



Figur 1. ENV 1997-1 (1994) användes som norm för grundläggningsarbetena för Öresundsförbindelsen.

Eurokod 7

– Dimensionering av Geokonstruktioner

Eurokod 7 skall inom kort ersätta det svenska regelverk som idag används för dimensionering av geokonstruktioner. Här ges en kort beskrivning av dess innehåll och av skillnaderna mot dagens praxis samt något om vanskligheterna med att tillämpa Eurokod 7.

Dimensionering av geokonstruktioner i Sverige görs idag efter de grundläggande reglerna i Boverkets Konstruktionsregler samt specialregler från Vägverk och Banverk. Dessa regler grundar sig på partialkoefficientmetoden, som infördes i Nybyggnadsreglerna 1989. Samma år involverades Sverige i Eurokodarbetet. Arbetet resulterade 1994 i ENV 1997-1 om dimensionering av geokonstruktioner, en förstandard för medlemsländernas prövning av det

nya regelverket. Denna förstandard översattes till svenska och försågs med ett nationellt anpassningsdokument och gavs ut som Byggstandardiserings Rapport 1/1998. Förstandarden användes bl a för grundläggningen av Öresundsförbindelsen och Metron i Köpenhamn, se Bergdahl (2004).

Erfarenheterna från ENV 1997-1 inarbetades successivt i den blivande Eurokoden EN 1997-1, som fastställdes av CEN i januari 2004.



Ulf Bergdahl,
Civ.ing, K62,
Överingenjör,
Statens geotekniska institut.
Svensk representant i CEN TC 250/SC7, Geoteknisk dimensionering.

Andra geostandarder

Samtidigt med arbetet med EN 1997-1 arbetade man för att skapa standarder för att få enhetliga regler för geotekniska undersökningar och hur resultaten av sådana kan användas vid dimensionering. Dessa regler har nu sammanställts i EN 1997-2 Geotekniska undersökningar och provning, som nyligen godkänts av medlemsländerna.

Förutom dessa standarder, som är avsedda för dimensionering av geokonstruktioner har det utkommit eller är under utgivning ett stort antal standarder, som berör geoteknikerna inom områdena:

- Benämning, beskrivning och klassificering av jord och berg.
- Metoder för geotekniska fält- och laboratorieundersökningar.
- Metoder för provtagning i jord, berg och grundvatten.
- Metoder för provbelastningar.
- Metoder för geohydrauliska undersökningar.

- Metoder för utförande av geokonstruktioner av typ spjontning, pålning, injektering, jordarmering och jordförstärkning.

Implementering

Om man härtill lägger de materialstandarder, som kan beröra geotekniker, så är det ett hundratal nya europastandarder, som skall implementeras i Sverige inom de närmaste åren.

För att klara detta arbete har ett 25-tal aktörer inom geoteknikbranschen i Sverige startat en Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik (IEG).

Innehåll i EN 1997-1

EN 1997-1 omfattar enligt Bergdahl (2004) 167 sidor varav 127 med principer och tillämpningsreg-

Standarden är således betydligt mer omfattande än de svenska dimensioneringsreglerna för geokonstruktioner

ler, samt 40 sidor bilagor med förklaringar och exempel på dimensioneringar av informativ karaktär. Standarden är således betydligt mer omfattande än de svenska dimensioneringsreglerna för geokonstruktioner. Bilaga A innehåller också en serie tabeller med partialkoefficienter, som ska användas för olika slag av geokonstruktioner och dimensioneringssituationer. Angivna partialkoefficienter kan ändras i en Nationell bilaga. Vidare kan man i vissa fall välja värden och klasser eller dimensioneringsätt där alternativ ges. Också för landet specifika data kan anges, t ex tjäldjup.

Eurokod EN 1997-1 innehåller följande kapitel:

- Allmänt
- Grunder för geoteknisk dimensionering
- Geotekniska data
- Kontroll av utförande, uppföljning och underhåll
- Fyllning, avvattning, jordförstärkning och jordarmering
- Plattgrundläggning
- Pålgrundläggning
- Förankringar
- Stödkonstruktioner
- Hydrauliskt brott
- Totalstabilitet
- Bankar
- Bilagor A-J

De fyra första kapitlen innehåller generella regler för standardens tillämpning, för geoteknisk dimensionering, för framtagning av geotekniska data och för kontroll av utföranden, uppföljning och underhåll av geokonstruktioner.

