



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



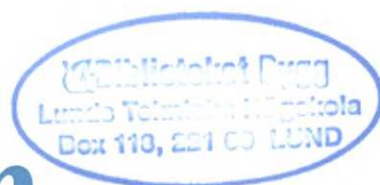
Rapport

R44:1972

**Förhandsbestämning
av stegljudsisolering vid
mjuka golvbeläggningar
— Massivbjälklag**

Jörgen Svensson

Byggforskningen



Förhandsbestämning av stegljudsisolering vid mjuka golvbeläggningar – massivbjälklag

Jörgen Svensson

Som hjälpmedel vid val av golvbeläggning för erhållande av önskad stegljudsisolering används normalt stegljudsförbättringsdiagram $\Delta L(f)$. Framtagningen av dessa diagram är relativt tidsödande och kostsam varför stegljudsisoleringsdata ofta saknas, speciellt för nya produkter.

En enkel metod för förhandsbestämning av stegljudsisoleringen hos mjuka golvbeläggningar, baserad på en artikel av V.I. Zaborov och L.P. Tyumentseva (1965), har undersökts och jämförts med den konventionella mätmetoden.

I rapport R44:1972 anges också ett sätt att med hjälp av förhandsbestämda stegljudsförbättringsdiagram och generaliserade råbjälklagskurvor förutsäga den stegljudsnivå man ungefärligen kommer att erhålla i färdig byggnad.

Den nya metoden grundar sig på en bestämning av intryckningstiden i mattan vid stöt från en fritt fallande hammare från en standardiserad stegljudsapparat. Kraftpulsens registreras fotografiskt via accelerometer och oscilloskop, varpå mattans brytfrekvens (resonansfrekvens) bestäms ur pulslängden. Utgående från denna frekvens drages sedan en förenklad förbättringskurva ΔL .

Metoden har undersökts för 58 prover av olika mjuka mattor och jämförts med mätningar enligt konventionell metod (SIS 02 52 51). Försöken visar att brytfrekvensen kan bestämmas med en standardavvikelse på mindre än en ters, motsvarande normalt 1 à 2 dB i index för stegljudsnivå I_i . Härvid bör en något modifierad beräkningsformel användas.

Zaborov och Tyumentseva (1965) antar som första approximation följande kraft mellan hammare och golv vid intryckning:

$$P_1(t) = \begin{cases} 0 & \text{för } t < 0 \\ a_1 t(\tau - t) & \text{för } 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{för } \tau < t < T \end{cases} \quad (1)$$

där τ är kraftpulsens varaktighet, T är tiden mellan två på varandra följande studsar och a_1 är en proportionalitetskonstant. Endast den första studsens studeras, varvid förutsättes $T \gg \tau$. Detta antagande leder till ett uttryck för stegljudsförbättringen ΔL vid höga frekvenser där högfre-

kvensasymptoten utgår från resonansfrekvensen

$$f_0 = 0,465/\tau \quad (2)$$

Lutningen hos högfrekvensasymptoten, vilken används som approximation av förbättringscurvan ΔL , är 40 dB/dekad. Den väsentliga iakttagelsen göres att värdet på τ kan bestämmas på vilket tillräckligt massivt element som helst med plan yta, vilket är gjort av samma material som golvet eftersom intryckstiden är praktiskt taget oberoende av golvet dimensioner. Ekvation (2) gäller också för bjälklag med mjuka beläggningar under förutsättning att longitudinella våglängden i den elastiska beläggningen är mycket större än beläggningens tjocklek. Detta betyder att man kan använda små provbitar av golvbeläggningen som skall undersökas och göra ett prov med en enkel utrustning på kort tid.

Mätningar har gjorts på ett antal olika mattor med denna metod, där man studerar utsignalen från en accelerometer placerad på en hammare från en standardiserad stegljudsapparat. Kraftpulserna har fotograferats och resonansfrekvensen f_0 har beräknats utgående från en förbättrad approximation av kraftpulsens enligt

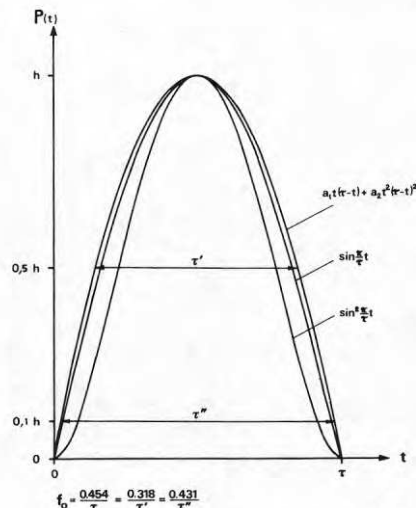


FIG. 1. Andragradsapproximation av kraftpulsens, jämförd med halvsinus- resp. \sin^2 -kurva, samt definition av mått för bestämning av pulsbredden.

Bygghorsningen Sammanfattningar

R44:1972

Nyckelord:

mjuka golvbeläggningar, massivbjälklag, stegljudsisoleringsdata, beräkningsmetoder

Rapport R44:1972 avser anslag C 660 från Statens råd för byggnadsforskning till civilingenjör Hans Elvhammar, Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg.

UDK 69.035.3
699.844
534.83
SfB A
T
ISBN 91-540-2064-6

Sammanfattning av:
Svensson, J, 1972, *Förhandsbestämning av stegljudsisolering vid mjuka golvbeläggningar – massivbjälklag*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R44:1972, 42 s., ill. 15 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:
Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: konstruktion

Zaborov, Rosin och Tyumentseva (1966) där

$$P_2(t) = a_1 t(\tau-t) + a_2 t^2(\tau-t)^2 \quad (3)$$

vilket ger

$$f_0 = 0,454/\tau$$

Pulsformen visas i FIG. 1. Resultatet har jämförts med fält- och laboratoriemätningar på samma mattor där den konventionella mätmetoden enligt SIS 02 52 51 använts, se FIG. 2.

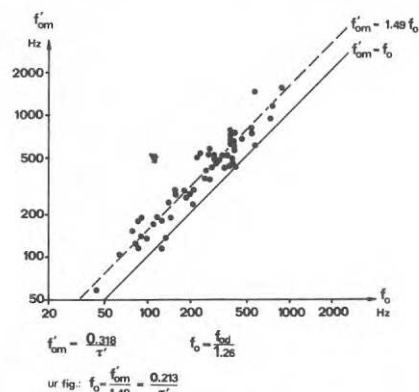


FIG. 2. Jämförelse mellan brytfrekvensen f'_{om} beräknad ur τ' mätt på 50 % av pulshöjden och motsvarande brytfrekvens f_0 erhållen ur laboratorie- eller fältmätningar på samma matta enligt konventionell metod. Bestämning av ett halvempiriskt uttryck för f_0 .

Försöken har visat att:

- Det är lättare att mäta pulsbredningen på 50 % av pulshöjden (τ') än vid basen (τ). Mätning på 10 % av pulshöjden (τ'') ger också större standardavvikelse än τ' . Se FIG. 1.
- Andradergradstermen i approximationen (3) är mycket mindre än vad som vanligen är fallet hos mjuka mattor. De olinjära egenskaperna hos de flesta mattorna orsakar ett stort innehåll av termer av andra graden eller högre, vilket gör den reella kraftpulsens smalare vid 50 % av pulshöjden än vad Zaborov antar. Korrektioner för detta har beräknats.
- Brytfrekvensen f_0 kan bestämmas för olika mjuka mattor med en standardavvikelse av mindre än en ters vid användning av sambandet

$$f_0 = \frac{0,213}{\tau'} \quad (4)$$

En metod att förutsäga ungefärligt index för stegljudsnivå utgående från förhandsbestämda stegljudsförbättringskurvor enligt relaterad metod och generaliserade stegljudsnivåer för homogena betongbjälklag anges också i rapporten.

Den stora förtjänsten hos den beskrivna mätmetoden ligger i det okomplicerade förfarandet och den mycket enkla mätapparaturen, se

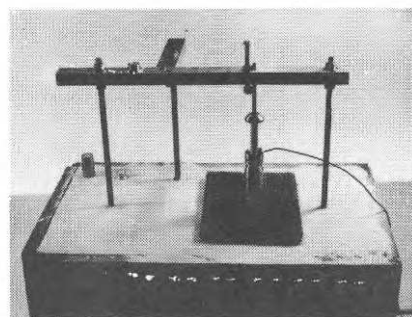


FIG. 3. Mätapparaturen.

FIG. 3. Förhållandet mellan den förenklade metoden och den konventionella mätmetoden kan jämföras med förhållandet mellan rörmetoden och rumsmetoden för absorptionsmätning. Man kan således snabbt bestämma stegljudsdata för en mjuk golvbeläggning genom en enkel mätning på en liten provbit av beläggningen.

Referenser

- Zaborov, V I & Tyumentseva, L P, 1965, *Allowance for Local Deformation in the Analysis of Impact Noise Insulation*. Soviet Physics Acoustics, Vol. 11, p. 46.
- Zaborov, V I, Rosin, G S & Tyumentseva, L P, 1966, *Reduction of Impact Noise by Flooring Materials*. Soviet Physics Acoustics, Vol. 12, p. 263.

Prediction of impact noise insulation with soft floor coverings – solid floor structures

Jörgen Svensson

Impact noise improvement diagrams $\Delta L(f)$ are normally used as an aid in choosing floor coverings which have to provide a certain degree of impact noise insulation. The preparation of these diagrams is relatively time consuming and expensive, and impact noise insulation data are therefore often not available, particularly for new products.

A simple method for the prior determination of the impact noise insulating capacity of soft floor coverings, based on an article by V I Zaborov and L P Tyumentseva (1965), has been studied and compared with the conventional method of measurement.

Report No R44:1972 also describes a method of predicting, with the aid of impact noise improvement diagrams determined in advance and generalised impact noise curves for concrete slabs, the approximate impact noise level which will be obtained in the completed building.

The new method is based on a determination of the impact time in the floor covering when it is hit by a freely falling hammer from a standardised tapping machine. The force pulse is recorded photographically by an accelerometer and an oscilloscope, and the resonance frequency of the floor covering is determined from the length of the pulse. A simplified improvement curve ΔL is then drawn on the basis of this frequency.

The method was tested on 58 samples of different soft carpets and the results were compared with those obtained using the conventional method of measurement (SIS 02 52 51). Tests showed that the resonance frequency can be determined with a standard deviation of less than a third octave which normally corresponds to 1–2 dB in the index for impact noise level I_p . A somewhat modified formula should be used for calculations here.

Zaborov and Tyumentseva (1965) assume as a first approximation the following interaction between hammer and floor at impact:

$$P_1(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } t < 0 \\ a_1 t(\tau - t) & \text{for } 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{for } \tau < t < T \end{cases} \quad (1)$$

where $P_1(t)$ is the force between hammer and floor, τ is the duration of the force pulse, T is the time between impacts and a_1 is a proportionality factor. Only the first impact is considered, where $T \gg \tau$. This assumption leads to an expression for the reduction ΔL in impact level at high fre-

quencies where the high frequency asymptote originates from the resonance frequency

$$f_o = 0.465/\tau \quad (2)$$

The slope of the high frequency asymptote, which is used as the approximation of the improvement curve ΔL , is 40 dB/decade. The important observation is made that the value of τ can be determined on any sufficiently massive element with a flat surface made of the same material as the floor since the impact time is practically independent of the dimensions of the floor. The equation (2) is also valid for the case of a slab with a soft covering, provided the longitudinal wavelength in the elastic layer is much larger than its thickness. This means that it is possible to use small samples of the floor covering to be tested and make the test with simple equipment in a short time.

