



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

No. 37

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS

Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute

Jordtryck mot grundmurar

1. Jordtryck mot grundmurar av Lecablock

Sven-Erik Rehnman & Bengt Broms

2. Beräkning av jordtryck mot källarväggar

Bengt Broms



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

No. **37**

SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER

REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS

Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute

Jordtryck mot grundmurar

1. Jordtryck mot grundmurar av Lecablock

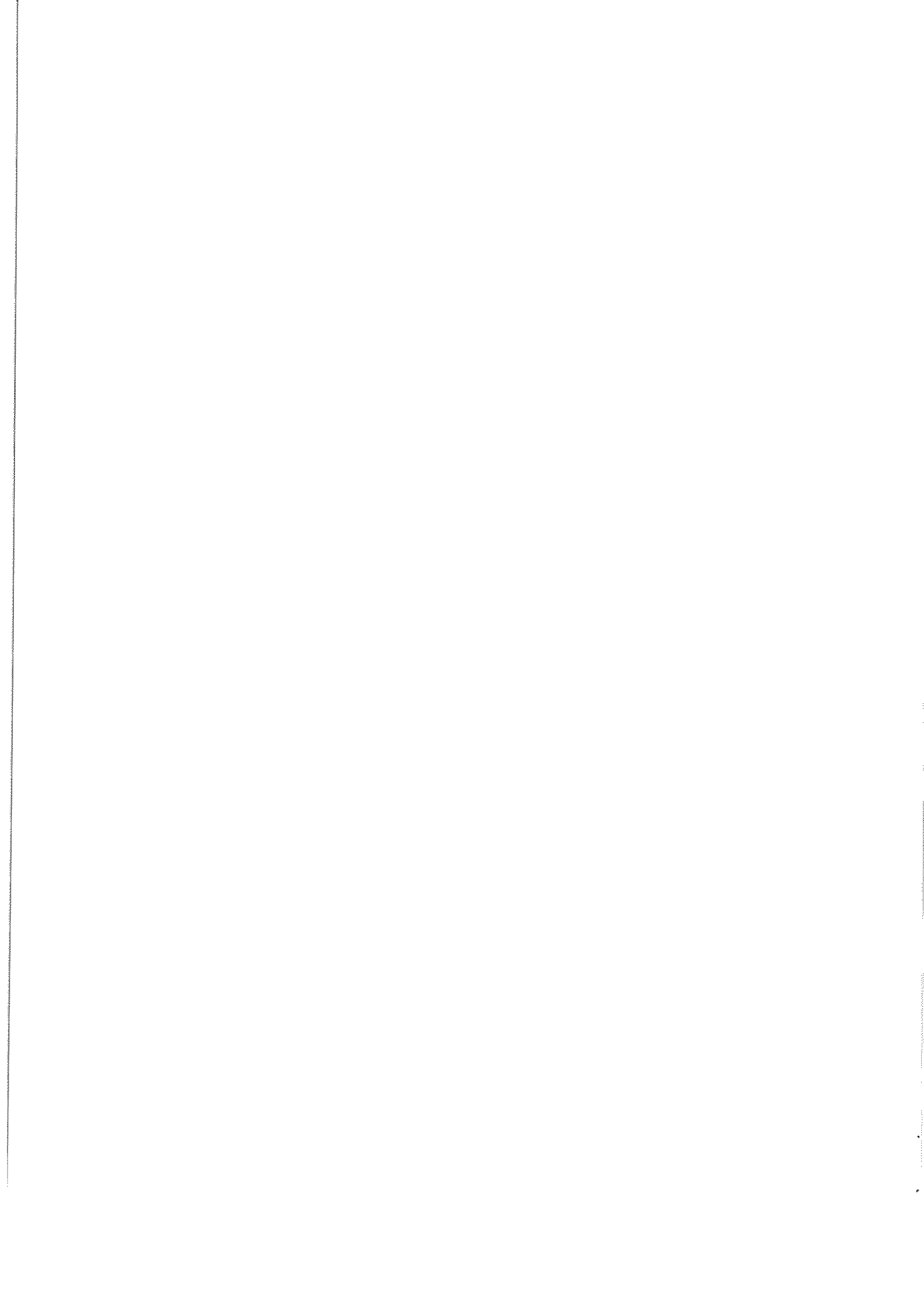
Sven-Erik Rehnman & Bengt Broms

2. Beräkning av jordtryck mot källarväggar

Bengt Broms

Särtryck ur Väg- och vattenbyggaren 14(1968): 2
resp. Byggmästaren 49(1970): 3

STOCKHOLM 1970



Jordtryck mot grundmurar av Lecablock

Av Sven-Erik Rehnman och Bengt Broms Statens geotekniska institut

För att i någon mån belysa sambandet mellan jordtryck och grundmurens deformation, har Statens geotekniska institut utfört mätningar av jordtryck i samband med återfyllning mot grundmurar till en radhuslänga bestående av fyra hus. Mätningarna omfattade bland annat jordtryckets storlek och fördelning, grundmurarnas rörelse, samt spricksystemets utseende. Dessutom utfördes geotekniska undersökningar av återfyllnadsmaterialet. Resultaten från dessa mätningar redovisas i denna artikel.

Vid återfyllning kring murade grundmurar eller källarväggar har det inträffat att jordtrycket mot grundmurarna blivit så stort att de tryckts in, såsom påpekats i en artikel av I Tengvall.

Emellertid har intryckningen även orsakats av tjäle. Då porvattnet fryser sker en volymutvidgning, som motsvarar 9 % av porvattnets volym. Dessutom sker en vattenuppsugning från grundvattenytan i tjälfarliga jordmaterial, vilket orsakar en ytterligare volymutvidgning och en ökning av jordtrycket mot en oeftergivlig konstruktion.

Jordtrycket mot en grundmur är dels beroende av fyllnadsmaterialets deformations- och hållfasthetsegenskaper, dels grundmurens eftergivlighet. Mot en oeftergivlig konstruktion, t ex gjutna grundmur, erhålls ett högre jordtryck än mot en relativt eftergivlig konstruktion såsom en murad grundmur. Härvid förutsätts givetvis att samma jordmaterial används i båda fallen och att återfyllnaden placeras och packas på samma sätt.

Försöksplats

Försöksplatsen var belägen i kvarteret Glada Änkan, Kälvesta, Spånga. Försöksväggarnas dimensioner visas i fig 1. Väggarna uppfördes under tiden 19/12—28/12 1966 med Lecablock av storleken 25 × 25 × 50 cm. Härvid användes KC 11/4 som murbruk. Temperaturen varierade vid murningen mellan -6° och +3°. Fogtjockleken var i genomsnitt ca 2 cm. De fyra grundmurarna hade samtliga en spännvidd av 7,0 m och en höjd av 2,5 m (se fig 1) men var i övrigt något olika konstruerade. Grundmurarna 22 och 23 avstyvades med tvärgående murar,

som grundlades direkt på källargolvet. I grundmurarna 22, 23 och 24 lades in genomgående armeringsstål i en fog 1,25 m över källargolvet. I grundmur 25 armerades två fogar, den ena låg 0,7 m och den andra 1,7 m över källargolvet, såsom framgår av fig 9 a—9 d.

Mätutrustning

Jordtrycket mot varje grundmur mättes i tolv punkter med hydrauliska tryckdosor (typ Franz Glözl E 17 KR CS/L). Mätdosornas placering visas i fig 1. Vid monteringen borrades \varnothing 50 mm hål i muren. Dosorna försänktes i putsen på utsidan, vilket framgår av fig 2.

Vid mätning av jordtryck pumpas olja in i en ventil, som är ansluten till dosan. När oljetrycket blir lika stort som jordtrycket mot tryckdosan, öppnar sig ventilen. Detta tryck avläses på en manometer. Jordtrycket kan på detta sätt mätas med stor tillförlitlighet, eftersom mycket små rörelser erhålls i jordmassan. Jordtrycksdosorna kalibrerades efter mätningarna. Mätnoggrannheten uppskattas till 0,1 Mp/m² (ton/m²).

Väggens rörelse (se fig 3) mättes på motsvarande sätt i tolv punkter med indikatorklockor. Dessa klockor var monterade i en referensram, som var fastskruvad i källargolvet. Vidare mättes källargolvets rörelse relativt en fix dubb i berg. Mätnoggrannheten uppskattas till 0,01 mm.

Försöksprogram

Försöken utfördes under tiden 10/4—10/5 1967. Grundmurarna provades en i taget, eftersom endast tolv tryckdosor fanns tillgängliga. Ordningsföljden var, grundmur 22, 23, 25 och 24 (se fig 1). Grundmur 22 belastades vertikalt med ett prefabricerat bjälk-

lag av typ SCG samt en linjelast (500 kp/m). Denna linjelast motsvarade belastningen av det färdiga huset. De övriga provmurarna saknade bjälklag och linjelast.

Återfyllnadsmaterialet utgjordes av grusig sand. Detta placerades försiktigt mot grundmuren med en banddriven planeringstraktor av typ Allis Chalmers HD5G. Traktorn arbetade vinkelrätt mot grundmuren. Härvid kontrollerades att traktorn ej kördes ut på den utlagda fyllningen. Sanden fylldes längs hela grundmuren till ca 15 cm under överkanten (se fig 4).

