

9/65

72

Curt Erik Jangdal:

SKIFFERSVÄLLNINGEN I ÖSTERSUNDSOMRÅDET

Särtryck ur tidskriften Byggmästaren 11:1964

Rapport från Byggforskningen, Stockholm

SKIFFERSVÄLLNINGEN I ÖSTERSUNDSOMRÅDET

Av civilingenjör SVR Curt Erik Jangdal

DK 69.059.2
551.25

I Östersundsområdet har sedan några tiotal år skador av ovanligt slag konstaterats på ett flertal byggnader. Det först uppmärksammade fallet var nya kyrkan, byggd på 30-talet, där betonggolv på mark deformerades och sprack sönder. Livliga diskussioner angående orsakerna härtill lär ha förekommit, men några ingående undersökningar gjordes veterligen ej. Det ligger nära till hands i sammanhang som dessa att skylla på bristande arbetsutförande, vilket också skedde i detta fall. Stadens dåvarande byggnadskontrollant var emellertid av annan mening. Hans misstankar riktades mot undergrunden, bestående av skiffer, men han hade svårt att vinna gehör för sin uppfattning. Nu råder det emellertid ingen tvekan om att hans uppfattning var riktig.

I början av 50-talet påbörjades byggandet av Praktiska realskolan, nuvarande Österängsskolan, i närheten av nya kyrkan. Vid grundschakten påträffades skiffer. Petrografisk undersökning, utförd av laborator C-G Wenner, visade att risk för svällning förelåg. Som åtgärd rekommenderade denne bestrykning av bergytan med asfalt samt användning av annan fyllning än skiffermaterial under

källargolven. Av okänd anledning utfördes ej asfaltstrykningen.

Problemet med skiffersvällningen förekommer i Skandinavien förutom i Östersundsområdet även i Osloområdet i Norge. Man har där ägnat denna fråga stort intresse. I början av 1950-talet fick Norges Geotekniska Institut (NGI) i uppdrag att undersöka Osloområdets alunskiffer. Resultaten härav har publicerats i NGI:s publikation nr 22 [1] utgiven 1957. Undersökningarna har sedan dess ständigt pågått och pågår alltjämt.

För att undersöka skiffersvällningen i Östersundsområdet har författaren erhållit anslag av byggnadsforskningsrådet. Undersökningarna har hittills pågått snart två år och de viktigaste resultaten härav redovisas nedan.

BYGGNADSMÄSSIGA SKADOR

Dessa kan sägas vara av tre slag:

1. Skador på grund av kemisk nedbrytning (vittring) av skiffermaterialet
2. Skador på grund av kemiska angrepp på betong från vittringsprodukterna
3. Skador på grund av skiffersvällningen.

Skadetypp 1 är aktuell vid vägbyggnader där fyllningar av skiffermaterial med tiden minskar kraftigt i volym samtidigt som tidigare grovkornigt material vittrar ned till finkornigt och tjälfarligt sådant. Denna skadetypp omfattas ej av undersökningen utan behandlas för närvarande av Statens Väginstitut.

Skadetypp 2 är av allvarlig art i Oslo. I Östersund har endast obetydliga skador av denna art observerats på standardcementbetong. Användningen av slaggcement ökar för närvarande i Östersundsområdet, och då denna har större resistens mot sulfater än standardcement [2] kan skadetypen anses betydelselös.

Skadetypp 3 är den allvarligaste och föremål för det största intresset. Beroende på byggnadens utformning och konstruktion uppstår skador av varierande slag. Den vanligaste skadan är att golv på mark buktar upp och spricker (fig. 1). Som följd härav kan skador uppstå på inredningar, mellanväggar och dörrar (fig. 2, 3 och 4). Skadorna är i huvudsak koncentrerade till källarvåningarna.

