

**Intern rapport  
nr. 1436**

**Stålrør som skredoverbygg  
Innlegg på kurs i sikring av veger  
mot snøskred mars 1990**

**Mai 1990**

**Veglaboratoriet**



VEGLABORATORIET

## rapportsammendrag

X	Intern rapport
	Laboratorierapport
	Oppdragsrapport

111	A	Rapportstatus*) N	Seksjon/fylke Geotek.	Prosjekt P-338	Gruppe: C	nr. 1436
-----	---	----------------------	--------------------------	-------------------	--------------	----------

1 2 3 4 5 21 31 41 51 61 71

TITTEL	212	A	Stålrør som skredoverbygg Innlegg på kurs i sikring av vegger mot snøskred, mars 1990			
--------	-----	---	---	--	--	--

SAKS- BEHANDLER	221	A	Navn Jan Vaslestad	Institusjon Veglaboratoriet
		B		
		C		

RAPPORT DATA	421	A	Rapporttype**) K	Dato Mai 1990	Erstatter rapport nr:		
		B	Totalt sidetall 15	Språk Norsk			
		C	Antall fotos	Ant. figurer	Ant. tabeller	Ant. litt.henv.	
		D	Sammendrag i andre språk Engelsk			UTM ref.	

SAMMENDRAG	511	A	<p>Korrugerte stålrør har fått økende anvendelse som skredoverbygg de senere år.</p> <p>Byggetiden er kort, og løsningen er kostnadmessig gunstig i forhold til plasstøpte betongoverbygg.</p> <p>Der hvor terrenget ligger til rette for det, har det på flere prosjekter vært en kostnadsbesparelse på omkring kr. 20 000,- pr. lm.</p> <p>Nøkkeltall og kostnader for 5 skredoverbygg med total lengde 990 m er oppsummert. Total kostnadsbesparelse er i størrelsesorden 19,8 mill. kr.</p> <p>En metode for dimensjonering er gjennomgått, og viktige punkter ved utførelse og kvalitetskontroll er oppsummert.</p>			
------------	-----	---	--	--	--	--

FAG- OMR.	611	A	Geoteknikk	IRR D kode 42
		B	Fundamentering	53.1
		C		

NØKKELOD	621	A	Kulvert	3960
		B	Stål	4542
		C	Jordtrykk	5726
		D	Økonomi	0765
		E		
		F		
		G		
		H		

\*) N = ny  
O = oppdatert

\*\*) FoU = forskning og utvikling  
F = forskrifter/normaler

K = konferansebidrag  
A = artikkel

O = oppdrags

## SUMMARY IN ENGLISH

Long-span flexible steel culverts are increasingly being used for snow avalanche protection in Norway.

Construction can be very fast, and the structures have technical and economical advantages compared to conventional concrete structures.

Construction data and total costs for 5 structures with a total length of 990 m are summarized.

The total cost saving for these structures are in the order of 19,8 mill. NOK (3,0 mill. US \$).

A method for design are summarized, and some main points regarding construction procedures and control are pointed out.

## INNHold

1. INNLEDNING
2. ERFARINGER FRA FYLKENE
3. DIMENSJONERING
4. FULL-SKALA FORSØK
5. UTFØRELSE

VEDLEGG 1: "SUPER-SPENN KONSTRUKSJONER. TEORETISK GRUNNLAG OG PRAKTISK UTFØRELSE". INTERN RAPPORT NR. 1259 FRA VEGLABORATORIET



KURS I SIKRING AV VEGER MOT SNØSKRED  
HOTELL SAGAFJORD, SÆBØ  
27. - 29. MARS 1990

STALRØR SOM SKREDOVERBYGG

Jan Vaslestad  
Veglaboratoriet

## 1. INNLEDNING

Korrugerte stålrør har fått økende anvendelse som skredoverbygg de senere år.