Jordtryck och väggens rörelse i de tolv mätpunkterna mättes omedelbart efter avslutad återfyllning. Avläsningarna upprepades efter 20 tim. För att studera inverkan av yttre last, kördes

därefter planeringstraktorn (vikt 8 ton) upp på fyllningen på 1,2 m avstånd från grundmuren. Traktorn, som kördes parallellt med grundmuren, stannades mitt för varje mätsektion (se fig 1)). Motsvarande jordtryck och rörelse avlästes härvid i de tolv mätpunkterna. Mätningarna upprepades därefter med traktorn 0,5 m från grundmuren.

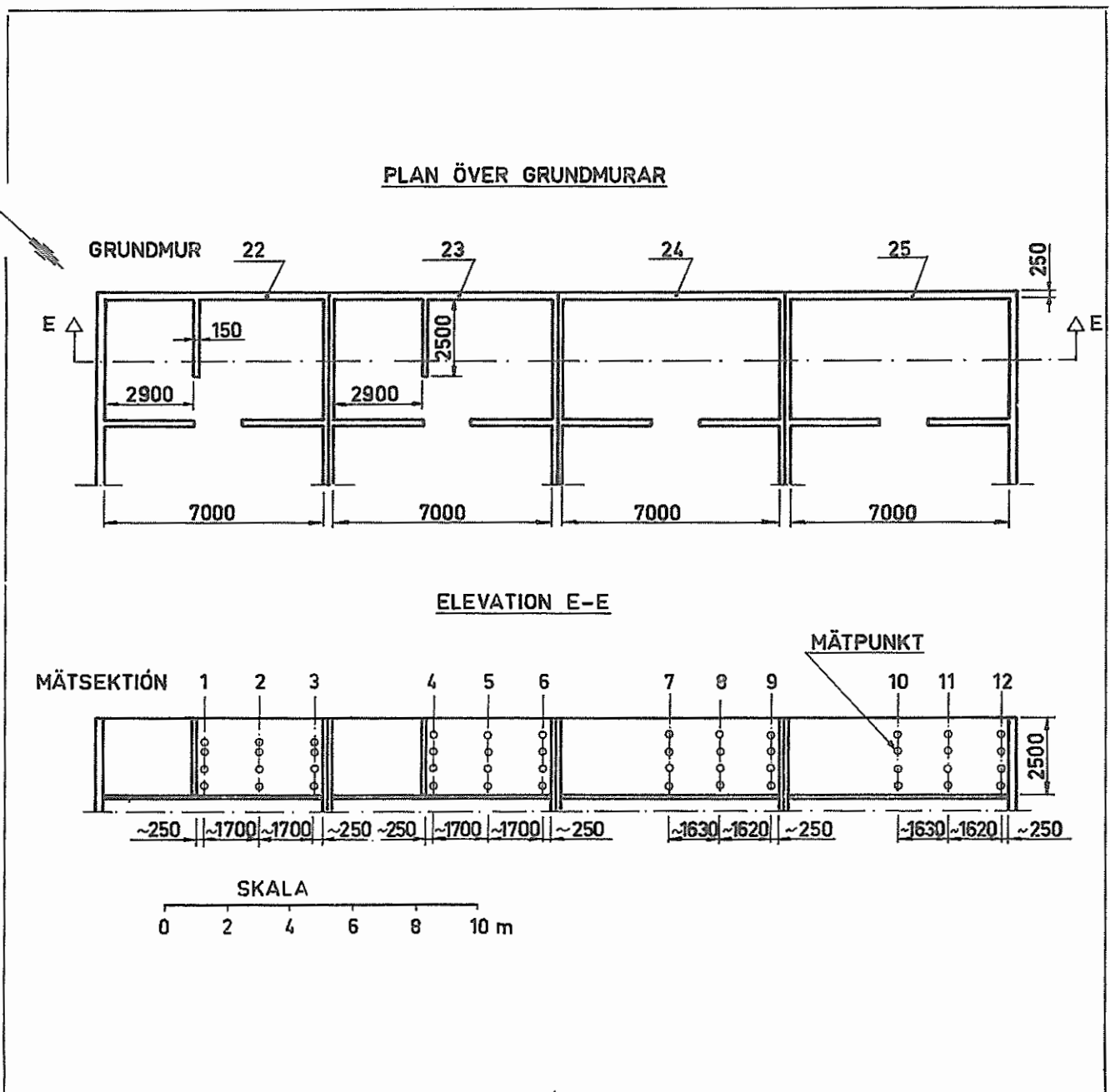
Nästa moment i försöksprogrammet var att packa fyllningen. Traktorn kördes fram och tillbaka över fyllningen parallellt med grundmuren. Vid första överfarten kördes traktorn 3 m från grundmuren (avståndet mellan utsidan av traktorband och grundmur). Efter varje överfart flyttades traktorn en bandbredd mot källarmuren, tills traktorn efter 12 överfarter befann sig

0,5 m från grundmuren. Sedan traktorn körts ner från återfyllningen, avlästes resulterande jordtryck och rörelse. Därefter kördes traktorn åter upp på fyllningen på 1,2 och 0,5 m avstånd från grundmuren, så att inverkan av yttre last kunde studeras på samma sätt som tidigare.

Geotekniska undersökningar

Återfyllnadsmaterialets kornfördelning, densitet, skrymdensitet (volymvikt), porositet, vattenhalt och inre friktionsvinkel har undersökts på prover, som upptagits 0,3 m under fyllningens yta. Resultaten från varje

Fig 1. Plan över försöksplatsen. Figuren visar provmurarnas och mätpunkternas lägen



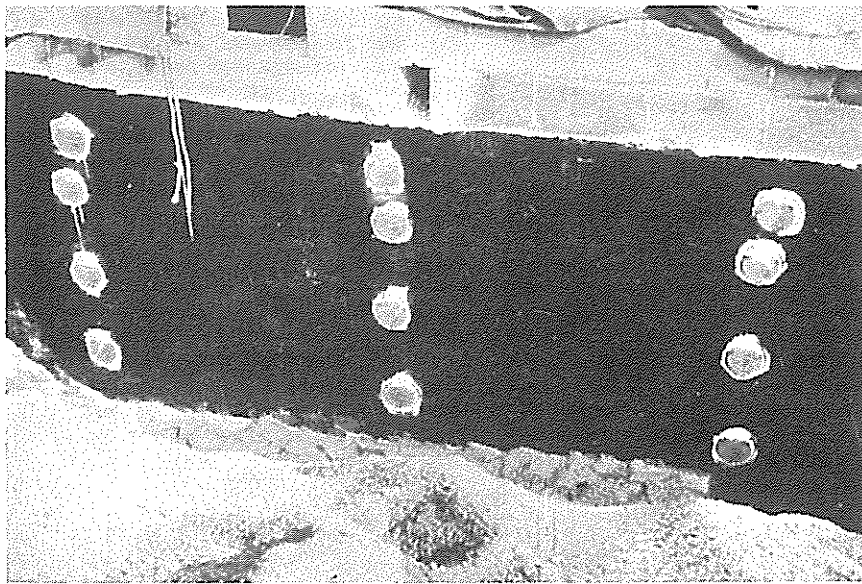


Fig 2. Jordtrycksmätarnas placering (ut-sidan av grundmur 22)



Fig 3. Apparatur för mätning av murens rörelse (insidan av grundmur 25)

grundmur visas i tabell 1. Varje värde representerar medelvärdet från tre bestämningar.

Den sk vattenvolymetermetoden användes vid bestämning av skrymdensiteten. Materialets inre friktionsvinkel har bestämts ur treaxiella tryckförsök med torkade prover. Härvid användes den fraktion av fyllnadsmaterialet från vägg 23 som passerat 4,0 mm sikten. Deformationshastigheten var 12 % per tim. Försöken utfördes vid 1,62 kp/cm² celltryck, och resultaten har utvärderats under antagande att materialets kohesion kan försummas. I fig 5 visas inre friktionsvinkeln ϕ som funktion av materialets porositet n . Man kan se att friktionsvinkeln ökade i stort sett linjärt från 40° till 43°, när porositeten minskade från 41 % till 35 %.

För att studera inverkan av packningsarbetet på fyllningen bestämdes sandens skrymdensitet 0,3 m ner i fyllningen, dels i löst utfyllt material och dels efter traktorns överfarter. Vidare utfördes viktsondering i det löst utfyllda och i det packade materialet. Resultaten visar att sondmotståndet ökade kraftigt i översta delen av fyllningen (ca 1,5 m) efter packningsarbetet. Vidare hade skrymdensiteten (0,3 m under ytan) ökat från 1,5 g/cm³ i det löst utfyllda materialet till 1,7 g/cm³ i det packade materialet.

Resultat av jordtrycks- och rörelsemätningar

I fig. 6 a—6 d visas resultaten av jordtrycksmätningarna före och efter traktorpäckningen. Längs horisontalaxeln i varje deldiagram har avsatts uppmätt jordtryck eller uppmätt vägdeformation och längs vertikalaxeln avståndet under markytan. Diagrammen visar att jordtrycket före pack-

ningen ökade i stort sett rätlinjigt med djupet under markytan. Detta jordtryck motsvarar i huvudsak aktivt jordtryck vid en inre friktionsvinkel $\phi = 30^\circ$. Härvid har förutsatts, att grundmurens yta är glatt. Som syns är överensstämmelsen god.