Fig. 1. Skada på källargolv på grund av skiffersvällning

Fig. 1. Damage to basement floor caused by expansion of slate

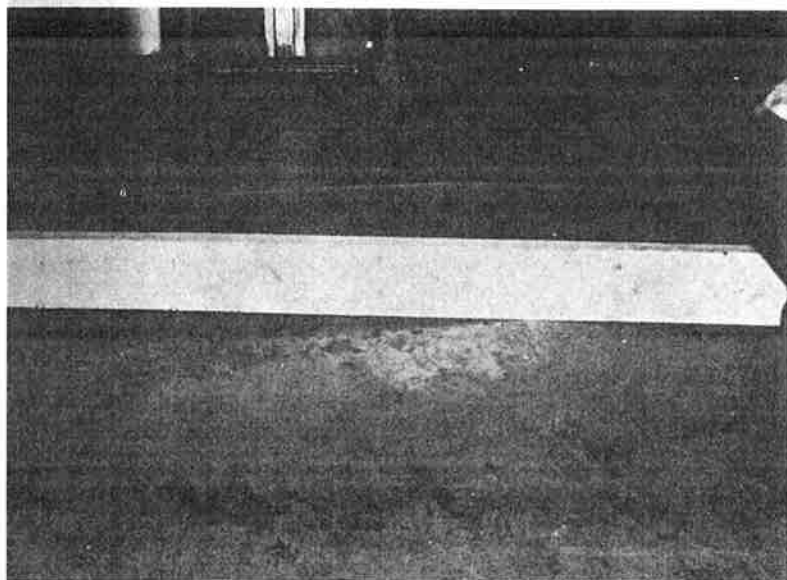


Fig. 2. Skadad, icke bärande betongvägg

Fig. 2. Damaged, non-load-bearing concrete wall

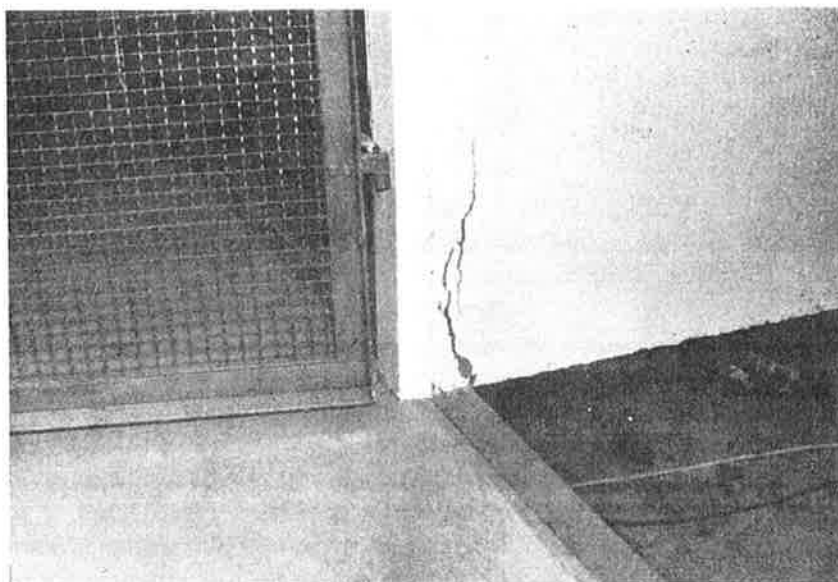


Fig. 3. Skadad, icke bärande murad vägg

Fig. 3. Damaged, non-load-bearing brick wall

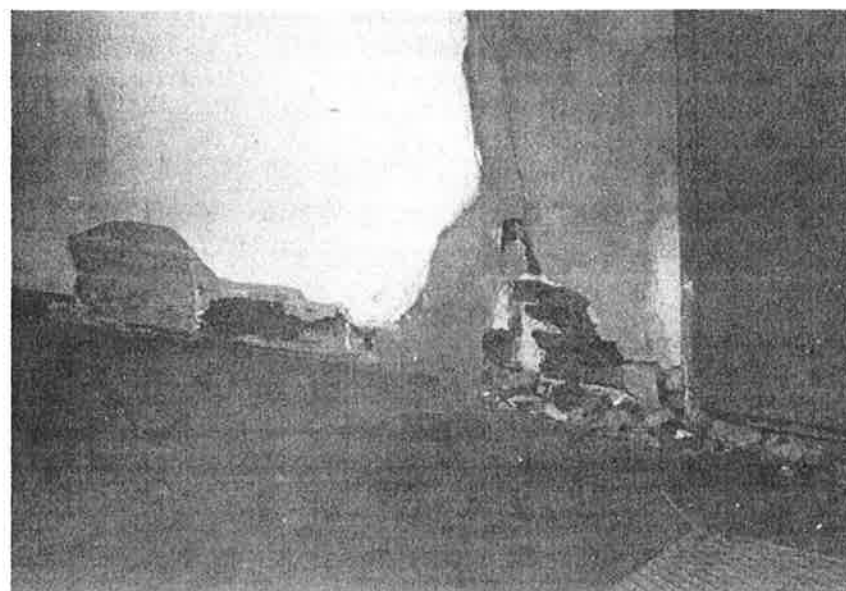


Fig. 4. Detalj av väggen i fig. 3

Fig. 4. Detail of wall in fig. 3

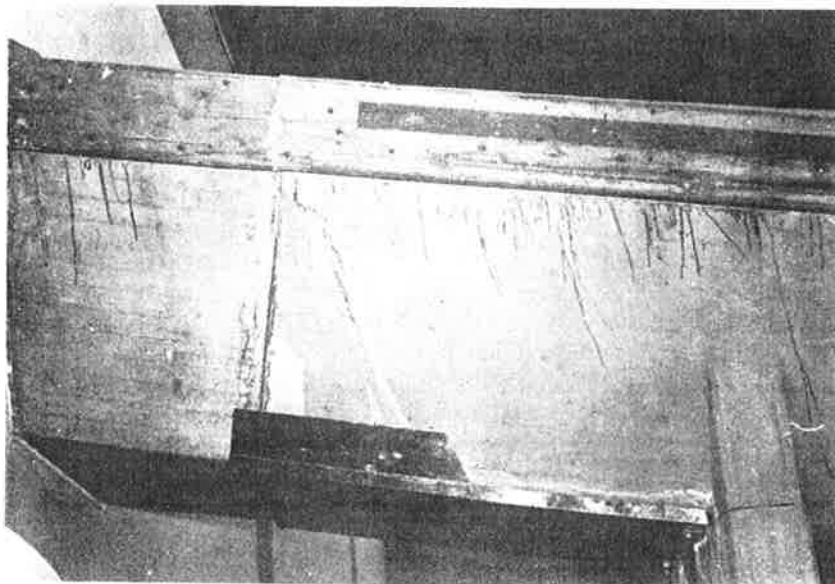


Fig. 5. Timmerränna, skadad av svällning. Observera nivåskillnaden vid skarven på rännans överkant samt plåten för läckvatten vid rännans underkant

Fig. 5. Timber trough damaged by expansion. Notice the level differences at the joints at the top of the trough and the plate for leaking water at the bottom of the trough

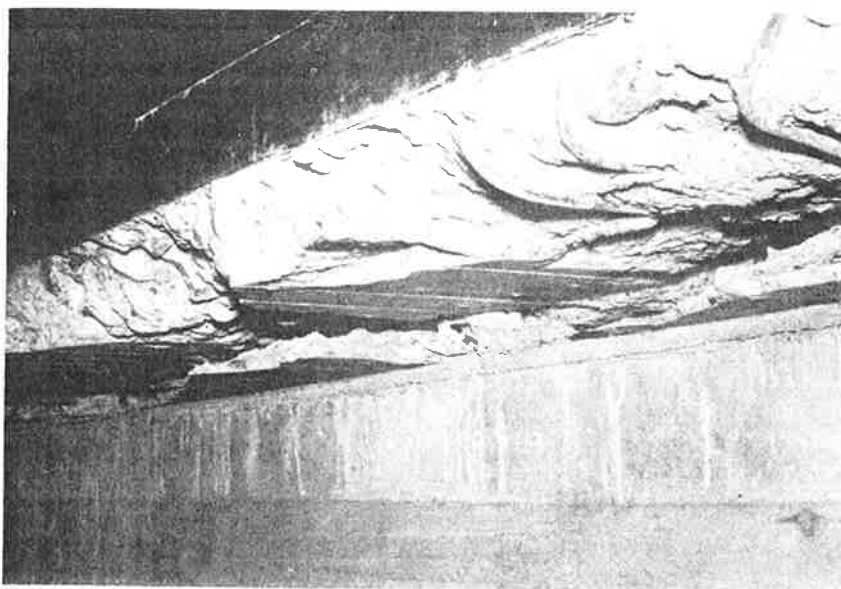


Fig. 6. Avlastningsplanet har lyfts från generatorgropsvägg. Lyft höjd ca 4 cm

Fig. 6. Loading level lifted from the wall of the generator pit. Lift height about 4 cm

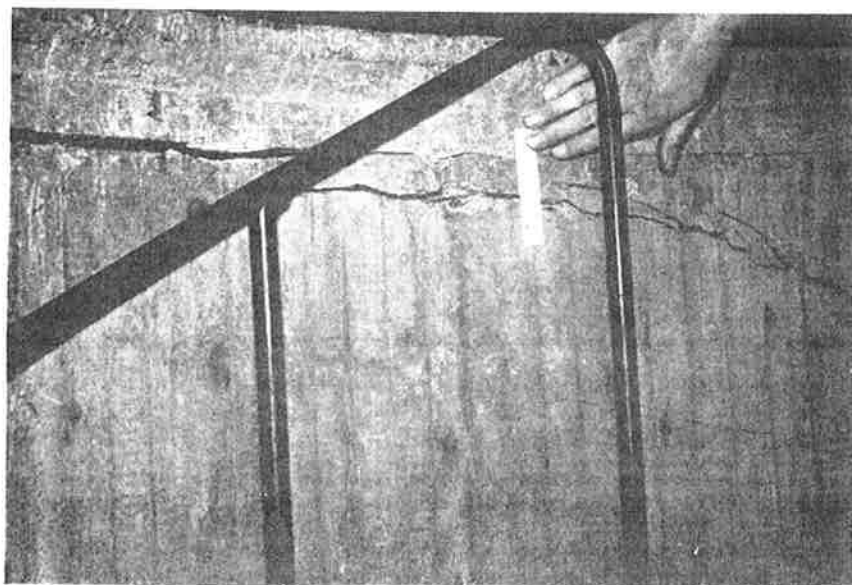


Fig. 7. Maskinsalset har lyfts från trapphusvägg

Fig. 7. Floor of the machine-hall lifted from the wall to the stair-case

Fig. 8. Svällningsskadad generatorgropsvägg. Det mörka partiet är in-trängande vatten

