

Intern rapport nr. 1938

**Fleksible stålrør som
skredoverbygg og vegtunneler,
14 års erfaring.**



Februar 1997

Intern rapport nr. 1938

Fleksible stålrør som skredoverbygg og vegtunneler, 14 års erfaring.

Sammendrag

Fleksible stålrør har vist seg å være godt egnet som skredoverbygg og vegtunneler.

Det er vist en oversikt over prosjekter hvor stålrør er brukt, med nøkkeltall og kostnader.

Erfaring har vist at der forholdene ligger til rette for bruk av stålrør i skredoverbygg, er kostnadene ca. 50% i forhold til tradisjonelle overbygg av betong.

Hovedpunkter angående dimensjonering og utførelse er gjennomgått.

Resultater fra instrumentert rasoverbygg på Veitastrond er gjennomgått, hvor det er målt jordtrykk og deformasjoner i 14 år. Målingene viser en gunstig jordtrykksfordeling over tid.

Deformasjonsmålinger på stålrør på Hafjell viser svært små deformasjoner (maks. 1,5 cm) over en periode på 8 år etter bygging.

Det er ikke observert tegn til korrosjon på noen av de omtalte prosjektene.

Emneord: *Stålrør, instrumentering, dimensjonering, jordtrykk*

Seksjon: *3520 Geologi- og geoteknikkontoret*

Saksbehandler: *Jan Vaslestad, Håvard Østlid, Tor H. Johansen, Willy Holm* /RDA

Dato: *Februar 1997*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Veglaboratoriet

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

1.	<i>ERFARING MED FLEKSIBLE STÅLRØR SOM SNØRASOVERBYGG</i>	2
	<i>TABELL 1 NØKKELTALL FOR FLEKSIBLE STÅLRØRSPROSJEKTER</i>	3
2.	<i>DIMENSJONERING OG UTFØRELSE</i>	3
3.	<i>INSTRUMERTERT FULLSKALAFORSØK PÅ RASOVERBYGG I VEITASTROND</i>	6
4.	<i>LANGTIDS DEFORMASJONSMÅLINGER PÅ VEGTUNNEL PÅ HAFJELL</i>	11
	<i>REFERANSER</i>	12

BILDER

Forsidebilde: Rasoverbygg Olden i Sogn og Fjordane under montering.

Vedlegg: Måling av tverrsnitt på Hafjelltunnelen

1. ERFARING MED FLEKSIBLE STÅLRØR SOM SNØRASOVERBYGG

Fleksible korrugerte stålrør har vist seg å være godt egnet til bruk som rasoverbygg.

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. I følge [1] viser erfaring at der forholdene ligger til rette for bruk av stålrør er kostnadene ca. 50 % i forhold til tradisjonelle overbygg av betong.

Der hvor terrenget er bratt kan støttefyllingen nedenfor røret gjøres steilere ved bruk av armert jord kombinert med tørrmur i fronten. Armert jord lagt over toppen på røret vil også øke kapasiteten mot skredlaster.

Det første skredoverbygget av stålrør ble bygd i Veitastrand i Sogn og Fjordane i 1983 [2].

Dette overbygget ble instrumentert med jordtrykksceller og det er foretatt deformasjonsmålinger innvendig i røret. Denne rapporten sammenstiller disse målingene som har gått over 14 år siden bygging.

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, [3] - [5].

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 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,- pr. lm. 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. lm.

Erfaring fra bygging og kvalitetskontroll av dette prosjektet er oppsummert i [6].

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 STÅLRØRSPROSJEKTER

Sted	Byggeår	Lengde [m]	Diameter [m]	Ståltykkelse [mm]	Kostnad inkl. omfylling [kr/m]
Veitastrond 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,-

2. DIMENSJONERING OG UTFØRELSE

Det finnes en rekke forskjellige dimensjoneringsmetoder. Instrumenterte fullskalaforsøk har gitt grunnlag for å evaluere de ulike dimensjoneringsmetodene. 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.

