

Intern rapport nr. 1852

Rv. 4 Gjøvik

Støttekonstruksjon i armert jord

Langtidsmålinger



Februar 1996

Veglaboratoriet

Rv. 4 Gjøvik Støttekonstruksjon i armert jord Langtidsmålinger

Sammen drag

I forbindelse med omlegging av Rv. 4 gjennom Gjøvik ble det høsten 1990 bygget en støttemur av armert jord mot Hunnselva bak Hunton bruk. Konstruksjonen ble bygget med frontpaneler av armert betong og armeringsbånd av galvanisert stål. Støttemuren er 12 m høy og er den høyeste vertikale støttemuren av armert jord som hittil er bygd i Skandinavia.

Denne rapporten tar for seg montering av utstyr for måling av horisontal deformasjon, strekkrefter i armeringsbåndene og jordtrykk.

Rapporten viser måleresultater frem til januar 1996.

Målt horisontalt jordtrykk ligger vesentlig lavere enn aktivt jordtrykk.

Maksimal horisontal deformasjon er 14 mm i toppen av muren (målt i januar 1996).

Emneord: *Geoteknikk, jordarmering, støttemur, jordtrykk, spenninger, deformasjon, temperaturer*

Seksjon: *Geologi- og geoteknikkontoret*

Saksbehandler: *Jan Vaslestad / Tor Helge Johansen, Veglaboratoriet*

/TRA

Dato: *Februar 1996*

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Veglaboratoriet

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

Innhold

1	Orientering	4
2	Instrumentering, installasjon	4
	2.1 Inklinometer	4
	2.2 Streklapper	7
	2.3 Jordtrykkceller	12
3	Måleresultater	15
	3.1 Strekkraft i armeringen	15
	3.2 Jordtrykk	17
	3.3 Deformasjon	19
4	Referanser	21
5	Vedlegg	

FIGURER

- Fig. 1 Plassering av inklinometerkanal med høyder
- Fig. 2 Vanlig utførelse av en strekkklapp
- Fig. 3 Plassering av strekkklapper på stålstrips
- Fig. 4 Kobling av strekkklapper
- Fig. 5 Plassering av strekkklapper og strips i konstruksjonen
- Fig. 6 Plassering av jordtrykkceller
- Fig. 7 Målte strekkrefter i stålstrips (fylling ca. topp mur og ferdig fylling)
- Fig. 8 Målte strekkrefter i øverste stålstrips (fra montering til jan. 96)
- Fig. 9 Målte strekkrefter i midterste stålstrips (fra montering til jan. 96)
- Fig. 10 Målte strekkrefter i nederste stålstrips (fra montering til jan. 96)
- Fig. 11 Målte horisontale jordtrykk
- Fig. 12 Målte vertikale jordtrykk
- Fig. 13 Horisontal forskyvning pr. 17.01.96

BILDER

- Bilde 1 Strekkklapper limt til stålstrips
- Bilde 2 Strekkklapper dekket med aluminiumslaminat
- Bilde 3 Beskyttelse av strekkklapper med silikon og krympestrømpe
- Bilde 4 Nedre strips med strekkklapper etter montering
- Bilde 5 Jordtrykkceller nærmest frontpanel

VEDLEGG

- 1 Jordtrykk 0,4 og 2 m bak mur i kote 138
- 2 Jordtrykk og temperatur 0,4 m bak mur i kote 141
- 3 Jordtrykk og temperatur 2 m bak mur i kote 141
- 4 Jordtrykk og temperatur 0,4 m bak mur i kote 144
- 5 Jordtrykk og temperatur 2 m bak mur i kote 144
- 6 Horisontal forskyvning mot Hunnselva i tidsrommet nov. 90 - jan. 96
- 7 Horisontal forskyvning langs Hunnselva i tidsrommet nov. 90 - jan. 96

1 Orientering

I forbindelse med omlegging av Rv. 4 gjennom Gjøvik ble det høsten 1990 bygd en støttemur av armert jord.

Muren er ca. 85 m lang og er på det høyeste 12 m.

Dette var den gang den høyeste konstruksjonen av armert jord som var oppført i Norge og det ble besluttet å følge opp anlegget med diverse målinger.

Denne rapporten tar for seg montering av utstyr til måling av jordtrykk, horisontal deformasjon og strekkrefter i armeringsstripsene.

