fundamentarean, $A_{ef} = b_{ef} l_{ef}$, antas grundtrycket jämnt fördelat.

Bestämning av den lägsta effektiva vertikalspänningen q' på grundläggningsnivån

Grundvattennivån befinner sig under grundläggningsnivån. d_{\min} ansätts till 0,8 m p.g.a. den lutande markytan.

$$q' = \gamma \cdot d_{\min} = 17,5 \cdot 0,8 = 14 \text{ kPa}$$

Val av densitet för jordmaterial under grundläggningsnivån

När grundvattenytan återfinns inom djupet b_{ef} under grundläggningsnivån skall som tunghet väljas ett viktat medelvärde av tungheten och effektiva tungheten γ' enligt följande samband, $d_2 = 0$, vilket ger $\gamma_{eq} = \gamma' = \gamma_m - \gamma_w = 20,5 - 10 = 10,5 \text{ kN/m}^3$.

$$\gamma_{eq} = \gamma \frac{d_2}{b_{ef}} + \gamma' \frac{b_{ef} - d_2}{b_{ef}}$$

där

γ_{eq} ekvivalent tunghet
 d_2 avståndet från grundläggningsnivån till grundvattennivån, $0 < d_2 < b_{ef}$
 b_{ef} effektiv plattbredd (se ekvation 4.13)

Inverkan av hållfasthet hos jorden över grundläggningsnivån

D ansätts som $d_{\min} = 0,80 \text{ m}$

$$d_c = 1 + 0,35 \frac{d}{b_{ef}} ; = 1 + 0,35 \cdot 0,8 / 1,46 = 1,19, d_c \leq 1,7 \text{ ok}$$

$$d_q = 1 + 0,35 \frac{d}{b_{ef}} ; = 1,19, d_q \leq 1,7$$
$$d_y = 1$$

Inverkan av fundamentform

$$s_c = 1 + \frac{N_q b_{ef}}{N_c l_{ef}} = 1 + \frac{21 \cdot 1,46}{33 \cdot 10,0} = 1,09$$

$$s_q = 1 + (\tan \varphi) \frac{b_{ef}}{l_{ef}} = 1 + (\tan (31^\circ)) \frac{1,46}{10,0} = 1,09$$

$$s_y = 1 - 0,4 \frac{b_{ef}}{l_{ef}} = 1 - 0,4 \frac{1,46}{10,0} = 0,94$$

Inverkan av lutande last

$H = 2077 \text{ kN}$ horisontell lastkomponent

$V = 498 \text{ kN}$ vertikal lastkomponent

$c' = 0 \text{ kPa}$

$\alpha_d = 31^\circ$

$m = m_b = \frac{2l_{ef} + b_{ef}}{l_{ef} + b_{ef}}$ när den horisontella lastkomponenten verkar i breddriktningen

$$m_b = \frac{2 \cdot 10,0 + 1,46}{10,0 + 1,46} = 1,87$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \phi_d} = 0,6 - \frac{1 - 0,6}{33 \cdot \tan(31^\circ)} = 0,58$$

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + b_{ef} l_{ef} c \cot \phi_d}\right)^m = \left(1 - \frac{498}{2077}\right)^{1,87} = 0,60$$

$$i_v = \left(1 - \frac{H}{V + b_{ef} l_{ef} c \cot \phi_d}\right)^{m+1} = \left(1 - \frac{498}{2077}\right)^{1,87+1} = 0,45$$

Inverkan av lutande intilliggande markyta

$\alpha = 10^\circ$. I nedanstående samband ska α uttryckas i radianer, $10 \cdot \pi / 180 = 0,174 \text{ radianer}$

$$g_c = e^{-2 \cdot 0,174 \cdot \tan(31)} = 0,81$$

$$g_q = 1 - \sin 2 \cdot 0,174 = 0,66$$

$$g_v = 1 - \sin 2 \cdot 0,174 = 0,66$$

Inverkan av lutande basyta

Horisontell basyta. $\alpha = 0$, vilket ger $b_c = b_q = b_\alpha = 1,0$.