A number of different carpets have been tested with this method, using the output of an accelerometer mounted on a hammer from a standard tapping machine. The force pulses have been photographed and the resonance frequency f_o has been calculated using an improved approximation of the force pulse according to Zaborov, Rosin and Tyumentseva (1966) where

$$P_2(t) = a_1 t(\tau - t) + a_2 t^2(\tau - t)^2 \quad (3)$$

giving

$$f_o = 0.454/\tau$$

The pulse is shown in FIG. 1. The results have been compared to field

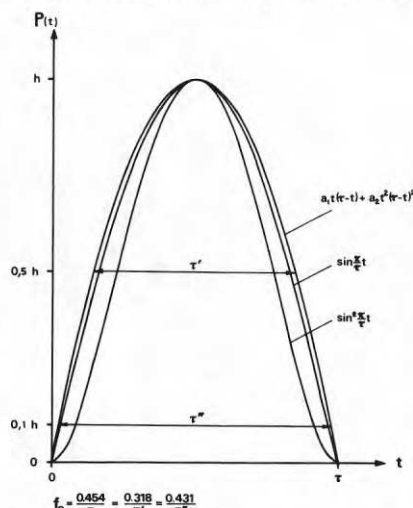


FIG. 1. Second order approximation of the forcepulse, compared to half sine and sine square pulse. Defining measures for determination of the pulse width.

National Swedish Building Research Summaries

R44:1972

Key words:

soft floor coverings, solid floor structure, data on impact noise insulation, methods of calculation

Report R44:1972 has been financed through Grant C 660 from the Swedish Council for Building Research to Hans Elvhammar of Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Gothenburg.

UDC 69.035.3
699.844
534.83
SfB A
T
ISBN 91-540-2064-6

Summary of:

Svensson, J, 1972, *Förhandsbestämning av stegljudsisolering vid mjuka golvbeläggningar – massivbjälklag*. Prediction of impact noise insulation with soft floor coverings – solid floor structures. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R44:1972, 42 p., ill. Sw. Kr. 15.

The report is in Swedish with summaries in Swedish and English.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm
Sweden

and laboratory measurements on the same carpets using the common method described in the Swedish standard SIS 02 52 51 (see FIG. 2).

These experiments have shown that:

- a) The pulse width is more easily measured at 50 % of the height of the pulse (τ') than at the base (τ).

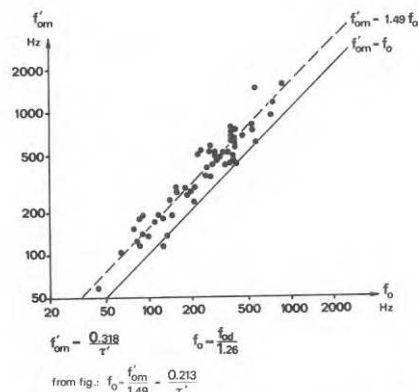


FIG. 2. Comparison between the cross-over frequency f'_{om} calculated from τ' measured at 50 % of the pulse height and the corresponding cross-over frequency f_o obtained from laboratory or field measurements on the same carpet using the common method. Determination of a half-empiric expression for f_o .

Also give measurements at 10 % of the pulse height (τ'') a larger standard deviation than τ' .

- b) The second order term in the approximation (3) is much smaller than is generally the case for soft carpets. The nonlinear properties of most carpets cause large contents of terms of second or higher order, which makes the real force pulse narrower at 50 % of the pulse height than Zaborov suggests. Corrections for this are calculated.

- c) The cross-over frequency f_o can be determined for different soft carpets with a standard deviation of less than 1/3 octave using the formula

$$f_o = \frac{0.213}{\tau'} \quad (4)$$

A method for predicting the approximate index for impact sound level using predetermined improvement curves according to the described method and generalized impact sound levels for homogeneous concrete slabs is also shown in this report.

The great advantage of the measuring method described is the uncomplicated performance and the very simple equipment (see FIG. 3). The relation between the simplified method and the common method can be com-

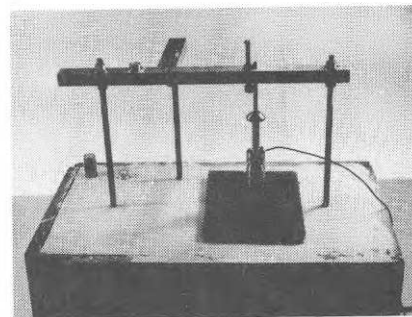


FIG. 3. The equipment used.

pared to the relation between the standing wave method and the room method for absorption measurements. Thus you can quickly determine the impact properties of a soft flooring material by a simple measurement on a small sample of the material.

References

- Zaborov, V I & Tyumentseva, L P, 1965, *Allowance for Local Deformation in the Analysis of Impact Noise Insulation*. Soviet Physics Acoustics, Vol. 11, p. 46.
 Zaborov, V I, Rosin, G S & Tyumentseva, L P, 1966, *Reduction of Impact Noise by Flooring Materials*. Soviet Physics Acoustics, Vol. 12, p. 263.

Rapport R44:1972

FÖRHANDBESTÄMNING AV STEGLJUDSISOLERING VID
MJUKA GOLVBELÄGGNINGAR - MASSIVBJÄKLÄG

PREDICTION OF IMPACT NOISE INSULATION WITH
SOFT FLOOR COVERINGS - SOLID FLOOR STRUCTURES

av Jörgen Svensson

Denna rapport avser anslag C 660 från Statens råd för byggnadsforskning till civilingenjör Hans Elvhammar, Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2064-6

Rotobekman, Stockholm 1972

FÖRORD

Föreliggande arbete, som bekostas av Statens råd för byggnadsforskning, har utförts vid Ingemanssons Ingenjörbyrå AB i Göteborg. Projektledare har därvid varit civ.ing. Hans Elvhammar, handläggare civ.ing. Jörgen Svensson.

För värdefulla bidrag till rapporten framföres ett tack till ingenjör Gunnar Widén. Ett särskilt tack riktas till ingenjör Lars Landström för hans medverkan i det praktiska arbetet.

INNEHÅLL

CAPTIONS (Figurtexter, översatta till engelska)	6
BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	8
INLEDNING	10
1 TEORETISKT UNDERLAG	11
1.1 Kraftapproximation av första graden	11
1.2 Kraftapproximation av andra graden	13
1.3 Begränsningar i den teoretiska be- handlingen	16
1.31 Olinjär fjädring	16
1.32 Förluster	16
1.4 Kraftpulsens form - bestämning av pulslängden τ	17
1.5 Bestämning av brytfrekvensen f_0	19
1.51 Bestämning av f_0 ur mätningar med förenklad metod	19
1.52 Bestämning av f_0 ur data från konventionella mätningar	21
2 MÄTAPPARATUR	23
2.1 Hammare och underlag	23
2.2 Registrering av kraftpulsens	23
2.3 Noggrannhet	26
3 MÄTOBJEKT	27
3.1 Provbitarnas form	27
3.2 Provade mattyper	27
3.3 Limning av mattorna	27
4 MÄTNINGAR	29
4.1 Primärvärden	29
4.2 Bearbetning och resultat	29
5 KOMMENTARER TILL RESULTATET	32
5.1 Avvikelser från teorin	32
5.2 Justering av ekvationerna för brytfrekvensen	32
5.3 Felkällor	33

6	APPLICERING AV METODEN	35
6.1	Förhandsbestämning av stegljuds- nivå	35
6.2	Förhandsbestämning av stegljuds- förbättring ΔL	37
7	SLUTSATSER	41
	LITTERATUR	42

CAPTIONS (Figurtexter, översatta till engelska)

- FIG. 1 First order of approximation for force pulse according to equation (1).
- FIG. 2 Improvement in impact noise insulation ΔL with second order of approximation of the force pulse $P_2(t)$ at single impact from a hammer on a lossfree resilient floor layer.
- FIG. 3 Configuration of different force pulses and definition of measures for determination of the length of the pulse.
- FIG. 4 Determination of f_o on the basis of field or laboratory measurements of ΔL .
- FIG. 5 Chart showing system of measurement.
- FIG. 6 Instruments for prior determination of the properties of impact noise insulation found in soft floor coverings.
- FIG. 7 Adjustment of drop height to 40 mm.
- FIG. 8 Position of hammer before drop on to floor covering samples.
- FIG. 9 Two-gramme accelerometer mounted on the hammer.
- FIG. 10 Force pulse from 3 mm plastic on jute-felt carpet
 0.2 ms/square yields $\tau' = 0.34$ ms
 $f'_{om} = 0.213/0.00034 = 627$ Hz
 f_o from data = 560 Hz
 $D' = 2$ dB.
- FIG. 11 Force pulse from 4.5 mm needle punched carpet
 0.5 ms/square yields $\tau' = 1.0$ ms
 $f'_{om} = 0.213/0.001 = 213$ Hz
 f_o from data = 200 Hz
 $D' = 1$ dB.

FIG. 12 Comparison of resonance frequency f''_{om} calculated using τ'' measured on 10 % of the pulse height with the corresponding resonance frequency f_o obtained from tests on the same floor covering by the conventional method either in a laboratory or in the field.

FIG. 13 Comparison of resonance frequency f'_{om} calculated using τ' measured on 50 % of the pulse height with the corresponding resonance frequency f_o obtained from tests on the same floor covering by the conventional method either in a laboratory or in the field. Determination of a semi-empirical expression for f_o .

FIG. 14 Design impact noise levels for solid concrete floor structures (taken from Report 49, 1970 from the National Board of Public Building). The curves provide a certain margin for the effect of flank transmission.

FIG. 15 Example of prediction of index for impact noise level.

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

a	acceleration $ m/s^2 $
a_1	proportionalitetskonstant för kraftpulsapproximationens förstgradsterm
a_2	proportionalitetskonstant för kraftpulsapproximationens andragradsterm
a_n	amplitudfaktor för n:te termen i serieutveckling av kraftpulsuttrycket
$a \times b$	dimensioner hos exciterad platta $ m \times m $
B	böjstyvhet per enhetsbredd för exciterad platta $ Nm $
D'	logaritmiska avvikelsern $40 \log f'_{om}/f_o$ $ dB $
D''	logaritmiska avvikelsern $40 \log f''_{om}/f_o$ $ dB $
f	frekvens $ Hz $
f_o	resonansfrekvens, brytfrekvens för ΔL
f_{od}	ur konventionella mätningar erhållen brytfrekvens för ΔL
f_{om}	ur mätning av kraftpulslängden erhållen brytfrekvens för ΔL
f'_{om}	ur mätning av kraftpulslängden på 50 % av pulshöjden erhållen brytfrekvens för ΔL
f''_{om}	ur mätning av kraftpulslängden på 10 % av pulshöjden erhållen brytfrekvens för ΔL
h	kraftpulsens höjd
I_i	index för stegljudsnivå $ dB $
ΔI_i	förbättring i index för stegljudsnivå $ dB $
L_{10}	stegljudsnivå relaterad till $10 m^2$ absorption $ dB $
ΔL	förbättring i stegljudsnivå $ dB $
M_1	hammarens massa $ kg $
M_2	exciterade plattans massa $ kg $

m_2	exciterade plattans ytvikt $ \text{kg/m}^2 $
m, n	heltalskoefficienter
P	kraft mellan hammare och underlag vid intryckning $ N $
$P_1(t)$	kraftpulsapproximation av första graden enligt Zaborov m fl $ N $
$P_2(t)$	kraftpulsapproximation av andra graden enligt Zaborov m fl $ N $
$s_{1,2}$	$= \pm i\omega_1 - \sigma$ komplex frekvens för förlustbehäftad golvbeläggning
$s_{D'}$	standardavvikelse i D' $ dB $
$s_{D''}$	standardavvikelse i D'' $ dB $
T	tid mellan på varandra följande hammarstudsar $ s $
t	tid $ s $
v	exciterade plattans vibrationshastighet $ m/s $
v_0	hammarens hastighet vid intryckningens början $ m/s $
x_0	amplitudfaktor för intryckningen
α	lokala deformationen i en elastisk kropp $ m $
β	$= \omega_{mn} \tau / 2$
η	förlustfaktor
ω_0	$= 2\pi f_0 =$ odämpad resonansfrekvens $ rad/s $
ω_1	resonansfrekvens vid inre dämpning $ rad/s $
ω_{mn}	egenfrekvenser hos exciterad platta $ rad/s $
σ	realdel i komplex frekvens
τ	total intryckningstid, kraftpulslängd vid basen $ s $
τ'	kraftpulslängd vid 50 % av pulshöjden
τ''	kraftpulslängd vid 10 % av pulshöjden