Fig. 8. Wall to the generator pit damaged by expansion. The dark parts are water which has forced its way in

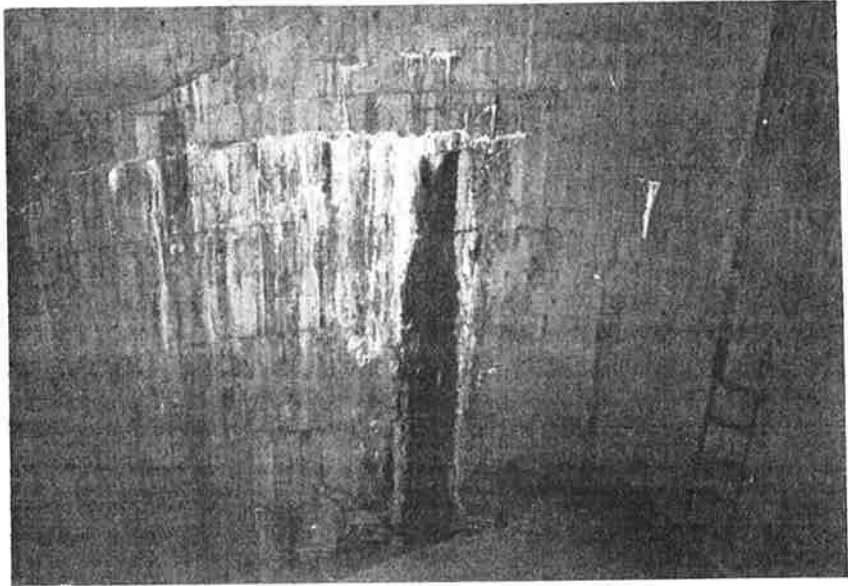
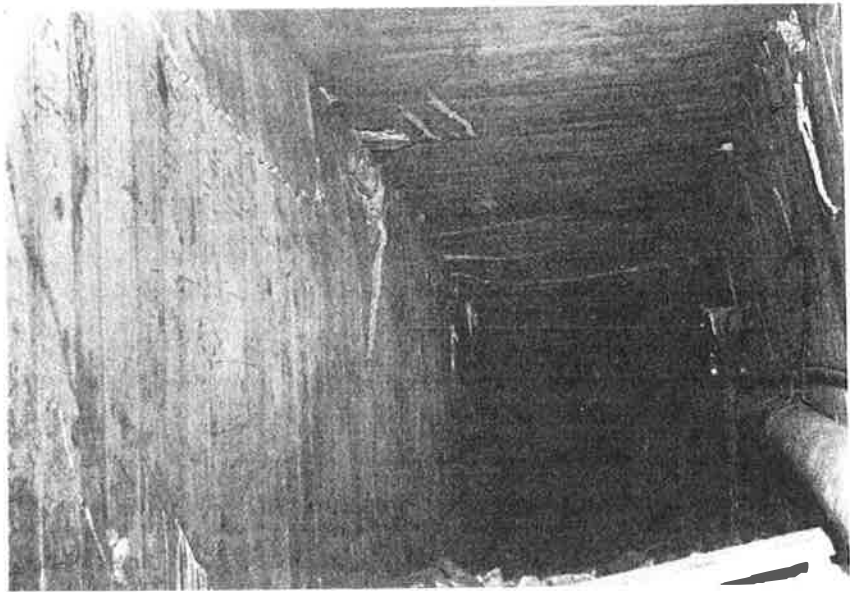


Fig. 9. Skadad varmluftskanal med arean ca 1 m²

Fig. 9. Damaged warm air-duct, cross-section area about 1 m²



I Hissmofors Kraftverk har en timmerränna, som går genom maskinsalen, skadats med läckage som följd (fig. 5). Lagg märke till förskjutningen vid rännans överkant och till dropplåten i underkant. Fig. 6 visar hur avlastningsplanet lyfts från en stödvägg, lyfthöjd ca 4 cm. Fig. 7 visar hur maskinsalsgolvet lyfts från en trapphusvägg. Rörelserna kan som syns uppgå till åtskilliga centimeter.

Svällningen sker i samtliga riktningar, men av naturliga skäl är det de vertikala rörelserna som ger de största skadorna. Horisontella rörelser kan dock orsaka skador i vissa fall. Vid den tidigare nämnda Praktiska realskolan har en yttergrundmur tryckts

inåt så kraftigt att förstärkningar blivit nödvändiga. Skadeorsaken antas vara att skiffer använts som återfyllning. Vid Hissmofors Kraftverk är generatorgroparnas väggar gjutna direkt mot skifferberget. Svällningen har gett upphov till sprickor, varigenom nedsipprat regnvatten trängt fram (fig. 8). Omslutningsväggarna till en varmluftskanal i kraftverket med tvärsnittsytan ca 1 m² har kraftigt demolerats (fig. 9). Exempel på skador på utrustningen kan också tas från kraftverket, där regleranordningen till en av turbinerna förskjutits så mycket att risk för driftstörningar förelåg, varför reparation blev nödvändig.

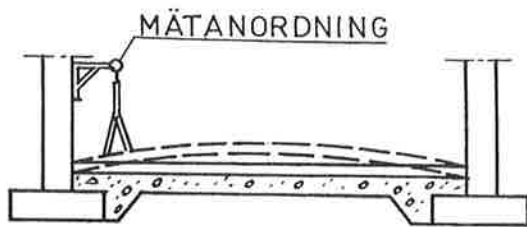


Fig. 10. Sektion genom tänkt byggnad. Golvet lyftning anlydd med streckade linjer

Fig. 10. Section through proposed building. The lifting of the floor is showed with dotted lines

Att svällningsrörelserna kan uppgå till avsevärd storlek framgår av ovanstående. Redan på ett tidigt stadium börjar skador uppstå av dessa rörelser. Det är möjligt att approximativt teoretiskt beräkna storleksordningen av erforderlig golvrörelse för att sprickor skall uppstå. Fig. 10 visar en sektion genom en tänkt byggnad. Källargolvet är av konventionell typ med betongplatta på grus. Golvet är frilagt från väggarna. Undergrund av skiffer. För enkelhets skull förutsätts utrymmet vara så långsmalt ($a/b > 2$) att golvet kan behandlas som enkelspant. Belastningen underifrån av skiffersvällningen anses vara jämnt fördelad. Golvet egenvikt + normal belastning, vilken senare ofta är störst längs väggarna, håller ner golvet på ursprunglig höjd längs dessa. Golvet kan nu behandlas som en tvåstödsbalk belastad med jämnt fördelad last enligt fig. 11.