Løsningen kan være et gunstig økonomisk og teknisk alternativ til et betongoverbygg hvor terrenget ligger til rette for det. Betongoverbyggene har vist seg å være kostnadskrevende, og Veglaboratoriet har i samarbeid med fylkene funnet en rimeligere løsning.

Erfaringene så langt med fleksible stålrør som skredoverbygg er meget gode, og den korte byggetiden gjør at det er mulig å bygge relativt lange overbygg i løpet av en kort sommer.

## 2. ERFARINGER FRA FYLKENE

Det første skredoverbygget av stålrør ble bygd i Veitstrand i Sogn og Fjordane i 1983 [1].

I 1987 og -88 ble det bygd 3 større skredoverbygg. Data for disse overbyggene er vist i tabell 1.

For alle disse 3 overbyggene foreligger det nyttige erfaringsrapporter utarbeidet av de respektive fylker, [2] - [4].

Skredoverbyggene i tabell 1 har en diameter fra 6,07 til 6,47 m og ståltykkelse 5,5 til 5,8 mm. Alle rørene har sirkulært tverrsnitt bortsett ifra Fjordgård hvor det ble brukt et flatbunnet rør med bredde 6,47 m og høyde 5,85 m.

Alle rørene har korrugering 200 x 55 mm og er belagt med sink for korrosjonsbeskyttelse.

Tabell 1 viser også kostnadene for de ulike prosjektene. Kostnadene inkluderer masseflytting og omfylling og varierer fra ca. kr. 20000,- til kr. 32000,- for prosjektene som ble bygget i 1987 og -88.

I Oppland ble det i 1988 bygget et flatbunnet stålrør med bredde 9,32 m, høyde 6,45 m og lengde 190 m. Ståltykkelsen var 7 mm. Dette ligner på et skredoverbygg fordi det ligger i skrånende terreng under en alpinløype. Kostnaden for dette røret med større tverrsnitt var kr. 45000,- pr. 1m.

Erfaring fra bygging og kvalitetskontroll av dette prosjektet er oppsummert i [5].

Byggetiden er kort for disse fleksible rørene, og det 170 m lange røret på Fjordgård i Troms ble montert på 18 dager. Omfylling tar noe lenger tid, men total byggetid blir likevel kort i forhold til en plasstøpt betongkonstruksjon.

TABELL 1 NØKKELTALL FOR FLEKSIBLE STALRØRSPROSJEKTER

Sted	Byggeår	Lengde [m]	Diameter [m]	Ståltykkelse [mm]	Kostnad inkl. omfylling [kr/m]
Veitastrand Sogn og Fjordane	1983	170	6,07	5,5	17000,-
Longneset Møre og Romsdal	1987	150	6,09	5,5	31600,-
Olden Sogn og Fjordane	1988	310	6,30	5,5	20380,-
Fjordgård Troms	1988	170	6,47	5,8	26970,-
Hafjell Oppland	1988	190	9,32	7,0	44740,-

### 3. DIMENSJONERING

Det finnes flere dimensjoneringsmetoder for fleksible stålrør. Leverandørene av stålrør har sine ulike metoder.

Den såkalte Ring - Compression teorien har vært mest brukt til dimensjonering av stålrør.

Grunnlaget for denne teorien er gjengitt i Vedlegg 1, Intern rapport nr. 1259 fra Veglaboratoriet. Fullskalaforsøk med måling av opptredende spenninger i stålrøret, jordtrykk og deformasjoner, har gitt grunnlag fore å evaluere de ulike dimensjoneringsmetodene [6].

Under tilbakefylling (i konstruksjonfasen) vil det oppstå momenter i røret, og tverrsnittet må ha stor nok momentkapasitet. Sikkerheten mot dannelse av flyteledd ved kombinert moment og aksialkraft kan kontrolleres ved bruk av Duncan's metode [7].

