Obs! Nr. 32 står etter nr. 33.

FASTHETSKRAV TIL UNDERGULV OG GULVBELEGG

Av Rolf Schjødt

OSLO 1958

Særtrykk av BYGG, nr. 8, 1958

Fasthetskrav til undergulv og gulvbelegg

Av dr. techn. R. Schjødt

Norges byggforskningsinstitutt

Vi stiller som bekjendt to delvis motstridende krav til våre gulv. På den ene side bør de være myke og behagelige å gå på, på den annen side bør de ikke få merker etter stolbein og lignende.

Å bruke et tilstrekkelig tykt gulvbelegg blir som regel for dyrt for oss, og vi prøver derfor å gjøre gulvene behageligere ved å legge et undergulv, som skal være mindre hårdt enn betongen. Det finnes mange produkter som brukes til dette. Når vi nedsetter hårdheten går dessverre som regel også fastheten ned, og det siste har ført til en god del mislykkede undergulv, og til dyre reparasjonsarbeider.

Det later til å mangle grunnlag for å bedømme hvilken fasthet man må forlange for undergulv for de forskjellige gulvbelegg, og for gulvbeleggene selv. Her skal det gjøres forsøk på å komme frem til uttrykk som kan gi en orientering om dette.

Den nærliggende måte å prøve å løse problemet på, er å behandle gulvbelegget som en plate på elastisk underlag. Da setter man det trykk som oppstår i undergulvet proporsjonalt med dets deformasjon under lasten, og skriver altså

$$p = Kw,$$

hvor w er deformasjonen, og faktoren K blir en materialkonstant. Schleicher [1] har løst dette problem matematisk for alle tenkelige belastningsforhold.

Men nu har det vist seg at K avhenger av belastningsflatens størrelse, den er altså strengt tatt ikke en konstant. Av Boussinesqs formler kan man avlede [2], [3], at under en sylinderformet belastningsflate med radien r_1 belastet med lasten P, blir nedsynkningen

$$w = \frac{P}{2\,E_u r_1}\,(1 - \nu_u^2)$$

Her er E_u undergulvets elastisitetskoeffisient og ν_u Poisson's konstant for samme. De to formler ovenfor viser oss hvordan K avhenger av radien, og vi kan benytte dem til å erstatte K med E, en nøyaktigere og bedre kjent konstant. Selvsagt er heller ikke E strengt tatt en konstant, men varierer med spenningens størrelse. Men dette er en unøyaktighet vi må ta med ved alle dimensjoneringsoppgaver. Vi finner

$$K = \frac{p}{\mathrm{w}} = \frac{\mathrm{P}}{\pi \mathrm{r}_1^2}\,\frac{2\,E_u r_1}{\mathrm{P}}\,\frac{1}{(1-\nu_u^2)} = \frac{0{,}637}{r_1(1-\nu_u^2)}\,E_u$$

Ved oppstillingen av sine formler benytter Schleicher en størrelse l, definert ved

$$l = \sqrt[4]{\frac{1}{(1-\nu_o^2)}\,\frac{E_o t^3}{12}\,\frac{1}{K}}$$

Her er E_o og ν_o materialkonstanter for gulvbelegget og t dets tykkelse. Ved hjelp av formelen for K kan vi omforme dette til

$$r_1/l = 1{,}66 \sqrt{\frac{1-\nu_o^2}{1-\nu^2}\,\frac{E_u}{E_o}\left(\frac{r_1}{t}\right)^3}$$

