



Statens vegvesen

**SK-KURS I GEOTEKNISK PROSJEKTERING
3. - 4. NOVEMBER 1999
SCANDIC HOTEL, BERGEN**

JORDNAGLINGSMUR MED ENKEL FRONTLØSNING

REPARASJON AV TØRRMUR MED STAGFORANKRING

Erik Sloreby
Statens vegvesen Oppland

JORDNAGLINGSMUR MED ENKEL FRONTLØSNING

Konvensjonell frontløsning for slike murer er armert sprøytebetong med XPS-isolasjon og drenering innenfor.

Det har enten blitt brukt sjølborende stag eller odex-boring med innføring av mørtel og stag gjennom foringsrør.

I Oppland har vi forsøkt oss både med en enklere frontløsning og med forboring av staghull med 89 mm borkrone og borstang med ytre diameter 76 mm (TAC-rør). Vi har bygd to murer med denne utførelsen. Se tegning på bilag 01.

Beregning

Det er utført stabilitetsberegning med innlegging av forankringskraft fra stag.

Forankringskapasitet på stag: $T = \pi \times D \times \sigma_1' \times \tan \rho \times R \times L$

der

D = diameter på hull / forankringslegeme

σ_1' = vertikal effektivspenning

$\tan \rho$ = mobilisert friksjon

R = ruhet = 1

L = forankringslengde

Stålspenning og heftspenning mørtel/stål sjekkes.

Innsetting av stag

- Det må sjekkes på forhånd om borhulla står så godt at forboring er mulig. Vi har bra erfaring fra morene og relativt løst lagra T2 sand.
- Vanlige borstenger bør ikke brukes. Tykke rør gir rette, fine hull.
- Boring med luftspyling for å redusere erosjon og dermed mørtelbehov i borehull
- Renske litt opp i hull ved hjelp av 3" rør om nødvendig
- Fylle i mørtel (Rescon Nonset 120) med gyseslange
- Dytte inn stag med avstandsholdere for sentrering i hull

Utførelse i front

- Armert sprøytebetongplate er erstatta med polyesterduk med utenpåliggende store stoppskiver på staga (10x500x500 mm)
- Utenpå duk og stag legges plastmembran som tettes med tape rundt utstikkende stag
- Halvfast isolasjon (støpeplate) og fiberduk legges utenpå membran
- Tørrmur med minimal bruk av bakfyllmasse som frontkledning

Drenering

Utførelsen som er beskrevet ovenfor, krever drenerte forhold. Massene bak muren kan dreneres gjennom egne drenshull. Drensrør med fiberduk rundt føres inn i disse hulla.

Fv58 Vassenden - Jarhaug. Mur i bratt skråning mot fast morene og meget dårlig fjell

Jordnaglingsmur er her meget konkurransedyktig av følgende grunner:

- Minimale inngrep. Bilde bilag 02 viser stedet før utgraving for g/s-vegen.
- Andre murtyper måtte ha vært fundamentert dypere pga vann og kloakk på framsida. Fylt skråning på toppen måtte ha vært slakere. Murarealet blir dermed mindre.

Øverste bilde på bilag 03 er tatt under oppsetting av isolasjon da muringa begynte. Nederste bildet er nærbilde av avstandsstykke og stag.

Prøvebelastning av stag

Sju stag er prøvebelasta opp til 9 tonn. Se registreringene på bilag 04.

Instrumentering

Tre stag er forsynt med strekkklapper på fire steder hver. I tillegg er det lagt inklinometerkanal på polyesterduken for å se om duken buler ut mellom staga. Det er bare målt 4-6 kN strekk helt ytterst på staga. Ellers ser det ut til at staga står med trykk!? Inklinometeravlesningene viser bevegelser på et par mm i fronten.

Vi har også lagt inn inklinometerkanal på en lavere mur med T2 sand i Vang. Utbulinga her er bare 3 mm.

Inklinometermålingene tyder på at den enkle frontløsninga er tilstrekkelig.

Kostnader

De direkte kostnadene Produksjon hadde, var 1.640 kr pr m² mur målt på forblendinga. Isolasjonen foran muren er da medrekna, men ikke gravinga for muren

Murstein til forblending er mangelvare i området, og blir forholdsvis dyr.

Erfaringer

Polyesterduken (Televev 200/200) var tung å handtere. Vi kunne ha klart oss med en mye lettere duk. Arbeidene ellers gikk greit.

REPARASJON AV TØRRMUR MED STAGFORANKRING

Tre murer er reparert på denne måten, en mur på fjell og to på løsmasser

Staga er forankra enten i fjell eller i løsmasser. Det er brukt sjølborende stag, som er galvanisert og epoxybelagt. Skjøtehylser, stoppskiver og mutrer er bare galvanisert. Vi har brukt Ischebeck Titan 30/11.

Utseendet kan forbedres med polyesterforankring gjennom steinene i fronten og avkapping av staga.

Murer på rv255 i Kvikne

En mur som står på fjell har fått "mage". En annen mur som er fundamentert på løsmasser i bratt skråning har satt seg. Typiske snitt av murene er vist på bilag 05-06.

Staglengde i løsmasser er 4 m. Der staga går til fjell, er det bora 2 m i fjell. Gysemassene er sementlim med tilsatt ekspansjonsstoff. Staga står med 15° helning. Entreprenøren, Nordenfjeldske Spunt- og Peleservice, Trondheim, laga seg en spesiell rigg og brukte kranbil. Se bilder bilag 07.

Det ble merka opp for stagplassering på stedet og satt opp oversikt over staglengder før arbeidet starta. Skisse over stagplassering og oversikt over staglengder for den ene muren er vist på bilag 08 og 09.

Det er utført en enkel prøvetrekking. Bildene på bilag 10 viser prøvetrekkingsopplegg og den høgste muren før påsetting av stoppskiver og mutrer. Resultat av prøvetrekkinga går fram av bilag 11.

Kostnad for 110 stag med total stagboring på 500 m er 540.000 kr + mva. Dette tilsvarer 3.180 kr pr m² + mva. Vanntransport og trafikkdirigering kommer i tillegg. Vi fikk tilbud på betongmurer her. Kostnaden for betongmurer ville ha blitt 1,1 mill. kr + mva.

Mur på E16 i Bagnskeiva

Muren står på skråfjell og har sklidd ut i bunnen. Noen typiske profiler og plassering av stag er vist på bilag 12 .

Stagforankringa er utført av firmaet Grunnsikring A/S, 1471 Skårer. De leide inn lokal gravemaskin til å manøvrere bommen. Se bilde på bilag 13 . Utfylt borlogg er vist på bilag 14 .