For rør med tilstrekkelig overdekning,  $H > 0,25 D$ , kan momenter i bruksfasen neglisjeres og aksialkraften i røret er dimensjonerende. Kravet til overdekning for stålrør som skredoverbygg er minimum 2,5 m og momenter kan neglisjeres i bruksfasen for rør med diameter mindre enn 10 m.

I [6] er det utviklet en beregningsmetode for å finne aksialkraften pga. jordlast.

Aksialkraften  $P$  består av halve tyngden av massene av jordsøylen over røret, i tillegg til en nedadrettet skjærkraft  $T$ , som vist på figur 1.

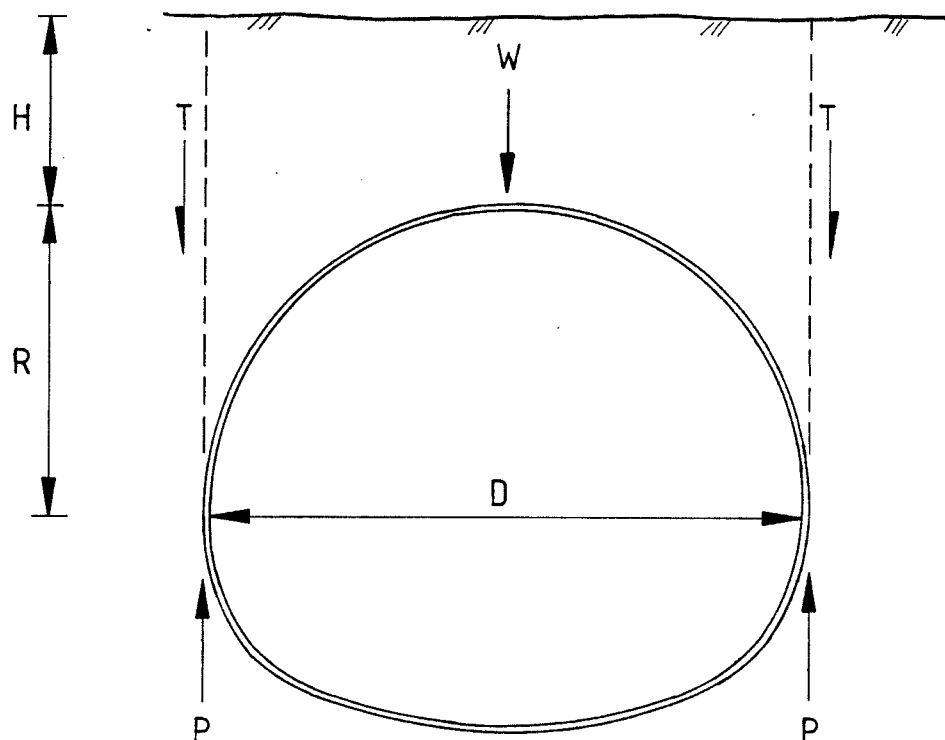


Fig. 1. Aksialkraft i fleksibelt stålrør fra jordlast



Aksialkraften  $P$  kan finnes av uttrykket:

$$P = 1/2\gamma [D(H+0,2R) + S_{vn}(H+R)^2] \text{ [kN/m]}$$

der  $\gamma$  = tyngdetetthet av masser over røret [kN/m<sup>3</sup>]

$S_{vn}$  = friksjonstall

Friksjonstallet  $S_{vn}$  er en funksjon av mobilisert friksjonsvinkel  $\tan\rho$  og ruheten  $r$ , og kan finnes fra fig. 2.