ν_u vil for underlaget variere mellom $^1/_5$ og $^1/_3$, ν_o fra $^1/_3$ opp til litt under $\frac{1}{2}$. Radien r_1 gir som sagt størrelsen på en tenkt belastningsflate på undergulvet. Størrelsen på denne sammenlignet med lastflaten på gulvbelegget er usikker, men etter de alminnelige forskrifter for lastfordeling kan vi sette $r_1 = r + t$, hvor r er radien på belastningsflaten på gulvbelegget. Ved firkantede og anderledes formede belastningsflater, blir denne erstattet av en sirkel med samme areal. Ved å sette inn midlere verdier for de ovenstående uttrykk, finner vi

$$r/l = 1{,}4 \sqrt{E_u/E_o}\;(r/t)^{3/4} \tag{1}$$

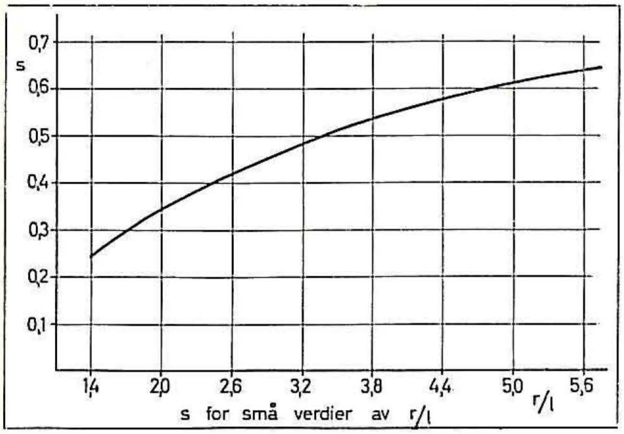
Dette er, som det vil sees, en ubenevnt størrelse. Verdien 1,4 er ikke så svevende som man kanskje kan ha fått inntrykk av etter det som er sagt. Fjerderoten virker nemlig sterkt utlignende på verdiene, som leserne lett vil kunne kontrollere. De ekstreme mulige verdier for koeffisienten vil være ca 1,3 og 1,5. Den som vil regne nøyaktigere kan gå tilbake til forrige formel.

Nu kan vi skrive

$$p = \frac{\mathrm{P}}{\pi r^2}\,S \tag{2}$$

Her er S en meget komplisert oppbygget funksjon av r/l, hvis enkelte ledd er utregnet i tabell hos Schleicher. Den er fremstillet grafisk på figuren for små verdier av r/l, for større verdier kan vi sette

$$S = \frac{r/l}{r/l + 2\sqrt{2}} \tag{3}$$



Ønsker man å finne bøyningsspenningen i gulvbelegget, kan denne med tilstrekkelig nøyaktighet settes til

$$\sigma = \frac{9pr}{4t_1^2}\left(\frac{1}{\sqrt{s}}-1\right)^2 \qquad (4)$$

Ved sammensatte gulvbelegg, som f.eks. linoleum med underlagsmatter, blir selvfølgelig t_1 i den siste formel bare tykkelsen av den stiveste del.

Den ovenstående formel (2) kan nu benyttes til å regne ut hvilken fasthet undergulvet under et gitt gulvbelegg må ha. Vi må dog kjenne forholdet mellom elastisitetskoeffisientene for først å regne ut r/l. For betong og lettbetonger har vi som regel en idé om størrelsen på E_u, for andre underlag kan det være vanskeligere. Og hvilken E_o som skal benyttes f.eks. for linoleum på underlagsmatter kan synes usikkert.

Ved hjelp av kuletrykkprøven kan man på en enkel måte skaffe seg opplysninger om disse verdier. Man trykker en stålkule ned i materialet, med kjent kraft, og måler innsenkningen. På Byggforskningsinstituttet har vi bygget et apparat for dette. Man kan forutsette at stålkulen er udeformerbar sammenlignet med underlaget, og får da, utregnet fra [4] formel 219:

$$E = \frac{3\,(1-\nu^2)}{4}\,\frac{P}{\sqrt{Ra^3}}$$

R er stålkulens radius, a innsenkningen målt under prøven, og vi kan med tilstrekkelig nøyaktighet sette $\nu = {}^1/_3$. Målinger av endel verdier for E er allerede utført ved instituttet.