Jordtrycket mot grundmurarna var vid opackat material på 2 m djup ca 1 à 1,5 Mp/m². När sanden sedan packades, ökade jordtrycket mot grundmurarna längs fyllningens övre del med 50 till 100 %. Mot grundmur 24 och 25 minskade dock jordtrycket något längs fyllningens nedre del. Denna minskning har orsakats av de stora horisontalförskjutningar som grundmurarna erhållit. I medeltal blev jordtrycket efter packningen 1 à 1,5 Mp/m² utmed väggens hela höjd.

Man kan vidare se i fig 6 a—6 d, att väggarnas rörelse ökade med ökat avstånd från väggarnas upplag längs de tvärgående murarna och bottenplattan. Packningen medförde en kraftig intryckning av murarna. Värden på upp till ca 20 mm uppmättes. Emellertid begränsade de avstyvade väggarna

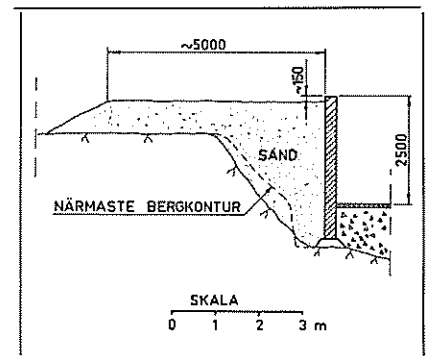


Fig 4. Löst återfyllt sandmaterial mot prov-mur

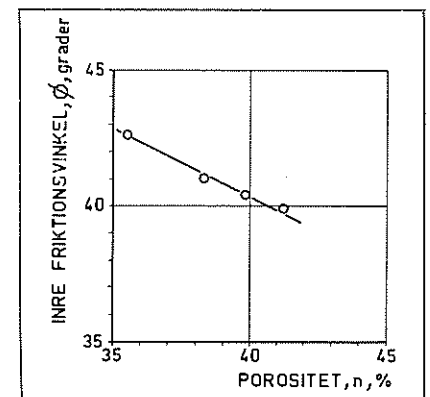


Fig 5. Vid treaxliga tryckförsök uppmätt inre friktionsvinkel (ϕ) som funktion av porositeten (n)

Tabell 1

Grundmur nr	22		23		24		25	
	Löst utfyllt	Packat	Löst utfyllt	Packat	Löst utfyllt	Packat	Löst utfyllt	Packat
Kompaktdensitet g/cm ³	2,70		2,70		2,70		2,70	
Skrymdensitet g/cm ³	1,59	1,76	1,58	1,66	1,43	1,66	1,47	1,65
Porositet %	44	38	42	39	50	42	47	40
Vattenhalt %	5,0	4,1	2,8	2,5	5,3	5,1	3,9	4,4

• LÖS ———
 — — — AKTIVT JORDTRYCK
 (BERÄKNAT)

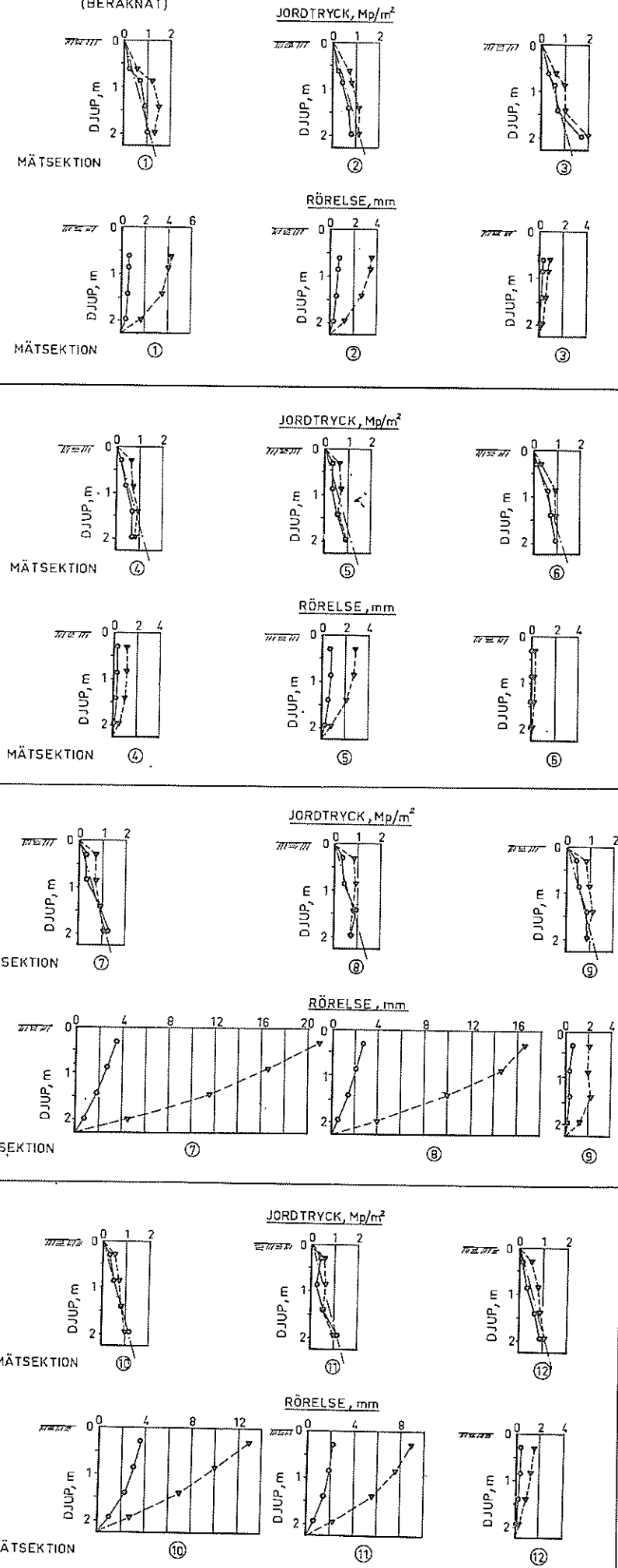


Fig 6 a—6 d. Uppmätt jordtryck mot de fyra grundmurarna, dels med löst utfyllt sand och dels med packad sand. Aktivt jordtryck enligt den klassiska jordtrycks-teorin beräknat för $\phi=30^\circ$, $\gamma=1,7$ visas i diagrammen. Mätsektionernas lägen framgår av fig 1

i grundmur 22 och 23 intryckningen. Efter bortschaktningen av återfyllnadsmaterialet återfjädrade de fyra grundmurarna delvis. Den kvarstående deformationen var ungefär hälften av väggarnas maximala intryckning.

Inverkan av yttre belastning på fyllningen

För att studera inverkan av yttre last på jordtryckets storlek och fördelning mot en källarmur, placerades planeringstraktorn i sex olika positioner på fyllningen. Avståndet a mellan traktorn och grundmuren var 1,2 m eller 0,5 m. Traktorn uppställdes mitt för varje mätsektion. Belastningsytans utseende framgår av fig 7. Traktorns tyngd var 8 Mp, vilket motsvarar ett ytttryck q av 5 Mp/m².

Största tryckökningen Δp (Mp/m²) uppmättes i mätsektionen mitt för traktorn 0,5—1 m ner i fyllningen. När avståndet a var 1,2 m, erhöles en tryckökning mellan 0,1 och 0,4 Mp/m², och för $a=0,5$ m uppmättes 0,5 till 0,8 Mp/m² tryckökning. Det förefaller således, som om tryckökningen är begränsad till ett område av grundmuren, beläget mitt för den yttre lasten.

Fig 8 visar tryckökningarna i en mätsektion, mitt för traktorn, då avståndet mellan traktor och grundmur är 0,5 m. Man kan se att redan 0,3 m under fyllningens yta är tryckökningen av storleksordningen 0,3 à 0,8 Mp/m². Av diagrammet framgår även att tryckökningen är något mindre i packat material än i motsvarande material löst utfyllt.

Sprickbildning

Efter varje moment i försöksprogrammet noterades de sprickor som uppstod på grundmurarnas insida. Även sprickor i anslutande murar mar-

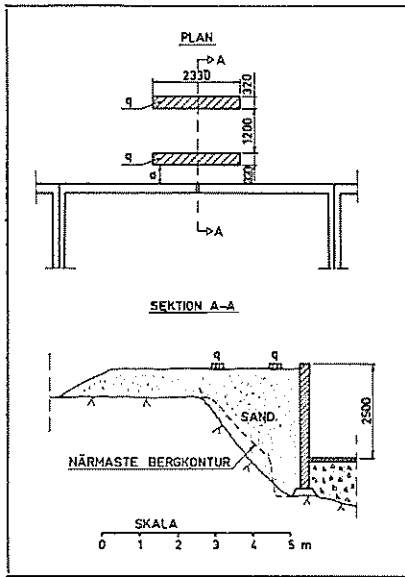


Fig 7 (ovan). Traktorns placering på fyllning vid mätning av jordtryck orsakat av yttre last $q = 5 \text{ Mp/m}^2$