For å øke løsmassers evne til å oppta strekkrefter kan disse økes ved å legge inn strekkarmering av f.eks. stål- eller geotekstilprodukter. I Gjøvik ble det benyttet et system med prefabrikerte betongelementer i front som ble "armert" med galvaniserte stålstrips.

Dette er Reinforced Earth Company's system for støttekonstruksjoner av armert jord.

Arbeidet ble utført av mannskap fra Oppland fylkes vegvesen, bruseksjonen, etter først å ha vært ute på anbud (såkalt "egen regi kalkyle prosjekt").

2 Instrumentering, installasjon

2.1 Inklinometer

For å kunne måle horisontalforskyvning i konstruksjonen ble det montert en inklinometerkanal like bak betongelementene ca. i profil 8205.

Inklinometeret består av en målevogn som senkes ned i et firkantør ved hjelp av en kabel. I andre enden av kabelen tilkobles et avlesningsinstrument.

1. måling blir utført på nærmeste 0,5 m fra bunnen. Videre blir det foretatt målinger for hver 0,5 m inntil rørtoppen er nådd.

Selve måleren registrerer vinkelen mellom det plan målerens hjul befinner seg på og vertikalplanet. Samme måleoperasjon blir utført i kanalens 4 hjørner (eller sider) og man får således 4 separate avlesninger i hver måledybde.

Om det registreres i hjørnene eller sidene kommer an på hvilken type målevogn som blir benyttet.

MONTERING AV INKLINOMETERKANAL

Det ble bestemt å montere inklinometerkanalen ca. 20 cm bak sålefundamentet til frontpanelene. Til kanal ble benyttet aluminium firkantør, 50 x 50 mm ytre tverrsnitt og med 3 mm vegtykkelse. Da det var ventet svært liten horisontalbevegelse i konstruksjonen, ble det benyttet en kanal som ble skjøtet sammen av 50 cm lange rør. Dette fordi at bevegelsene i kanalen blir opptatt i skjøtene, og en kanal med mange skjøter vil derfor være langt mer fleksibel enn

en kanal bestående av f.eks. 1,5 m lange lengder.

Arbeidet startet da 1. rekke med frontpaneler var kommet på plass oppe på fundamentsålen.

Det ble laget et ca. 1 m dypt hull til kanalen. Den ble så satt nedi med ene hjørnet orientert mot frontpanelet etter først å ha blitt påmontert en spiss i nedre ende og påskjøtet 2 lengder ved hjelp av spesielle skjøtestykker. En hette ble montert på toppen for å hindre fremmedlegemer i å komme ned i kanalen.

Etter hvert som arbeidet med montering av frontpaneler og tilbakefylling skred frem, ble det passet på å skjøte nye elementer til kanalen så toppen til en hver tid befant seg over nivået til fyllingsmassene.

Da montering av frontpaneler var ferdig og tilbakefyllingen var kommet opp til ca. kote 147.05 ble det foretatt en utgangsmåling i kanalens samtlige 4 hjørner.

Plassering av inklinometerkanal med høyder.