INLEDNING

Som hjälpmedel vid val av golvbeläggning för att erhålla önskad stegljudsisolering används normalt stegljudsförbättringsdiagram $\Delta L(f)$. Framtagningen av dessa diagram för nya produkter är relativt tidsödande och kostsam vare sig det sker i laboratorium eller genom fältmätningar. I en artikel av de ryska forskarna V I Zaborov och L P Tyumentseva anges en metod att genom en enkel mätning på en liten provbit av golvbeläggningsförhandsbestämma materialets stegljudsisoleringsegenskaper. Metoden lämpar sig för mjuka golvmaterial, av vilka ett antal typer i föreliggande arbete använts för jämförelse mellan denna förenklade metod och konventionella mätningar av ΔL .

Vidare anges i denna rapport ett förfarande där man med hjälp av förhandsbestämda stegljudsförbättringsdiagram och generaliserade råbjälklagskurvor kan förutsäga stegljudsnivån med rimlig precision för praktiskt bruk.

1 TEORETISKT UNDERLAG

1.1 Kraftapproximation av första graden

En förenklad metod för förhandsbestämning av stegljudsförbättringen hos mjuka golvbeläggningar anges i en artikel av V I Zaborov och L P Tyumentseva (1965). Metoden bygger på ett antagande av följande form hos kraften mellan hammaren hos en standardiserad stegljudsapparat och en homogen betongplatta vid studs:

$$P_1(t) = \begin{cases} 0 & \text{för } t < 0 \\ a_1 t(\tau - t) & \text{för } 0 \leq t \leq \tau \\ 0 & \text{för } \tau < t < T \end{cases} \quad (1)$$

där a_1 är en proportionalitetskonstant, τ kraftpulsens längd enligt FIG 1 och T perioden mellan hammarstudsarna. Endast första studsens studeras varvid antages att $\tau \ll T$.

Kraften $P_1(t)$ ansättes i lösningen av böjvågekvationen för en punktformigt exciterad, tunn, rektangulär, löst upplagd, homogen platta. Härvid begagnas en kvasistatisk analogi till Herz' förhållande mellan lokala deformationen α i en elastisk kropp och den anbringade kraften P vid sfäriskt krökt kontaktyta enligt

$$\alpha = k \cdot P^{2/3} \quad (2)$$

där k är en proportionalitetskonstant.

Plattekvationen löses och plattans naturliga frekvenser erhålles som

$$\omega_{mn} = \sqrt{\frac{B}{m_2}} \left[\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 \right] \quad (3)$$

där

B = plattans böjstyvhet per enhetsbredd $|\text{Nm}^2|$

m_2 = plattans massa per ytenhet $|\text{kg}/\text{m}^2|$

$a \cdot b$ = plattans dimensioner $|\text{m}^2|$

m, n = heltal

Sedan en förlustfaktor η introducerats genom utbyte av ω_{mn} mot $\omega_{mn}(1 + \frac{1}{2}j\eta)$ (tidsaxel: $\exp(j\omega t)$) erhålles efter förenkling av uttrycket för vibrationshastigheten v hos plattan samt medelvärdesbildning över a , b och T följande uttryck för vibrationshastighetens kvadratiska rumsmedelvärde om små variationer hos ω_{mn} antages

$$\langle v^2 \rangle = \frac{32a_1^2}{a^2 b^2 m_s^2 T \eta} \cdot \sum_m \sum_n \frac{(\sin\beta - \beta \cos\beta)^2 + (\frac{1}{2}\eta\beta^2)^2}{\omega_{mn}^7} \quad (4)$$

där

$$\beta = \frac{\omega_{mn} \tau}{2}, \quad \omega = 2\pi f$$

Reduktionen i stegljudsnivå (stegljudsförbättringen vid lokal deformation) erhålles därefter som

$$\Delta L = 10 \log \frac{\beta^6}{9 |(\sin\beta - \beta \cos\beta)^2 + (\frac{1}{2}\eta\beta^2)^2|} \quad (5)$$

För stora β går detta uttryck mot

$$\Delta L = 40 \log \frac{f}{f_0}, \quad (6)$$

där

$$f_0 = \frac{0,465}{\tau} \quad (7)$$

är den frekvens vid vilken stegljudsförbättringen inträder. Intressant i detta sammanhang är att ekvation (6) och (7) också gäller för mjuka golvbeläggningar under förutsättning att longitudinella våglängden i den elastiska beläggningen är mycket större än beläggningens tjocklek. Uttrycket (6) överensstämmer med det resultat Cremer (1948) erhåller då ett massivt bjälklag med elastisk beläggning exciteras punktformigt av en periodisk växelkraft. Denna växelkraft uppträder emeller-

tid ej i praktiken eftersom hammaren vanligen lämnar beläggnings efter intryckningen. Skillnaden yttrar sig i att Cremers uttryck för stegljudsförbättringen ΔL har en pol vid f_0 , vilket saknas i ekvation (5) emedan exciteringen sker pulsformigt.

Zaborov [1] visar också att pulstiden τ i praktiken är beroende av golvets dimensioner. Det är alltså möjligt att bestämma f_0 för en provbit av en godtycklig elastisk golvbeläggning placerad på en massiv betongklump, vars yta bör ha samma struktur som ett normalt råbjälklag. Utgående från f_0 kan man därefter dra en rät linje med lutningen 40 dB/dekad, vilken utgör approximationen av den sökta stegljudsförbättringskurvan.

1.2 Kraftapproximation av andra graden

Zaborov, Rosin och Tyumentseva (1966) har också applicerat en andragsapproximation av kraften P i formen

$$P_2(t) = \begin{cases} 0 & \text{för } t < 0 \\ a_1 t(\tau-t) + a_2 t^2(\tau-t)^2 & \text{för } 0 \leq t \leq T \\ 0 & \text{för } t \geq \tau \end{cases} \quad (8)$$

Konstanterna a_1 och a_2 har bestämts enligt en metod av B G Galerkin till

$$a_1 = \frac{11,5 M_1 v_0}{\tau^3} \quad (9)$$

$$a_2 = \frac{2,5 M_1 v_0}{\tau^5} \quad (10)$$

där

M_1 = hammarens massa

v_0 = hammarens hastighet vid $t = 0$

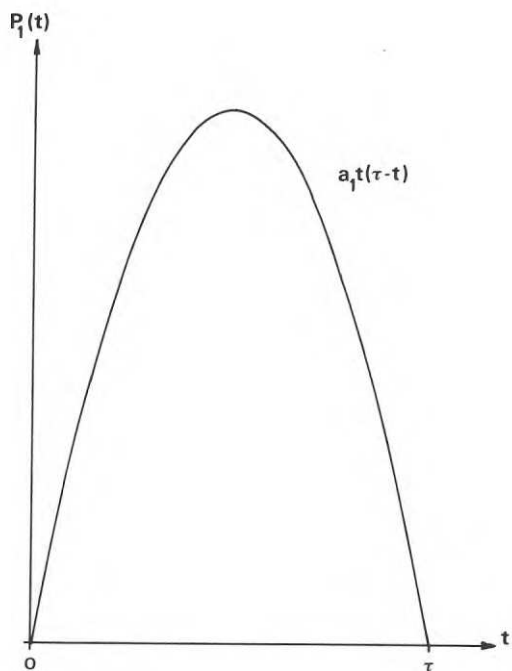


FIG 1 Förstgradsapproximation av kraftpulsen enligt ekvation (1).

ΔL
dB

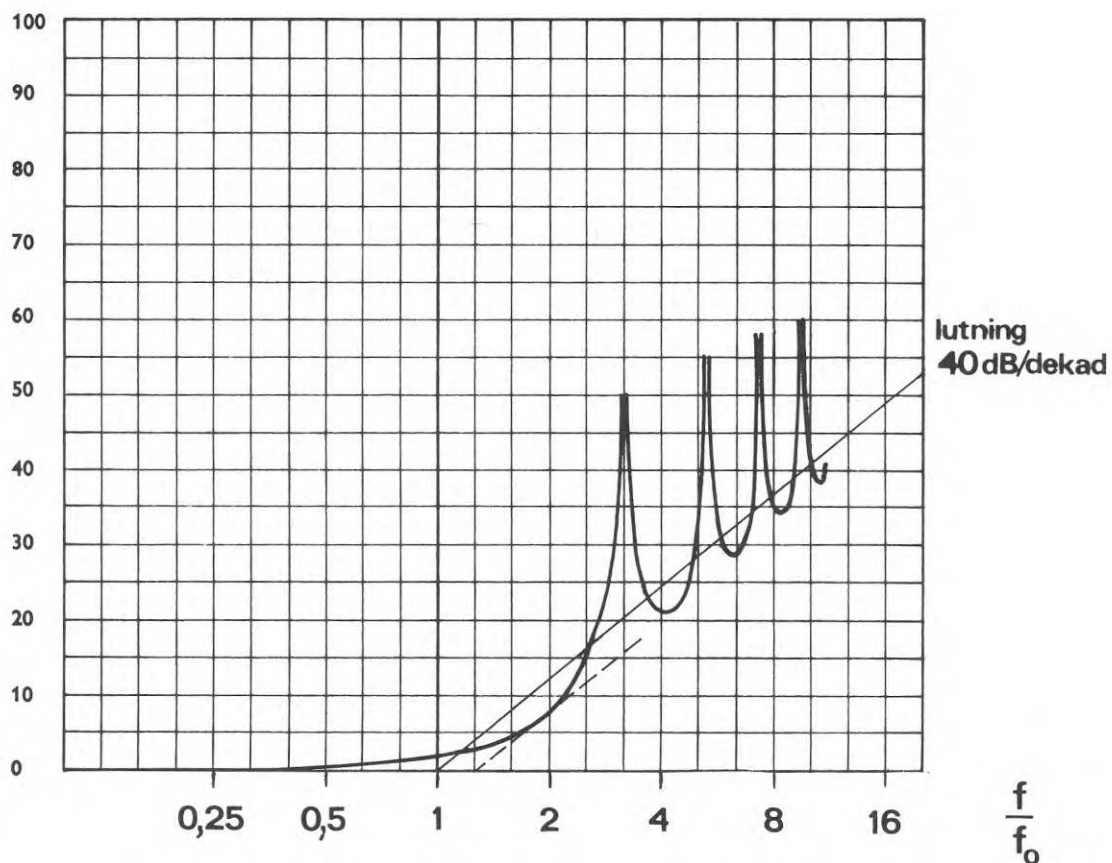


FIG 2 Stegljudsförbättringen ΔL vid andragsapproximation av kraftpulsen $P_2(t)$ för enstaka hammarstuds mot förlustfri elastisk golvbeläggning.