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 på stålet. Målingene viste akseptable stålspenninger under bygging og over tid.

Målingene på Tolpinrud og Dovre er oppsummert i [7].

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

Under tilbakefylling (i konstruksjonsfasen) 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 [8].

For rør med tilstrekkelig overdekning, $H > 0,25 D$, kan momenter i bruksfasen neglisjeres og aksialkraften i røret er dimensjonerende. Se figur 1 for definisjon av H og D . 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 [9] er det utviklet en beregningsmetode for å finne aksialkraften pga. jordlast. Metoden er vist i det følgende.

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

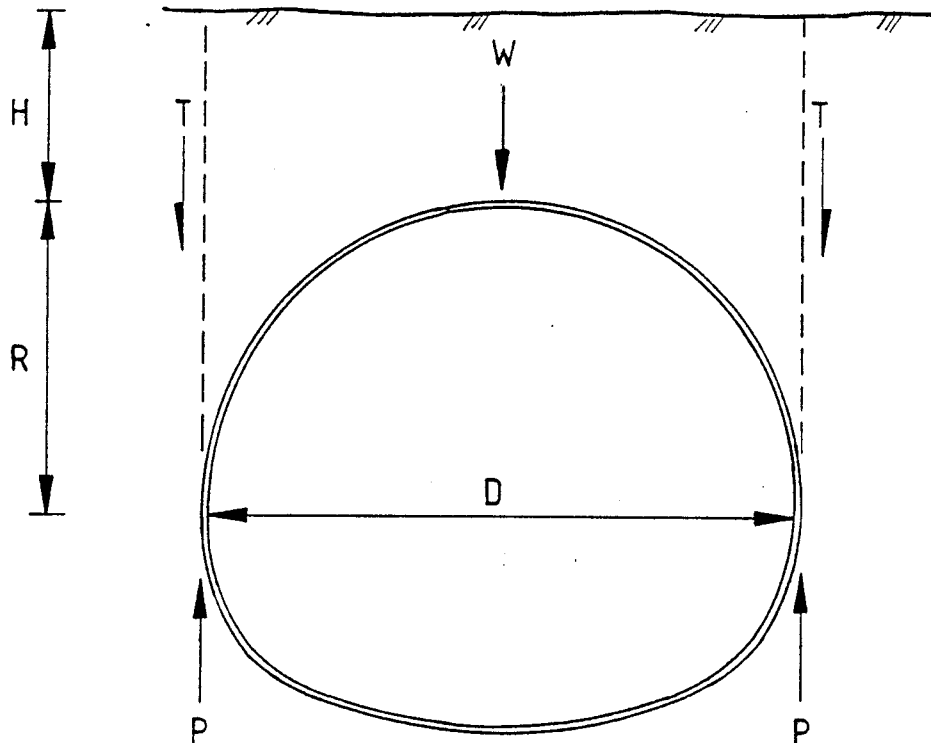


Fig. 1 Aksialkraft i fleksibelt stålrør fra jordlast

Aksialkraften P kan finnes av uttrykket:

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

der γ = tyngdetetthet av masser over røret [kN/m^3]
 S_{vn} = friksjonstall

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

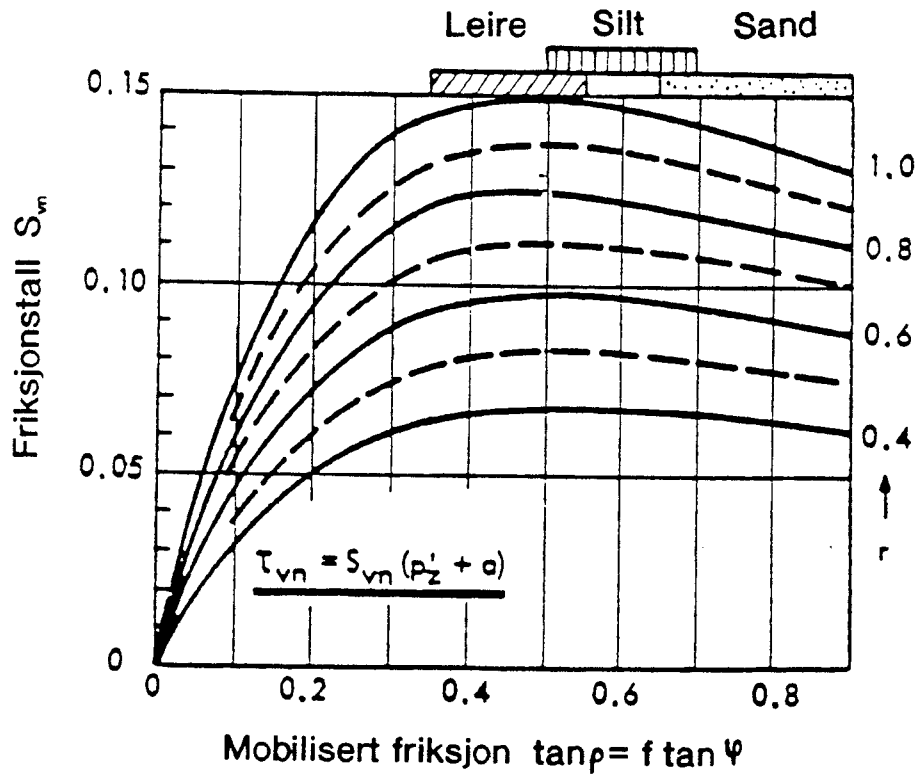


Fig. 2 Frikjonstallet S_{vn}

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

Mobiliseringsgraden $f = 1/\gamma_m$ der $\gamma_m =$ materialkoeffisienten.

For et skredoverbygg finnes skred- og snøtrykket fra Bruprojektering 16 - Skredoverbygg [10].

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 maksimum 340 Nm.
- Velgraderte friksjonsmasser brukes i en spesifisert sone rundt røret. Massene legges ut lagvis med maksimum lagtykkelse 30 cm og komprimeres til minimum 97% Standard Proctor, unntatt en sone på 0,5 m fra røret hvor det er tilstrekkelig med 94% Standard Proctor.

- Minimum overdekning over toppen av røret skal være 2,5 m på rasoverbygg. Ved bruk av jordarmering over røret kan overdekningen reduseres, [13] og [14].
- Støttefylling på nedsiden av røret skal ha en bredde på minimum diameteren av røret målt fra siden av røret i høyde med senter rør. Dette kravet kan reduseres ved bruk av jordarmering, slik det er gjort på rasoverbygget på Rv724 Olden - Briksdal [4]. Her ble også jordarmering lagt over røret. Dette øker kapasiteten mot skredlaster og virker også som erosjonssikring.
- Rørene er ikke vanntette og en tett membran legges over topp rør.

Nærmere detaljer om montering og tilbakefylling finnes i [11].

Erfaringsrapportene [2] - [6] fra vegkontorene som viser utførelse og kvalitetskontroll, er meget verdifullt bakgrunnsmateriale ved prosjektering og utførelse av nye prosjekter.

En generell orientering om plassering og utførelse av fleksible rasoverbygg er gitt i [12].

3. INSTRUMERTERT FULLSKALAFORSØK PÅ RASOVERBYGG I VEITASTROND

Dette er et sirkulært stålrør med lengde 170 m og diameter 6,07 m og ble bygd i 1983. Detaljer fra bygging og utførelse er gitt i [2] og [12].

For å måle jordtrykket ble det installert 4 hydrauliske jordtrykksceller. Det ble plassert to jordtrykksceller på hver side av røret, en for å måle vertikalt trykk og en for å måle horisontalt trykk. Den ene jordtrykkscella på øvre side (horisontalt trykk) falt dessverre ut tidlig, slik at vi ikke har noen resultater fra denne. Resultatet av jordtrykksmålingene med plassering av jordtrykkscellene er vist på figurene 3 til 5.