De följande åtta kapitlen innehåller detaljerade regler för dimensionering av olika slag av geokonstruktioner men också specifika regler för utförande samt för kontroll och uppföljning. Utförande behandlas endast i den omfattning som det kan påverka förutsättningarna för dimensioneringen.

Skillnader jämfört med dagen praxis

Vid analys av EN 1997-1 finner man att den innehåller en stor mängd allmänt formulerade principer, som utgör krav, samt ett stort antal tillämpningsregler, som kan användas för att uppfylla kraven. Man saknar dock precisa föreskrifter och allmänna råd som i t ex BKR. Detta beror till stor del på att EN 1997-1 är resultatet av ett kompromissande mellan i första hand 18 länder med olika bakgrunder vad gäller byggregler, geologi, undersökningsmetoder, utvärderings- och dimensioneringsmetoder. Sett mot denna bakgrund är det dock enastående att man kommit

Figur 2. Konstruktionerna för de underjordiska Metrostationerna i centrala Köpenhamn baserades på ENV 1997-1 (1994). Här schakt för station Christianshavn.



Foto: Comet



GEOTEKNIK AB

PG Geoteknik AB
– ett företag i fält

Upplagsvägen 17 • 117 43 Stockholm
Tel 08-744 22 33 • Fax 08-744 05 60

Exempel Nr	Typ av geokonstruktion	Efterfrågad konstruktionsdetalj	Spridning i erhållna resultat	Spridningen i % av medelvärdet
1	Plattgrundläggning med vertikal, centrisk last	Plattbredd	1,4 – 2,3 m	± 24
2	Plattgrundläggning med lutande, excentrisk last	Plattbredd	3,4 – 5,6 m	± 24
3	Pålgrundläggning baserad på jordparametrar	Pållängd	10,0 – 42,8 m	± 62
4	Pålgrundläggning baserad på provbelastningsresultat	Antal pålar	9 – 10 st	± 5
5	Gravitationsmur	Bottenplattans bredd	3,1 – 5,2 m	± 37
6	Konsolspont	Nedslagningsdjup under schaktbotten	3,9 – 6,9 m	± 28
7	Förankrad spont	Nedslagningsdjup under schaktbotten	2,3 – 7,0 m	± 51
8	Uppflytning av djup källare	Tjocklek på bottenplattan	0,42 – 0,85 m	± 33
9	Spont med risk för bottenuppträckning / bottenuppluckring	Maximalt acceptabelt grundvattentryck bakom sponten	3,3 – 8,8 m	± 45
10	Bank på lös lera	Maximalt acceptabel bankhöjd	1,6 – 3,4 m	± 36

Tabell 1. Spridningen i erhållna lösningar i brottgränstillstånd för dimensioneringar enligt EN 1997-1.

så långt som man gjort.

När man går in på detaljer finner man en hel del större eller mindre skillnader, som man måste värdera betydelsen av, eftersom vi ju inte önskar varken för säkra eller osäkra geokonstruktioner framledes. Några exempel på skillnader:

Nya partialkoefficienter

Partialkoefficienten γ_n för säkerhetsklass har överförts till lastsidan.

Värden på partialkoefficienter för olika brottgränstillstånd har samlats i 17 tabeller i Bilaga A och gjorts fasta. Varje nation kan dock välja värden på dessa koefficienter.

Värden på partialkoefficienter för olika bruksgränstillstånd sätts till 1,0 och ej som i BKR till 0,9 γ_m .

Det finns tre olika dimensioneringsätt att välja mellan (nationellt val) där partialkoefficienterna läggs på last, material eller bärförmåga på olika sätt.