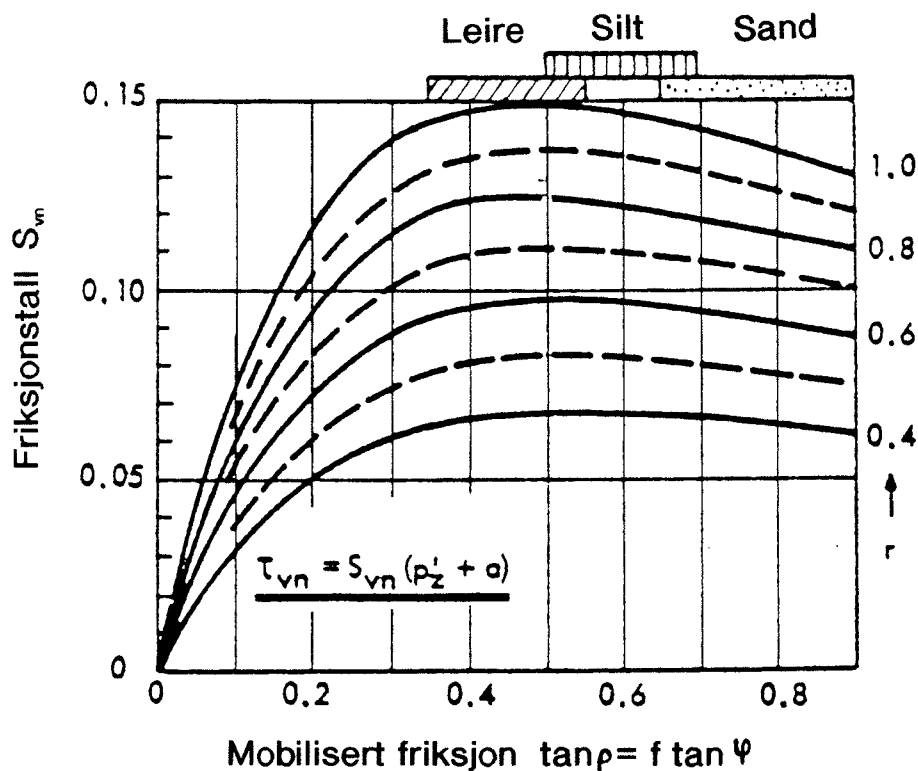


Fig. 2 Friksjonstallet  $S_{vn}$

For dimensjonering anbefales en ruhet  $r = 0,8 - 1,0$ .

Mobilisert friksjonsvinkel

$$\tan\rho = f \tan\phi$$

der erfaringsverdier for jordas friksjonsvinkel  $\tan\phi$  finnes i fig. 32.2 i Bruprosjektering 03 - Støttemurer [8].

Mobiliseringsgraden  $f$  settes til  $f = 0,8 - 0,9$ .

For et skredoverbygg finnes skred- og snøtrykket  $p$  [kN/m<sup>2</sup>] fra Bruprosjektering 16 - Skredoverbygg [9].

Bidraget til aksialkraften fra det jevnt fordelte skred- og snøtrykket er:

$$S = p \cdot D/2 \quad [\text{kN/m}]$$

der  $D$  = diameteren eller bredden på røret [m]

Total aksialkraft i røret blir da:

$$Q = P + S \quad [\text{kN/m}]$$

Stålfasthetsklasse St37 med materialfasthet

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2$$

brukes vanligvis for fleksible stålrør.

Med materialkoeffisient  $\gamma_m$  for stålet finnes dimensjonerende materialfasthet av:

$$f_d = f_y / \gamma_m \quad [\text{N/mm}^2]$$

Nødvendig tverrsnittsareal  $A$  på stålet finnes av:

$$A = Q / f_d \quad [\text{mm}^2 / \text{m}]$$

Tverrsnittsareal for korrugering 200 x 55 mm for plate-tykkelser fra 4 - 8 mm kan finnes fra Fig. 1 i Vedlegg 1.

Stålplatene blir montert sammen med bolter i høyfast stål, og kapasiteten  $R$  på bolteforbindelsene fåes oppgitt av leverandørene.

Det brukes en materialkoeffisient  $\gamma_m = 2$  på bolteforbindelsen, og følgende krav skal være tilfredstilt:

$$R_d = R / \gamma_m = R/2 \geq Q \quad [\text{kN/m}]$$

#### 4. FULL - SKALA FORSØK

Stålrør er fleksible og lastkapasiteten avhenger av samvirke mellom omfyllingsmasser og rør.