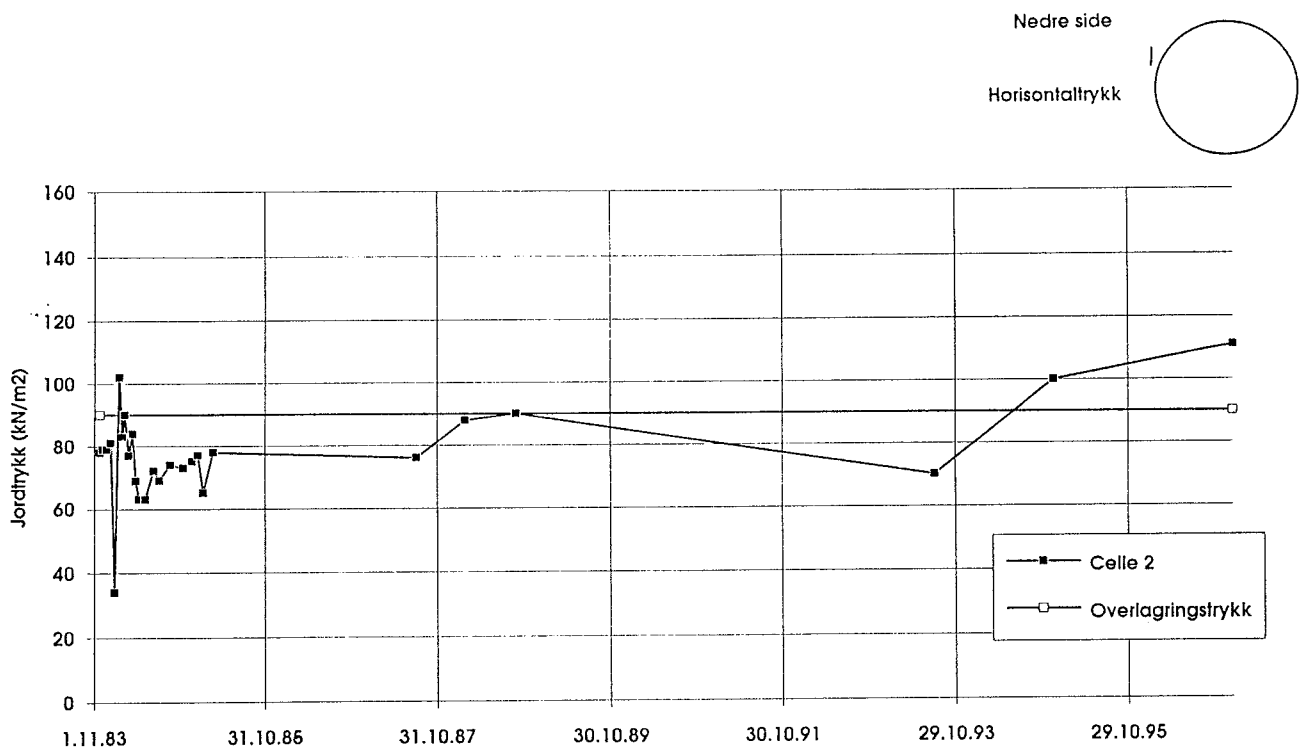


Fig. 3 Jordtrykksmålinger celle 2

Celle 2 viser horisontaltrykket på nedre side av røret. Overlagringstrykket er 90kPa. Målt jordtrykk etter noen svingninger den første vinteren -84, er 65 kPa sommeren 1984. Dvs. 72% av overlagringstrykket. Etter ca. 6 måneder har jordtrykket økt til 78 kPa. Videre er det lang tid mellom hver måling, men høsten 1988 har horisontaltrykket økt til 90 kPa, dvs. jordtrykkskoeffisient $K = 1,0$. Dette er en svært gunstig situasjon, og tilsvarende jordtrykkstilstand er målt på siden av røret både på Tolpinrud og Dovre [7].