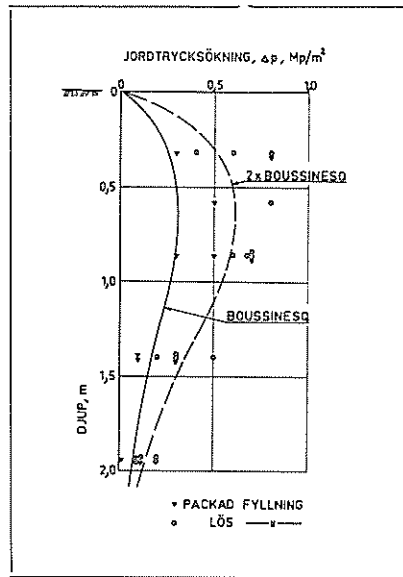
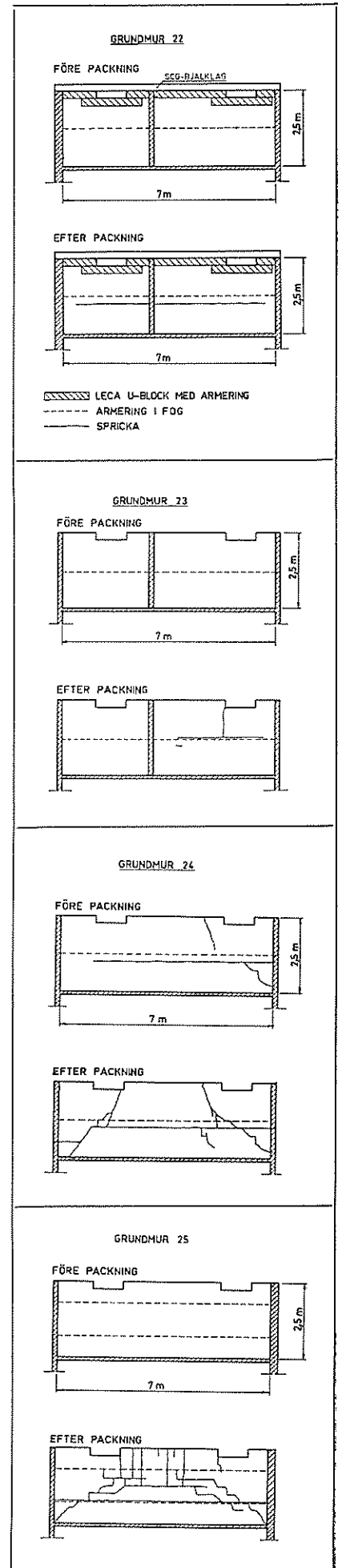


Fig 8 (ovan). Uppmätt tryckökning Δp orsakad av yttre last dels på lös fyllning och dels på packad fyllning. Traktorn placerad mitt för mätsektionen och 0,5 m från grundmuren ($q = 5 \text{ Mp/m}^2$, $a = 0,5 \text{ m}$, jfr fig 7). Diagrammet visar även beräknad tryckökning enligt Boussinesqs spänningsekvation

Fig 9 a—d (t.h). Sprickbildning i de fyra grundmurarna före och efter packning. Figurerna visar även armeringens läge



kerades. Fig 9 a—9 d visar sprickbildningen i de fyra provmurarna före och efter packning av fyllningen. I figurerna anges även armeringens läge. Före packningen uppvisade endast grundmur 24 sprickor. Emellertid medförde packning av fyllningen en kraftig sprickbildning i murarna 24 och 25. Vid grundmurarna 22 och 23 försköts de avstyvande väggarna längs källargolvet, när fyllningen packades. Men trots detta har de avstyvande väggarna varit verksamma och minskat rörelsen i grundmurarna 22 och 23 (se fig 6 a—6 d).

Då sanden schaktades bort efter belastningen, slöt sig sprickorna i grundmurarna 22 och 23, vilket ej var fallet i grundmurarna 24 och 25. I många fall löpte sprickorna tvärs igenom Lecablocken, vilket visar att sten och fog varit ungefär jämnstarka. Några sprickor i den utvändiga vattenisoleringen upptäcktes emellertid ej på murarna 22 och 23. Man kunde dock tydligt se att vattenisoleringen skadats i grundmurarna 24 och 25.

Diskussion av försöksresultaten

Enligt klassiska jordtrycksteorier krävs en viss eftergivlighet hos en grundmur för att minska jordtrycket från vilojordtryck till aktivt jordtryck.

Enligt Terzaghi [1] erfordras en sidoförskjutning, som motsvarar 0,2 % av vägghöjden vid löst lagrat friktionsmaterial, medan motsvarande sidoförskjutning är 0,05 % av vägghöjden vid fast lagrat friktionsmaterial. För en 2,5 m hög vägg är den erforderliga sidoförskjutningen 5,0 mm respektive 1,25 mm. Rörelsemätningarna visar således att provmurarna av Lecablock har varit tillräckligt eftergivliga för att erhålla aktivt jordtryck längs grundmurarna.

Det jordtryck som erhöles före packningen motsvarade i stort sett aktivt jordtryck vid en inre friktionsvinkel av 30° hos fyllnadsmaterialet (se fig 6 a—6 d). Emellertid erhöles vid de treaxliga tryckförsöken en inre friktionsvinkel, som minskade från ca 43° till 40° då materialets porositet ökade från 35 till 41 %. Det var således ej möjligt, att med treaxliga försök bestämma den inre friktionsvinkeln vid den porositet som motsvarade det löst utfyllda materialets porositet. Emellertid har Chen [2] ur laboratorieförsök erhållit följande samband mellan porositet (n) och inre friktionsvinkel (ϕ).

$$\tan \phi = C \cdot \frac{n}{1-n}$$

där C är en konstant. Om detta sam-

band används blir exempelvis $\varnothing = 34^\circ$ för $n=45\%$ och 30° för $n=48\%$.

Porositeten vid lös återfyllning har vid grundmursproven varierat mellan 42 och 50 %, som framgår av tabell 1. Fyllnadsmaterialets inre friktionsvinkel har ur ovanstående samband beräknats till 35° för grundmurarna 22 och 23. Vid grundmur 24 och 25 blir motsvarande inre friktionsvinkel 30° . Försöksresultaten visar att vid eftergivliga källarmurar av Lecablock erhålls aktivt jordtryck vid lös utfyllnad av friktionsmaterial utan packning.

Vid packning ökade jordtrycket mot grundmurarna med mellan 50 och 100 %, samtidigt som fyllnadsmaterialets porositet minskade. Viktsöndering, som utfördes före och efter packning av fyllningen, visade att fyllnadsmaterialets packningsgrad hade ökat betydligt ned till ett djup av ca 1,5 m under markytan. Densitetsmätningar visade att materialets genomsnittliga porositet på 0,3 m djup under ytan hade minskat till mellan 38 och 42 %. Motsvarande inre friktionsvinkel är ca 40° , vilket framgår av fig 5. Vid denna friktionsvinkel erhålls ett aktivt jordtryck, som är ca 35 % lägre än vid 30° inre friktionsvinkel. Härvid förutsätts emellertid att väggfriktionen kan försummas. Det jordtryck som erhöles efter packningen var således 2 à 3 gånger större än det aktiva jordtrycket. Denna ökning av jordtrycket erhöles trots att grundmurarnas sidoförskjutning var betydligt större än den som erfordrades för att minska jordtrycket från vilojordtryck till aktivt jordtryck.

Grundmurarnas sidoförskjutning var efter packning troligtvis så stor att jordtrycket mot murarna motsvarade murarnas brottlast, eftersom en ökning av jordtrycket med 50 à 100 % förorsakade att murarnas förskjutning ökade 5 à 10 gånger. Detta bestyrks ytterligare av att jordtrycket minskade i vissa sektioner, då traktorn kördes upp på fyllningen efter packning av fyllnadsmassorna.

Mätningarna visade således, att mycket höga kvarstående jordtryck kan uppstå vid packning av fyllningen, och att detta jordtryck till stor del är beroende av grundmurens flexibilitet. Dessutom har mätningar utförda av Broms-Ingelsson [3] visat att jordtrycket mot en oaftergivlig konstruktion kan närma sig passivt jordtryck enligt Rankine. Detta jordtryck är emellertid vid $\varnothing = 30^\circ$ nio gånger större än motsvarande aktiva jordtryck. Skillnaden mellan passivt och aktivt jordtryck ökar dessutom med ökad inre friktionsvinkel. Vidare har Sowers & al [4] visat, att man vid packning av fyllning mot en grundmur kan erhålla kvarstående horisontellt

verkande jordtryck, som vida överstiger det aktiva jordtrycket, speciellt i kohesionära jordarter, och att grundmurens flexibilitet är avgörande.

Inverkan av yttre last på fyllningen, i detta fall en 8-tons bandtraktor, kan beräknas ur Boussinesqs spänningsekvation. Härvid förutsätts att fyllningen kan ersättas av en oändlig halvsfär av ett idealt material med konstant elasticitetsmodul. Emellertid påverkar grundmuren spänningsfördelningen. Man kan dock visa att det teoretiska jordtrycket mot en oaftergivlig vertikal vägg blir två gånger det som beräknas ur Boussinesqs spänningsekvation. Vidare inverkar materialets kontraktionstal på spänningsfördelningen. Vid beräkningar antas ofta att kontraktionstalet $m=0,5$. Detta värde gäller för ett inkompressibelt material.

I fig 8 visas den horisontella tryckökning som erhålls direkt ur Boussinesqs spänningsekvation och dessutom visas det dubbla värdet. Man kan se att före packning av fyllningen var det uppmätta jordtrycket något större än dubbla det tryck, som erhålls ur Boussinesqs spänningsekvation. Efter packning erhöles dock en ökning av jordtrycket, som var något mindre än det dubbla jordtrycket enligt Boussinesq.