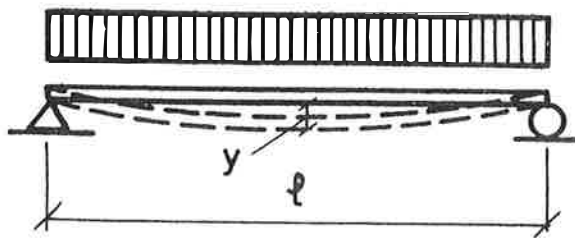


Fig. 11. Golvet, betraktat som tvåstödsbalk, belastat med jämnt fördelad last

Fig. 11. The floor regarded as a freely supported beam is loaded with evenly distributed load

Ur formeln $y = \frac{5 q l^4}{384 EI}$ kan efter omvandling $y = \frac{5 \cdot \sigma \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot \frac{d}{2}}$ beräknas en höjning i golvet

mitt svarande mot första böjdragsprickan. Följande värden antas:

- $E_{\text{BETONG}} = 100\,000 \text{ kp cm}^2$
- $\sigma_{bd} = 15 \text{ kp cm}^2$ (brottspänning)
- $d = 10 \text{ cm}$
- $l = 400 \text{ cm}$

$$\text{Härav fås } y = \frac{5 \cdot 15 \cdot 400^2}{48 \cdot 100\,000 \cdot 5} = 0,5 \text{ cm} = 5 \text{ mm}$$

I exempelvis en källargång med bredden 2 m skulle enligt ovanstående sprickbildning ske redan

vid 1,25 mm golvhöjning. Vid registrering av golvrörelserna skruvas vanligen en konsol med armlängden 20–50 cm fast på vägg. På konsolen fästs en mätklocka med avläsningsnoggrannheten $\frac{1}{100}$ mm

(tusendelar uppskattas). Mellan golv och mätspets anbringas ett stålstativ (fig. 12). En rörelse i golv mitt av 5 mm och en armlängd av 25 cm motsvaras av en avläsning av ca 1 mm vid en spännvidd av 4 m. I flera fall har svällning av denna storlek uppmätts inom loppet av ca ett år. Lokala variationer påverkar självfallet förhållandet men allmänt kan sägas att det är helt små rörelser som fordras för att svällningen skall förorsaka skador.

Hur mäktigt behöver då det skifferlager vara som ger en svällning av 5 mm? Svaret kan ej bli exakt eftersom många faktorer inverkar. Vid laborieprovning på små provbitar har vid accelererad reaktion uppmätts en total svällning av ca 2 % under loppet av ca ett år. Den maximala svällningen kommer med säkerhet att bli ännu större. För att svällningen skall bli 5 mm fordras således under dessa förhållanden en mäktighet av endast 25 cm, dvs. en normal grundsulans tjocklek. Ju större mäktigheten är under för övrigt lika förhållanden desto snabbare när mansjälvfallet upp till gränsen för skadlig svällning och därmed även till tidpunkten för reparation. Man måste i detta sammanhang ha klart för sig att den tid som erfordras för att skadlig svällning skall uppstå varierar avsevärt från fall till fall, beroende på skiffrens sammansättning och övriga inverkanse faktorer.

I en byggnad uppstår vanligen även skador på väggarna, till största delen på de icke bärande. Storleken av på dessa verkande krafter kan med förenklade antaganden teoretiskt beräknas enligt nedan. Följande antaganden görs: Källarbjälklaget är helt stumt, golvhöjningen = 5 mm, väggens höjd = 2,5 m samt murverkets E -modul = 10 000 kp/cm^2 . Enligt Hooke's lag fås då:

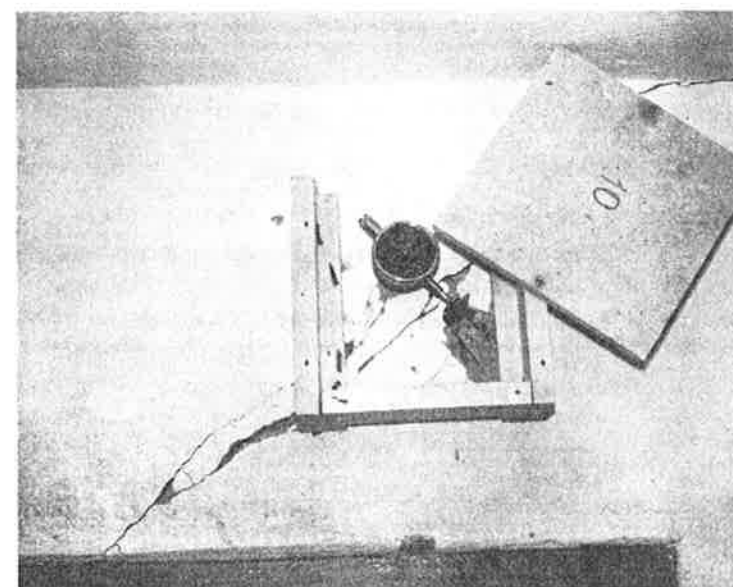
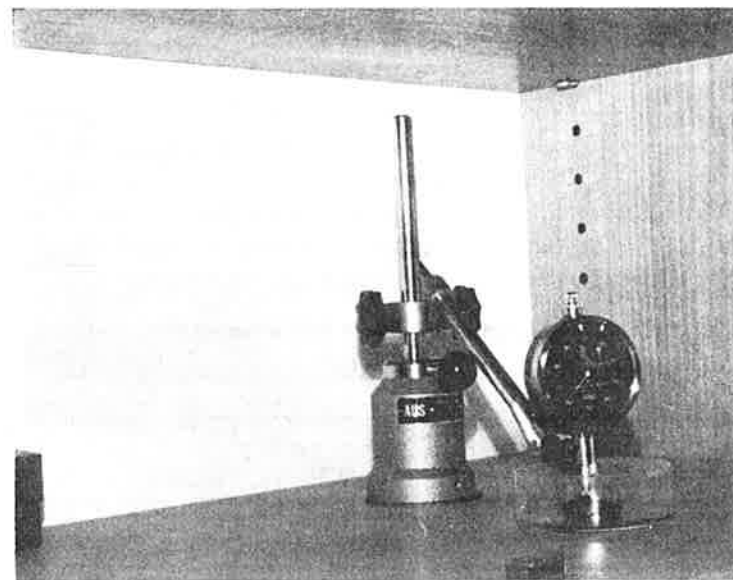
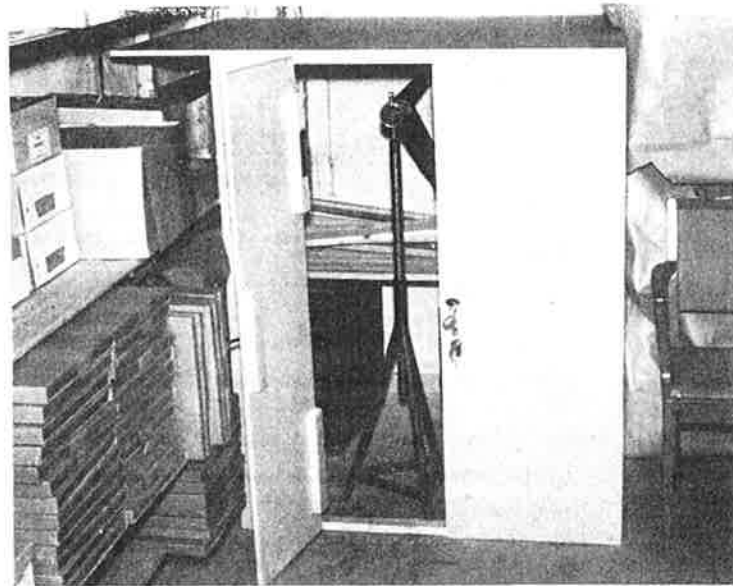
$$\sigma = E \cdot \varepsilon = 10\,000 \cdot \frac{5}{2500} = 20 \text{ kp/cm}^2$$