Frem til siste måling vinteren 1997 har horisontaltrykket økt til 110 kPa, som tilsvarer 1,22 ganger overlagringstrykket. På Dovre ble horisontaltrykket målt opptil 1,3 ganger overlagringstrykket.

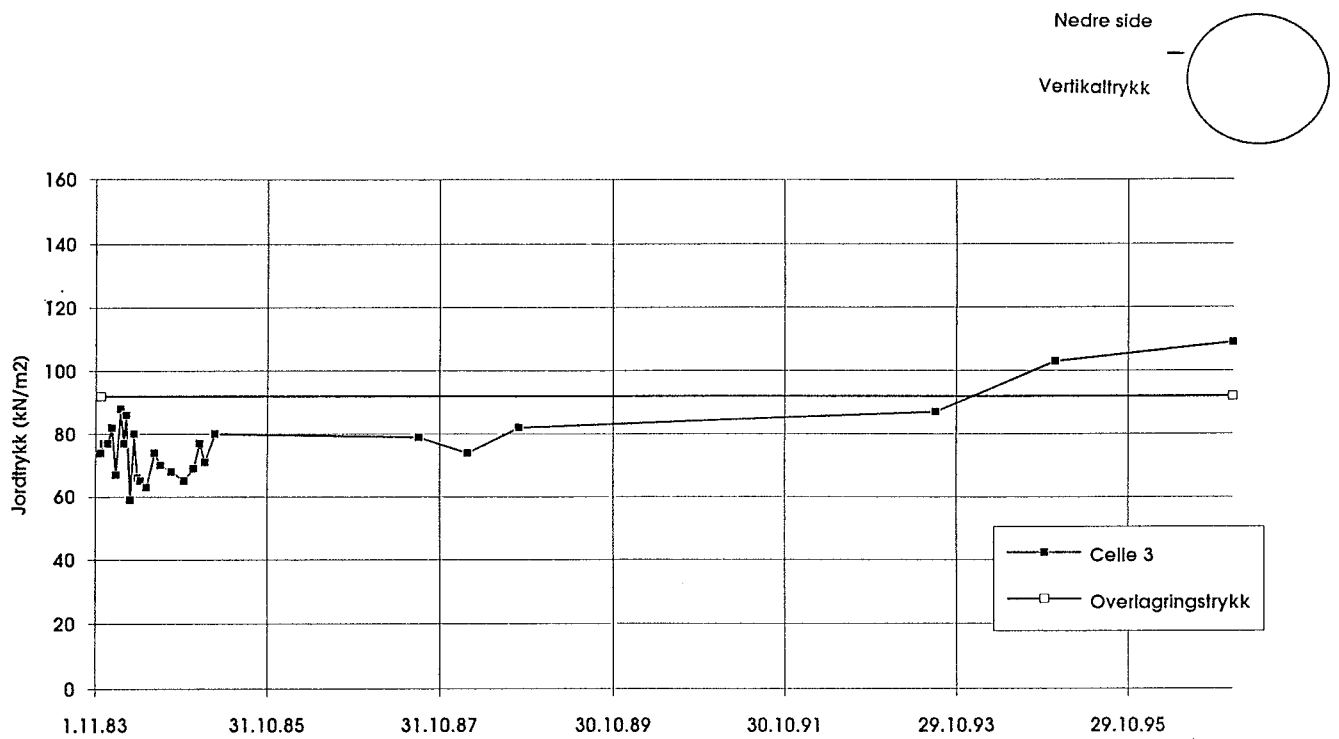


Fig. 4 Jordtrykksmålinger celle 3

Celle 3 viser vertikaltrykket på nedsiden av røret.

Vertikaltrykket er 80 kPa etter ca 1,5 år. Dette er noe større enn målt horisontaltrykk på samme tidspunkt, og tilsier en gunstig jordtrykksituasjon.