Beräkning brottgräns

$$q_{bd} = q_d N_{qd} \xi_q + 0,5 \gamma' b_{ef} N_{vd} \xi_v$$

$$q_{bd} = 14 \cdot 21 \cdot 1,19 \cdot 1,09 \cdot 0,6 \cdot 0,66 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 10,5 \cdot 1,46 \cdot 17 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 0,45 \cdot 0,66 \cdot 1,0 =$$

$$q_{bd} = 151 + 36 = 187 \text{ kPa}, A_{ef} = 14,6 \text{ m}^2, R_{vd} = 2730 \text{ kN}$$

En förutsättning som brukar tillämpas är att lasteffekten i bruksgränstillstånd får vara maximalt 2/3 av bärförmågan i brottgränstillstånd, om inte utredningar ska utföras för eventuella krypdeformationer.

$$1713 \text{ kN} < 2 \cdot 2730 / 3 = 1820 \text{ kN}, \text{ ok. } E < R$$

Motsvarande beräkningar för lastkombination 2 gav plattdimensioner som var mindre. Lastkombination 1 var alltså dimensionerande. Som nämns inledningsvis gäller detta om V och H är beroende.

Beräkningar i SK1 och SK3 för beräknad platta med sidomåttet 2,5 m gav följande dimensionerande bärförmågor:

Säkerhetsklass	Rvd	2*Rvd/3
SK1	2922	1948
SK2	2730	1820
SK3	2557**	1705**

** Observera att B måste öka till 2,6 m i SK3

A.3.3 Dimensionering med hänsyn till glidning

I normalfallet tas de horisontella krafterna upp genom friktion mot plattans underyta. I vissa fall kan även jordtryck mot grundplattans sidor tillgodoräknas. När det gäller hantering av jordtryck måste hänsyn tas till den förväntade livslängden avseende t.ex. urschaktning eller ändrade marknivåer.

Vid dränerad analys bestäms dimensionerande horisontell bärförmåga enligt följande:

$R_{Hd} = V'_d \cdot \tan(\phi_d)$. ϕ_d ska reduceras med 2/3 om plattan är prefabricerad.

Beräkningar utförs med lägsta lasten (gynnsam), $V'_d = 1637$ kN.

$R_{Hd} = 1637 \cdot \tan(31^\circ) = 984$ kN > $H_d = 498$ kN, ok, och i fallet prefabricerad platta

$R_{Hd} = 1637 \cdot \tan(2 \cdot 31^\circ / 3) = 617$ kN > $H_d = 498$ kN, ok.

A.3.4 Dimensionering med hänsyn till stjälpning

Normalt kan det antas att risken för stjälpning är begränsad om minst ett av följande villkor är uppfyllda:

- Lastresultatens excentricitet understiger 1/3 av plattbredden. $e = 0,52 < 2,5/3 = 0,83$ m, ok.
- Jordens egenskaper är sådana att den vertikala bärförmågan är styrande. ok.

A.4 Beräkningar i bruksgräns

Lastkombinationen i bruksgräns ger större horisontella laster och mindre vertikala jämfört med brottgränstillstånd då vilojordtryck tillämpats i syfte att undvika rörelser.

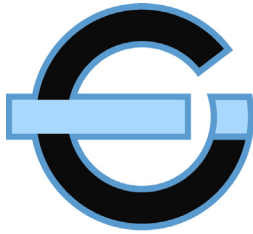
$$V_d = 1713,3kN \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$H_d = 684kN \text{ (ogynnsamma laster)}$$

$$M_{hd} = 1122,2kN \text{ (ogynnsamma laster)}$$

Aktiva jordtryck kan också användas i bruksgränsberäkningar, som ett medvetet val, då rörelser kommer att uppstå. I bilaga C i EN 1997-1, tabell C.1 kan horisontella rörelser i stödmurens överkant uppskattas till 0,1-0,2 % av stödmurshöjden då aktivt jordtryck utbildats bakom stödmuren. Förutsättning också att återfyllnad skett med friktionsjord med hög relativ fasthet. Beräknade rörelser blir då ca 4-8 mm.

Storleksordningen på vertikala rörelser (sättningar) för en stödmur kan uppskattas enligt TDp. Generellt är det dock viktigare och svårare att beräkna de horisontella rörelserna enligt ovan. Baserat på de vertikala rörelserna och bedömd excentricitet på lasterna kan t.ex. en bedömd vinkeländring för bottenplattan överföras till en horisontell rörelse för stödmuren. Noggrannare analyser kan dock bara göras med FE-analyser kopplat till noggranna undersökningar.



Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik

IEG

IEG är en ideell förening, under ingenjörsvetenskapsakademins, IVA, hägn, som har till uppgift att initiera, samordna och utföra arbete som krävs för implementering av Europastandarder inom Geoteknikområdet, vilka inom de närmaste åren enligt EU-direktiv och lagen om offentlig upphandling kommer att ersätta och komplettera stora delar av dagens svenska geotekniska regelverk. Syftet är också att säkerställa att det tas fram nödvändiga hjälpmedel i form av anpassade tillämpningsdokument o. dyl

Utgivna rapporter

- 1:2005 Eurokoder och Europastandarder. Vad kan man skriva i Nationella Tillämpningsregler till olika Geotekniska Standarder?
 - 1:2006 Sammanställning av standarder och närliggande dokument
 - 2:2006 EN 1997-1, Grunder, Fas 1
 - 3:2006 EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning, Fas 1
 - 4:2006 EN 1997-1 Kapitel 8–9 , Stödkonstruktioner, Fas 1
 - 5:2006 Bergtunnel
 - 6:2006 EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning, Fas 1
 - 7:2006 EN 1997-1, Grunder, Fas 2
 - 8:2006 EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning, Fas 2
 - 9:2006 Fältmetoder dynamisk sondering, Fas 1
 - 10:2006 EN 1997-1, Geoteknisk data, Fas 1
 - 11:2006 Stödkonstruktioner, Betaberäkningar
 - 1:2007 EN 1997-1, kapitel 10 och 11, Slänter och bankar, Fas 1
 - 2:2007 Geoteknisk kategori
 - 3:2007 Fältmetoder dynamisk sondering, underlag nationell bilaga
 - 4:2007 EN 1997-1, kapitel 10 och 11, Slänter och bankar, Fas 2
 - 5:2007 Hantering av geoteknisk data
 - 6:2007 EN 1997-1 Kapitel 7, Pålgrundläggning, Fas 2
 - 7:2007 Konsekvens analys EN 1997-2
 - 1:2008 EN 14688 Klassificering
 - 2:2008 Tillämpningsdokument - Grunder EN 1997
 - 3:2008 Bergtunnel, fas 2
 - 4:2008 Tillämpningsdokument – Dokumenthantering
 - 5:2008 EN 22475-1 Provtagning och grundvattenmätning
 - 6:2008 Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 10 och 11, Slänter och bankar
 - 7:2008 Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 6, Plattgrundläggning
 - 8:2008 Tillämpningsdokument – En 1997-1 kapitel 7, Pålgrundläggning
 - 1:2009 EN 1997-1 Kapitel 8, Stödkonstruktioner, Fas 2
 - 2:2009 Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 8 stödkonstruktioner
 - 3:2009 Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapport 3:95 och 2:96 i enlighet med Eurokod. Fas 1 Frågeställningar
 - 1:2010 EN 1997-2, Marktekniska undersökningar i fält och laboratorie – fas 2 konsekvensanalys
 - 2:2010 Rapportering av geotekniska fältundersökningar (jord) – omfattning och fältprotokoll
 - 3:2010 Klassificering (jord) enligt SS-EN ISO 14688-1 och 2. Konsekvenser och förslag till åtgärder
 - 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar. Vägledning för tillämpning av Skredkommissionens rapporter 3:95 och 2:96
 - 5:2010 Tillämpningsdokument Bergtunnel och Bergrum
 - 6:2010 Observationsmetoden i geoteknik fas 1 och fas 2
 - 7:2010 Tillämpningsdokument Ankare EN 1997-1 kapitel 8
 - 8:2010 Tillämpningsdokument hantering av vatten
 - 9:2010 Tillämpningsdokument observationsmetoden inom geotekniken
 - 10:2010 Tillämpningsdokument EN 1997-2, Marktekniska undersökningar i fält och laboratorie
 - 11:2010 Tillämpningsdokument Stödmur
 - 12:2010 Tillämpningsdokument SS-EN/ISO 14688-1 – Identifiering och beskrivning
 - 13:2010 Tillämpningsdokument SS-EN/ISO 14688-2 - Klassificering
-