

# Stabilisering av jord

## INTRODUKTION

LabMind har under flera år utfört forskning och utveckling inom stabilisering av jord. Baserat på denna erfarenhet har nya metoder tagits fram, och ett nytt paket erbjuds nu till kunder för att öka kvaliteten och minska osäkerheterna.

För varje recept tillverkas tre identiska provkroppar som alla provas med enaxligt tryckförsök efter 28 dygns härdning. För att undersöka hållfasthetens utveckling över tid används oförstörande seismisk mätning av p-vågshastighet (resonansfrekvens) normalt vid 7, 14, 21 & 28 dygns härdning. P-vågshastigheten korreleras sedan mot provets skjuvhållfasthet vid 28 dygn från tryckförsök. Redovisat värde är tillväxtandelen av slutlig hållfasthet från tryckförsök.

Provberedning, dvs. inpackning av den stabiliserade jorden i tuber, sker manuellt med en stav för att minimera luftinnehållet. Dimension på provkropparna är normalt 41x82 mm. Provförvaring sker i kylrum (7°C), men andra lagringstemperaturer, till exempel i rumstemperatur eller ugn, erbjuds också.

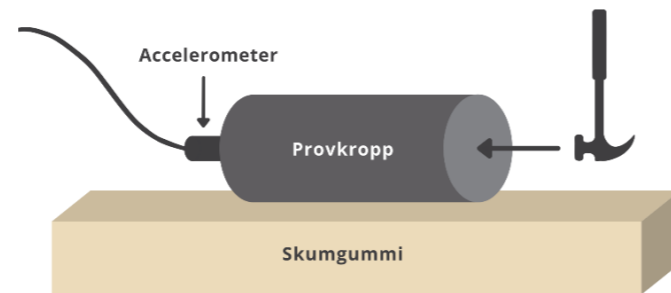
## TRYCKFÖRSÖK & KÄRNPROVER

Med vår moderna utrustning har vi möjlighet att utföra tryckförsök med hög noggrannhet för prover av olika hållfastheter. Utöver prover från laboratorieinblandning klarar vi av att trycka kärnprover från både stabiliserade jordpelare och jetinjektering. I laboratoriet har vi utrustning för att kapa och bereda kärnorna till önskad provdimension. Maximal kapacitet är 30 MPa i tryckhållfasthet för kärnor med Ø100 mm. Prover av andra mått kan också tryckas.

## OM SEISMISKA MÄTNINGAR

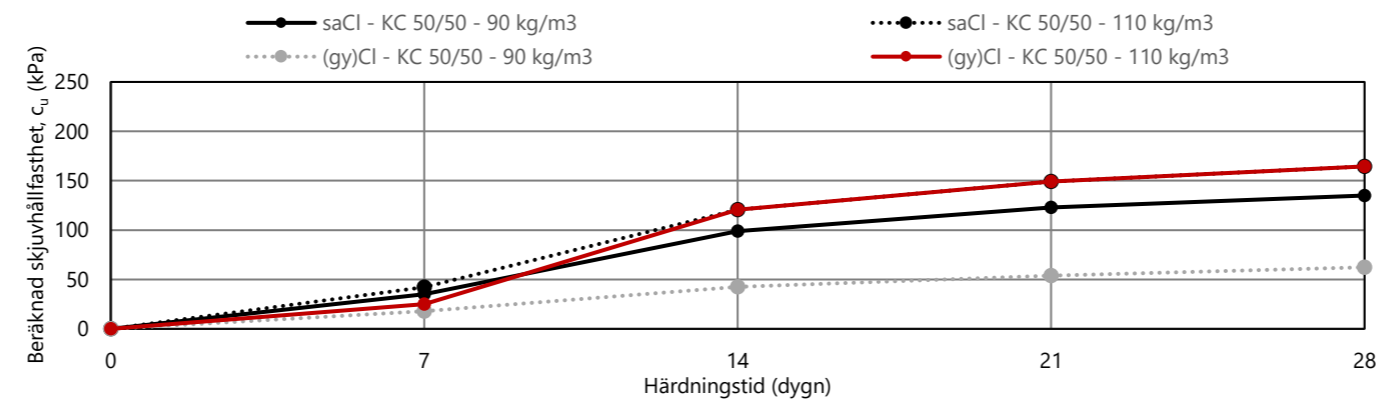
När ett material utsätts för en dynamisk last eller en stöt, bildas seismiska vågor som sprids genom materialet, bland annat så kallad primär- och sekundärvåg, förkortat p-våg och s-våg. Hastigheten av dessa vågor beror på materialets egenskaper, och det har visat sig att dessa kan korreleras med materialets hållfasthet.