dvs. man skulle nå upp till murverkets brottspänning. Antagandet att källarbjälklaget är stumt är en stor approximation. Vid ett tryck underifrån kommer detta att böjas uppåt med påföljd att spänningarna i väggen blir lägre än enligt beräkningarna ovan. Om svällningen fortsätter får man småningom en så stor lyftning av källarbjälklaget att väggarna i våningen över skadas, men även väggarna i övre våningarna kan skadas. Parallellt härmed sker krossning av källarväggarna varvid även väggarna i övre våningar kan skadas.

UNDERSÖKNINGEN — UPPLÄGGNING OCH RESULTAT

Undersökningen började med inventering av kända skador. Det visade sig härvid på ett tidigt stadium att svällningsfenomenet borde ägnas det största intresset. Försöken har inriktats på att verifiera teorierna, mäta svällningskraftens storlek, svällningens tidsförlopp och storlek samt att utröna lämpliga tekniska åtgärder. Försöken bedrivs såväl på laboratorium som i fält och kommer sannolikt att pågå ytterligare några år.

Erforderliga kemiska analyser utförs av NGI som har specialutrustning härför. Då proverna är känsliga för syre förvaras och transporteras de i kärl innehållande toluol. Mätningar av svällningen görs vid såväl laboratorie- som fältprov med enkla mätklockor. I samband härmed noteras tid och temperatur. Fig. 13 visar anordningen vid laboratorieprov. Sedan bilden togs har utrustningen placerats på en tjock stålplatta. Fig. 14 visar anordning vid mätning av sprickvidd i bärande skyddsrumsvägg av betong. Fig. 12 visar anordning för mätning av golvrörelser. Den delvis skymda konsolen är fastbultad på bärande yttervägg av betong. Strax hitom vänstra benet i trefoten skymtar man ett borrhål för mätning av grundvattenståndet.



Överst t. h: Fig. 12. Anordning för mätning av golvrörelser. Borrhål för mätning av grundvattenytan skymtar strax framför trefotens ena ben
Above, right: Fig. 12. Apparatus for recording floor-movements. Bore-hole for recording the level of the ground-water can be seen just in front of the tripod's leg

I mitten t. h: Fig. 13. Anordning för laboratiemätning av svällningen. Anordningen har senare monterats på en kraftig stålplatta
Middle, right: Fig. 13. Apparatus for recording expansion in the laboratory. The apparatus has been mounted on a heavy steel plate

T. h: Fig. 14. Anordning vid mätning av sprickvidd i bärande skyddsrumsvägg av betong
Right: Fig. 14. Apparatus for measuring crack width in load-bearing shelter wall in concrete

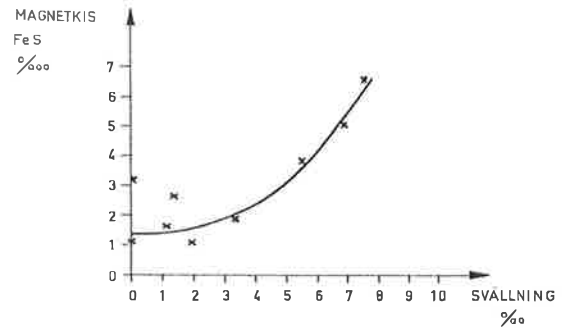


Fig. 16. Vertikal skifferyta med mineralgångar. Skiffern är intill dessa av mjöliknande konsistens

Fig. 16. Vertical slate surface with mineral layer. The slate against these is of flourlike consistency

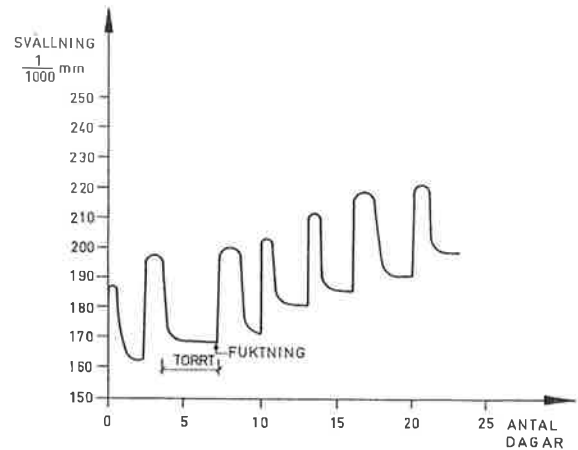
med teorierna. Vid fuktning av torra prover sker en språngvis svällning, fig. 17, vilken till största delen är en ren fuktsvällning. Under uttorkningen sker en krympning beroende av fuktavgivning. För varje cykel ökar dock provets höjd något, ca 0,01—0,1 % och ännu efter ca 80 cykler under ett års tid fortsätter ökningen. Den totala svällningen uppgår hittills till över 2 % på ett år och ser ut att kunna fortsätta ännu under avsevärd tid.

