

Laboratoriepackning

Samma jord kan packas tätare eller mindre tät, bland annat beroende på hur mycket vatten den innehåller. Genom laboratoriepackning bestämmer vi vilken vattenmängd som ger den tätaste, mest stabila packningen. När jorden sedan används för att bygga med, kan den torkas eller vattnas för att få rätt vattenmängd.

Resultat av laboratoriepackning

Optimal vattenkvot och högsta torrdensitet vid en bestämd packningsgrad. Utökad mätosäkerhet för torrdensitet är $\pm 0,1 \%$.

Laboratoriepackning i korthet

Vi skattar vilken vattenkvot som är den optimala för jorden, och mäter vattenkvoten i jordprovet. Sedan tillverkar vi prov på några kilo med fem olika vattenkvoter. Ibland behövs extra vatten, ibland ska provet torkas.

De fem prover packas i var sin cylinder. Vi packar de fem cylindrarna med den utrusning som motsvarar packningen vid användningen (tung laboratoriestamp, lätt laboratoriestamp, laborievibrator eller påfyllningsträtt (lös packning)). Skillnaden i fukthalt gör att det går olika mycket jord för att fylla cylindern.

Vi skrapar ut hela provet ur cylindern och väger det. Sedan torkar vi hela provet och vägar igen. Detta ger oss både vikten av det som var i cylindern och vattenkvoten. Vi vet volymen för en fylld cylinder sedan tidigare. Vi gör ett diagram med vattenkvot mot torrdensitet. Vi drar en kurva genom de fem punkterna och bestämmer optimal torrdensitet och vattenkvoten som hör till.

Tabell 1 Symboler och antagna värden för laboratoriepackning

Symbol	Betydelse	Värde	Enhet	Formler	Känslighetsfaktor c_i
ρ_d	provets torrdensitet	1,64	g/cm ³	$\rho_d = \frac{m_e - m_{skål}}{V}$	
m_e	vikt av torkat prov + skål	2172,9	g	$\frac{\partial}{\partial m_e} \rho_d = \frac{1}{V}$	0,001008
$m_{skål}$	vikt skål	544,2	g	$\frac{\partial}{\partial m_{skål}} \rho_d = \frac{-1}{V}$	-0,001008
V	cylinderns volym	992	cm ³	$\frac{\partial}{\partial V} \rho_d = \frac{m_e - m_{skål}}{V^2}$	0,000828



Mätosäkerhet vid laboratoriepackning

Viss mätosäkerhet kommer från vågen. Den är inräknad, se nedan. Det största bidraget till mätosäkerheten kommer från vår bestämning av volymen på cylindern (Tabell 2). Vi mäter cylinderns volym regelbundet, och det är resultatet från de mätningarna som vi har använd för att beräkna mätosäkerheten.

Kraften i packningen kan variera litet. Vi packar cylindrarna maskinellt, så att packningen inte beror på laboranten. Varje jords egenskaper avgör hur jorden reagerar på variationer i packning, och vi kan inte generalisera packningens variation till en allmän mätosäkerhetssiffra. Vi kontrollerar packningsutrustningen minst en gång per år så att vi vet att packningen sker inom standardens gränser.

Vi har märkt att grusiga /sandiga prover orsakar osäkerhet när vi mäter volymen på provet. Efter packning stryker vi ovansidan av cylindern för att få en slät yta. Stora korn lämnar håligheter efter sig, som vi fyller med finare material från samma prov.

Vi torkar hela provet, och använder vikten på det torkade provet för att räkna ut torrdensiteten. Det ger oss färre vägningar och därmed bättre mätsäkerhet. Samtidigt riskerar vi att underskatta provets vikt något, om prov hänger kvar i cylindern.

Vi redovisar mätosäkerheten för torrdensitet i ett av de fem mätningarna. Den optimala torrdensiteten kommer från polynomfunktionen som anpassas till de fem mätpunkterna (Lindh 2004). Viss osäkerhet finns i polynomfunktionen. Å andra sidan minskar osäkerheten av att vi använder fem mätpunkter för samma jord.

Egenskaper kan variera mycket inom samma jord. Själva provningen har låg mätosäkerhet, men kan inte visa hur egenskapen varierar i naturen.

Beräkning av mätosäkerhet

Vågen har onoggrannhet $\pm 0,2$ g och avläsbarhet $\pm 0,1$ g

Cylinderns volym har kontrollerats med skjutmått 2016, 2013, 2010, 2007, 2004 och 2001. Medelvärde av cylindervolymen 2001–2016 var $992,4 \text{ cm}^3$ och standardavvikelsen var $0,5 \text{ cm}^3$.

Tabell 2 Beräkning av mätosäkerhet vid laboratoriepackning

Osäkerhetskälla	X_i	x_i	$\pm \delta x_i$	Typ		$u(x_i)$	c_i	$u_i(y)$	Andel
Våg, onog-grannhet i g	m_e	2172,9	0,2	B t	0,408	0,0816	1,01E-3	8,22E-5	1%
Våg, avläsbarhet i g	m_e	2172,9	0,1	B r	0,577	0,0577	1,01E-3	5,81E-5	0%
Våg, onog-grannhet i g	$m_{skäl}$	544,2	0,2	B t	0,408	0,0816	-1,01E-3	-8,22E-5	1%
Våg, avläsbarhet i g	$m_{skäl}$	544,2	0,1	B r	0,577	0,0577	-1,01E-3	-5,81E-5	0%
Volym på cylindern	V	992,4	0,5	A n	1	0,5004	0,001654	0,000828	97%

Standardmätosäkerhet för torrdensitet är $0,0008 \text{ g/cm}^3$ för detta prov. Utökad mätosäkerhet vid konfidensintervall 95 % ($k=2$) är $0,002 \text{ g/cm}^3$, eller 0,1%.

Referenser

Ezziyani, S., Toomväli, C., Holmén, M., Bendz, D., & Burman, F. (2015). *Mätosäkerhet SGI:s laboratorium*. Statens geotekniska institut Dnr 1.1-1401.0030.

Lindh, P. (2004). *Compaction- and strength properties of stabilised and unstabilised fine-grained tills*. Doktorsavhandling Lunds universitet. SGI rapport 66. ISBN 91-973723-5-8. <http://www.swedgeo.se/>

SGI (2017) *Kvalitetshandbok laboratorium, J18: Proctorpackning kontroll*

Stråberg, U. (2017). *Kalibreringsbevis nr. 1432-17198 U. OptiCal*.