Vi erbjuder två typer av seismiska mätningar, resonansfrekvens- och böjelementmätning. Båda metoderna kan mäta p- och s-vågor.



Ovan: Illustration av resonansfrekvensmätning. I mitten: Exempelresultat för tre provkroppar från samma inblandning. Nederst: Exempelresultat från fyra olika inblandningsrecept.

Provkropp			P-vågsmätning				Enaxligt tryckförsök			
Prov nr.	ρ t/m <sup>3</sup>	W <sub>stab</sub> %	Tillväxt av hållfasthet (% av 28 dygn)				Dygn	c <sub>u</sub> kPa	E <sub>50</sub> kPa	Typ av brott
			7 dygn	14 dygn	21 dygn	28 dygn				
1	1,83	34	26%	74%	93%	100%	28	138	17 000	A
2	1,84	33	29%	74%	92%	100%	28	130	14 000	A
3	1,85	33	25%	72%	91%	100%	28	128	13 000	A



## RESONANSFREKVENSMÄTNING

Resonansfrekvensmätning utförs på ett prov som ligger fritt på skumgummi. En våg alstras genom ett lätt slag på ena sidan som sedan studsar mellan de fria sidorna med det stabiliserade jordmaterialets egenfrekvens. En accelerometer fäst på andra sidan av provet registrerar denna frekvens, och våghastigheten kan därefter beräknas. Beroende på hur vågen alstras kan både p- och s-våg mätas.

För varje enskilt prov jämförs skjuvhållfastheten från enaxligt tryckförsök och p-vågshastigheten efter 28 dygns härdning, och faktorn *a* i ekvationen nedan bestäms. Denna används därefter för att beräkna skjuvhållfasthetens tillväxt över tid.

$$c_u = a \cdot v_p^2$$

## BÖJELEMENTMÄTNING

Mätning med böjelement (bender elements) baseras på att två piezoelektriska element monteras i provet på varsin sida. Elementen kan genom elektriska signaler böjas för att alstra en seismisk våg. Beroende på hur elementen deformeras alstras p- eller s-våg. Metoden kan användas såväl fristående som tillsammans med triaxialförsök med olika spänningar.

## PUBLIKATIONER FRÅN LABMIND

Hov, S., Kitazume, M., Gaharia, D., Borgström, K., Forsberg, T. (2023) Investigating strength development over time of industrial by-products using the resonance column free-free technique. Transportation Geotechnics 42(101090) <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101090>

Hov, S. & Larsson, S. (2023) Strength and Stiffness Properties of Laboratory-Improved Soft Swedish Clays. International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering 9:11 <https://doi.org/10.1007/s40891-023-00432-3>

Under 2024 och 2025 utför LabMind två forskningsprojekt inom BIG om stabiliserad jord (A2024-09 & D2024-03)

## STANDARDS & STYRANDE DOKUMENT

### Enaxliga tryckförsök

SIS-CEN ISO/TS 17892-7:2017.  
Töjningshastighet 1,5 %/min.

### Tryckprovning av hårdnad betong

SS-EN 12390-3:2019  
Belastningshastighet 0,6 MPa/s

### Vattenkvot

SIS-CEN ISO/TS 17892-1:2014.

### Skrymdensitet

SIS-CEN ISO/TS 17892-2:2014.

### Resonansfrekvensmätning

SGF Rapport 2:2021

### Böjelementmätning

ASTM D8295-19 (i tillämpliga delar)

För teckenförklaring se [www.labmind.se/metoder](http://www.labmind.se/metoder).