Det finns fyra olika metoder för att kontrollera gränstillstånd:

- genom beräkningar
- införande av hävdvunna åtgärder (tillämpning av beprövad erfarenhet)
- modellförsök och provbelastningar
- observationsmetoden

Större krav på redovisning och kontroll

Karakteristiskt värde skall ”väljas genom försiktig värdering av det

värde som påverkar uppkomsten av ett gränstillstånd” och ej medelvärdet som idag.

Kraven på redovisning och värdering av geotekniska undersökningar och geoteknisk dimensionering är större än vad som tillämpas i Sverige idag.

Kraven på kontroll, uppföljning och underhåll samt dokumentation härav är högre.

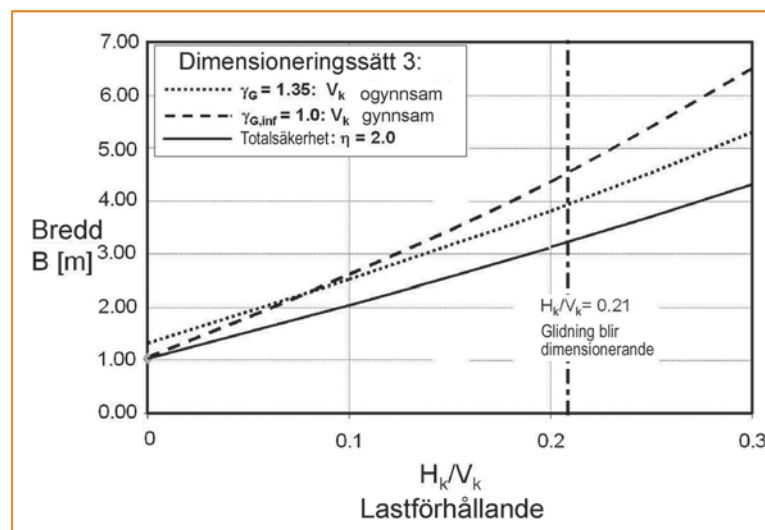
Dimensioneringsmodellerna för olika geokonstruktioner är inte helt lika de vi använder idag för brott- eller bruksgränstillstånd. Vissa modeller, som finns i de informativa bilagorna, har vi inte ens erfarenhet av.

Vad blir resultatet?

I syfte att klarlägga vilka skillnader i resultat, som uppkommer vid tillämpning av EN 1997-1 i jämförelse med olika nationella standarder, har man i Sverige och andra europeiska länder genomfört ett antal konsekvensanalyser. Nedan redovisas i korthet resultatet av några sådana analyser.

Plattgrundläggning Sverige

I IEG Rapport 3:2006 redovisas resultatet av två sådana konsekvensanalyser för grundläggning med platta i friktionsjord. Den första avser användningen av de olika dimensioneringsätten, som redovi-



Figur 3. Jämförelse mellan beräknade plattbredder enligt Dimensioneringssätt 3 enligt EN 1997-1 som funktion av förhållandet mellan horisontell och vertikal last, H_k/V_k .

Exempel Nr	Typ av geokonstruktion	Efterfrågad konstruktionsdetalj	Brottgränstillstånd Dimensioneringssätt				Spridningen i % av medelvärdet
			1,1	1,2	2	3	
1	Plattgrundläggning med vertikal, centrisk last	Plattbredd	1,62 m <i>x)</i>	2,08 m	1,87 m	2,29 m	± 10
2	Plattgrundläggning med lutande, excentrisk last	Plattbredd	3,46 m	3,98 m	3,77 m	4,23 m	± 6
3	Pålgrundläggning baserad på jordparametrar	Pållängd	14,9 m	14,6 m	14,0 m	16,7 m	± 9
4	Pålgrundläggning baserad på provbelastningsresultat	Antal pålar	9 st	9 st	10 st	-	± 5
5	Gravitationsmur	Bottenplattans bredd	3,85 m	5,03 m	4,21 m	5,03 m	± 9
6	Konsolspont	Nedslagningsdjup under schaktbotten	3,14 m	4,73 m	4,69 m	4,73 m	± 1
7	Förankrad spont	Nedslagningsdjup under schaktbotten	2,60 m	3,64 m	3,67 m	3,64 m	± 0,4
8	Uppflytning av djup källare	Tjocklek på bottenplattan	0,6 m	0,6 m	0,6 m	0,6 m	± 0
9	Spont med risk för bottenuppträckning / bottenuppluckring	Maximalt acceptabelt grundvattentryck bakom sponten	6,84 m	6,84 m	6,84 m	6,84 m	± 0
10	Bank på lös lera	Maximalt acceptabel bankhöjd	2,90 m	2,40 m	2,15 m	2,40 m	± 5

x) Kursiv stil bedömt fall ej relevant.