2 store stålrør er instrumentert for å måle påkjenningene i røret i byggeperioden og i bruksperioden etter bygging.

Det første røret var et flatbunnet rør som ble bygget som en jernbanegjennomføring på Tolpinrud i Buskerud i 1982.

Røret har en bredde på 7,80 m og en høyde på 6,92 m. Et tverrsnitt av røret med plassering av jordtrykksceller er vist på fig. 3.

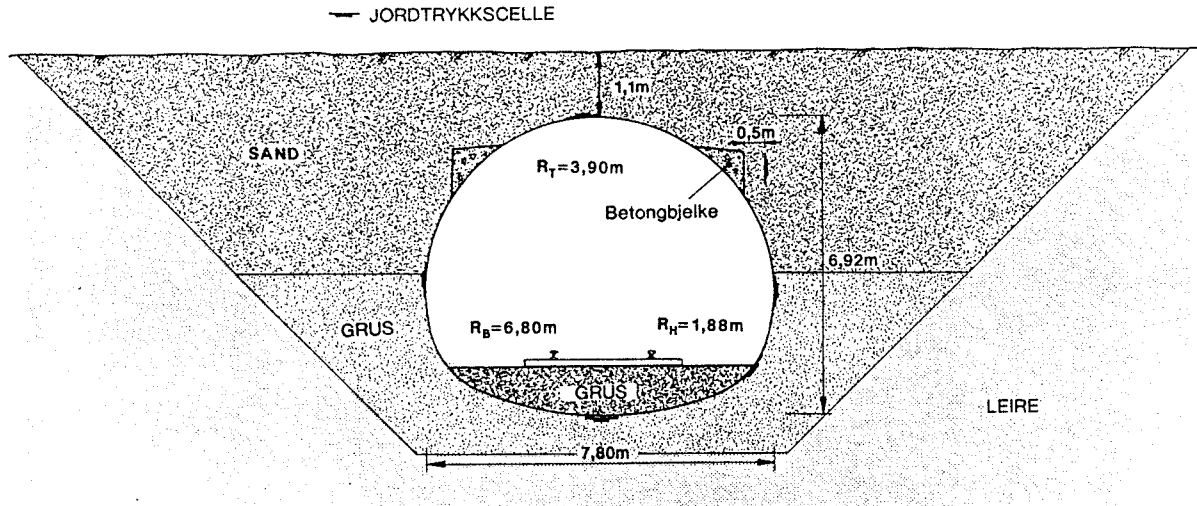


Fig. 3 Instrumentert stålrør, Tolpinrud

Fig. 4 viser målt jordtrykk og temperatur på toppen av røret. Jordtrykket øker noe det første året, men stabiliserer seg og viser små variasjoner over året. Jordtrykket er i størrelsesorden lik overlagingstrykket.