Ved siste måling vinteren 1997 er målt vertikaltrykk lik horisontaltrykket, dvs. målt jordtrykkskoeffisient $K = 1,0$.

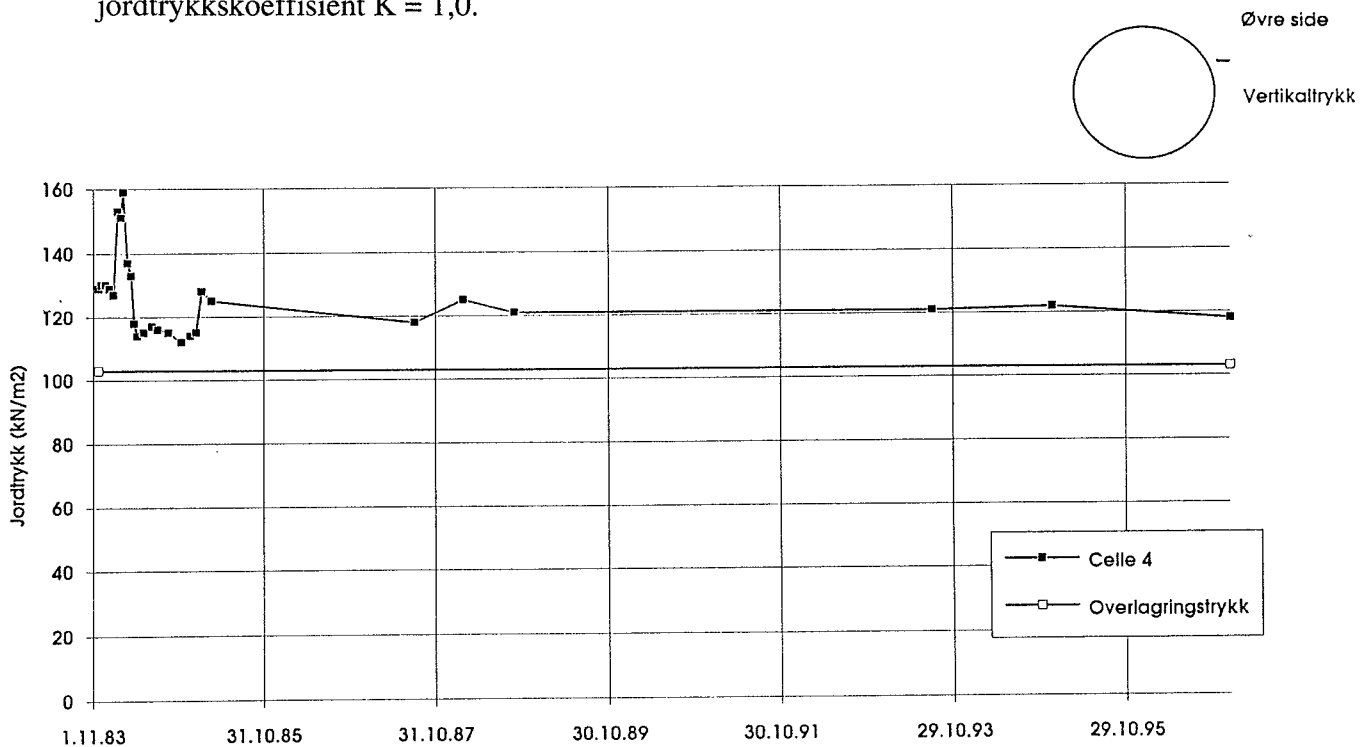


Fig. 5 Jordtrykksmålinger celle 4

Celle 4 viser målt vertikaltrykk på øvre siden av røret. Etter 1,5 år er målt vertikaltrykk 130 kPa i forhold til overlagingstrykket som er 105 kPa.

Videre frem til vinteren 1997 er dette jordtrykket relativt konstant og er 115 kPa ved siste måling. Dette tilsvarer 1,1 ganger overlagingstrykket.