sas i EN 1997-1. Analysen visade att den minsta plattan erhöles med Dimensioneringssätt 2 där partialkoefficienten läggs på last och bärförmåga medan störst platta erhöles vid Dimensioneringssätt 3 där partialkoefficient i huvudsak läggs på jordparametrarna enligt dagens praxis. Relationerna mellan plattstorlekarna blev 0,75 till 1,15.

Den andra jämförelsen gällde dimensioneringsmodellen. Här jämfördes resultaten från beräkningar med bärlighetsekvationen enligt Plattgrundläggningshandboken och bärlighetsekvationen enligt EN 1997-1, Bilaga D.

Tabell 2. Sammanställning av beräkningsresultat uppdelade på dimensioneringssätt enligt Orr (2005).

I detta fall ansattes också en horisontell last motsvarande 25% av den vertikala. Relationerna mellan plattstorlekarna blev då 1,4 till 1,7 varvid Plattgrundläggningshandboken gav den mindre plattan. Detta bedöms huvudsakligen bero på att man i EN 1997-1, Bilaga D ej tagit med den korrektionsfaktor d , som tar hänsyn till hållfastheten hos jorden över grundläggningsnivån.

Plattgrundläggning Tyskland

Också i Tyskland har man utfört konsekvensanalyser med de olika dimensioneringssätten i brottgränstillstånd för plattgrundläggning,

Vogt et al (2006). Här har man utgått från den gamla erfarenheten av totalsäkerhetsfaktorer och i förväg bestämt att man skall behålla totalsäkerheten 2,0. Man delar dock upp den på en generell partialkoefficient för laster på 1,4 och en för bärförmåga på 1,4 vilket motsvarar Dimensioneringssätt 2 enligt EN 1997-1. Någon hänsyn till eventuell osäkerhet i bestämningen av jordparametrarna tas således ej.

En jämförelse mellan den på detta sätt framräknade erforderliga plattbredden och den som beräknas med Dimensioneringssätt 3, som motsvarar svenska praxis idag, visas i Figur 3.



Kunskap på djupet
Betongpålning Spont Tätskärmar
Slitsmurar Grävpålar CFA



Europile Pålteknik AB / Bachy Soletanche Sverige AB, Äsperedsg.9, 424 57 Gunnilse, Tel. 031-943610 Fax. 031-943315
www.europile.se

- Jämförelsen visar att det tyska sättet att beräkna plattbredden ger de minsta värdena medan Dimensioneringsätt 3 vid vertikal gynnsam last ger samma värde men att bredden här ökar med 40% vid förhållandet 0,21 mellan horisontal och vertikal last, som då är dimensionerande. Det skall dock noteras att det ej föreligger någon uppgift om dimensioneringsmodeller eller om dimensionering i bruksgränstillstånd.

Dimensioneringsexempel Irland

På våren 2005 anordnades en internationell workshop i Dublin. Inför mötet hade man sänt ut tio olika exempel på geokonstruktioner att dimensionera enligt EN 1997-1 till alla medlemsländer och bett dem göra dimensioneringar enligt ett eller flera sätt i EN 1997-1. Alla uppgifter fanns med i exemplen för att undvika oklarheter beträffande val av jordparametrar etc., Orr (2005).

Två av exemplen avsåg plattgrundläggning, två pålgrundläggning, tre stödkonstruktioner, två hydraulisk lyftning och ett bank på lös lera. Resultaten, som de framgår av insända lösningar på problemen till workshopen, har sammanställts i Tabell 1, Orr (2005).