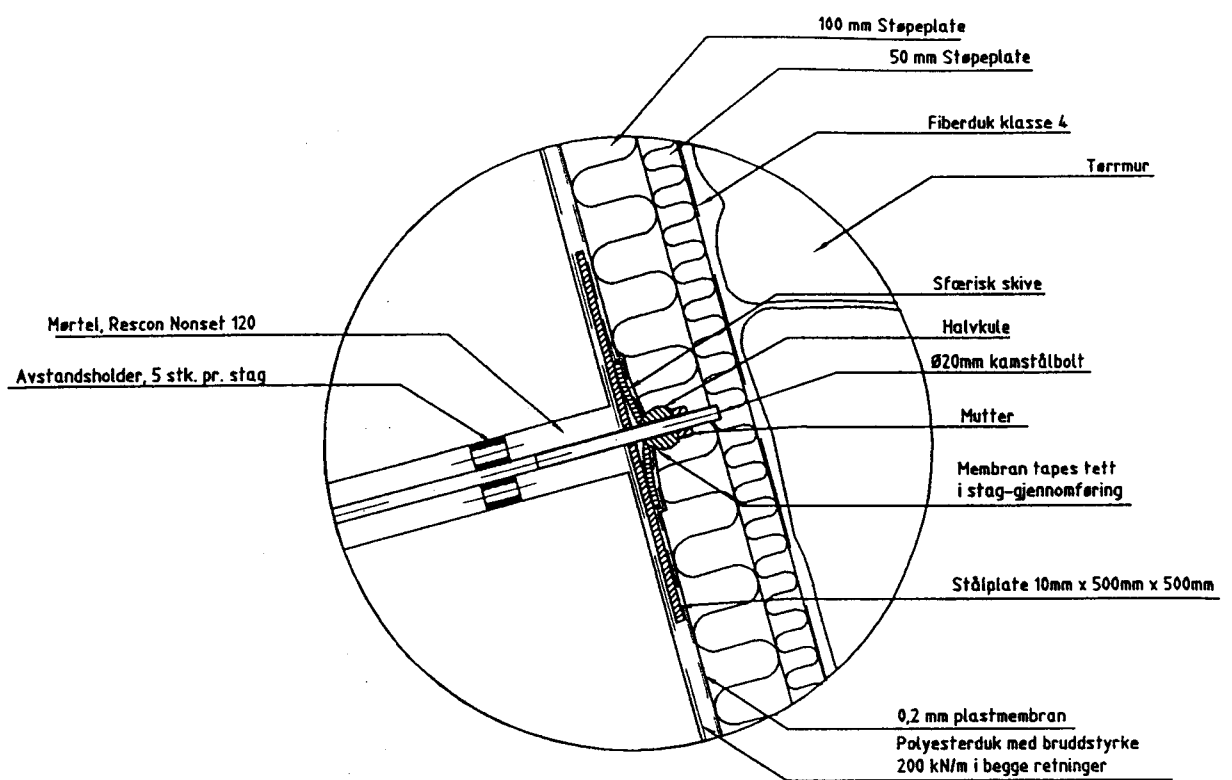
64 stag med total lengde 244 m kosta 280.000 kr eller 1150 kr pr m + mva eller ca 1.400 kr pr m² + mva. Også her kommer vanntransport og trafikkdirigering i tillegg. Omlegging av trafikken og ny mur hadde blitt mye dyrere.

Noen av staga står på toppen av muren og med liten overdekning oppunder vegbanen. Staglengden er 6 m og staga er forankra i løsmasser. Tabellen nedenfor viser deformasjoner i mm ved de forskjellige belastningstrinn.

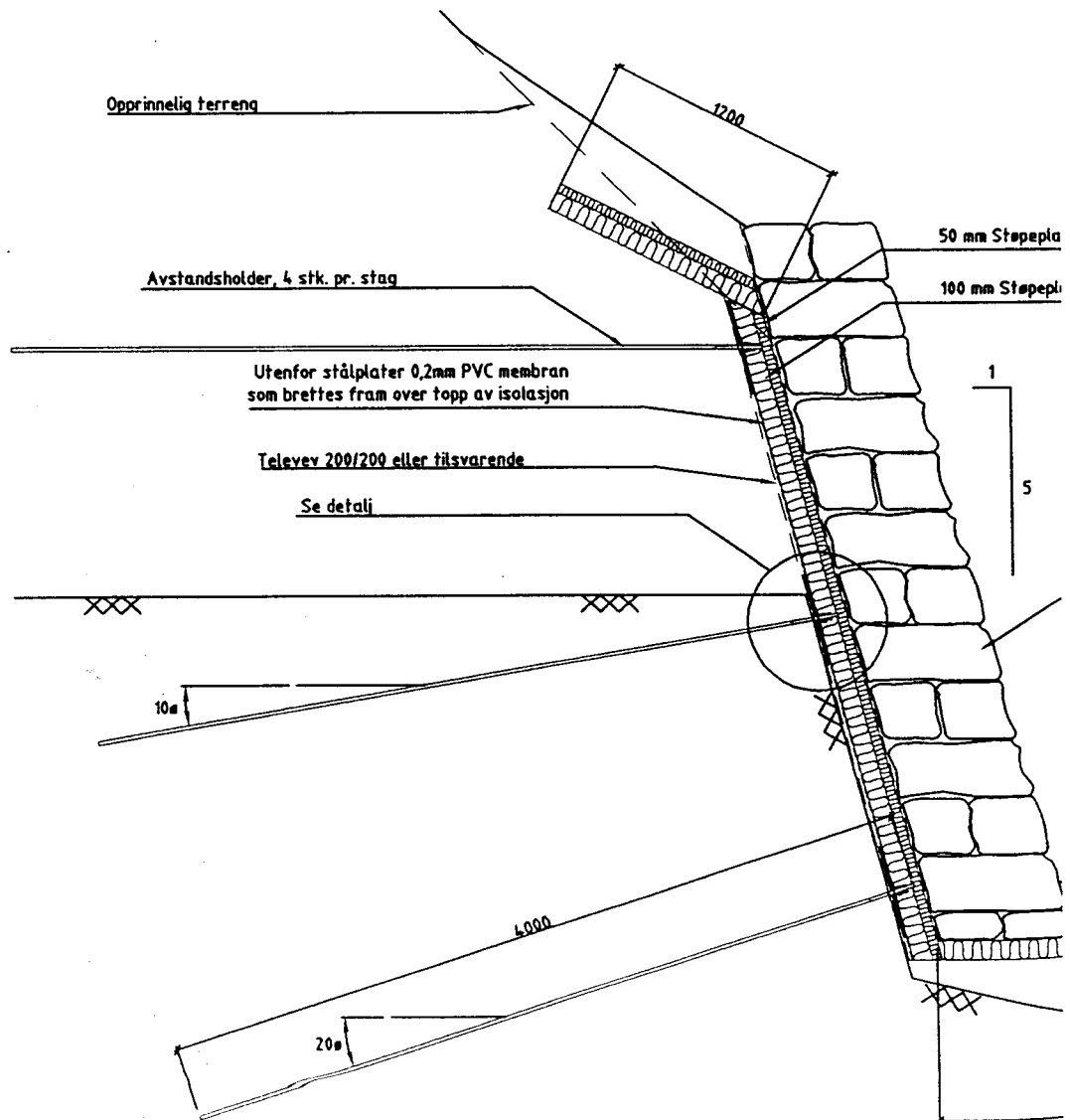
Stagnr.	59	60	61	62	63	64
Gjennomsnittlig overdekning av de innerste 2 m / Belastning i tonn	1,2 m	0,7 m!	1,2 m	1,2 m	1,7 m	1,1 m
0	0	0	0	0	0	0
1	0,3	0,5	0,2	0,2	0,2	0,8
2	1	Brudd	0,6	1,5	0,8	1,3
3	2	på	1,3	2,2	1,5	1,7
4	2,6	1,3 -	1,9	2,8	1,8	2,5
5	3,2	1,4 t	2,8	3,7	2,1	3,3
6	3,6		3,5	4,6	2,7	4
7	4,6		4,2	4,5	3,6	5
8	5,4		5,9	4,9	6,4	6
9	6,3		8	5,4	12,6	8,1
10	7,4		8,9	5,8		
8	7,2		8,9	5,8	12,8	8
6	6,5		8,1	5,6	12,2	7,4
4	5,4		6,8	4,5	11,2	6,3
2	4,2		5,5	2,8	9,6	4,3
0	1,9		3,1	2,2	8,9	2,5