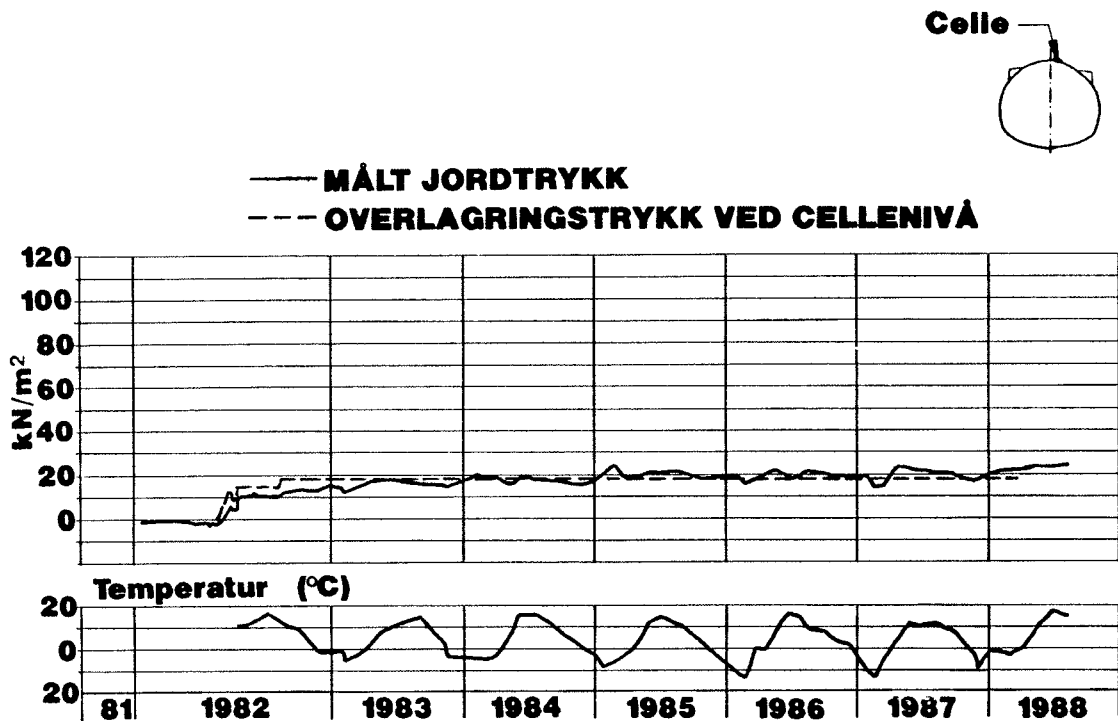


Fig. 4 Målt jordtrykk og temperatur på topp av rør

Fig. 5 viser målt jordtrykk på siden av røret. Jordtrykket øker også her det første året til en verdi som er tilnærmet lik overlagingstrykket, med noe variasjon over året. Dette er en meget gunstig jordtrykksfordeling og forklarer noe av den store lastkapasiteten disse rørene har.