Den stora spridningen i erhållna resultat föranledde av naturliga skäl en hel del diskussioner vid workshopen. Några rapportörer hade analyserat de insända lösningarna och kunde rapportera följande förklaringar till de stora skillnaderna:

- olika dimensioneringsätt.
- att man inte följt EN 1997-1. Man hade valt egna nationella regler.
- man hade inte beaktat bruksgränstillståndet.
- man använde olika dimensioneringsmodeller och modeller som inte var anpassade till problemet.
- valet av partialkoefficienter och tillfälle vid vilket de appliceras, i början eller i slutet av analysen. Ibland har nationella partialkoefficienter använts för jämförelse.
- olikheter i lastkombinationer vid analys av glidning.

Som framgår ovan finns det ett stort behov att utbildning i Eurokoder och preciseringar när det gäller dimensioneringsmetoder, dimensioneringsätt och partialkoefficienternas storlek

Referenser

Bergdahl, U., Löfroth, H. (2004). Eurokod 7: Allmänna regler för dimensionering av geokonstruktioner – Ett framtida arbetsredskap. Proc. XIV Nordic Geotechnical Meeting, Swedish geotechnical Society Report 3:2004.

Bergdahl, U. (2004) Eurokoder och andra Europastandarder inom geoteknikområdet, SIS Eurokod Nytt.

Franzén, G (2006) Europastandarder ett onödigt påfund eller en möjlighet, Bygg & Teknik nr 2/06.

Orr, T.L.L. (2005) Review of Workshop on the Evaluation of Eurocode 7. Proc. Int. Workshop, Trinity College, Dublin 2005.

Vogt, N., Schuppener, B. (2006) Design approaches of EC7-1 for geotechnical verifications used in Germany.

- hänsyn eller ej till s k ”over-dig” vid stödkonstruktioner (over-dig = man schaktar djupare än avsett).
- införandet av extra nationella krav som ej finns i EN 1997-1.
- olika dimensioneringsförutsättningar.
- olika bedömningar av effekten av grundvattensänkning.

Härtill kan läggas misstolkningar av texten i EN 1997-1, missförstånd rörande problemet samt räknepel.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att denna räkneövning visar att inte alla lösningar som presenterats kan ha tillfredsställande säkerhet och att några är klart överdimensionerade.

Nya beräkningar

Orr (2005) har också gjort sina egna beräkningar baserade på hans valda dimensioneringsförutsättningar och dimensioneringsätt. Resultaten, uppdelade på de olika dimensioneringsätten, har sammanställts i Tabell 2.

Som framgår av Tabell 2 är spridningen nu betydligt mindre än den som framgår av Tabell 1, nu mindre än 10 %. Värdet 10 % förklaras med att man enligt EN 1997-1 antagit att grundvattenytan kan stiga till markytans nivå.

Analysen visar att Dimensioneringsätt 3 är det mest konservativa, medan Dimensioneringsätt 2 ger de minst konservativa och Dimensioneringsätt 1 är något mer konservativt än Dimensionerings-

sätt 2. Den större konservatismen i Dimensioneringsätt 3 förklaras av den extra partialkoefficienten på konstruktiva laster i denna dimensionering.

Vad händer nu?

Som framgår ovan finns det ett stort behov att utbildning i Eurokoder och preciseringar när det gäller dimensioneringsmetoder, dimensioneringsätt och partialkoefficienternas storlek.

Implementeringsarbetet är igång i regi av IEG, Franzén (2006). Arbetet omfattar kompletterande utredningar och konsekvensanalyser i syfte att få fram underlag för den Nationella bilagan samt att få fram Tillämpningsdokument för olika slag av geokonstruktioner. Förhoppningsvis innebär detta på sikt att vi får gemensamma dimensioneringsregler för geokonstruktioner i Sverige i stället för de myndighets-specifika regler vi har idag.

Genom SIS försorg finns EN 1997-1 översatt till svenska EN 1997-2 står på tur. Vidare har ett antal metodstandarder översatts och fler är på gång.

Läs mer på internet
www.eurokoder.se

e-post författaren
ulf.bergdahl@swedgeo.se