Jordtrykksmålingene viser at jordtrykket har en gunstig utvikling over tid, noe som bekreftes av tidligere målinger på Tolpinrud og Dovre.

Diameteren på røret er målt i 3 forskjellige profiler, se fig 6 til 8. I hvert profil er deformasjonen målt i to forskjellige retninger. Det er målt deformasjoner frem til vinter 1994.

REFERANSER

- [1] Snøvern. Om snøskred og drivsnø. Veiledning 167. Statens vegvesen, Vegdirektoratet 1993.
- [2] "Rassikring mot snøras med stålrøyr", Veggen og Vi, 4/84.
- [3] "Erfaringer fra rassikring av Fv 65 Standal - Festøy", Statens vegvesen Møre og Romsdal, Februar 1988.
- [4] "Erfaringer fra rasoverbygg på Rv724 Olden - Briksdal", Statens vegvesen Sogn og Fjordane, 1989.
- [5] "Rassikring Fjordgård, rasoverbygg". Statens vegvesen Troms, 1989.
- [6] "Stålrørstunnel for Fv 361 under Hafjell alpinløype, Øyer kommune i Oppland", Laboratorierapport nr. 16, Statens vegvesen Oppland 1989.
- [7] Vaslestad, J. "Long - term behaviour of flexible large - span culverts", Paper presented at the annual meeting of the Transportation Research Board, Washington 1989. Transportation Research Record 1231, pp 14 - 24.
- [8] Duncan, J.M. and Drawsky, R.H. "Design procedures for flexible metal culvert structures", Report No. UCB/GT/83-02, University of California, Berkeley, 1983.
- [9] Vaslestad, J. "Soil structure interaction of buried culverts", Dr.ing. avhandling, institutt for geoteknikk, NTH, 1990.
- [10] "Bruprosjektering 16 - Skredoverbygg, Håndbok 100". Statens vegvesen, Vegdirektoratet 1989.
- [11] "Geoteknikk i vegbygging. Håndbok 016. Kap 12: Store rør og kulverter." Statens vegvesen, Vegdirektoratet 1992.
- [12] Østlid, H. "Flexible culverts in snow avalanche protection for roads". Paper presented at Expo - 86 in Vancouver Canada. Meddelelse nr. 60 fra Veglaboratoriet, Vegdirektoratet 1986.
- [13] Pearson A.E. and Milligan G.W (1990). Model tests of reinforced soil in conjunction with flexible culverts. Performance of reinforced soil structures, Thomas Telford, pp. 365 -372.
- [14] Kennedy J.B., Laba J.T and Shaheen H. (1988). Reinforced soil - metal structures. Journal of Structural Engineering, Vol. 114, No. 6, ASCE, pp. 1372 - 1389.



Bilde 1 Rasoverbygg Veitastrond under bygging. Byggeår 1983.



Bilde 2 Rasoverbygg Veitastrond etter ferdig bygging



Bilde 3 Rasoverbygg Veitastond etter at vegetasjon er etablert



Bilde 4 Rasoverbygg Veitastrond etter at snøras har gått



Bilde 5 Rasoverbygg Longneset i Møre og Romsdal. Byggeår 1987.



Bilde 6 Rasoverbygg Longneset. Ledevoll for snøras bygges av stein på toppen av overbygget.



Bilde 7 Rasoverbygg Olden i Sogn og Fjordane under montering. Byggeår 1988.



Bilde 8 Rasoverbygg Olden under montering. Merk gammelt betongoverbygg ved siden av.



Bilde 9 Rasoverbygg Olden under tilbakefylling. Gammelt betongoverbygg ved siden av.



Bilde 10 Rasoverbygg Olden. Tørrmur på enden av overbygget.



Bilde 11 Rasoverbygg Olden. Skredbanen for snøras på oversiden av rasoverbygget.