Deformasjonsmålingene viser at den effektive forankringa stort sett skjer på de innerste par meter her. Bruddstyrken er på ca 9 tonn. Kapasiteten er vesentlig større enn det en kunne forvente på så grunt nivå.

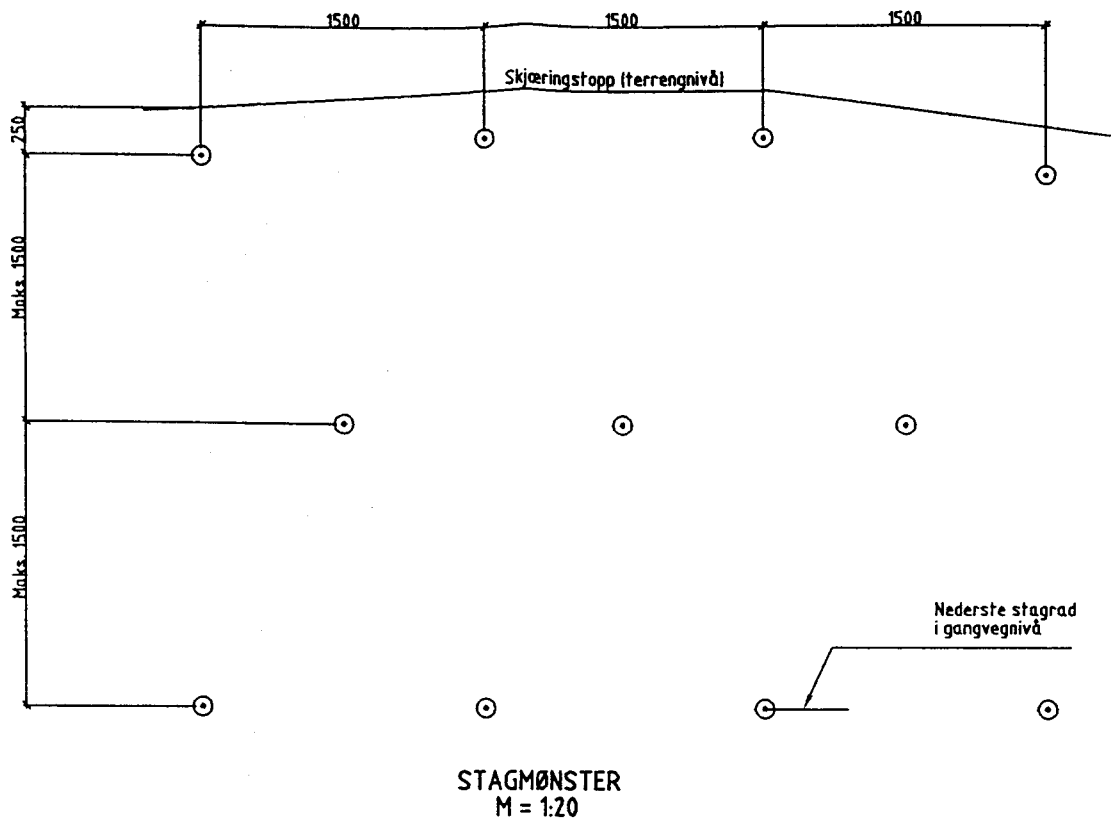
Det ene staget, som står ekstremt grunt, har bruddstyrke på vel et tonn.



DETALJ
M = 1:5



TVERRSNITT AV M
M = 1:20

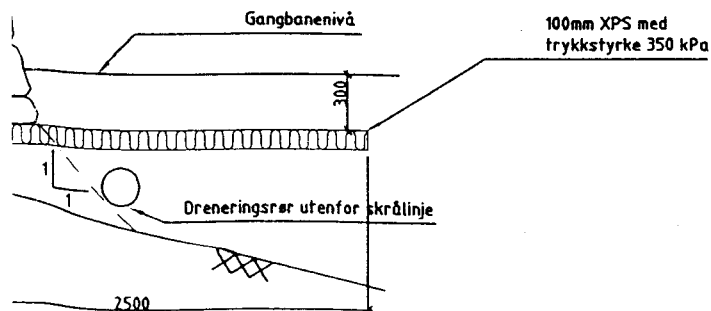


STAGMØNSTER
M = 1:20

plate isolasjon

plate isolasjon

Tørrmur av god stein som i stor grad går helt bak til fiberduk. Hullrom i bakkant fylles med grov pukk. Tykkelse 500 mm - 800 mm



MUR

Anmerkninger:

Arbeidsgang

- Nøyaktig utgraving for øverste stagrad. Finplanering av skråning med krafse.
- Boring og installasjon av øverste stagrad.
- Kapping og legging av sterk polyesterduk. Eventuelt skjøting av duk under ståplater.
- Påsetting av ståplater, stoppskiver etc. og tildraging av mutre etter god stramming av duk. Tildragningsmoment må bestemmes etter forsøk med de første staga
- Oppbretting av duk og utgraving for neste stagrad.
- Etter at arbeidene ovenfor er ferdig for hele muren, legges drenering og XPS-isolasjon på framsida av muren.
- Legging av plastmembran som tettes godt med tape ved hvert stag. Eventuelt tetting med fugemasse.
- Isolering med 100 mm og etterpå med 50 mm Støpeplate. Platene forskyves, slik at det ikke blir gjennomgående skjøter. Tetting med Rockwool husisolasjon langs alle kanter
- Plastmembranen brettes over topp av isolasjon.
- Legge fiberduk klasse 4 utenpå isolasjon.
- Mure tørrmur med minimal bruk av fyllmasser bak(grov pukk).
- Legge isolasjon på toppen av muren i kontakt med isolasjoner bak mur og med overfylling av jord.