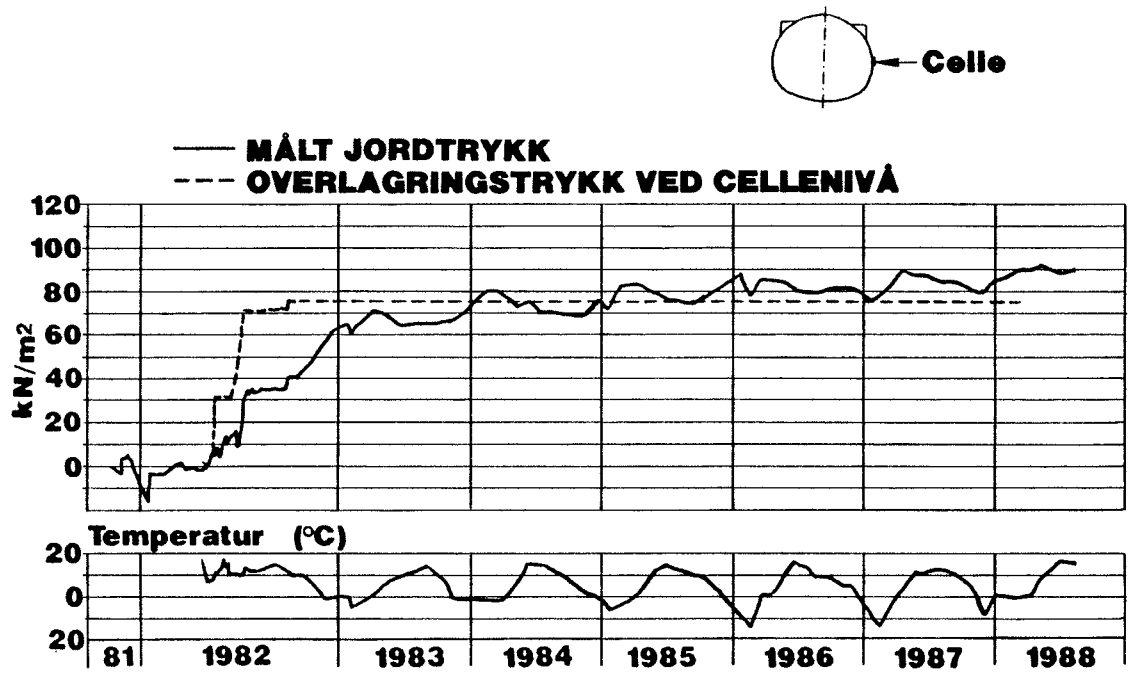


Fig. 5 Målt jordtrykk og temperatur på siden av røret

Fig. 6 viser jordtrykksfordelingen rundt røret etter bygging og etter 18 måneder.

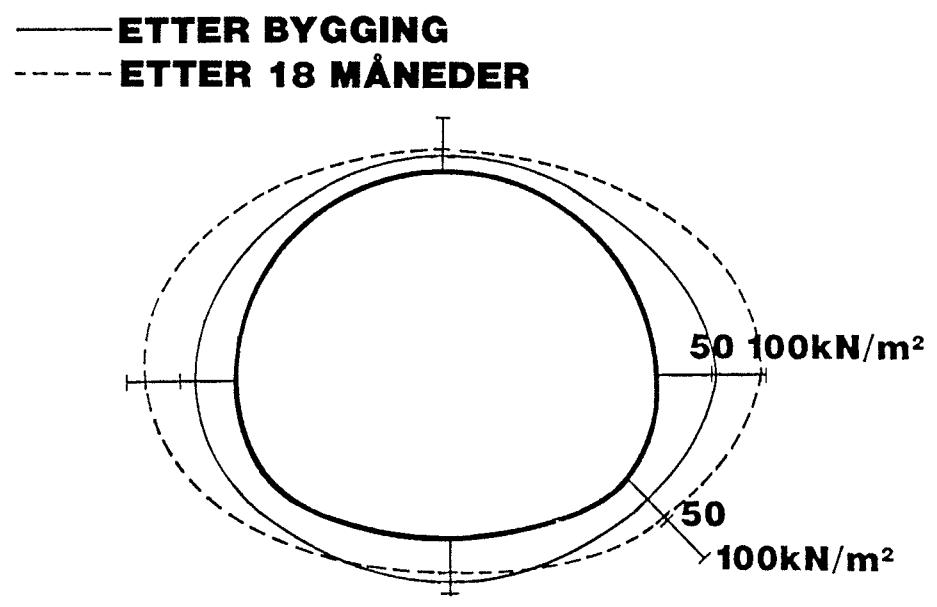


Fig. 6 Målt jordtrykk rundt røret

Det andre instrumenterte røret var et ellipseformet rør med bredde 10,78 m og høyde 7,13 m som ble bygget som en vegtunnel på Dovre i Oppland i 1985.

I tillegg til jordtrykksceller, ble dette røret instrumentert med strekkklapper i stålet. Målingene viste akseptable stålspenninger under bygging og over tid.

Målingene på Tolpinrud og Dovre er oppsummert i [10].

Tverrsnittet som ble brukt på Dovre var ellipseformet, og dette tverrsnittet egner seg ikke så godt som rasoverbygg. Grunnen til dette er at sidearealet på ellipsetverrsnittet er mindre enn for et sirkulært eller flatbunnet rør.

På skredoverbygget som ble bygget i Veitastrand i 1983 ble det installert 4 jordtrykksceller og temperaturfølere. Jordtrykket er avlest regelmessig fram til idag, og viser en gunstig jordtrykksfordeling. Diameteren på røret blir også målt regelmessig, og små deformasjoner er målt.