Rekommendationer

Mätningarna visade att vid lös utfyllnad erhöles ett jordtryck som motsvarade aktivt jordtryck. Detta jordtryck motsvarar jordtrycks-koefficienten 0,3. Emellertid är det troligt att jordtrycket kommer att öka med tiden på grund av tex regnvatteninfiltration. Det förefaller därför rimligt att murade källarväggar bör konstrueras för ett jordtryck som motsvarar jordtrycks-koefficienten 0,4. Härvid förutsätts att grundvattenytan är belägen under källarväggens underkant och att fyllnadsmaterialet ej packas. Detta förfarande medför emellertid att återfyllnaden kommer att sätta sig. Denna sättning kan uppgå till 5 à 10 % av återfyllnadens tjocklek. Vid en 2 m hög grundmur erhöles således en sättning av storleksordningen 10 à 20 cm.

Undersökningen har visat, att vid packningen erhöles höga jordtryck mot en grundmur. Det är därför angeläget att fortsatta försöks utförs, som belyser inverkan av packningsarbetet på det kvarstående horisontella jordtrycket. I första hand hör undersökningen omfatta inverkan av olika packningsredskap på jordtrycket mot källarväggar av murmaterial. Dessutom hör för jämförelsens skull en praktiskt taget stel grundmur undersökas.

Sammanfattning

Försöken har omfattat fyra något olika grundmurskonstruktioner av Lecablock. Samtliga fyra grundmurar har motstått jordtrycket orsakat av lös fyllning samt av en 8 tons bandtraktor, utan att skadlig sprickbildning uppstått. Murarna 22 och 23 har motstått packningen av fyllningen utan att vattenisoleringen på murarnas utsida skadats. Däremot har de två svagaste grundmurarna tryckts in så mycket vid packningen att vattenisoleringen skadats.

Rörelsemätningarna visar att de avstyvade tvärgående murarna (vid grundmur 22 och 23) väsentligt minskade grundmurarnas intryckning vid återfyllningen och den efterföljande packningen. Efter uppschaktningen av fyllnaden var den kvarstående deformationen hos de fyra grundmurarna ungefär hälften av murarnas maximala rörelse.

Det uppmätta jordtrycket var i allmänhet triangulärt fördelat före packning. Allteftersom traktorn packade återfyllnaden, genom att köra fram och tillbaka, erhöles en mer rektangulär jordtrycksfördelning. Den största ökningen av jordtrycket erhöles mot den övre delen av grundmurarna. Jordtrycket var av storleksordningen 1 till 1,5 Mp/m².

Relativt god överensstämmelse har erhöles mellan uppmätt jordtryck och det jordtryck, som erhöles ur den klassiska jordtrycksteorin och ur elasticitetsteorin, för det fall då traktorn befann sig på den lösa fyllningen.

Vidare visade försöken, att grundmurarna av Lecablock var så flexibla, att aktivt jordtryck utbildades, dvs låga jordtryck och stora deformationer uppstod. Detta innebär att dimensioneringen av grundmurar är beroende av dels den deformation och dels den sprickvidd som kan tillåtas i varje enskilt fall.

LITTERATUR

- [1] Terzaghi, K, 1941: General wedge theory of earth pressures. Transactions ASCE. Vol 106, p 68
- [2] Chen, L-S, 1948: An investigation of stress-strain and strength characteristics of cohesionless soils by triaxial compression tests. Proc 2 Int Conf Soil Mech. Vol 5, p 35.
- [3] Broms, B-Ingelsson, I, 1967: Resultat från mätning av jordtryck mot brolandfäste. Stat Geot Inst. Särtr och Prel Rapp no 22
- [4] Sowers, G F & al, 1967: The residual lateral pressures produced by compacting soils. Proc 4 Int Conf Soil Mech. a Found Engng. Vol 2, p 243-247

UDK 624.131.53
69.022.2

Overdirektör Bengt Broms, Statens geotekniska institut, Stockholm

Jordtrycket mot en källarvägg vid packning eller från en yttre last kan bli betydligt större än vad väggen normalt är dimensionerad för. Sålunda har avsevärda skador uppstått på småhus när återfyllnaden utförts med maskiner. I artikeln redogörs för sambandet mellan jordtryck och deformation samt för allmänna dimensioneringsprinciper. Vidare ges modeller för beräkning av jordtrycket från dels egenvikt, dels yttre last mot eftergivlig respektive oefftergivlig källarvägg.

Skador på källarväggar förorsakade av för stora jordtryck har blivit allt vanligare. Detta gäller främst småhus och liknande byggnader. Anledningen torde vara att källarväggarna i sådana byggnader som regel utförs av betonghålstén, lättbetong- eller lecablock och att avståndet mellan avstyvade mellanväggar har ökat. Vidare används tunga schaktmaskiner i ökad omfattning. Tengvall [1] har till exempel rapporterat avsevärda skador på småhus i fall där återfyllnaden kring husen utförts med maskiner. Skador uppstod dels vid själva återfyllnadsarbetet, dels när lastbilar med monteringsfärdiga träelement ställdes upp intill husgrunderna för avlastning. Källarväggarna blev så allvarligt skadade, bild 1, att de fick muras om. Tengvall relaterar ytterligare ett fall där en bandtraktor vid återfyllnaden kring en husgrund hade kört alldeles intill källarmuren. Väggen trycktes in och bandtraktorn hamnade i källaren. Därvid skadades husstommen så pass allvarligt att den måste monteras ner.

Mätningar utförda av Rehnman och Broms [2] har visat att mycket stora jordtryck kan uppstå vid återfyllning med schaktmaskiner om dessa kommer alltför nära grundmuren. Jordtrycket minskar något när packningsredskapet förflyttas. Försöken visar emellertid att de jordtryck som kvarstår efter packning av återfyllnadsmaterialet kan vara betydligt större än vilojordtrycket.

Samband mellan jordtryck och deformation

Jordtrycket mot en källarvägg är främst beroende av hur återfyllnadsmaterialet placeras och packas samt av väggens eftergivlighet. Är väggen eftergivlig, minskar jordtrycket allt eftersom skjvuhållfastheten tas i anspråk längs potentiella brottytor i jorden. Det lägsta jordtrycket — aktivt jordtryck — uppnås när väggens deformation är så stor att jordens skjvuhållfasthet helt har utnyttjats och den genomsnittliga skjvspänningen längs brottyterna motsvarar återfyllnadsmaterialets skjvuhållfasthet. Den väggrörelse som erfordras för att aktivt jordtryck

skall uppstå är främst beroende av återfyllnadsmaterialets relativa packningsgrad. Om återfyllnadsmaterialet har packats, erfordras en rörelse av storleksordningen 0,05 till 0,1 procent av vägghöjden för att minska jordtrycket till aktivt jordtryck. Vid lös utfyllnad är väggrörelsen av storleksordningen 0,2 procent av vägghöjden. En 2 m hög källarvägg måste således, om återfyllnadsmaterialet har packats, tryckas in 1–2 mm för att jordtrycket skall reduceras till aktivt jordtryck. Vid lös utfyllnad erfordras cirka 4 mm intryckning. Härvid förutsätts att återfyllnadsmaterialet utgörs av grus eller sand och att väggen kan motstå jordtrycken under själva packningen. Vid packning måste väggen som regel stöttas eller på annat sätt förstärkas. Används främst morän med hög finjordshalt (>10–15 procent) eller torrskorpelera som återfyllnadsmaterial, erfordras troligen en rörelse av storleksordningen 1–2 procent av vägghöjden för att minska jordtrycket till aktivt jordtryck.

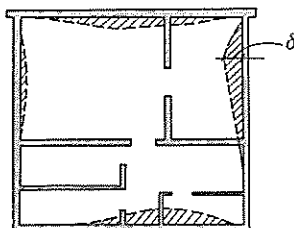
Jordtryckets fördelning påverkas av källarväggens relativa rörelse och av friktion längs källarvägg och schaktvägg. Ger sig källarväggen längs överkanten så att väggen i huvudsak roterar kring underkanten, kommer jordtrycket i stort sett att öka linjärt med djupet, såsom visas i bild 2 A. Är väggens deformation större mitt på väggen än vid väggens övre eller nedre kant, blir jordtrycket större vid markytan och vid källargolvets nivå, bild 2 B, än i det första fallet. Mitt på väggen blir jordtrycket däremot lägre beroende på väggens utböjning. Det totala jordtrycket påverkas däremot inte i någon större utsträckning av väggens relativa deformation.

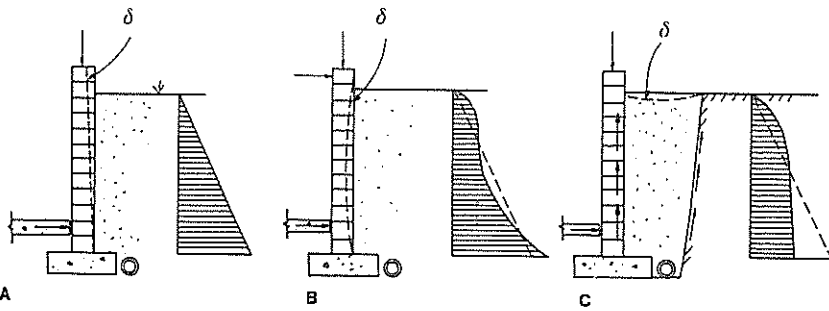
Friktion längs källarmur och schaktvägg påverkar både jordtryckets storlek och dess fördelning, såsom visas i bild 2 C. En sådan upphängning erhålls när jorden inte packats och återfyllnadsmaterialet sätter sig. Upphängningen förorsakar att jordtrycket ökar närmast markytan och minskar intill källargolvet. Det totala jordtrycket blir cirka 20–30 procent lägre än vad som erhålls i det fall som illustreras av bild 2 A.