En endast obetydlig korrektion av utseendet hos kraft-tidkurvan i FIG 1 erhålles med de beräknade konstanterna. Vibrationshastighetens kvadratiska medelvärde erhålles nu som

$$\langle v^2 \rangle = \frac{32}{M_2^2 T \eta \omega_{mn}^7} \left\{ a_1 (\sin \beta - \beta \cos \beta) + \frac{4a_2}{\omega_{mn}^2} |3(\sin \beta - \beta \cos \beta) - \beta^2 \sin \beta| \right\}^2 \quad (11)$$

där M_2 är plattans massa. Stegljudsförbättringen orsakad av den lokala deformationen blir med insatta värden på a_1 och a_2 (se FIG 2)

$$\Delta L = \frac{16\beta^{10}}{\{11,5\beta^2(\sin \beta - \beta \cos \beta) + 2,5\{3(\sin \beta - \beta \cos \beta) - \beta^2 \sin \beta\}\}^2} \quad (12)$$

För stora β erhålles även här ekvation (6) men med

$$f_0 = \frac{0,454}{\tau} \quad (13)$$

Denna andragsapproximation ger alltså endast 2,4 % skillnad jämfört med förstagsapproximationen vid bestämningen av f_0 . Sambandet (13) har använts vid beräkningar i det följande.

I nämnda artikel [3] ges också ett exempel på en apparat för bestämning av pulslängden τ . En massa motsvarande hammaren i en standardiserad stegljudsapparat får falla mot en provbit av den undersökta golvbeläggningen, placerad på en betongplatta. Kraftpulsen från en i hammaren monterad piezoelektrisk givare studeras på oscilloskop och pulslängden τ vid första studsens avläses, varur f_0 beräknas.

1.3 Begränsningar i den teoretiska behandlingen

1.31 Olinjär fjädring

I Zaborovs beräkningar förutsättes en viss typ av lokal deformation, nämligen det i ekvation (2) angivna beroendet av $P^{2/3}$. Vid bestämningen av konstanterna i andragsgradsapproximationen av kraften $P(t)$ erhålles med denna statistiskt härledda deformationstyp en lösning där andragsgradstermen blir mycket liten relativt förstagsgradstermen.

Om sambanden (9) och (10) insättes i (8) får vi för

$$t = \frac{\tau}{2}$$

$$P_{2\max} = 2,88 \frac{M_1 v_0}{\tau} + 0,16 \frac{M_1 v_0}{\tau} \quad (14)$$

där andra termen härrör från andragsgradsuttrycket.

Lindblad (1968) visar emellertid i sin behandling av olinjär fjädring hos elastiska golvbeläggningar att kraftpulsens form kan variera väsentligt beroende på vilket material som placeras under hammaren. För flera matttyper innehåller kraftpulsen dominerande sinus-termer av andra, tredje eller fjärde graden. Detta visas genom approximation av uppmätta stegljudsförbättringskurvor med teoretiskt beräknade sådana, varvid hänsyn också tagits till energiförluster i materialet. För en given kraftpulstid ger dessa termer av högre ordning en förskjutning av brytpunkten mot högre frekvenser.

1.32 Förluster

Zaborovs uttryck (12) för stegljudsförbättringen inkluderar ej energiförluster i den elastiska golvbeläggningen. Ett hänsynstagande till dessa förluster skulle ge stegljudsförbättringskurvan i FIG 2 ett jämnare utseende utan markerade toppar, vilket är mera i överensstämmelse med praktiska mätresultat.

Dessutom erhålles en högfrekvensasymptot som ligger lägre i frekvens än vad den odämpade resonansfrekvensen anger. Lindblad [4] inför förlusterna i sin olinjära teori genom att som uttryck för kraftpulsens ansätta

$$P(t) = \sum P_n(t) = \sum \operatorname{Re} \left\{ x_0 a_n (e^{s_1 t} - e^{s_2 t})^n \right\} \quad (15)$$

där

x_0 = amplitudfaktor för intryckningen

a_n = amplitudfaktor för varje term i serieutvecklingen

$s_{1,2} = \pm i\omega_1 - \sigma$ (komplex frekvens)

Sambandet mellan realdelen σ och förlustfaktorn η ges av

$$\sigma = \omega_1 \frac{\eta}{\sqrt{1 - \eta^2/4}} \quad (16)$$

Om ω_0 anger den odämpade resonansfrekvensen erhålles för det underkritiskt dämpade systemet

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \sigma^2} \quad (17)$$

Förlusterna medför således en sänkt brytfrekvens.

En annan följd av förlusterna är att stegljudsförbättringskurvan vid frekvenser under f_0 höjes några dB (max 6 dB). Dessa effekter studeras ej närmare i detta arbete.

1.4 Kraftpulsens form - bestämning av pulslängden τ

I sin behandling av olineariteter i fjädringen hos mjuka golvbeläggningar applicerar Lindblad [4] som nämnt sinustermer av stigande gradtal. Zaborovs kraftpuls-

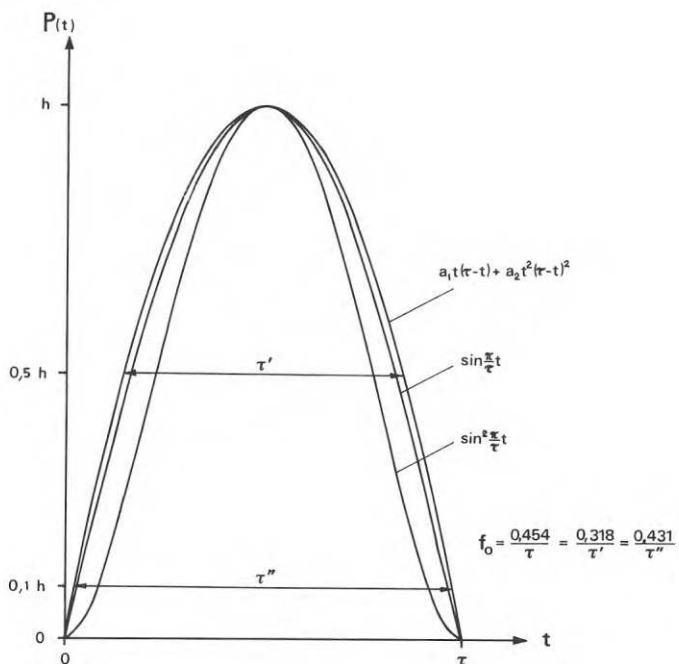


FIG 3 Utseende hos olika kraftpulsformer och definition av mått för bestämning av pulslängden.

ΔL
dB

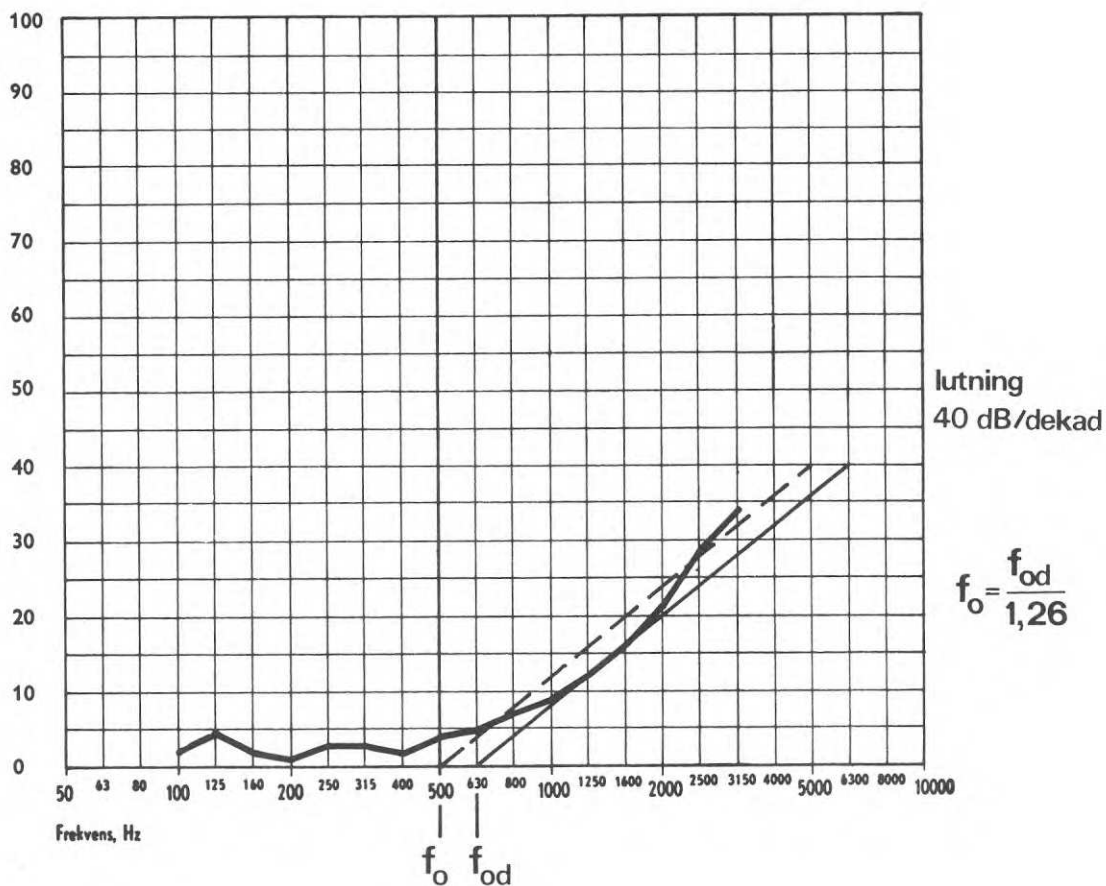


FIG 4 Bestämning av f_0 ur fält- eller laboriemätningar av ΔL .

approximation skiljer sig ej nämnvärt från en halv-sinuspuls.

För jämförelse visas i FIG 3 Zaborovs andragsapproximation av kraftpulsens tillsammans med en sinus-puls och en sinkvadratpuls av samma amplitud. I figuren har också angetts de mått på pulslängden som används i denna rapport. Det visade sig vid försöken att totala pulslängden τ oftast var svårbestämbar, varför pulslängden avlästes på halva pulshöjden (τ') alternativt på en tiondel av pulshöjden (τ''). Förhållandet mellan de olika måtten anges för varierande pulsformer i TAB 1. Pulserna har i praktiken ofta ett utseende som närmar sig sinkvadratkurvan, d v s en smalare form med avrundade flanker. Detta antyder olineariteter i fjädringen av större omfattning än i Zaborovs approximation. Avvikelserna från Zaborovs modell antas här kunna kompenseras med en justering av värdet hos konstanten i ekvation (13).

Utförda mätningar avses ge empiriska värden för denna konstant vid avläsning av τ' eller τ'' .

1.5 Bestämning av brytfrekvensen f_0

1.51 Bestämning av f_0 ur mätningar med förenklad metod

Det antas här att asymptoten $40 \log \frac{f}{f_0}$ är den approximation som är lämpligast för praktisk användning vid uppskattning av stegljudsförbättringen. Ett studium av detta problem antyds i punkt 6.1.