Fullskalaforsøk har vist seg å være meget nyttige for å kunne forstå virkemåten til de fleksible konstruksjonene. Fullskalaforsøkene gir verdifulle data som kan brukes til å forbedre dimensjoneringsmetoder, og gi økt kunnskap om effekten av komprimering og massetyper ved installasjon.

Skredoverbygget på Longneset i Møre og Romsdal [2] er instrumentert med strekkklapper for å kunne måle dynamisk belastning på overbygget under et snøras.

I tillegg til strekkklappene vil det enkelt kunne monteres aksellerometre i røret.

Dette er ting som tidligere ikke er målt, og under snøskredet vil målesignalene registreres på skrivere samtidig som de lagres på magnetbånd for evt. senere analyse.

Denne instrumenteringen er foretatt av Senter for Industrieforskning (SI).

## 5. UTFØRELSE OG KVALITETSKONTROLL

De fleksible stålrørene er helt avhengig av en skikkelig omfylling med friksjonsmasser.

Oppfølging og kvalitetskontroll i anleggsfasen er derfor avgjørende for et vellykket resultat.

Viktige ting som må utføres er følgende:

- Måle deformasjon av røret under montering og tilbakefylling. Variasjon i bredde og høyde før og etter omfylling skal ikke overstige 2%.
- Ved montering av stålplatene skal boltene trekkes til et moment på minimum 200 Nm og maximum 340 Nm.
- Velgrunnte friksjonsmasser brukes i en spesifisert sone rundt røret. Massene legges ut lagvis med maksimum lagtykkelse 30 cm og komprimeres til minimum 97% Standard Proctor.
- Minimum overdekning over toppen av røret skal være 2,5 m.
- Støttefylling på nedsiden av røret skal ha en bredde på minimum diameteren av røret målt fra siden av røret i høyde med senter rør.

- Rørene er ikke vanntette og en tett membran legges over topp rør.

Nærmere detaljer om montering og tilbakefylling finnes i Vedlegg 1.

Kravet til bredden på støttefyllingen på nedsiden av røret kan minskes noe ved bruk av jordarmering. Dette er gjort på prosjektet i Olden i Sogn og Fjordane [3].

Ved hyppige skred og fare for erosjon over røret, kan det med fordel legges inn jordarmering for å holde massene på plass over topp rør.

Erfaringsrapportene [1] - [5] som viser utførelse og kvalitetskontroll, er meget verdifullt bakgrunnsmateriale ved prosjektering og utførelse av nye prosjekter.

**REFERANSER**

- [1] "Rassikring mot snøras med stålrøyr", Veggen og Vi, 4/84.
- [2] "Erfaringer fra rassikring av Fv 65 Standal - Festøy", Statens vegvesen Møre og Romsdal, Februar 1988.
- [3] "Erfaringer fra rasoverbygg på Rv 724 Olden - Briksdal", Statens vegvesen Sogn og Fjordane, 1989.
- [4] "Rassikring Fjordgård, rasoverbygg". Statens vegvesen Troms, 1989.
- [5] "Stålrørstunnel for Fv 361 under Hafjell alpinløype, Øyer kommune i Oppland", Laboratorierapport nr. 16, Statens vegvesen Oppland 1989.
- [6] Jan Vaslestad, "Soil structure interaction of buried culverts", Dr.ing. avhandling, Institutt for geoteknikk, NTH, 1990.
- [7] J.M. Duncan and R.H. Drawsky, "Design procedures for flexible metal culvert structures", Report No. UCB/GT/83-02, University of California, Berkeley, 1983.
- [8] Bruprosjektering 03 - Støttemurer, Håndbok 100.
- [9] Bruprosjektering 16 - Skredoverbygg, Håndbok 100.
- [10] Jan Vaslestad, "Long - term behaviour of flexible large - span culverts", Paper presented at the annual meeting of the Transportation Research Board, Washington 1989.