Korrosjonsbeskyttelse

- Stag, ståplate, sfærisk skive, halvkule og mutter skal være galvanisert og epoxybelagt (Combi Coat).
- Ljenger på stag og mutter skal i tillegg mettes med bitumen.

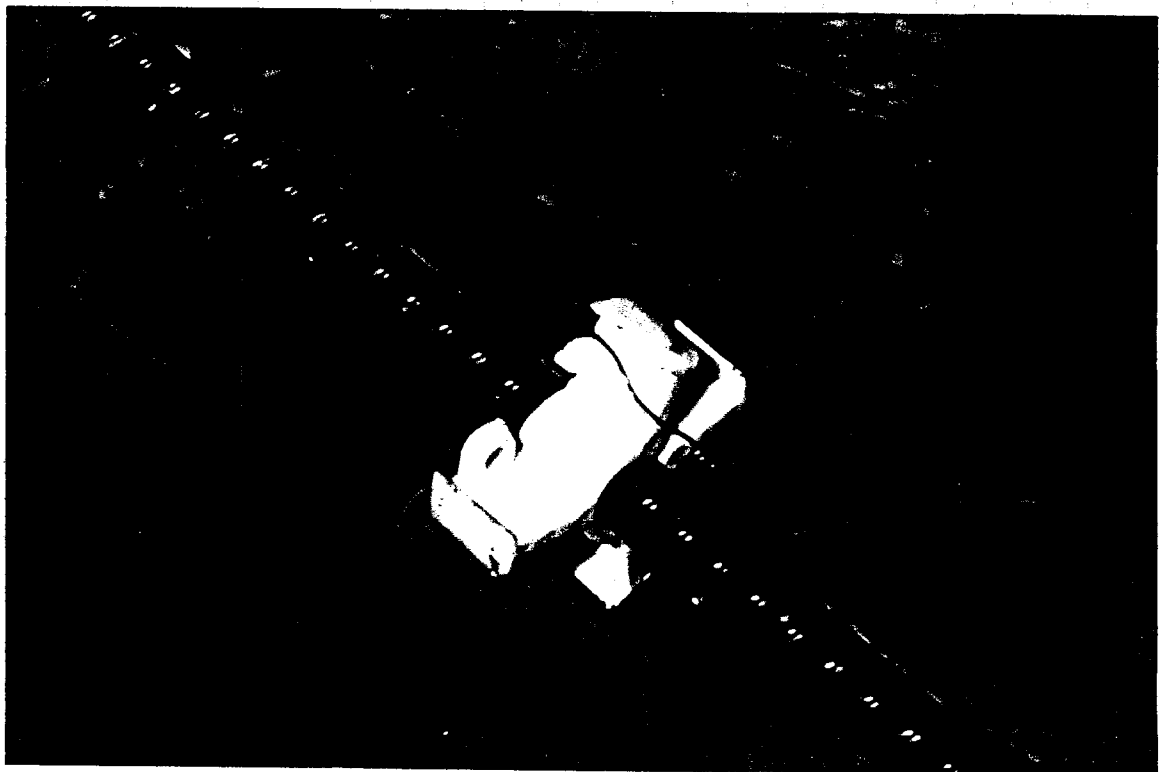
Indeks	Antall	Revideringen gjelder	Navn	Dato
Fv. 58	HP:		Dar	
Parcell: VASSENDEN - JARHAUG			Tagg: HBU	11.07.1997
			S bett: EMS	07.07.1997
Mur profil 680 - 750			Målestokk	
			Hor:	1:20 / 1:5
Utførelse med jordnagling			Tejn nr	K 2
Statens vegvesen			Arkiv nr	125 A 3
Oppland			Bilag nr	1



Fv58 Vassenden - Jarhaug. Skråning før utgraving for mur og g/s-veg.



FV58 Vassenden. Ved begynnelsen av muringa.



Detalj av avstandsstykke



1998-05-27
Vårt ark.nr.

Erik Sloreby - 61 27 14 87

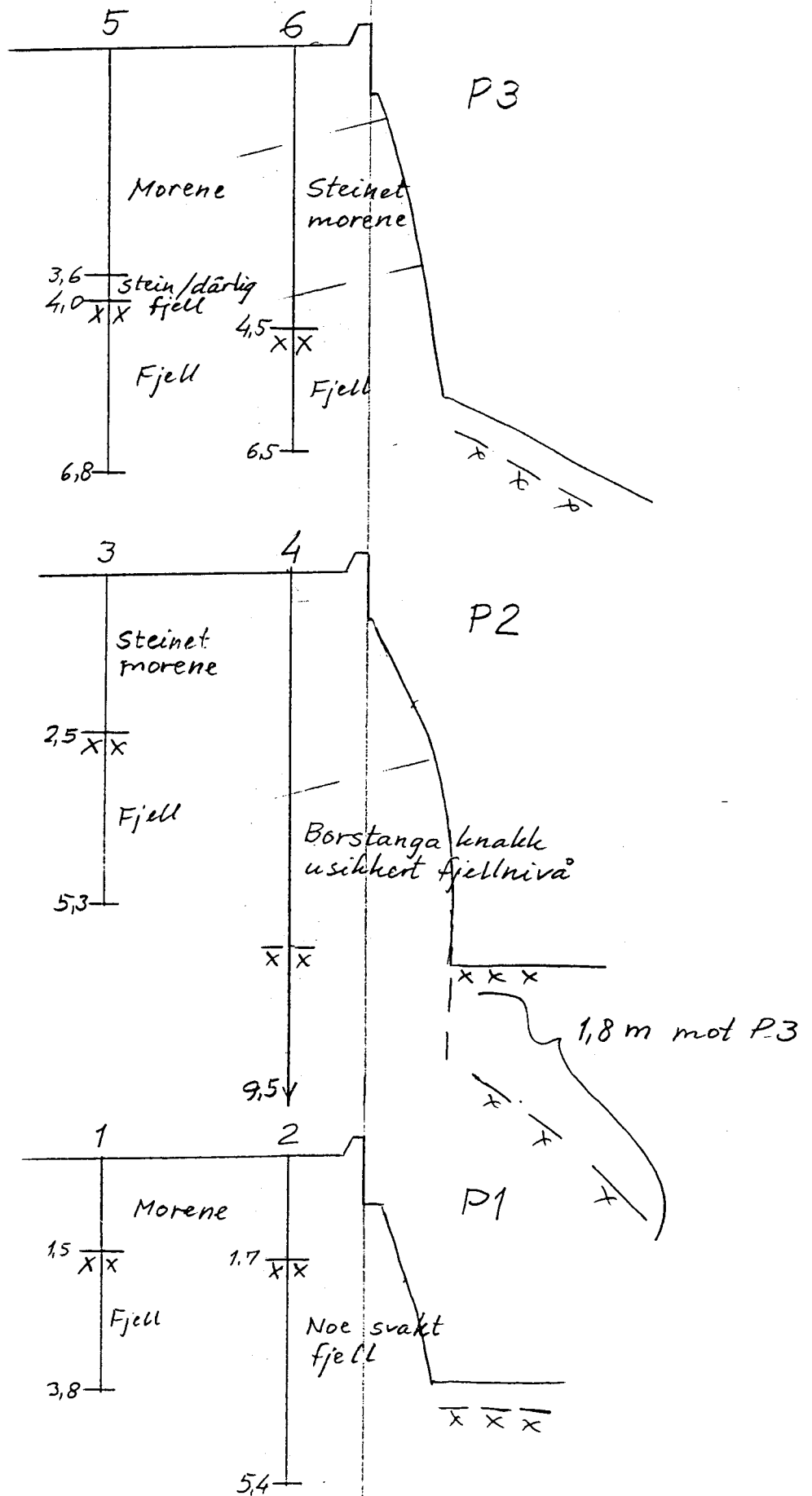
FV58 VASSENDEN - JARHAUG, MUR P.630-750 PRØVEBELASTNING AV STAG