Källarväggar av betonghålstén, lättbetong- eller lecablock torde i de flesta fall vara tillräckligt efter-

1
Intryckning av grundmur (efter Tengvall [1])
 δ =intryckning (max 37 mm)
Plan: skala 1 : 300
Intryckning: skala 1 : 15

Deformation of a foundation wall (from Tengvall, 1969)
 δ =deformation (max 37 mm)
Plan: Scale 1 : 300
Deformation: Scale 1 : 15





2 A-C
Väggdeformationens och väggfriktionens inverkan på jordtrycksfördelningen
 δ =väggdeformation
 s =sättning

Effect of wall deformation and wall friction on the distribution of earth pressure
 δ =wall deformation
 s =settlement

givliga för att kunna dimensioneras för aktivt jordtryck när sand eller grus används som återfyllnadsmaterial. Är väggen däremot inte eftergivlig, bör den dimensioneras för vilojordtryck. Enligt Svensk Byggnorm 67 [3] dimensioneras en gjuten betongvägg som är uppstyvad av bjälklag och tvärväggar för ett jordtryck som är 50 procent större än aktivt jordtryck. Detta jordtryck motsvarar approximativt vilojordtryck. Används kohesionsmaterial som återfyllnad, dimensioneras väggen enligt byggnormerna för ett jordtryck som är 80 till 100 procent av det totala överlagringsstrycket. Detta jordtryck bör vara minst 1,2 gånger det aktiva jordtrycket.

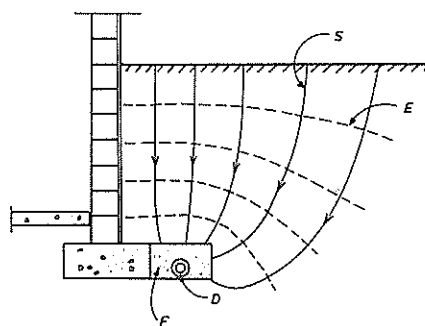
Allmänna dimensioneringsprinciper

Vid beräkning av aktivt jordtryck antas att utglidning sker längs en plan brottyta. Vidare förutsätts att grundmurens längd är stor i förhållande till höjden, så att inverkan av ändytorna vid gavelväggarna blir liten. Är längden mindre än två à tre gånger vägghöjden, kan jordtrycket mot grundmuren bli väsentligt lägre än aktivt jordtryck enligt Rankine. Ändytorna påverkar emellertid jordtrycket intill gavelväggarna, även om grundmurens längd är stor i förhållande till vägghöjden inom ett avstånd från gavlarna som motsvarar 1–1,5 gånger vägghöjden.

Vid beräkning av jordtryck mot källarväggar använder man sig av så kallad Φ -analys, när återfyllnadsmaterialet utgörs av sand eller grus (friktionsjord).

3
Beräkning av porövertryck med strömlinjenät
 S =strömlinje
 E =ekvipotentiallinje
 F =filter
 D =drän

Calculation of excess pore-water pressure with flow net
 S =flow line
 D =drain
 E =equipotential line
 F =filter
 D =drain



Tabell 1
Rekommenderade värden på friktionsvinkeln ϕ

Table 1
Recommended values for the angle of internal friction ϕ

Fyllningsmaterial	Friktionsvinkel ϕ
Sand, löst lagrad	30°
fast lagrad	35°
Grus, löst lagrad	35°
fast lagrad	40°

Tabell 2
Jordtryck mot oelastisk vägg vid packning av friktionsmaterial

Table 2
Earth pressure against a rigid wall from compaction of cohesionless materials

	z_{kr} (m)	$\bar{\sigma}_{ho}$ (Mp/m ²)	Skikt-tjocklek (m)
10,2 tons slätvält	0,6	2,0	0,5
3,3 tons vibrationsvält	0,5	1,9	0,5
1,4 tons vibrationsvält	0,3	1,25	0,3
400 kg vibratorplatta	0,45	1,6	0,4
120 kg vibratorplatta	0,3	1,15	0,2

Därvid utgår man från den inre friktionsvinkel som erhålls ur dränerade direkta skjuvförsök eller dränerade treaxliga försök på det aktuella fyllningsmaterialet. Friktionsvinkeln kan i allmänhet även uppskattas med tillräckligt stor noggrannhet ur tabell 1.

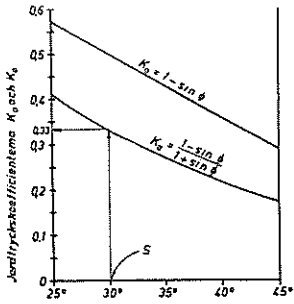
Enligt Svensk Byggnorm 67 bör $\Phi=35^\circ$ användas vid grus, $\Phi=32^\circ$ vid sand och $\Phi=30^\circ$ vid mo. Vid beräkning av jordtrycket över grundvattenytan kan enligt Svensk Byggnorm 67 antas att materialets skrymdensitet är 1,8 t/m³. Emellertid bör observeras att skrymdensiteten för morän kan vara betydligt större än detta värde. Under grundvattenytan används en skenbar densitet som är lika med 1,1 t/m³. (Den skenbara densiteten är lika med skillnaden mellan återfyllnadsmaterialets vattenmättade densitet och densiteten hos vatten.) Under grundvattenytan adderas till jordtrycket ett vattentryck vars storlek helt bestäms av grundvattenståndet.

Används torrskorpelera eller morän vars finjordshalt är större än 10–15 procent, bör grundmurarna, även om de är relativt eftergivliga, dimensioneras för vilojordtryck. (En deformation av storleken 1–2 procent av vägghöjden torde som ovan nämnts i detta fall erfordras för att minska jordtrycket från vilojordtryck till aktivt jordtryck.) Används dessa material som återfyllnadsmaterial, bör även risken för tjälskjutning beaktas, eftersom mjåla och morän ofta är starkt tjälfarliga. Intill uppvärmda källare torde emellertid risken för tjälskjutningar vara ringa.

Vid beräkning av aktivt jordtryck och vilojordtryck förutsätts som regel att grundvattenytan är belägen under grundläggningsnivån och att inget porvattentryck uppstår i återfyllnaden. Det strömlinjenät som erhålls i en homogen vattenmättad jord när det har regnat så häftigt att vattnet står fritt på markytan visas i bild 3. Portrycken i återfyllnaden närmast grundmuren blir i detta fall mycket små. Om återfyllnaden dräneras på ett lämpligt sätt, påverkas inte jordtrycket, även om vatten står fritt på ytan.

Om återfyllnadsmaterialets permeabilitet varierar eller dräneringen är ofullständig, kan däremot relativt stora porvattentryck uppstå. Därigenom kan totaltrycket (jordtryck plus vattentryck) mot grundmuren bli betydligt större än det som grundmuren dimensionerats för. Varierar återfyllnadsmaterialets permeabilitet, är det viktigt att det mest vattengenomsläppliga materialet placeras närmast dräneringen. Det material som har den lägsta permeabiliteten och den högsta finjordshalten bör däremot placeras närmast markytan.

Återfyllnadsmaterialets permeabilitet bör vara så pass hög att vatten inte samlas på ytan. Erforderlig permeabilitet är beroende av dräneringsförhållanden och hur häftigt det regnar. För det fall som visas i bild 3 blir strömningsgradienten cirka 1,0. Vid regnmängden 30 mm per timme bör återfyllnadsmaterialets permeabilitet i bild 3 vara minst 10⁻³ cm/s, det



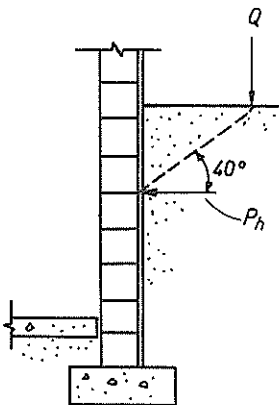
Inre friktionsvinkeln ϕ

4
Jordtryckscoefficienterna K_a och K_0
S=löst lagrad sand

Earth pressure coefficients K_a and K_0
S=loosely layered sand

vill säga återfyllnadsmaterialet bör helst bestå av grovmo eller grövre material. Finjordshalten (den del av ett jordprov vars korndiameter är mindre än 0,006 mm) bör vara mindre än 10–15 procent. Enligt SBN 67 bör markytan dessutom luta så att vatten inte samlas intill byggnaden.

Dränerna kan helt eller delvis täppas igen genom att finjord spolats ut ur återfyllnaden. Det är därför viktigt att ett sand- eller grusfilter placeras runt dränerna och att filtret har en lämplig gradering. Blir dränerna helt tilltäppta, kan nämligen ett kombinerat vatten- och jordtryck uppstå som är två till tre gånger större än det jordtryck som erhålls när dräneringen fungerar.



5
Jordtryck från linjelast (Q och P_h) mot oeftergivlig källarvägg

Earth pressure from a linear load (Q and P) against a non-rigid basement wall

Jordtryck mot eftergivlig källarvägg

Jordtryck från egenvikt

När återfyllnadsmaterialet placerats försiktigt framför en källarmur utan att packas erhålls ett jordtryck som i stort sett motsvarar aktivt jordtryck enligt Rankine [2].