Som en första ansats vid utvärderingen av de uppmätta pulslängderna har här Zaborovs andragsapproximation applicerats. Med hänvisning till TAB 1, och ekvation

TAB 1 Förhållandet mellan olika pulslängdsmått

Pulsform	τ'	τ''
Enligt ekv (8) (Zaborov)	0,70 τ	0,95 τ
Sinus	0,67 τ	0,94 τ
Sin^2	0,50 τ	0,80 τ

TAB 2 Tangeringspunktens läge vid bestämning av f_{od}

Antal undersökta ΔL -kurvor	83 st
Medelvärde för tangeringspunktens läge	$\Delta L = 14,4$ dB
Standardavvikelse för tangeringspunktens läge	$\pm 3,6$ dB

(13) anges nedan de formler som använts vid beräkning av den ur mätningarna erhållna brytfrekvensen f_{om} .

För pulslängd uppmätt vid 50 % av pulshöjden

$$f_{om}' = \frac{0,454 \cdot 0,70}{\tau} = \frac{0,318}{\tau} \quad (18)$$

För pulslängd uppmätt vid 10 % av pulshöjden

$$f_{om}'' = \frac{0,454 \cdot 0,95}{\tau''} = \frac{0,431}{\tau''} \quad (19)$$

1.52 Bestämning av f_o ur data från konventionella mätningar

Med data avses tidigare utförda stegljudsförbättringsmätningar där den konventionella, i SIS 02 52 51 angivna mätmetoden för stegljudsisolering använts i fält eller på laboratorium. Härur har en frekvens f_{od} bestämts så noggrant som möjligt genom inläggning av en tangent med lutningen 40 dB/dekad enligt FIG 4. Vid inläggning av motsvarande tangent i FIG 2 fås en skärning med abskissan vid $1,26 f_o$, d v s exakt en ters över högfrekvensasymptotens brytpunkt. Med ledning av detta har för varje stegljudsförbättringskurva beräknats brytfrekvensen

$$f_o = \frac{f_{od}}{1,26} \quad (20)$$

Att detta förfarande valts beror på att det är lättare att dra tangenten än att uppskatta högfrekvensasymptotens läge. Vid studium av ett antal stegljudsförbättringsdiagram har det visat sig att kurvornas nedre del i allmänhet har en konvex form, sådan att tangeringspunkten hamnar vid c:a 14 dB (se TAB 2). Den övre delen företer däremot ett mycket skiftande utseende, som det ofta ställer sig svårt att approximera med en asymptot.

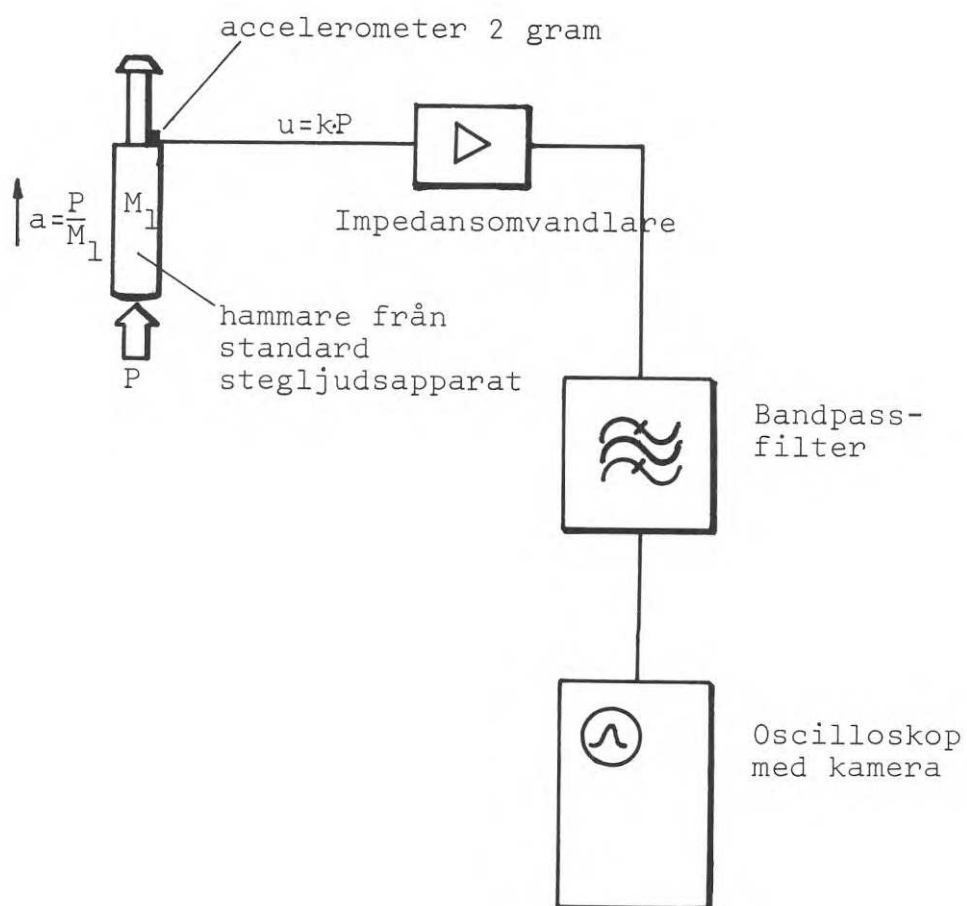


FIG 5 Blockschema för mätsystemet.

2 MÄTAPPARATUR

2.1 Hammare och underlag

Som underlag för provbitarna göts ett betongfundament med måtten 50 x 30 x 16 cm (se FIG 6). På en av de större sidorna monterades samtidigt med gjutningen ett metallstativ med en lodrät löpstång i silverstål för hammaren. Som hammare användes en 500 grams Brüel & Kjaer standardhammare för stegljudsapparat typ 3204. Denna lätts falla fritt längs löpstången, som med hjälp av vattenpass på det justerbara oket kunde ställas exakt i lod. Ett annat vattenpass begagnades för horisontering av betongfundamentet. Ytan avjämnades med betongspackel (Famorit) för att till strukturen likna ett stålslipat eller spacklat bjälklag i en byggnad. Hammarens fallhöjd justerades med en stoppklack till 40 mm för varje provbit. Detta gjordes med hammaren vilande på mattan som referensläge 0. På så sätt har inverkan av olika luddhöjd på mjuka mattor kompenseras. Hammarens lyfts därpå för hand mot stoppklacken och släpptes så att den med minsta möjliga friktion fick falla och studsas mot provbiten av den aktuella golvbeläggningen (se FIG 7 och 8).

2.2 Registrering av kraftpulsens

Ett blockschema för mätsystemet visas i FIG 5. Som avkännande element användes en 2 grams piezoelektrisk accelerometer, Brüel & Kjaer typ 4344, vilken fästes med en vertikal skruv på hammaren (se FIG 9). Kabeln tilläts röra sig fritt för att inte bromsa hammaren.

Accelerometerens utspänning är proportionell mot hammarens acceleration, vilken följer sambandet $a = P/M_1$, där P är den på hammaren verkande kraften och M_1 är hammarens massa (accelerometerens massa försumbar). Detta gäller i området under accelerometerens resonansfrekvens, vilken

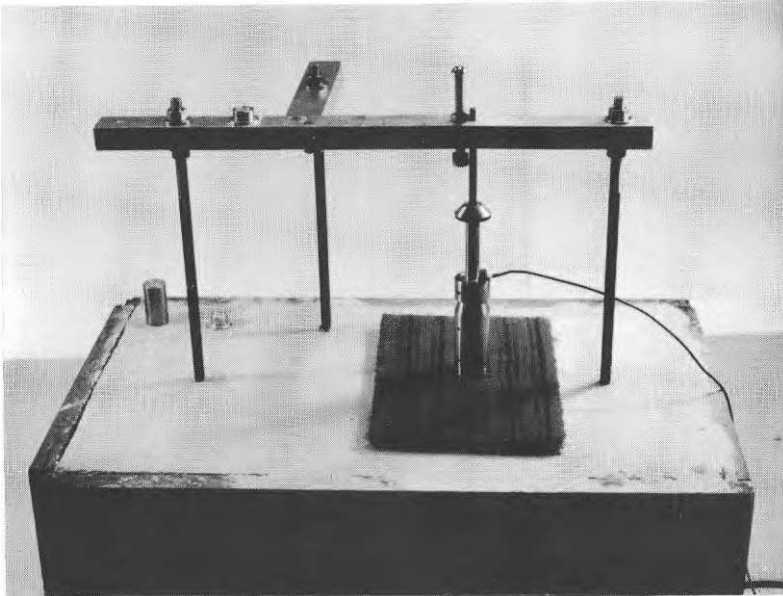


FIG 6 Mätapparat för förhandsbestämning av stegljudsisoleringsegenskaperna hos mjuka golvbeläggningar.

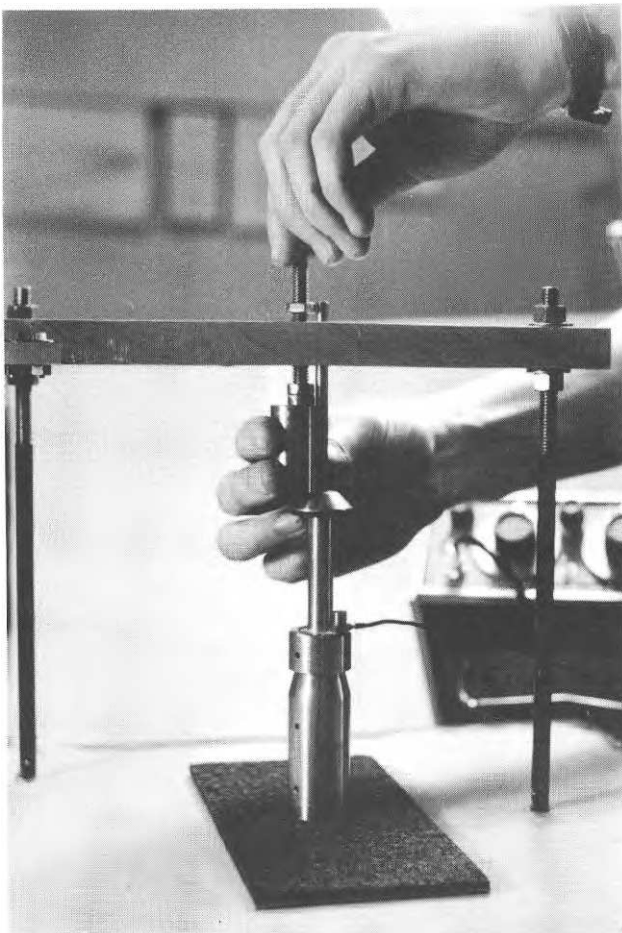


FIG 7 Justering av fallhöjden till 40 mm.

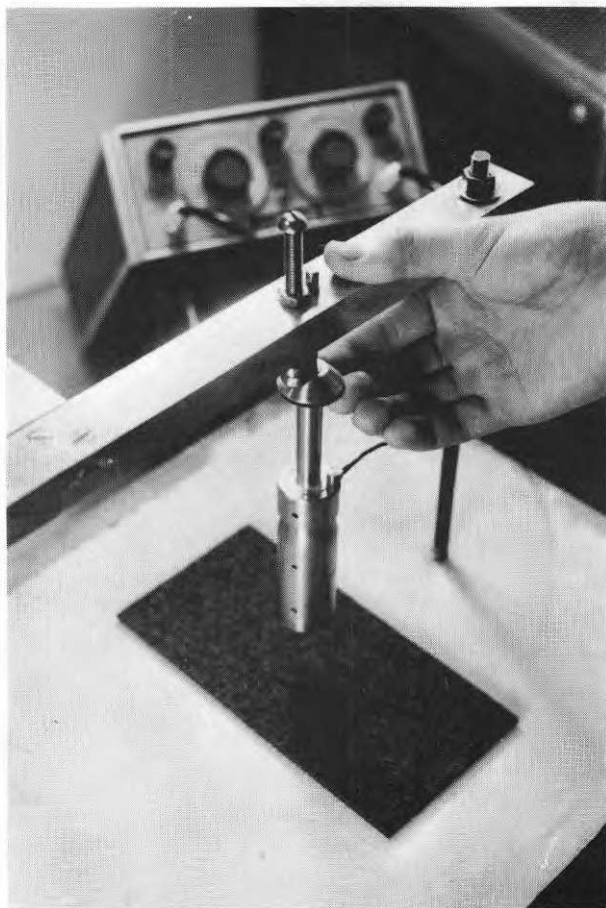


FIG 8 Hammarens utgångsläge för fall mot mattprov.