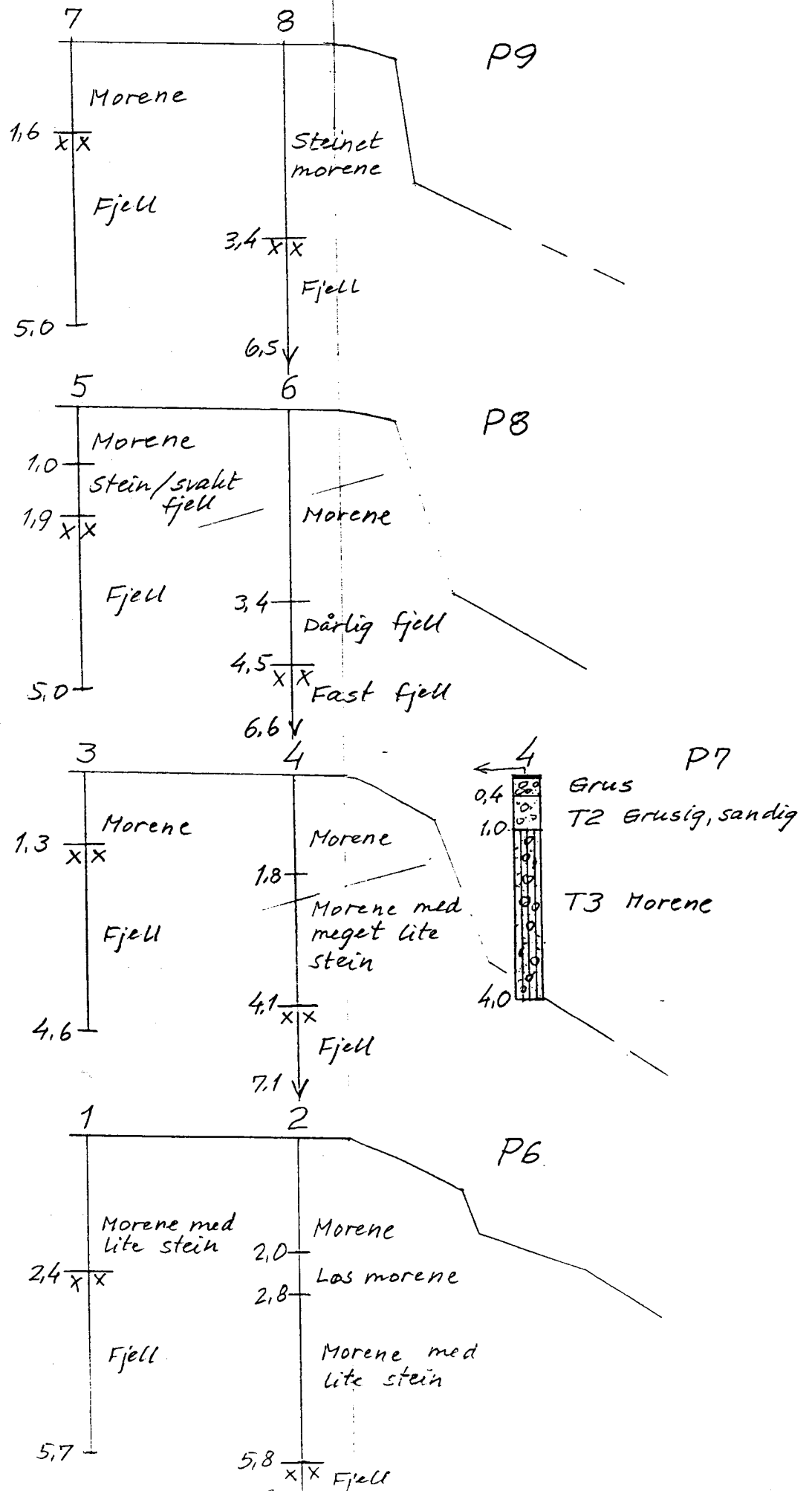
Staga ble bare lasta opp til 9 tonn pga lekkasje i jekken. Tabellen nedenfor viser deformasjoner i mm fra det belastningsnivå deformasjonene ble målt fra.