Detta jordtryck $\bar{\sigma}_h$ är för friktionsmaterial endast beroende av återfyllnadsmaterialets inre friktionsvinkel Φ och det effektiva överlagringstrycket $\bar{\sigma}_v$ enligt

$$\bar{\sigma}_h = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} \cdot \bar{\sigma}_v = K_a \bar{\sigma}_v \quad (1)$$

där K_a är jordtryckscoefficienten för aktivt jordtryck. Effektivtrycket $\bar{\sigma}_v$ är lika med totaltrycket σ_v när portrycket är litet och försumbart, såsom är fallet när återfyllnaden dräneras. Jordtrycket kan därvid beräknas ur

$$\sigma_h = K_a \gamma h \quad (2)$$

Jordtrycket ökar i detta fall linjärt med avståndet h under markytan och med jordmaterialets våtdensitet, densitet i fuktigt tillstånd, γ . Jordtryckscoefficienten K_a visas i bild 4 som en funktion av återfyllnadsmaterialets inre friktionsvinkel Φ . För exempelvis löst lagrad sand med $\Phi=30^\circ$ är $K_a=0,33$. Emellertid kan skakningar från exempelvis trafik öka jordtrycket så att detta blir högre än det aktiva. Enligt SBN 67 kan jordtrycket i detta fall antas motsvara 1,25 gånger det aktiva jordtrycket.

Jordtrycksmätningar tyder på att jordtrycket i många fall minskar med tiden på grund av upphängningar längs källarvägg och schaktvägg när fyllnaden sätter sig. Vid lös utfyllnad blir sättningen av storleksordningen 5–10 procent av fyllnadshöjden. Är fyllnadshöjden 2 m, blir sättningarna således 10–20 cm.

Jordtryck från yttre last

Jordtrycket σ_h från en jämnt fördelad yttre last q (Mp/m^2) kan beräknas med hjälp av jordtryckscoefficienten K_a enligt

$$\sigma_h = K_a \cdot q = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} \cdot q \quad (3)$$

Detta jordtryck antas vara jämnt fördelat över källarväggen. Värdet på jordtryckscoefficienten K_a erhålls ur bild 4.

Den ökning i jordtrycket P_h som förorsakas av en linjelast Q (Mp/m) beräknas vanligen ur uttrycket

$$P_h = Q \cdot \text{tg} (45^\circ - \Phi/2) \quad (4)$$

Brott sker längs en brottyta som lutar vinkeln ($45^\circ - \Phi/2$) i förhållande till vertikalkplanet. Jordtrycksökningen P_h (Mp/m) antas verka som en linjelast längs källarmuren, såsom visas i bild 5.

Jordtrycket P_h från en punktlast P (Mp) på ett avstånd a från källarmuren eller en utbredd last på en begränsad yta ($B \times L$) beräknas ofta ur

$$P_h = \frac{P}{a+L} \cdot \text{tg} (45^\circ - \Phi/2) \quad (5)$$

Linjelasten P_h (Mp/m) antas verka på sträckan ($a+L$) utefter källarväggen enligt bild 6, där a är avståndet från den yttre lasten till källarmuren.

För att undvika intryckning av källarväggarna under packningen, bör dessa stötta. Jordtrycket under packningen blir då främst beroende av det packningsredskap som används. Stötter och grundmur bör dimensioneras för ett jordtryck som gäller för en oeftergivlig vägg (vilojordtryck plus det jordtryck som packningsredskapet förorsakar, såsom beskrivs i det följande). Efter packningen kan stötterna tas bort.

När återfyllnadsmaterialet består av torrskorpelera eller morän med mer än 10–15 procent finmaterial är det troligt att jordtrycket ökar med tiden bland annat beroende på infiltration av regnvatten. När dessa material används som återfyllnad bör grundmurarna dimensioneras för ett jordtryck som är lika med det totala överlagringstrycket. Vid beräkningarna bör således användas en jordtryckscoefficient som är lika med 1,0.

Jordtryck mot oeftergivlig källarvägg

Jordtryck från egenvikt

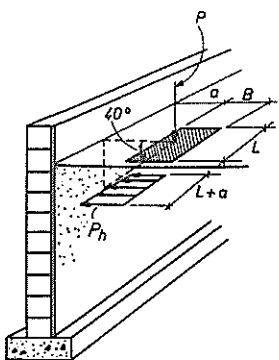
Det horisontella jordtryck som verkar mot en oeftergivlig stel vägg – vilojordtrycket, $\bar{\sigma}_{h0}$ – är vid lös utfyllnad beroende av det effektiva överlagringstrycket $\bar{\sigma}_v$ enligt ekvationen

$$\bar{\sigma}_{h0} = K_0 \cdot \bar{\sigma}_v \quad (6)$$

där K_0 är den så kallade vilojordtryckscoefficienten, som vid horisontell markyta kan uppskattas ur ekvationen

$$K_0 = (1 - \sin \Phi) \quad (7)$$

K_0 visas i bild 4 som en funktion av den inre friktionsvinkeln Φ . Är grundvattenytan belägen under grundläggningsnivån, blir effektivtrycket $\bar{\sigma}_v$ lika med det

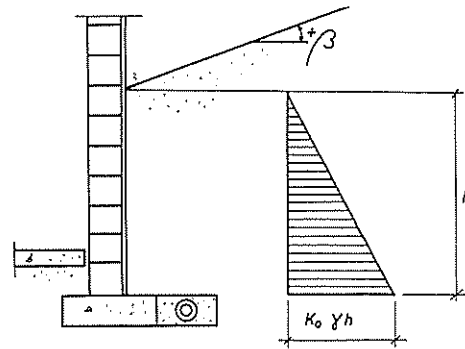


6
Jordtryck från koncentrerad last – punktlast (P) samt linjelast (P_h) – mot oeftergivlig källarvägg

Earth pressure from a concentrated load—point load (P) and linear load (P_h)—against a rigid basement wall

7
Jordtryck mot oeftergivlig vägg vid lutande markyta

Earth pressure against a non-rigid wall with sloping earth surface



totala överlagringstrycket, $\sigma_v = \gamma h$. Vilojordtryckskoeficienten K_0 varierar för friktionsmaterial vanligtvis mellan 0,35 och 0,50.

Vid lutande markyta beräknas K_0 ofta ur ekvationen

$$K_0 = (1 - \sin \Phi)(1 + \sin \beta) \quad (8)$$

där β är markytans lutning mot grundmuren enligt bild 7.

Packas jordmaterialet, blir jordtrycket mot grundmuren trapetsformat [2], [3]. Beräkningar visar att jordtrycket för friktionsmaterial ökar linjärt till ett kritiskt djup z_{kr} . Under det kritiska djupet är jordtrycket konstant, såsom visas i bild 8. Detta beräknade konstanta jordtryck σ_{ho} erhålls ur tabell 2.

Används lera som återfyllnadsmaterial kan det kvarstående jordtrycket mot en oeftergivlig vägg bli betydligt större efter packning än det totala överlagringstrycket [4]. Höga kvarstående jordtryck torde även erhållas om återfyllnadsmaterialet utgörs av morän med hög finjordshalt.

Jordtryck från yttre last

Jordtrycket σ_h från en yttre jämnt fördelad last q (Mp/m²) erhålls ur

$$\sigma_h = K_0 \cdot q = (1 - \sin \Phi) q \quad (9)$$

Jordtryckscoefficienten K_0 är beroende av materialets inre friktionsvinkel Φ enligt bild 4.

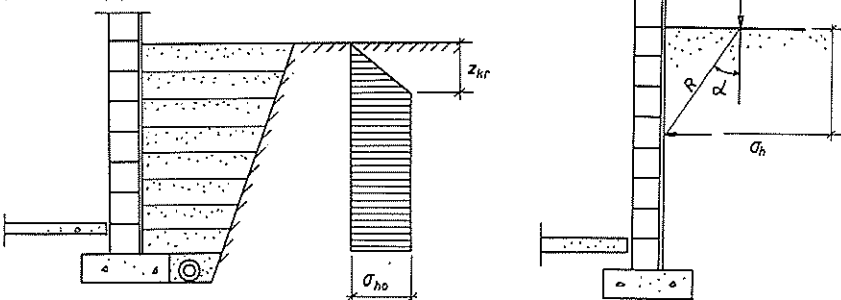
Jordtrycket mot en oeftergivlig glatt vägg från en yttre linjelast eller punktlast beräknas ofta ur Bousinesqs spänningsekvation. Man kan emellertid visa att jordtrycket när väggen är glatt blir teoretiskt dubbelt så stort som det som erhålls ur denna ekvation. Därvid antas att jordmaterialet har samma egenskaper som ett tänkt material med konstant elasticitetsmodul. Försöksresultat [2] visar dock att de jordtryck som erhålls för packat material kan bli något mindre än det dubbla jordtrycket enligt Bous-

8
Jordtryck mot oeftergivlig vägg vid packning av friktionsmaterial

Earth pressure against a rigid wall when packing frictional material

9
Jordtryck mot oeftergivlig vägg från linjelast (Q) eller punktlast (P)

Earth pressure against a rigid wall from a linear load (Q) or point load (P)



sinesq, medan jordtrycket vid lös utfyllning kan bli något större än det dubbla värdet.