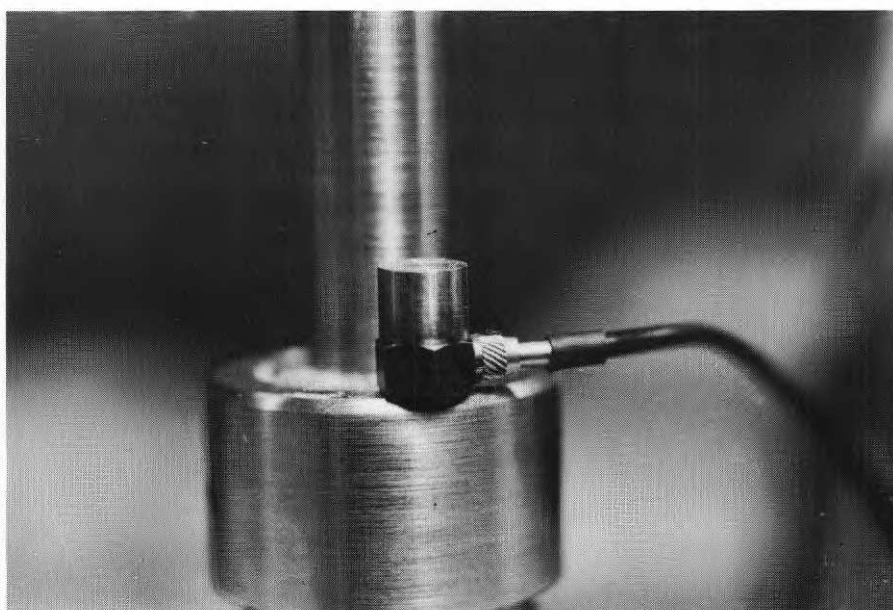


FIG 9 2 grams-accelerometer monterad på hammaren

för 4344 ligger över 30 kHz. Kraften $P(t)$ mellan provbit och hammare vid studs kunde därför studeras som en spänningspuls.

Som impedansomvandlare begagnades Brüel & Kjaer accelerometerförstärkare typ 2623 varpå signalen fick passera ett Krohn-Hite bandpassfilter. Därefter studerades kraftpulsens på ett DC-kopplat oscilloskop, med möjlighet att fotografera bilden med Polaroidkamera.

Någon amplitudkalibrering gjordes ej eftersom endast tidsskalan är intressant i detta fall.

I hammaren uppstod en längdresonans vid 29 000 Hz vilken ibland distorderade pulsen. Bandpassfiltret användes för att minska inverkan av denna.

Man kan visa att för pulslängder mellan 0,5 - 10 ms krävs ett frekvensomfång av 2 - 20 000 Hz för att pulserna skall förbli odeformerade. Detta kunde uppnås med den använda elektroniken. Zaborov, Rosin och Tyumentseva [3] använde sig av en kraftgivare i form av en piezokristall monterad mellan hammaren och dess nedersta del. Detta system ger större utspänning men kräver en specialtillverkad hammare.

Vid fotografering av pulserna öppnades slutaren manuellt samtidigt som hammaren släpptes. Slutaren stängdes så snart som möjligt efter första studs, men det kunde inte undvikas att även påföljande studsar registrerades. Dessa hade emellertid lägre amplituder samt analyserades ej.

2.3 Noggrannhet

Avläsningsnoggrannheten för pulslängden τ' vid 50 % av pulshöjden uppskattas till ± 3 %. Vid 10 % av pulshöjden blir avläsningsnoggrannheten sämre och varierar beroende på pulsformen. Därtill kommer noggrannheten hos oscilloskopets tidsaxel, i detta fall ± 1 %.

3 MÄTOBJEKT

3.1 Provbitarnas form

Som mätobjekt användes utskurna bitar av de aktuella golvbeläggningarna. Bitarnas storlek varierade från c:a 1-6 dm². En speciell mätserie företogs med provbitar i 6 olika storlekar av samma matta (plastfilt) för att undersöka huruvida pulslängden såsom teorin antyder är oberoende av provbitens storlek. Formaten varierade från A4 till A9. Ingen skillnad i pulslängderna kunde uppmätas.

3.2 Provade matttyper

De typer av golvbeläggningar som provades är noterade i tabell nr 3.

3.3 Limning av mattorna

Drygt hälften av mattorna provades fastlimmade vid betongprovytan. Samma limtyp som vid de konventionella mätningarna användes i dessa fall. Betongytan omspacklades efter varje limning. Övriga mattor lades lösa på provytan utan någon form av fasthållning.

Absolut identiska förhållanden beträffande åldring hos mattor och lim vid de båda jämförda mätmetoderna kan av praktiska skäl ej garanteras, men torktiderna har bedömts tillräckliga enligt anvisningarna och resultat från konventionella fältmätningar med brukade (åldrade) golv har sorterats bort.

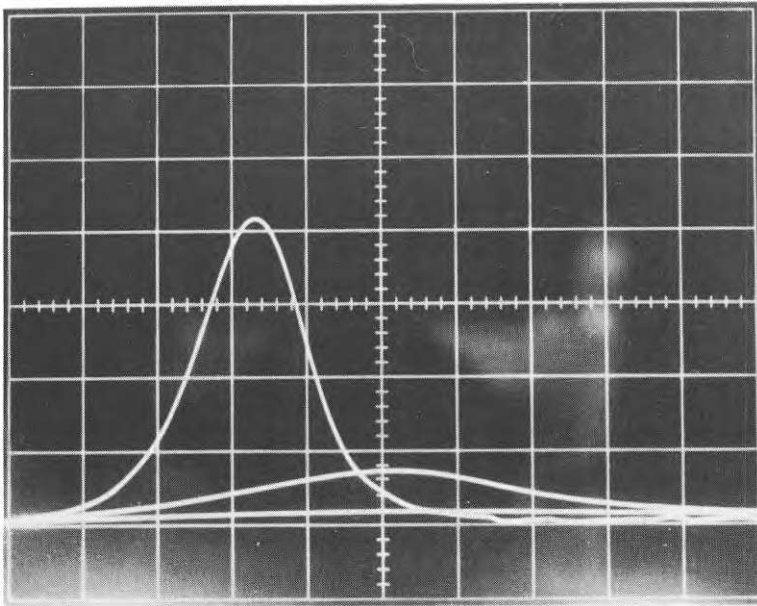


FIG 10 Kraftpuls från 3 mm plastfiltmatta
 0,2 ms/ruta ger $\tau' = 0,34$ ms
 $f'_{om} = 0,213/0,00034 = 627$ Hz
 f_{\circ} ur data = 560 Hz
 $D' = 2$ dB

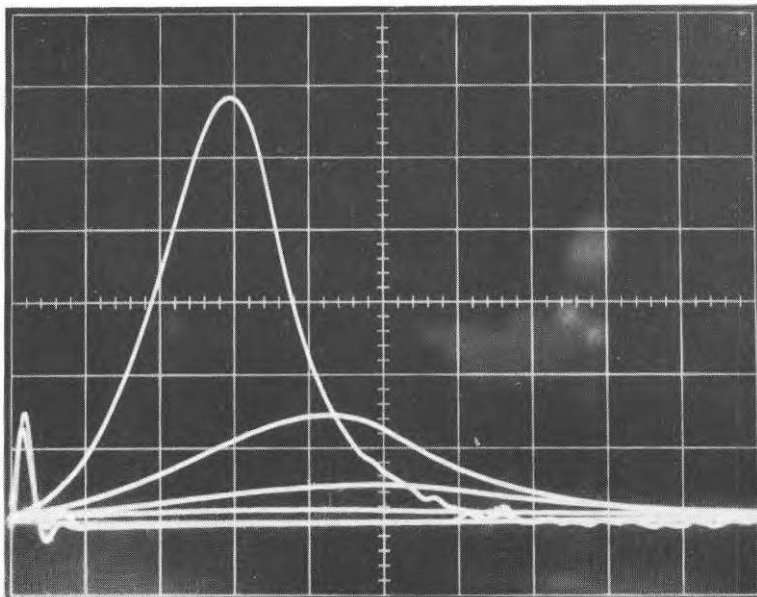


FIG 11 Kraftpuls från 4,5 mm nålfiltmatta
 0,5 ms/ruta ger $\tau' = 1,0$ ms
 $f'_{om} = 0,213/0,001 = 213$ Hz
 f_{\circ} ur data = 200 Hz
 $D' = 1$ dB

4 MÄTNINGAR

4.1 Primärvärden

Brytfrekvensen f_{om} har bestämts ur mätningar enligt den förenklade metoden på 58 olika prover av mjuka golvbeläggningar. Därvid har sambanden (18) resp (19) begagnats. Ur konventionella mätningar har motsvarande brytfrekvens framtagits enligt ekvation (20). Jämförelsen kan studeras i FIG 12 och 13. Utseendet hos kraftpulser från några olika typer av mattor visas i FIG 10 och 11.

4.2 Bearbetning och resultat

För att få en uppfattning om avvikelserna i stegljudsförbättring mellan förhandsbestämda (se FIG 2) och ur konventionella mätningar erhållna approximerade förbättringskurvor enligt punkt 1,52 införs det logaritmiska begreppet

$$D' = 40 \log \frac{f'_{om}}{f_o} \text{ |dB|} \quad \text{respektive} \quad (21)$$

$$D'' = 40 \log \frac{f''_{om}}{f_o} \text{ |dB|} \quad (22)$$

Detta medför att en sänkning av brytfrekvensen med 1/3 oktav innebär 4 dB höjning av den approximerade förbättringskurvan.

Medelvärden av och standardavvikelser i D' respektive D'' har beräknats för olika grupperingar av de undersökta mattorna. Detta kan studeras i TAB 3.

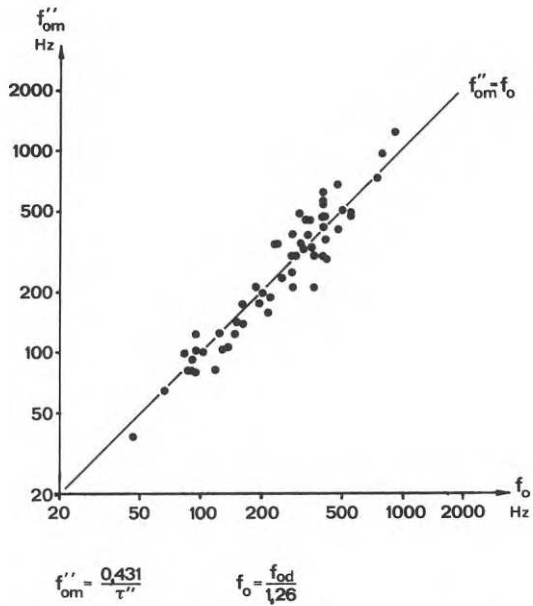
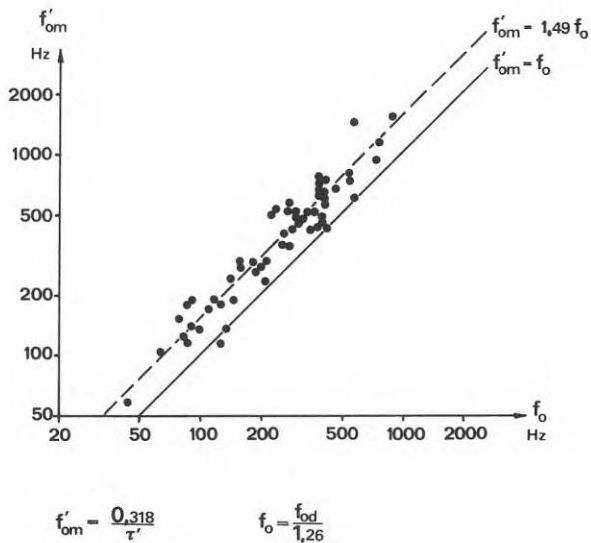


FIG 12 Jämförelse mellan brytfrekvensen f''_{om} beräknad ur τ'' mätt på 10 % av pulshöjden och motsvarande brytfrekvens f_o erhållen ur labeller fältmätningar på samma matta enligt konventionell metod.