Vid insitu-provningar i byggnader på olika håll i staden har resultat erhållits i överensstämmelse med laboratorieprovningarna. Som exempel visas i fig. 18 sambandet mellan vattenståndets variation och svällningens storlek i två närliggande punkter i källaren till ett kontorshus. Som syns föreligger i huvudsak överensstämmelse mellan laboratorie- och insitu-prov. Vid bägge försöken sker såväl svällning vid vattentillskott som krympning vid torkning. Dessutom fås i bägge fallen en bestående volymökning vid varje cykel. Enligt fig. 18 sker emellertid vid insitu-provning dessutom en volymminskning, vars motsvarighet ej ernåtts vid laboratorieprovning. Förklaringen är att laboratorieprovet utförts på en undergrund vars övre delar består av starkt



Ovan: Fig. 15. Sambandet mellan halten magnetkis och svällningens storlek vid fuktning (laboratorieprov)

Above: Fig. 15. The relationship between the proportion of magnetic pyrites and the size of the expansion when damped (laboratory test)

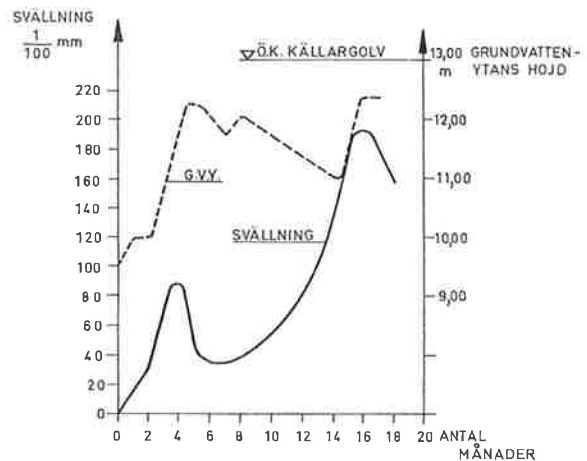


Ovan: Fig. 17. Svällningsförloppet vid laboratorieprov $\frac{10}{1000}$ mm mol-svarar ca 0,6 ‰ svällning

Above: Fig. 17. The progress of the expansion in the laboratory test $\frac{10}{1000}$ mm represent about 0.6 promille expansion

Nedan: Fig. 18. Svällningsförloppet vid insitu-prov. Kurvan gäller för skiffer vars övre del är kraftigt vittrad (lös)

Below: Fig. 18. Progress of expansion at insitu tests. The curve is valid for slate whose upper part is heavily decomposed (loose)



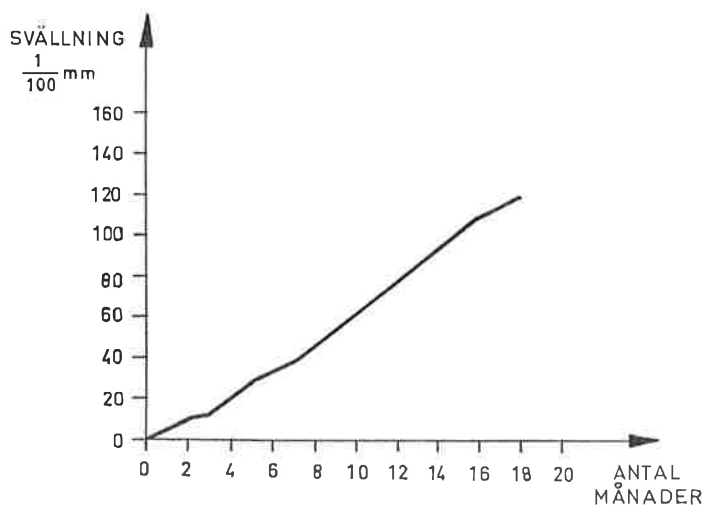


Fig. 19. Svällningsförloppet vid in situ-prov. Kurvan gäller för skiffer som ej är kraftigt vittrad (fast)

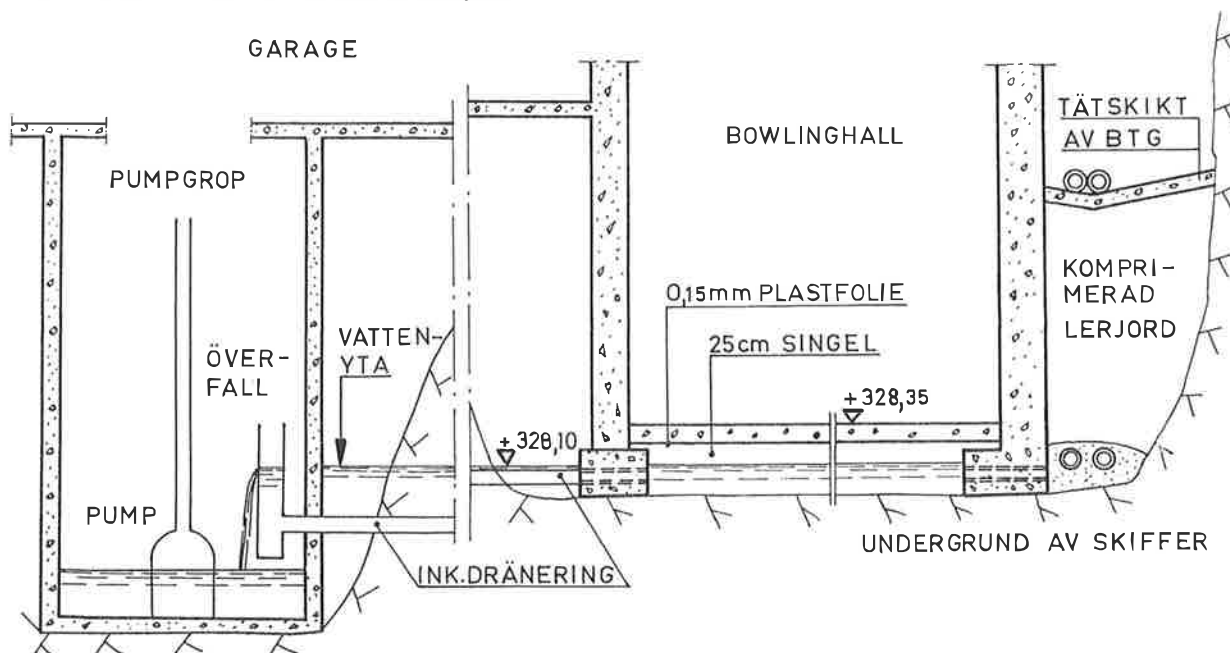
Fig. 19. Progress of expansion at in situ tests. The curve is valid for slate which is not heavily decomposed (firm)

vittrad skiffer. Vid begynnande uttorkning av den vittrade skiffern ökar kapillärspänningen och jordlagret komprimeras. Till en början sker detta hastigare än den samtidiga svällningen. När uttorkningen småningom minskar tar svällningen överhanden. Denna cykel upprepas årligen i samband med den säsongsvisa variationen av grundvattentytan och för varje cykel fås en bestående svällning i enlighet med vad som sagts ovan. Finns inget eller endast ett tunt lager starkt vittrad skiffer får svällningskurvan ett utseende enligt fig. 19, dvs. svällningen pågår ständigt.