For linoleum på underlagsmatter, lagt opp på lettbetong, får vi verdier for ${}^{E_u}/_{E_0}$ opp til 500. For kontorstoler med harde ruller, den hardeste påkjenning som normalt forekommer på et gulv, kan vi sette $r = 0{,}7$ cm. Ved linoleum pluss underlag $t = 0{,}45$ cm, $r/t = 1{,}55$, gir formel (1) $r/l = 9{,}3$, og formel (3) $S = 0{,}77$. Setter vi største last på en rull $P = 50$ kg, gir (2)

$$p = \frac{50}{\pi 0{,}7^2}\,0{,}77 = 25\ kg/cm^2$$

Dette må sies å være det ugunstigste mulige tilfelle for kontor- og beboelsesrom. Forutsetter vi et stivere gulvbelegg, som forskjellige fliser, kan vi sette $E_u/E_o = 10$ og $r/t \sim 3{,}0$. Da finner vi $p = 20$ kg/cm^2.

Det ovenstående vil si at med en sikkerhet på 2,5 bør et hårdt undergulv av lettbetongtypen ha en fasthet på 60 kg/cm^2, eller iallfall 50 kg/cm^2. En underlagsmasse som har vært ganske meget brukt oppgis å ha en fasthet på 45 kg/cm^2. Det forangående gir ikke berettigelse til mere enn å si at dette synes å være i underkant, men sannsynligvis nok hvis spredningen av fasthetsverdiene er liten. Men på mange gulv som er lagt av dette materiale, har fastheten vært mindre enn oppgitt, og dette har da gitt som resultat mange skader og reparasjonsarbeider.

Hvad gulvbelegget angår, gir formel (4) for det første tilfelle, et mykt gulv på et forholdsvis hårdt underlag, med $t_1 = 2{,}5$ mm, en spenning på bare 12,2 kg/cm^2. I det annet tilfelle, med stivere gulvbelegg, får vi en spenning på 31,5 kg/cm^2. Det vil si at sprø fliser på litt ettergivende underlag lett brekker, som vi allerede visste, selv om vi ikke kunne angi spenningens størrelse.

La oss endelig forutsette at massen i underlagsgulvet er så myk (eller gulvbelegget så stivt, men det er jo av andre grunner ikke ønskelig) at vi har $E_u/E_o = 3$. Da finner vi $p = 15$ kg/cm^2, kravet til fastheten for denne myke masse ville altså bare være 38 kg/cm^2.

Disse betraktninger kan hjelpe til orientering om hvilke egenskaper et underlagsmateriale som bringes på markedet bør ha. For hvert enkelt tilfelle når gulvbelegg og underlag er gitt, kan man ved hjelp av enkle målinger, eller ved å benytte allerede kjente konstanter, finne ut hvilke krav som må oppfylles. Også for industrigulv og lagre, med tyngre trafikk, kan beregningene brukes til å fastlegge kravene til undergulvet, og i sammengeng med dette, til å finne ut hvilke gulvbelegg som er sterke nok.

Det hender som sagt ikke sjelden at undergulv og gulvbelegg ødelegges fordi de er for svake. Men enda alminneligere er det at de er sterkere enn nødvendig, fordi man ikke har kjent til hvilke krav som måtte tilfredsstilles, og da er de som regel hårde og ubehagelige i bruk, og med for stor slitasje. Også for dette område håper vi at det ovenstående skal hjelpe.

Litteraturliste.

[1] *Schleicher, F.* Kreisplatten auf elastischer Unterlage. Berlin 1926. 147 s.

[2] *Schleicher, F.* Zur Theorie des Baugrundes. Der Bauingenieur, 1926, s. 931—935, 949—952.

[3] *Holmberg, A.* Cirkulära plattor med jämnt fördelad last på elastiskt underlag. Betong 1946, nr. 1, s. 7—16.

[4] *Timoshenko, S.* og *Goodier, J. N.* Theory of elasticity. N.Y. 1951. 506 s.

Særtrykk av Bygg nr. 8, 1958

Særtrykk nr. 1536

AAS & WAHLS BOKTRYKKERI