Ur fig.: $f_o = \frac{f'_{om}}{1,49} = \frac{0,213}{\tau'}$

FIG 13 Jämförelse mellan brytfrekvensen f'_{om} beräknad ur τ' mätt på 50 % av pulshöjden och motsvarande brytfrekvens f_o erhållen ur labeller fältmätningar på samma matta enligt konventionell metod. Bestämning av ett halvempiriskt uttryck för f_o .

TAB 3 Medelvärden av och standardavvikelser i D' och D'' för olika grupperingar av undersökta mattor.

Prover	Antal	\bar{D}' dB	$s_{D'}$ dB	\bar{D}'' dB	$s_{D''}$ dB
Samtliga prover	58	6,9	3,1	-0,4	3,9
Limmade mattor	32	6,8	3,1	0,4	4,0
Olimmade mattor	26	7,1	3,0	-1,3	3,7
Plastfilt	17	6,4	3,0	-1,9	3,7
Nålfilt	8	5,4	2,4	-2,6	2,5
Öglad textil + våffla	7	7,5	2,9	-1,8	2,0
Plast + skumplast	5	7,4	1,4	4,7	2,0
Plast + kork	5	7,6	2,6	3,6	3,3
Skuren textil + våffla	3	6,3	(4,4)	-2,5	(5,0)
Nålfilt + skum- plast	3	7,8	(1,8)	-0,6	(1,6)
Nålfilt + våffla	2	6,4		-0,3	
Plast + skum + fiberduk	2	13,6		6,2	
Fibermattor	2	5,9		-1,0	
Linoleum + kork- papp	2	6,0		-1,7	
Linoleum	1	6,2		2,9	
Vinylplast + juteväv	1	6,9		4,7	

5 KOMMENTARER TILL RESULTATET

5.1 Avvikelser från teorin

I TAB 3 observeras att vid mätning av τ' på halva pulshöjden erhålles en systematisk avvikelse \bar{D}' mellan resultat från den förenklade mätmetoden och de konventionella mätningarna. Detta tycks bero på att pulserna i praktiken är smalare i denna punkt än vad Zaborov antagit, dvs de besitter ett större mått av olinearitet. Zaborov, Rosin och Tyumentseva [3] har endast mätt på förhållandevis linjära material såsom skumplast och svampgummi, där god överensstämmelse erhålles. Då τ'' mätes vid 10 % av pulshöjden blir överensstämmelsen med teorin bättre, men standardavvikelsen blir högre på grund av osäkerheten i avläsningen vid de flacka kanterna. Om man studerar standardavvikelsen för gruppen innefattande samtliga prover finner man att den ligger inom 4 dB, d v s en ters. Detta uppnås vid båda avläsningsmetoderna, dock erhålles det bästa resultatet vid avläsning på 50 % av pulshöjden. Naturligt nog märkes i allmänhet en förbättring av standardavvikelsen om de olika mattyperna studeras var för sig. Underlaget är dock för litet för att göra en uppdelning på olika typer av mattor i behandlingen av resultaten.

5.2 Justering av ekvationerna för brytfrekvensen

Om en justering av konstanterna i ekvationerna (18) och (19) göres för att kompensera för den systematiska avvikelsen om samtliga prover betraktas, bör brytfrekvensen kunna bestämmas med en noggrannhet bättre än en ters. För att erhålla $\bar{D}' = \bar{D}'' = 0$ fordras då följande ekvationer

$$f'_{om} = \frac{0,213}{\tau'} \quad (18b)$$

$$f''_{om} = \frac{0,440}{\tau''} \quad (19b)$$

5.3 Felkällor

Åldring hos mattor och lim har redan berörts; det kan tilläggas att en längre tids bearbetning av en matta med den konventionella hammarapparaten förmodligen ger vissa matttyper en hårdnad som kanske ej uppstod vid de tiotal slag provbiten utsattes för vid den förenklade testmetoden.

Olikheter i blåsbildning och anliggning mot underlaget vid olika mätobjekt kan uppstå vid båda metoderna, främst vid jämförelsevis styva mattor såsom linoleum. Det kunde märkas en viss skillnad i pulsformen om sådana mattor hölls mot underlaget med en lätt fingertryckning.

Olikheter i betongytorna spelar in främst vid högre frekvenser. En spacklad eller stålslipad yta ger ett annat spektrum än ett obehandlat råbjälklag.

	L_{10}	I_i
1. 10 cm betongbjälklag	76 dB	91 dB
2. 16 cm "	70 dB	85 dB
3. 20 cm "	67 dB	82 dB
4. 25 cm "	64 dB	79 dB
5. 30 cm "	62 dB	77 dB

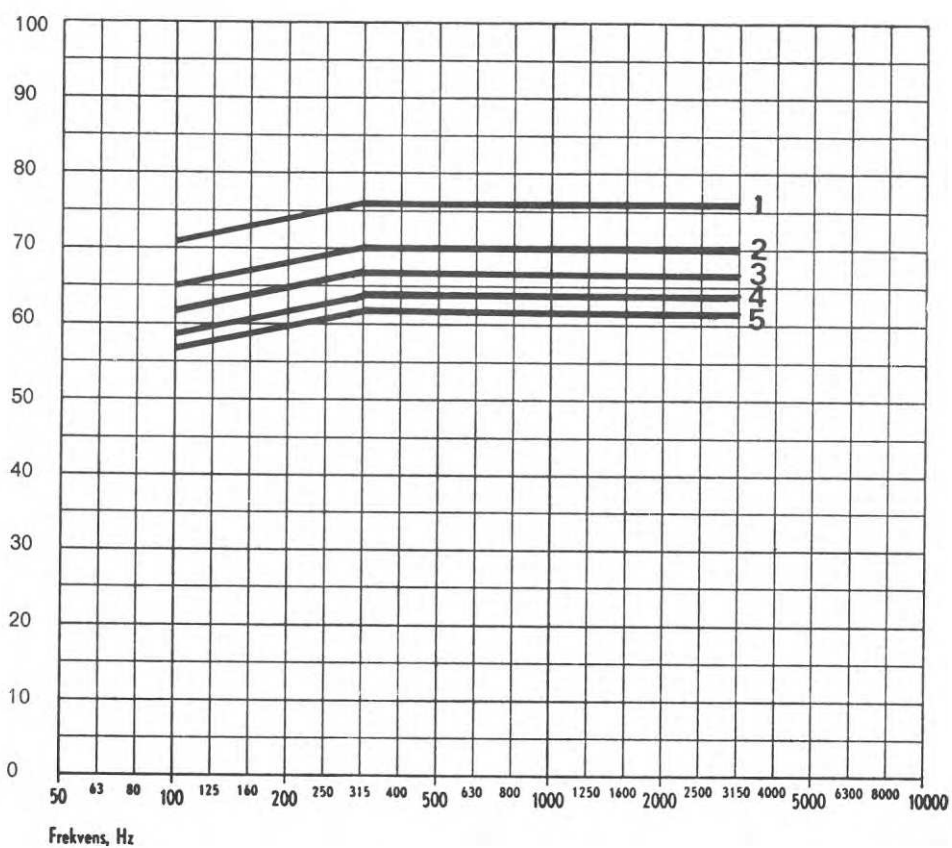


FIG 14 Dimensionerade stegljudsnivåer för massivbjälklag i betong (ur KBS rapport nr 49, 1970). Kurvorna ger en viss marginal för flanktransmissionens inverkan.

6 APPLICERING AV METODEN

6.1 Förhandsbestämning av index för stegljudsnivå

I KBS rapport nr 49 (1970), utarbetad av Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, anges dimensionerande stegljudsnivåer för massivbjälklag i betong av olika tjocklekar, se FIG 14. För 25 av de i föreliggande arbete testade mattorna har approximerande förbättringskurvor med lutningen 40 dB/dekad dragits från brytfrekvensen f'_{om} , bestämd med hjälp av sambandet

$$f'_{om} = \frac{0,213}{\tau'} \quad (18b)$$

Dessa har därefter kombinerats med tillämpliga råbjälklagskurvor ur FIG 14. Valet av bjälklagskurva har skett m h t tillgängliga jämförelseobjekt med mätningar utförda enligt konventionell metod. Därpå har I_1 beräknats.

De förhandsbestämda resp konventionellt uppmätta stegljudsnivåerna har därefter jämförts, med resultat enligt följande

$$I_{i\text{förhandsbest}} - I_{i\text{konventionellt}} = 3,6 \text{ dB (medelvärde)}$$

Standardavvikelse kring medelvärdet = 1,8 dB

Antal prov $n = 25$

Anm Här bör observeras att de använda fältmätningarna också utnyttjats för bestämning av konstanten i ekvation (18b).

Differensen i I_1 -värde utgöres till största delen av skillnaderna mellan verkliga och generaliserade råbjälklagskurvor. De generaliserade kurvorna är således lagda med viss marginal för att ge utrymme för flanktransmissionens inverkan.