Vid byggandet av en bowlinghall med golv på mark konstaterades skiffer i undergrunden. Ungefär mitt i hallen kom en grundvattenström fram. Man beslöt sig för att försöka utnyttja detta förhållande för att därmed om möjligt utestänga en nödvändig faktor i svällningsprocessen, nämligen syre. I fig. 20 visas en sektion av konstruktionen. Regelbundna mätningar av grundvattenflödet har gjorts samtidigt med mätningar av golvet rörelser vid två betongpelare i hallen. Fig. 21 visar golvrörelsens, vattenflödets samt vattenståndets variation. Till en början skedde en ganska stor svällning som emellertid efterhand avtagit. Den första svällningen beror förmodligen på att allt syre ej drivits ut genast. Den senare får förmodas bero på någon liten förekomst av syre i grundvattnet. Diagrammet ger ej mått på största svällningen då denna uppträder mellan pelarna utan kan endast göra anspråk på att visa rörelsens variation. Vid jämförelse mellan diagrammen i fig. 21 samt 18 och 19, vilka alla är grundade på försök med likartade försöksanordningar, framgår att svällningen är betydligt mindre där grundvattnet legat som ett skyddande täcke än där skiffern varit oskyddad. Mätningarna vid detta objekt fortsätter, men man torde redan nu kunna rekommendera metoden.

På några håll har man försökt att skydda skiffern från syre genom att lägga en plastfolie under betonggolvet. Metoden har ej haft avsedd verkan och kan ej rekommenderas.

Fig. 20. Grundvattendammens konstruktion under bowlinghallen
Fig. 20. The pool for the ground water under the bowling-hall



I ett fall har den rensade bergytan sprutats med cementbruk i avsikt att täta mot syre. Efter ca ett år har man noterat sprickor i betongskiktet och fortsatt svällning. Ej heller denna metod kan rekommenderas.

I några fall har skiffern isolerats med styv mineralull på vilket betonggolvet lagts. Då metoden ej har prövats under längre tid är det för tidigt att avge omdöme om metodens lämplighet.

I ytterligare ett annat fall har skifferytan tätats med vattenmättad lera som trampats till homogenitet och täthet. På leran har fyllts grus och på detta har betonggolvet lagts. Det är nu ca 3 år sedan golvet lades och enligt uppgift har inga skador konstaterats. Metoden kommer att bli föremål för fortsatta undersökningar.

Den mest radikala metoden att komma till rätta med svällningen under golv är att göra detta fribärande, vilket kan ske antingen i platsgjutet eller prefabricerat utförande. Metoden har veterligen utförts i endast ett fall och då i ett mindre utrymme. Metoden är naturligtvis den som ger det tekniskt mest tillförlitliga resultatet.

Det finns förutom ovan uppräknade förslag även andra tänkbara lösningar vilka kommer att tas upp till behandling inom utredningen.

Beträffande lyftkraftens storlek har värden ännu ej erhållits från försöken. Norska erfarenhetsvärden är 20—30 t/m².

FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Nedan upptagna förslag till åtgärder avser dels projekteringen vid nybyggnader dels konstruktiva utföranden.

Vid projekteringen ställs man inför frågan om det finns risk för svällning eller ej. Frågeställningen kompliceras av att det som regel är omöjligt att på projekteringsstadiet få nödvändigt underlag för en bedömning. Det är först när grundschakten är klar, dvs. långt efter det byggnadshandlingarna normalt färdigställt, som det är möjligt att med någon grad av säkerhet besvara frågan och först därefter kan man ta ställning till hur konstruktionen skall utformas. Det är därför ofta lämpligt antingen att alternativa lösningar utarbetas eller också att man väntar med utformningen tills resultaten av grundundersökningarna blivit klara. Vid utförande på fast anbud kan detta bli en komplikation som dock bör gå att lösa. Grundundersökningarna bör omfatta dels några enkla laboratorieprov för svällningsmätning och dels besiktningar av grundschakten där man söker bedöma de övriga förutsättningarna för svällning. Erfarenheter från angrän-

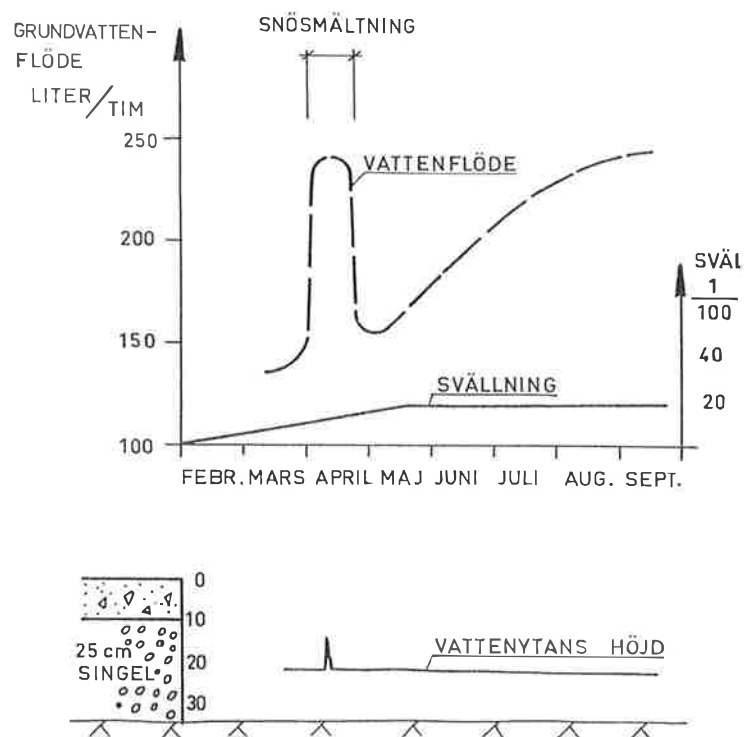


Fig. 21. Vattenflöde, svällning samt vattenytans höjd vid grundvattendamm under bowlinghall

Fig. 21. Water-stream, expansion and height of the water level in the ground water pool under the bowling hall

sande byggnader har även stor betydelse. Kemiska analyser torde vara överflödiga då risk för betongangrepp ej kan anses föreligga.

Beträffande den konstruktiva utformningen är problemet enkelt om man konstaterat att svällningsrisk ej finns. Om svällningsrisken är stor eller det rentav är uppenbart att svällning kommer att ske blir man tvingad att vidta åtgärder. Dessa ytterlighetsfall är klara och leder till enkla ställningstaganden. Svårigheterna blir därför störst när man är ovisst om det blir svällning eller ej. Måhända är detta rentav den vanligaste situationen. Den kommer därför att diskuteras nedan med försök till beaktande även av kostnadssynpunkterna. Fyra alternativ behandlas.