Bilde 12 Rasoverbygg Senja (Fjordgård) i Troms. Byggeår 1988. Rasoverbygget er ferdig montert før overfylling.



Bilde 13 Rasoverbygg Senja. 170 m stålør ble montert på 18 dager.



Bilde 14 Rasoverbygg Senja. Midlertidig vei på utsiden under montering. Under omfylling legges trafikken gjennom overbygget.



Bilde 15 Stålrør på Hafjell. Gjennomføring for fylkesveg under slalåmløypa. Byggeår 1988.



Bilde 16 Stålrør Hafjell ferdig montert. Stålrøret med diameter 9,32 m ble bygget uten langsgående trykkbjelker av betong.



Bilde 17 Stålrør på Hafjell. Tilbakefylling pågår.



Bilde 18 Stålrør på Hafjell. Røret ble montert på 6 uker. Totalt er det 400 tonn med stål.



Bilde 19 Stålrør Hafjell. Komprimering pågår.



Bilde 20 Stålrør Hafjell. Ferdig bygd vegtunnel. Trønderblokkmur med høyde 8,5 m og armert med Televeg 150 jordarming.



Bilde 21 Europas største stålrør under bygging i Holland i 1985. To stålbuer med bredde 16,1 m og en med bredde 12,0 m fundamentert på betongfundamenter.



Bilde 22 Tilbakefylling med stedlige masser bestående av sand.



Bilde 23 Endeavslutning med helning 1:3.



Bilde 24 Både langsgående trykkbjelker av betong og tverrgående stålbjelker ble brukt på grunn av stort tverrsnitt.



Bilde 25 Rasoverbygg Veitastond i 1996. 13 år etter bygging og ikke tegn til korrosjon.

VEDLEGG



Statens vegvesen
Oppland vegkontor

Telefax

Blanketten skal sendes foran dokumentet

Navn **Jan Vaslestad** telefaxnr. **22 07 34 44**

Adresse **Veglab, Oslo**

Navn **Roger Jenshus** telefaxnr. **61 25 74 80**

Avdeling **Urbyggingsavdelingen** telefon **61 27 14 53**

Adresse **Postboks 1010 Skurva**

2601 LILLEHAMMER

Dato **1997-02-11**

Antall sider inkl. forside

1

Original blir oversendt

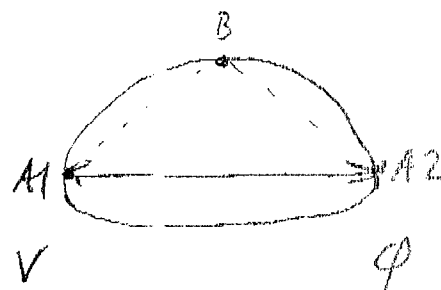
Ja Nei

Merknader

Kontrollmålinger tverrsnitt Hafjelltunnelen

Vi har i dag (11. februar 1997) målt tverrmålet på tunnelen (A1 - A2) med følgende resultat (1989 og 1992 målinger i parentes)

	PROFIL	A1 - A2 (m)	(1989)	(1992)
N	5	9,36	(9,36)	(9,37)
	25	9,38	(9,38)	(9,385)
	45	9,37	(9,36)	(9,375)
	65	9,335	(9,32)	(9,34)
	80	9,35	(9,335)	(9,345)
	110	9,35	(9,345)	(9,36)
	135	9,31	(9,305)	(9,315)
S	165	9,315	(9,31)	(9,315)
	175	9,315	(9,31)	(9,32)



Som en ser er det ikke store forskjellen på disse 3 målingene når en tar hensyn til målenøyaktigheten ved bruk av målebånd. Det er kun tunnelens bredde (A1 - A2) som er målt og ikke målene A1 - B og A2 - B. (Målebånd Stilon)

Hilsen

Roger Jenshus

Postadresse
Postboks 1010 Skurva
2801 LILLEHAMMER

Kontoradresse
Industrigt. 17

Telefon
61 27 10 00

Telefax
61 25 74 80