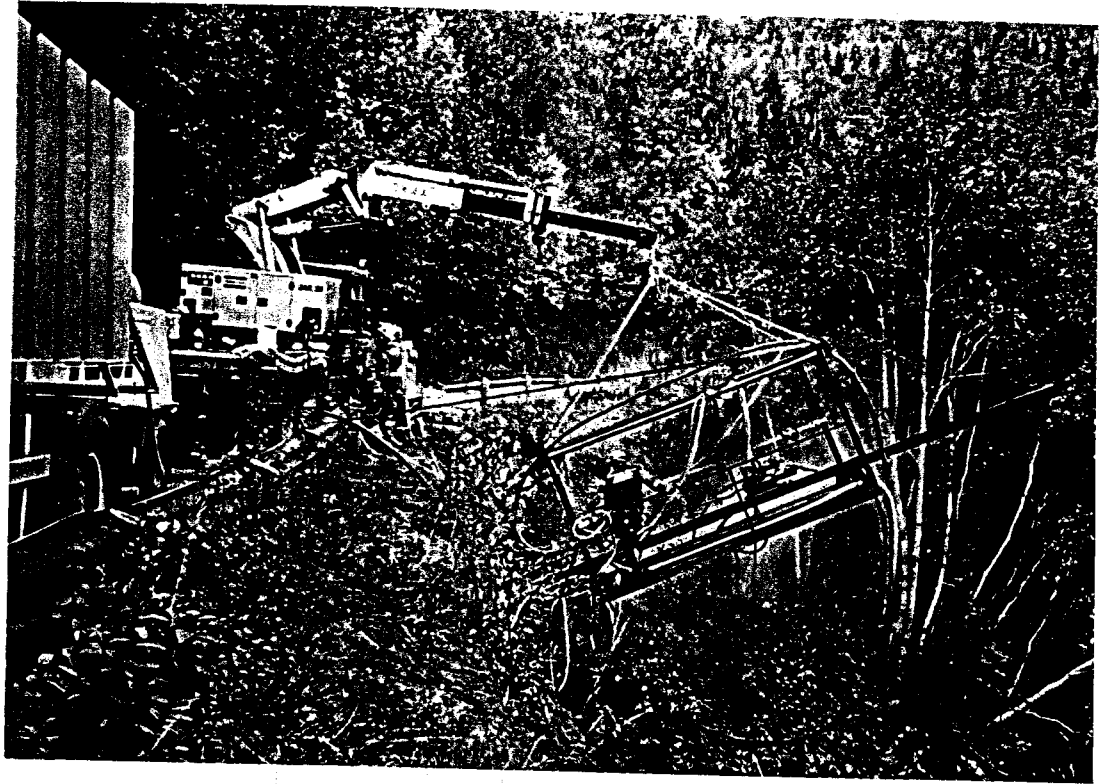
Beliggenhet av stag/ Belastning	P.688 Øverste rad	P.689 Nest øverste rad	P.692 Nest øverste rad	P.724 Nest øverste rad	P.731 Nest øverste rad	P.735 Nest øverste rad	P.748 Nest øverste rad
1 t		0	0	0	0		
2 t	0	0,3	1,1	0,8	0,3	0	0
3 t	1,2	0,7	2,0	1,7	1,1	0,3	0,5
4 t	2,0	1,6	3,2	2,5	1,4		1,0
5 t	3,1	1,9	4,2	3,1	2,2	0,8	1,5
6 t	3,5	2,4	5,4	3,5	2,9	1,1	1,8
7 t	3,0 *	2,9	6,8	3,9	3,9	1,3	2,0
8 t	3,1 *	3,4	8,2	4,8	4,8	1,5	2,5
9 t	3,1 *	4,1	9,6	5,6	5,7	1,8	2,8
8 t					5,7		
7 t				5,2	5,7		
5 t				4,7	5,0		
3 t				3,8	4,1		
1 t				1,8	3,1		

* Deformasjonsmålingene er unøyaktige pga av bøyning av påskjøtt stagende.