Alt. 1. Inga speciella åtgärder vidtas, dvs. vanlig golvkonstruktion, 15 cm grus och 8—10 cm betong, utförs. Kostnaden blir då 30—40 kr/m². Sker därefter en svällning blir det som regel nödvändigt med reparationer. Dessa kan bli aktuella redan efter ett år men även först efter 10 år. Kostnaderna här för är beroende på hur genomgripande reparationerna blir, men låt oss till att börja med förutsätta

att det nya golvet får samma konstruktion som det ursprungliga. Kostnaden för uppmesjling, borttransport och nyläggning blir då 70—90 kr/m². Totalt efter en omläggning blir kostnaden 100—130 kr/m². Utförs det nya golvet fribärande i form av t. ex. T-bjälklag, monterat eller platsgjutet, blir kostnaderna inklusive upphuggning och borttransport 110—120 kr/m². Totalt efter omläggning blir då kostnaderna 140—150 kr/m².

Alt. 2. Fribärande golv, i form av t. ex. T-bjälklag enligt ovan, utförs redan vid nybyggnaden. Kostnaden för golvet blir ca 70—80 kr/m².

Alt. 3. Golv med grundvattenbassäng i enlighet med tidigare redovisad lösning. Kostnad 40—50 kr/m².

Alt. 4. Tätande lerblandat lager på rensat berg. Plastfolie plus betong. 50—60 kr/m² (föga prövad metod).

De angivna priserna är grundade på förenklade antaganden. Så har t. ex. hänsyn ej tagits till kapitaliserat värde, ej heller till att utförandena varierar. Även andra faktorer inverkar såsom transportmöjligheter etc. De redovisade kostnaderna gör därför endast anspråk på att vara riktvärden och jämförelsevärden för de olika alternativen. Vilket förslag som skall väljas blir en bedömning från fall till fall.

Ett särskilt problem uppstår om grundläggningen för en nybyggnad utförs djupare än kringliggande äldre byggnader grundlagda på skiffer. En grundvattensänkning kan då förorsaka skador på dessa, varför de bör besiktigas innan byggandet påbörjas. Ett lämpligt utförande av den nya grunden kan vara vattentät konstruktion. Under byggnadstiden bör man härvid tillse att den naturliga grundvattennivån bibehålls eller att den snarast möjligt återställs. En svårighet i detta sammanhang är att bergsprängning, som ofta blir aktuell vid stora djup, kan öppna nya dränerande sprickor i berggrunden.

En speciell varning riktas mot att utföra schaktbotten med varierande nivåer. Kvarlämnade bergklackar ger lätt upphov till skadlig svällning.

SAMMANFATTNING

Alunskiffen förekommer praktiskt taget överallt i Östersund. Den omvandlas under en lång serie av reaktioner varvid det bland annat sker en volymökning. För att reaktionerna skall kunna ske fordras samtidigt närvaro av FeS_2 , pyrit; FeS , magnetkis;

$CaCO_3$, kalksten; H_2O , vatten samt O_2 , syre. Det är genom kemiska analyser konstaterat att de tre första ämnena ständigt finns. Förekomsten av vatten och syre måste bedömas från fall till fall. Normalt finns syre ständigt tillgängligt, medan förekomsten av vatten är osäkrare.

Avståndet från markytan liksom förvittringsgraden och därmed risken för byggnadsmässiga skador varierar. Största skaderisken syns föreligga i stadens centrala delar i samband med nybebyggelse. Grundläggningen sker här ofta på större djup än för angränsande äldre byggnader, varvid man når ned till mindre starkt vittrad skiffer. Risk för skador föreligger i sådana fall dels för den nya byggnaden, dels för angränsande äldre därest grundvattentytans nivå där ändras.

Försök pågår för att mäta svällningskraften, men resultat föreligger ännu ej. Norska erfarenheter visar en lyftkraft av 20—30 ton/m².

Det är olämpligt att utföra schaktbotten med varierande nivåer. Kvarlämnade bergklackar ger lätt upphov till skadlig svällning.

Många metoder har prövats för att komma till rätta med problemet. Två metoder har visat sig framgångsrika nämligen den självklara med fribärande källargolv samt utförande av grundvattendamm. Den senare kan medföra vissa komplikationer för framtida närliggande bebyggelse. I Norge har man i en berggrusansläggning med framgång förhindrat svällning genom injektering med cementbruk och bentonitslam. Metoden att täta bergytan med fuktig lera är möjligen en framkomlig väg som hittills prövats i liten utsträckning. Isolering med mineralull är ännu för oprövad.

Övriga prövade metoder har ej varit framgångsrika och kan inte rekommenderas. Försöken kommer att fortsättas för att man skall vinna ytterligare kunskaper om svällningen och kunna finna flera alternativa lösningar.

Med hänsyn till hittills kända möjligheter att vidta effektiva skyddsåtgärder mot svällningen rekommenderas myndigheterna att behandla framställningar om grundläggning till stort djup med restriktivitet.

LITTERATUR

- [1] *Norges Geotekniske Institutt*. Publikasjon nr 22. Oslo 1957
- [2] *3:e internationella cementsymposiet*. London 1952

ENGLISH SUMMARY

The expansion of slate in the area of Östersund

By C E Jangdal

For several decades damage of an unusual character has been recorded in a number of buildings in the area of Östersund.

In order to investigate the expansion of slate in the Östersund area the author has obtained a grant from the Council for Building Research. The investigations have soon been going on now for two years and the most important results are set out in this article.

Proposals for the procedure are given partly regarding the design of new buildings and partly regarding the construction.

During the projecting work the question of whether there is a risk of swelling or not was put. This question complicated by the fact that as a rule it is impossible to obtain the necessary information at the design stage for a decision to be made. It is not until the excavation is completed that one can decide how the construction is to be carried out. It is therefore often convenient either to settle alternative solutions or to delay the design work until the soil investigations have been completed. The soil investigations should partly contain several simple laboratory tests for the measurement of swelling and partly comment on the excavation. Experience of adjoining buildings is also of great value.

If the expansion is large or it is quite obvious that expansion will occur one is forced to take steps at the construction stage. The difficulties are greatest when it is not known whether there will or will not be expansion—perhaps the most usual situation. This is discussed with the cost aspect in mind. Four alternatives are dealt with.

Problems occur if the foundations of a new building are carried out deeper than those for the adjacent older buildings. Lowering of the ground water can then do damage to these and they should therefore be inspected before the building work is commenced. A suitable design of the new foundation would be a water tight construction.

A particular warning is given of the dangers involved in bringing the bottom of excavation to different levels. Rock projections which may remain can easily cause expansion.

In summary it can be said that slate occurs all over the town. The greatest risk of damage seems to lie in the central parts of the town in connection with new buildings. The foundations here are often taken to a greater depth than those for older buildings, at which level a less strongly weathered slate is often struck.

Many methods have been tested of which two have shown themselves to be promising, namely the one with simply supported basement floor and carrying out of a ground water tank. The latter can involve certain complications for the future adjacent buildings. In Norway swelling has been prevented in the future in a rock chamber installation by injecting cement mortar and bentonite slurry. The methods of proofing the rock surface with damp clay and insulating with mineral wool is as yet insufficiently tested.