Den ökning av jordtrycket som erhålls från en linjelast Q (Mp/m) beräknas ur

$$\sigma_h = \frac{4Q}{\pi z} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha \quad (10)$$

där z är avståndet från markytan till den punkt där jordtrycket beräknas, såsom visas i bild 9. Spänningsökningen antas i detta fall vara dubbelt så stor som den som erhålls ur Bousinesqs spänningsekvation.

Spänningsökningen från en punktlast P (Mp) erhålls ur

$$\sigma_h = \frac{3P}{\pi R^2} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \quad (11)$$

där R är avståndet från lastens angreppspunkt till den punkt där jordtrycket beräknas, bild 9. Vid beräkning av spänningsökningen har antagits att kontraktionstalet $m=2$.

Sammanfattning

Mätningar har visat att jordtrycket mot en källarvägg vid packning eller från en yttre last kan bli betydligt större än det som källarmurar vanligtvis är dimensionerade för. Jordtrycket mot relativt eftergivliga källarväggar av betonghålisten, lättbetongstav eller lecablock bör kunna dimensioneras för aktivt jordtryck enligt Rankine, om återfyllnaden utgörs av friktionsmaterial och ej packas. Oeftergivliga källarväggar bör däremot dimensioneras för vilojordtryck. Mycket stora kvarstående jordtryck erhålls om återfyllnaden packas, särskilt om återfyllnadsmaterialet består av torrskorpelera eller av morän med hög finjordshalt. Det är dessutom viktigt att återfyllnaden dräneras effektivt. I annat fall kan stora porövertryck uppstå i återfyllnaden och det kombinerade vatten- och jordtrycket mot källarmuren blir stort.

Litteratur

- [1] Tengvall, I: *Grundmurskonstruktion för småhus med källare*. Väg- och vattenbyggaren, nr 1-2, 1968, s. 9-12.
- [2] Rehnman, S-E och Broms, B: *Jordtryck mot grundmurar av lecablock*. Väg- och vattenbyggaren, nr 1-2, 1968, s. 15-20.
- [3] Svensk Byggnorm 67. Statens Planverk 1967.
- [4] Broms, B: *Jordtryck mot oeftergivliga konstruktioner*. Statens geotekniska institut, Särtryck och Preliminära Rapporter nr 22, 1968.
- [5] Sowers, G F & al: *The residual lateral pressures produced by compacting soils*. Proceedings 4. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, 1957, s. 243-247.
- [6] ByggAMA, Stockholm 1965, s. 42.

No.		1967	Pris kr. (Sw. crs.)
17.	Om påslagning och påbärighet.	1967	5:—
	1. Dragsprickor i armerade betongpålar. <i>S. Sahlin</i>		
	2. Sprickbildning och utmattning vid slagning av armerade modellpålar av betong. <i>B-G. Hellers</i>		
	3. Bärighet hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat av modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i>		
	4. Negativ mantelfriktion. <i>B. H. Fellenius</i>		
	5. Grundläggning på korta pålar. Redogörelse för en försöksserie på NÄBO-pålar. <i>G. Fjellner</i>		
	6. Krokiga pålars bärförmåga. <i>B. Broms</i>		
18.	Pålgruppers bärförmåga. <i>B. Broms</i>	1967	10:—
19.	Om stoppslagning av stödpålar. <i>L. Hellman</i>	1967	5:—
20.	Contributions to the First Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisbon 1966.	1967	5:—
	1. A Note on Strength Properties of Rock. <i>B. Broms</i>		
	2. Tensile Strength of Rock Materials. <i>B. Broms</i>		
21.	Recent Quick-Clay Studies.	1967	10:—
	1. Recent Quick-Clay Studies, an Introduction. <i>R. Pusch</i>		
	2. Chemical Aspects of Quick-Clay Formation. <i>R. Söderblom</i>		
	3. Quick-Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i>		
22.	Jordtryck vid friktionsmaterial.	1967	30:—
	1. Resultat från mätning av jordtryck mot brolandfäste. <i>B. Broms & I. Ingelson</i>		
	2. Jordtryck mot oefftergivliga konstruktioner. <i>B. Broms</i>		
	3. Metod för beräkning av sambandet mellan jordtryck och deformation hos främst stödmurar och förankringsplattor i friktionsmaterial. <i>B. Broms</i>		
	4. Beräkning av stolpfundament. <i>B. Broms</i>		
23.	Contributions to the Geotechnical Conference on Shear Strength Properties of Natural Soils and Rocks, Oslo 1967.	1968	10:—
	1. Effective Angle of Friction for a Normally Consolidated Clay. <i>R. Brink</i>		
	2. Shear Strength Parameters and Microstructure Characteristics of a Quick Clay of Extremely High Water Content. <i>R. Karlsson & R. Pusch</i>		
	3. Ratio c/p' in Relation to Liquid Limit and Plasticity Index, with Special Reference to Swedish Clays. <i>R. Karlsson & L. Viberg</i>		
24.	A Technique for Investigation of Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i>	1968	22:—
25.	A New Settlement Gauge, Pile Driving Effects and Pile Resistance Measurements.	1968	10:—
	1. New Method of Measuring in-situ Settlements. <i>U. Bergdahl & B. Broms</i>		
	2. Effects of Pile Driving on Soil Properties. <i>O. Orrje & B. Broms</i>		
	3. End Bearing and Skin Friction Resistance of Piles. <i>B. Broms & L. Hellman</i>		
26.	Sättning vid vägbyggnad.	1968	20:—
	Föredrag vid Nordiska Vägtekniska Förbundets konferens i Voksenåsen, Oslo 25–26 mars 1968.		
	1. Geotekniska undersökningar vid bedömning av sättningar. <i>B. Broms</i>		
	2. Teknisk-ekonomisk översikt över anläggningsmetoder för reducering av sättningar i vägar. <i>A. Ekström</i>		
	3. Sättning av verkstadsbyggnad i Stenungsund uppförd på normalkonsoliderad lera. <i>B. Broms & O. Orrje</i>		
27.	Bärförmåga hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat från modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i>	1968	15:—

No.		1968	Pris kr. (Sw. crs.) 15:—
28.	Bidrag till Nordiska Geoteknikermötet i Göteborg den 5–7 september 1968.		
	1. Nordiskt geotekniskt samarbete och nordiska geoteknikermöten. <i>N. Flodin</i>		
	2. Några resultat av belastningsförsök på lerterräng speciellt med avseende på sekundär konsolidering. <i>G. Lindskog</i>		
	3. Sättningar vid grundläggning med plattor på moränlera i Lund. <i>S. Hansbo, H. Bennermark & U. Kihlblom</i>		
	4. Stabilitetsförbättrande spontkonstruktion för bankfyllningar. <i>O. Wager</i>		
	5. Grundvattenproblem i Stockholms city. <i>G. Lindskog & U. Bergdahl</i>		
	6. Aktuell svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i>		
29.	Classification of Soils with Reference to Compaction. <i>B. Broms & L. Forssblad</i>	1968	5:—
30.	Flygbildstolkning som hjälpmedel vid översiktliga grundundersökningar.	1969	10:—
	1. Flygbildstolkning för jordartsbestämning vid samhällsplanering 1–2. <i>U. Kihlblom, L. Viberg & A. Heiner</i>		
	2. Identifiering av berg och bedömning av Jorddjup med hjälp av flygbilder. <i>U. Kihlblom</i>		
31.	Nordiskt sonderingsmöte i Stockholm den 5–6 oktober 1967. Föredrag och diskussioner.	1969	30:—
32.	Contributions to the 3rd Budapest Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Budapest 1968.	1969	10:—
	1. Swedish Tie-Back Systems for Sheet Pile Walls. <i>B. Broms</i>		
	2. Stability of Cohesive Soils behind Vertical Openings in Sheet Pile Walls. Analysis of a Recent Failure. <i>B. Broms & H. Bennermark</i>		
33.	Seismikdag 1969. Symposium anordnat av Svenska Geotekniska Föreningen den 22 april 1969.	1970	20:—
34.	Något om geotekniken i Sverige samt dess roll i planerings- och byggprocessen. Några debattinlägg och allmänna artiklar.	1970	15:—
	<i>T. Kallstenius</i>		
	1. Geoteknikern i det specialiserade samhället. <i>B. Broms</i>		
	2. Diskussionsinlägg vid konferens om geovetenskaperna, 7 mars 1969.		
	3. Geoteknik i Sverige — utveckling och utvecklingstendenser.		
	4. Geotekniska undersökningar och grundläggningsmetoder.		
	5. Grundläggning på plattor — en allmän översikt.		
35.	Piles — a New Force Gauge, and Bearing Capacity Calculations.	1970	10:—
	1. New Pile Force Gauge for Accurate Measurements of Pile Behavior during and Following Driving. <i>B. Fellenius & Th. Haagen</i>		
	2. Methods of Calculating the Ultimate Bearing Capacity of Piles. A Summary. <i>B. Broms</i>		
36.	Påslagning. Materialegenskaper hos berg och betong.	1970	10:—
	1. Bergets bärförmåga vid punktbelastning. <i>S.-E. Rehnman</i>		
	2. Deformationsegenskaper hos slagna betongpålar. <i>B. Fellenius & T. Eriksson</i>		
37.	Jordtryck mot grundmurar.	1970	10:—
	1. Jordtryck mot grundmurar av Lecablock. <i>S.-E. Rehnman & B. Broms</i>		
	2. Beräkning av jordtryck mot källarväggar. <i>B. Broms</i>		