RV255 KVIKNE VED HØGBERGET
 Mur ved Høgberget km 10,65 - Profiler

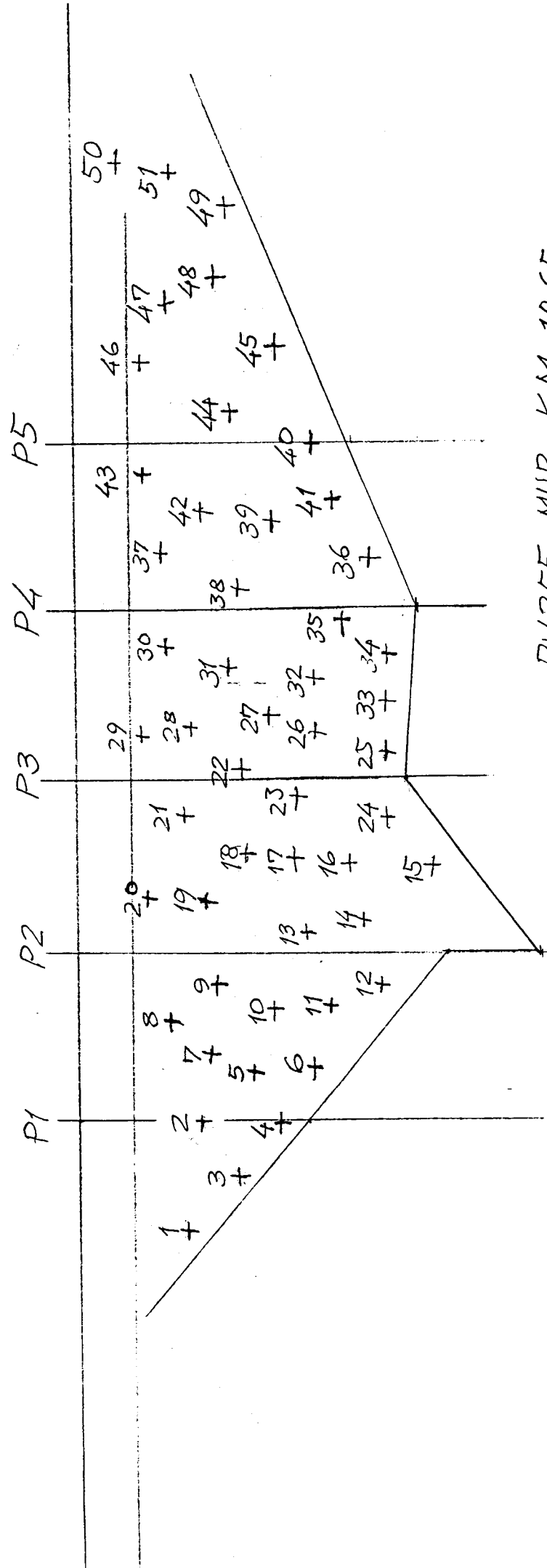






Mur km 11.4





RV255 MUR KM 10,65

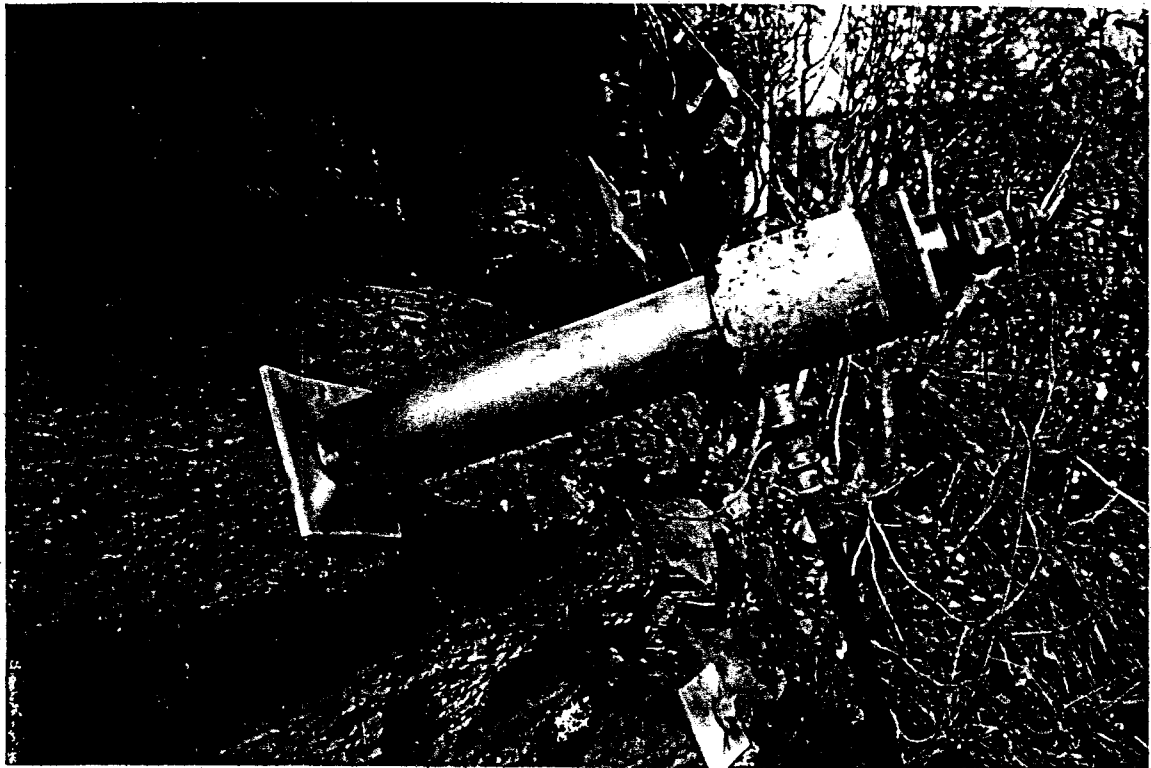
Stagplasserung

M = 1:100

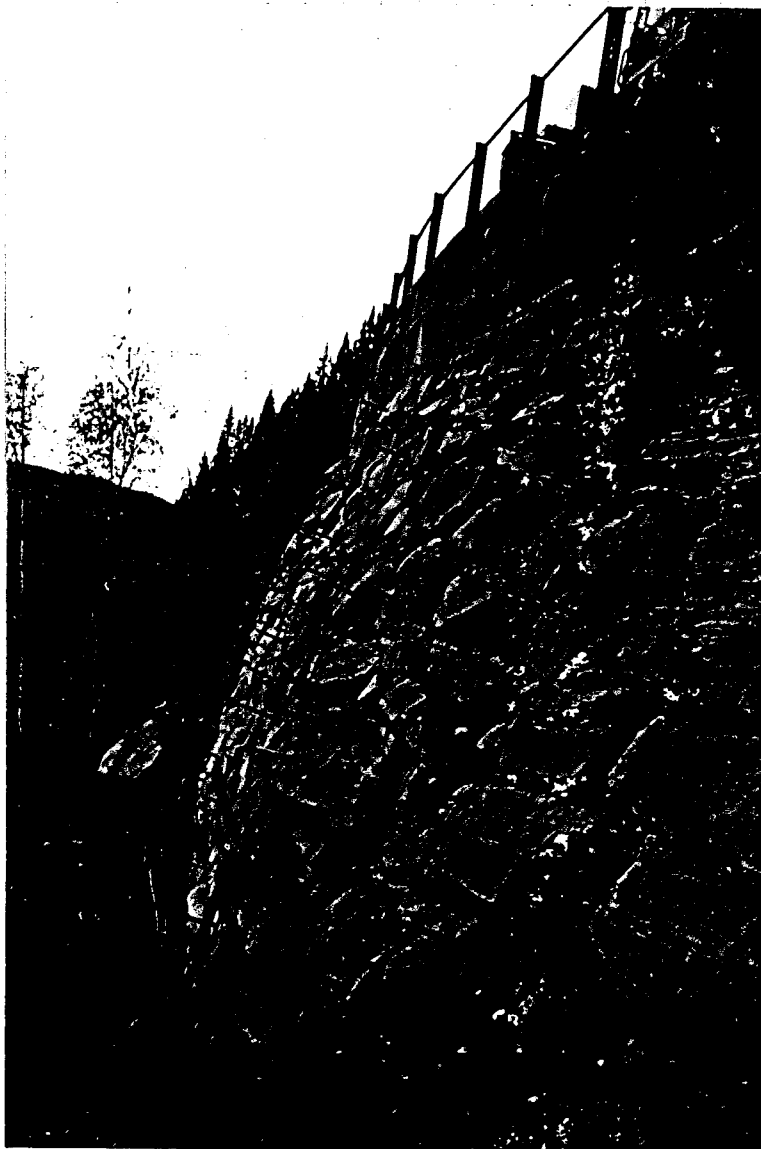
16.9.97. EMS

RV255 HØGBERGET - Mur ved km 10,65 - Staglengder

Nr	Ca dybde til fjell (m)	Staglengde m	Nr	Ca dybde til fjell (m)	Staglengde m
1	1	3	31		4
2	1	4	32	3	5
3	1	3	33	2	4
4	1	3	34	2	4
5	1	4	35	3	5
6	1	3	36	2	4
7	3	5	37		4
8	4	4	38		4
9		4	39		4
10	4	4	40		4
11	2	5	41	3	6
12	2	4	42		4
13	4	6	43		4
14	3	6	44		4
15	1	4	45		4
16	3	5	46		4
17	4	6	47		4
18		4	48		4
19		4	49		4
20		4	50		4
21		4	51		4
22		4	52		
23	3	6	53		
24	1	4	54		
25	1	4	55		
26	2	5	56		
27		4	57		
28		4	58		
29		4	59		
30		4	60		



Prøvetrekking



Mur km 10,65

Før påsetting
av stoppskive
og mutter

RV 255

Høgberget, Kvikne

Bilag 10



Otta trafikkstasjon v/ G.R. Sandvik

Dato
1997-12-23
Vårt ark.nr.