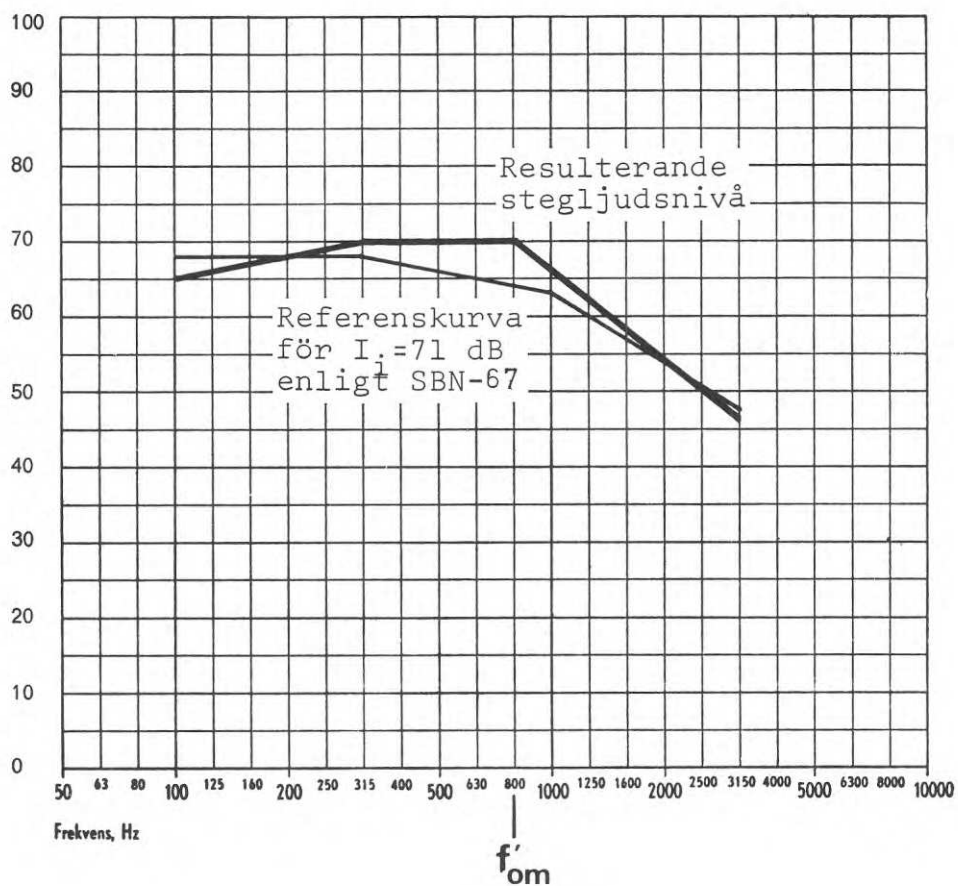
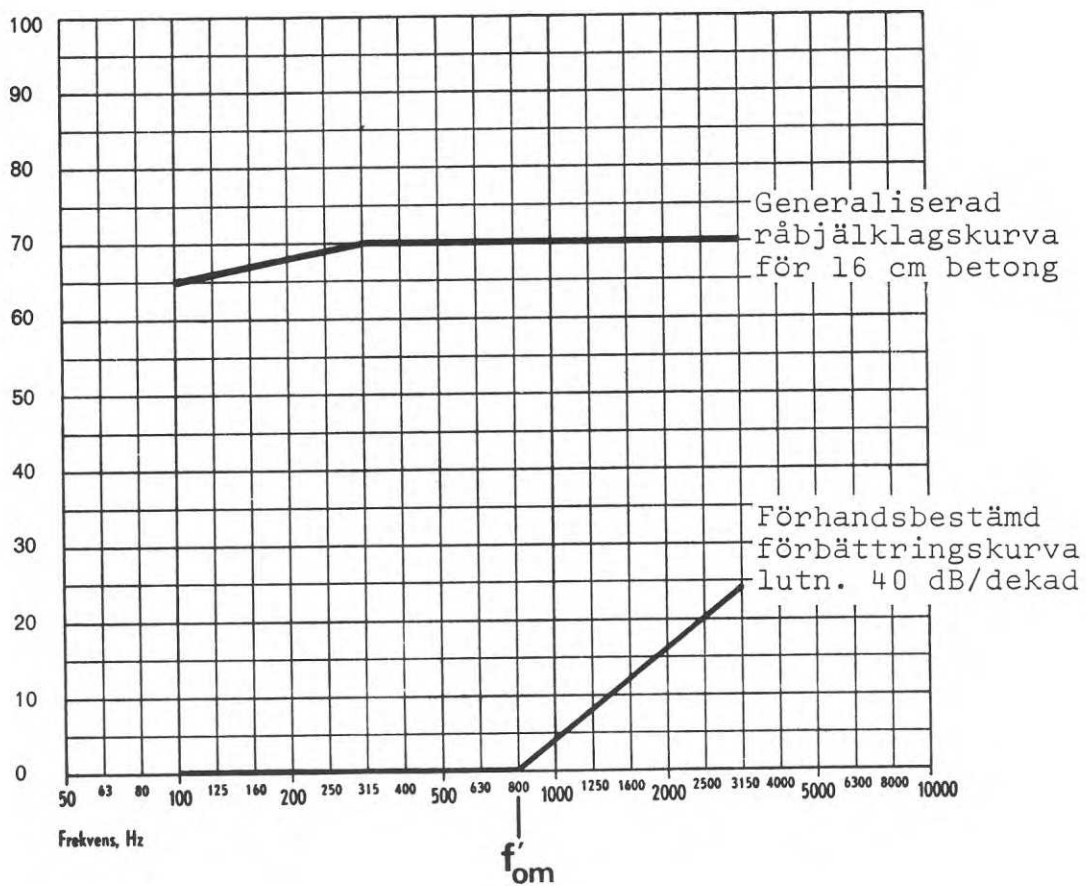


FIG 15 Exempel på förhandsbestämning av index för stegljudsnivå.

Ett exempel på förhandsbestämning av index för stegljudsnivå genom användande av formel (18b) i kombination med generaliserade stegljudskurvor ur FIG 14 visas i FIG 15. Alternativt kan TAB 4 användas.

6.2 Förhandsbestämning av stegljudsförbättring ΔL

Utgående från olika brytfrekvenser har motsvarande stegljudsförbättring vid användandet av approximativ förbättringskurva och generaliserade råbjälklagskurvor för massiv betong beräknats. I TAB 4 kan dessa värden studeras tillsammans med exempel på mjuka golvbeläggningar och deras pulslängder τ' , uppmätta på halva höjden.

TAB 4 Exempel på mjuka golvbeläggnings halvhöjds-
puls-längd, brytfrekvens och stegljudsminskande
förmåga.

τ' ms	$f_o = \frac{0,213}{\tau'}$ Hz	ΔI_i dB	Golvbeläggning	
	2500	3	1-2 mm	vinylasbest, klistrad
	1600	8	2,5 mm	linoleum, klistrad
	1250	10	2,0 mm	vinylplastmatta, klistrad + YL 400/600, klistrad
0,21	1000	12	2,0 mm	vinylplastmatta på jute- väv, klistrad
0,27	800	14	2,5 mm	linoleum, löst lagd
			4,0 mm	linoleum, klistrad
			2,0 mm	vinylplastmatta, klistrad + YK 400/600, klistrad
			3,2 mm	kork-O-plast, klistrad
0,34	630	15	2,5 mm	linoleum, klistrad + YL 400/600, klistrad
0,43	500	16	2,5 mm	plastmatta med PVC-skum, klistrad
			3,0 mm	plastfiltmatta, klistrad eller löst lagd
0,53	400	17	2,0 mm	linoleum, löst lagd + YK 400/600, löst lagd
			2,5 mm	linoleum, klistrad + YL 400/600, löst lagd
			2,0 mm	vinylasbest, klistrad + 1,0 mm kork, klistrad
			2,5 - 3,5 mm	vinylplastmatta på kork, klistrad
			3,5 mm	plastfiltmatta, klistrad

Forts. TAB 4

τ' ms	$f_o = \frac{0,213}{\tau'}$ Hz	ΔI_i dB	Golvbeläggning	
0,68	315	19	2,0 mm	linoleum, klistrad + KAL 600/500, klistrad
			3,5 mm	plastmatta med PVC-skum, klistrad
			3,5 mm	plastfiltmatta, löst lagd
			4,0 mm	plastfiltmatta, klistrad eller löst lagd
			4,0 mm	plastfiltmatta med fiberduk, klistrad
0,85	250	20	5,0 mm	plastfiltmatta med PVC-skum, löst lagd
			3,5 mm	plastmatta med PVC-skum och fiberduk, klistrad eller löst lagd
1,07	200	22	3,5 mm	nålfiltmatta, klistrad eller löst lagd
			4,5 mm	nålfiltmatta, klistrad
			5,0 - 5,5 mm	nålfiltmatta med PVC-skum, klistrad
			4,5 mm	heltäckningsmatta, nöthårsbouclé, löst lagd
1,33	160	23	4,0 - 5,0 mm	nålfiltmatta, löst lagd
			5,0 mm	nålfiltmatta, klistrad
			5,0 mm	heltäckningsmatta, öglad tuft, löst lagd
1,70	125	24	6,0 mm	nålfiltmatta med våffla, klistrad
			4,5 mm	nålfiltmatta med PVC-skum, löst lagd

Forts TAB 4

τ' ms	$f_o = \frac{0,213}{\tau'}$ Hz	ΔI_i dB	Golvbeläggning
			6,5 mm heltäckningsmatta, öglad, vävd, löst lagd
			9,0 mm heltäckningsmatta, skuren tuft, löst lagd
2,1	100	25 (31)	6,0 mm nålfiltmatta med våffla, löst lagd
			6,0 mm heltäckningsmatta, öglad tuft, löst lagd
			10 mm fibermatta med bitum, löst lagd
2,7	80	29 (35)	7,0 mm heltäckningsmatta, öglad tuft, löst lagd
			10 mm heltäckningsmatta, skuren tuft, löst lagd
			13 mm animaliskt hår med bitumen, löst lagd
3,4	63	33 (39)	7,5 mm heltäckningsmatta, öglad tuft, löst lagd
4,3	50	37 (43)	12 mm heltäckningsmatta, skuren, vävd, löst lagd

Värdena inom parentes för ΔI_i gäller om man bortser från 8 dB-regeln enligt SBN-67.

7 SLUTSATSER

Försöken visar att man med den relaterade metoden trots varierande egenskaper beträffande inre förluster, olineariteter m m hos mjuka golvbeläggningar kan bestämma en brytfrekvens (resonansfrekvens) med en standardavvikelse bättre än en ters. Denna noggrannhet motsvaras, om man från brytfrekvensen drar en rät linje med lutningen 40 dB/dekad som förhandsapproximation till den förväntade stegljudsförbättringskurvan, av 1 à 2 dB i index för stegljudsisolering I_1 . Det bästa resultatet erhålles om man avläser kraftpulsens bredd τ' på halva pulshöjden och beräknar brytfrekvensen ur formeln

$$f_0 = \frac{0,213}{\tau'} \quad |\text{Hz}| \quad (18b)$$

Det förefaller möjligt att genom närmare studier av kraftpulsens uppkomst och utseende för olika typer av mattor förfina metoden på så sätt att olika konstanter insättes i ekvationerna (18) och (19). Man kan därtill tänka sig en elektronisk apparatur för automatisk bestämning av f_0 ur kraftpulsens.

Mätmetoden är mycket lämplig för rena jämförelsemätningar mellan olika golvbeläggningar eller kombinationer av golvbeläggningar.

Metoden torde dessutom med tanke på den relativt goda noggrannheten direkt kunna användas där råbjälklagskurvan är känd. Vid användning av de generaliserade råbjälklagskurvorna erhålles emellertid ofta en onödig stor projekteringsmarginal. Ytterligare undersökningar beträffande råbjälklag och flanktransmission vid olika stomkonstruktioner är därför önskvärda innan metoden appliceras tillsammans med generaliserade råbjälklagskurvor.

LITTERATUR

Cremer, H, & Cremer, L, 1948, Theorie der Entstehung des Klopfschalls. Frequenz, Vol. 2, p 61-84.

KBS rapport nr 49, 1970, Stegljudsisolering hos isotropa bjälklag.

Lindblad, S, 1968, Impact Sound Characteristics of Resilient Floor Coverings. (Tekniska Högskolan i Lund), tekn.lic.avhandling i byggnadsakustik, Lund.

Zaborov, V I & Tyumentseva, L P, 1965, Allowance for Local Deformation in the Analysis of Impact Noise Insulation. Soviet Physics Acoustics, Vol. 11, p 46.

Zaborov, V I, Rosin, G S & Tyumentseva, L P, 1966, Reduction of Impact Noise by Flooring Materials. Soviet Physics Acoustics, Vol. 12, p 263.

R44:1972

Denna rapport hänför sig till anslag C 660 från Statens råd för byggnadsforskning till civilingenjör Hans Elvhammar, Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Grupp: konstruktion

Pris: 15 kronor