Saksbehandler - innvalgsnr.
Erik Sloreby - 61 27 14 87

Erik Sloreby

ToH

RV255 MURER VED HØGBERGET, PRØVETREKKING AV STAG

Prøvetrekkinga er utført med boltejekk med mothold mot de steinene som staga er bora inn gjennom. Relative deformasjoner ble målt. Men innpressing av steinene og stukning av stoppskiver og rør, som ble brukt som mothold mot steinene, gjør at de målte deformasjonene ble større enn deformasjoner av staget. Data fra prøvetrekkinga er lista opp i tabellene nedenfor. Oversikt over stagplasseringer og registreringer under installasjon av prøvetrekte stag er vedlagt.

Mur km 10,65

Stag nr.	Strekraft	Deformasjon mm	Anmerkning
8	12 t	1-2	
26	12 t	10	Mursteinen ble trykt inn
33	13 t	2	
34	13 t		
35	9,5 t		Muren ble trykt inn. Avsluttet ved 9,5 t

Mur km 11,4

Stag nr.	Strekraft	Deformasjon mm	Anmerkning
21	12 t		
22	11 t	13	Inntrykning av mur og stukning
23	12 t	4	Stukning av mothold og inntrykning
28	7,5 t		
34	12 t	1	
41	12 t	5	Stukning av mothold og inntrykning

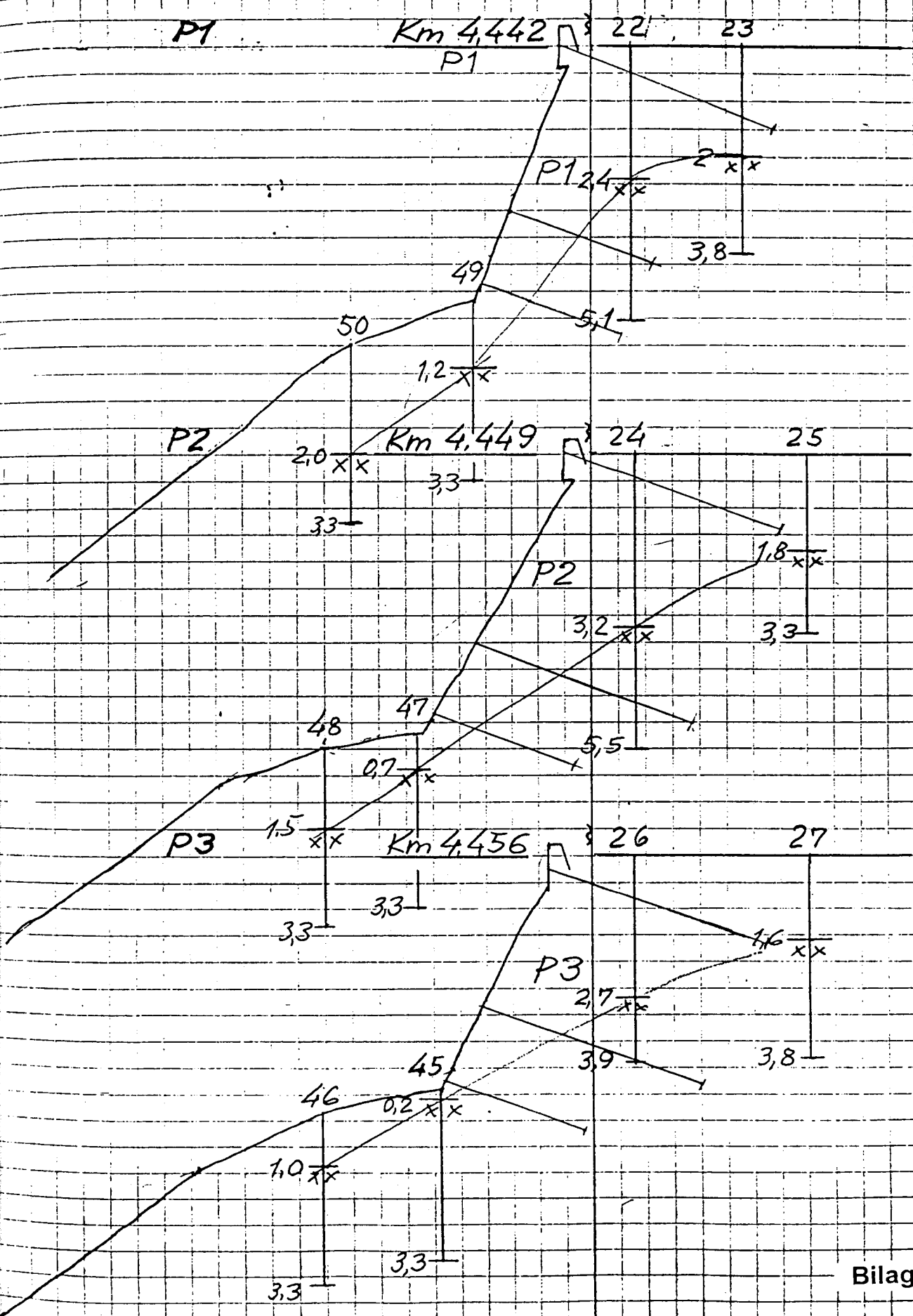
Konklusjon

Alle stag hadde tilfredstillende forankring. Deformasjonene av staga var i størrelsesorden 1 mm.

E 16 BAGN - BJØRGD KM 4,442 - 4,470

PROFILER M=1:100

Rektverkt





E16 Bagnskleiva. Stagforankring av mur.

E16 BAGNSKLEIVA KM 4,4-4,5

BORLOGG FOR STAGFORANKRING

Stag nr	Boredato Signatur	Boring i dybder fra - til Apne masser	Jord / stein	Fjell	Total inboringslengde	Forankrings -lengde
1	4-11 98	-	0 - 2,6	3,6 - 4,5	4,5	1,7
2	-	-	0 - 1,2	1,2 - 3,0	3,0	1,8
3	-	-	0 - 1,5	1,5 - 3,0	3,0	1,5
4	-	-	0 - 1,4	1,4 - 3,0	3,0	1,6
5	-	-	0 - 1,4	1,4 - 3,0	3,0	1,6
6	-	-	0 - 1,7	1,7 - 3,0	3,0	1,3
7	-	-	0 - 1,5	1,5 - 3,0	3,0	1,5
8	-	-	0 - 1,8	1,8 - 3,0	3,0	1,6
9	-	-	0 - 0,8	0,8 - 2,5	2,5	1,7
10	-	-	0 - 1,0	1,0 - 3,0	3,0	2,0

Σ 31,0 M

Stag nr	Merknad
1	Injeksjons mengde: 120 kg
2	60 kg
3	60 kg
4	60 kg
5	60 kg
6	40 kg
7	80 kg
8	80 kg
9	60 kg
10	60 kg

Σ 1000 kg