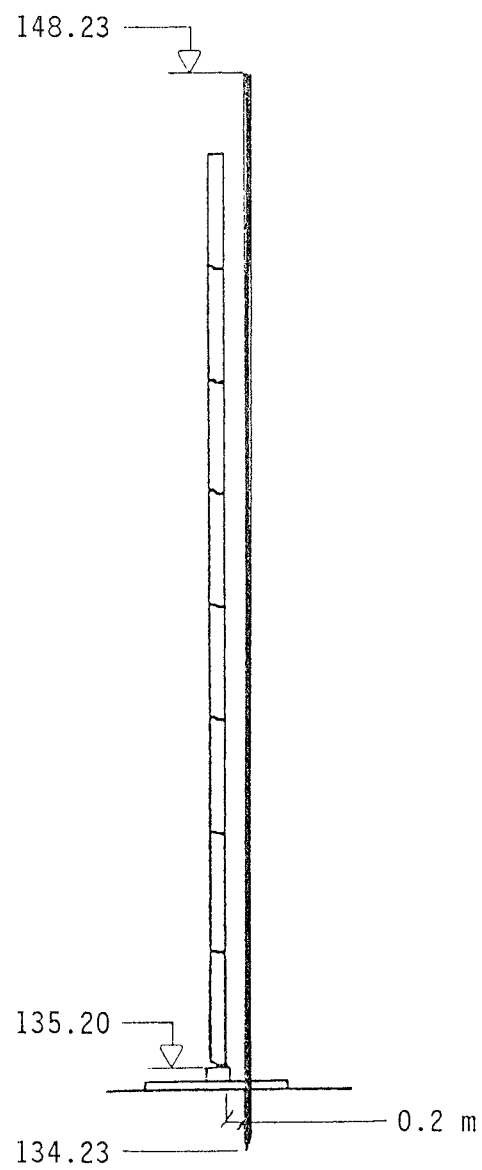


Fig. 1

2.2 Strekkklapper

Til måling av spenninger i stålstripsene ble det bestemt å gjøre forsøk med montering av strekkklapper på 3 strips i et snitt i konstruksjonen.

Selve målemetoden for en strekkklapp bygger på at resistansen (motstanden mot elektrisk strøm i en leder) for en metalltråd eller et annet ledende materiale forandrer seg ved forlengelse og forminskning. Fig. 2 viser en vanlig utførelse av en strekkklapp.

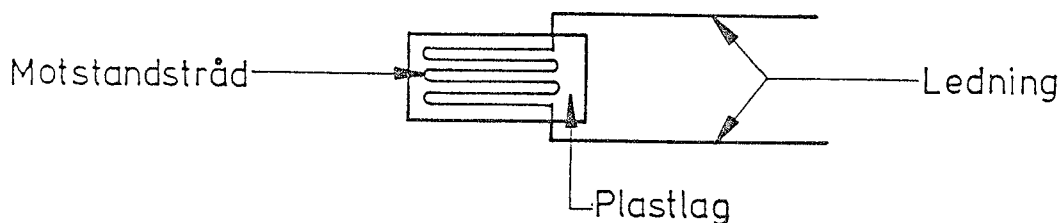


Fig. 2

Motstandstråden er laget av tynn metallfolie som er produsert ved en fotoetsende teknikk av en folie som er 3 - 5 μm tykk eller tvunnet av ledning med diameter 15 - 25 μm .

Denne folien ligger mellom 2 plastlag og er den aktive delen av lappen.

Plasten blir så limt til underlaget og motstandstråden vil få samme lengdeendring som dette.

Forandringen av resistansen måles med en Wheatstone bro.

Montering av strekkklapper

Det skulle måles strekk i 3 armeringsstrips i 3 nivåer i konstruksjonen, tilsammen 20 målepunkt.

SINTEF SI's Måleteknisk Senter (dengang Senter for Industriell Forskning) ble kontaktet for valg av strekkklapptype, plassering, samt valg av skjøteledning.

For måling av strekk i stripsene ble følgende løsning valgt, se fig. 3.

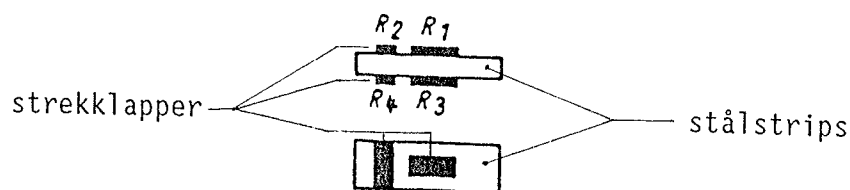


Fig. 3

Denne strekkklapptypen hadde 2 gitter (på langs og tvers av stripsene). Dette ville redusere limingen til halvparten.

Når disse kobles på en spesiell måte kan vi lese av strekkrefter i stripsene. Momenter i form av bøyning og vridning, samt temperaturendringer, vil da være eliminert, se fig. 4.

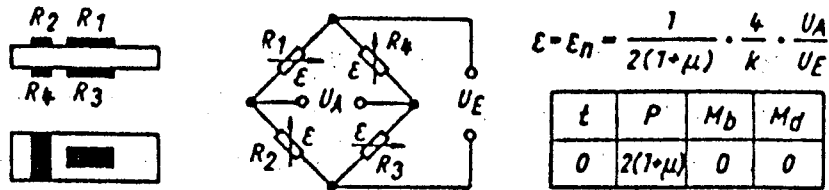


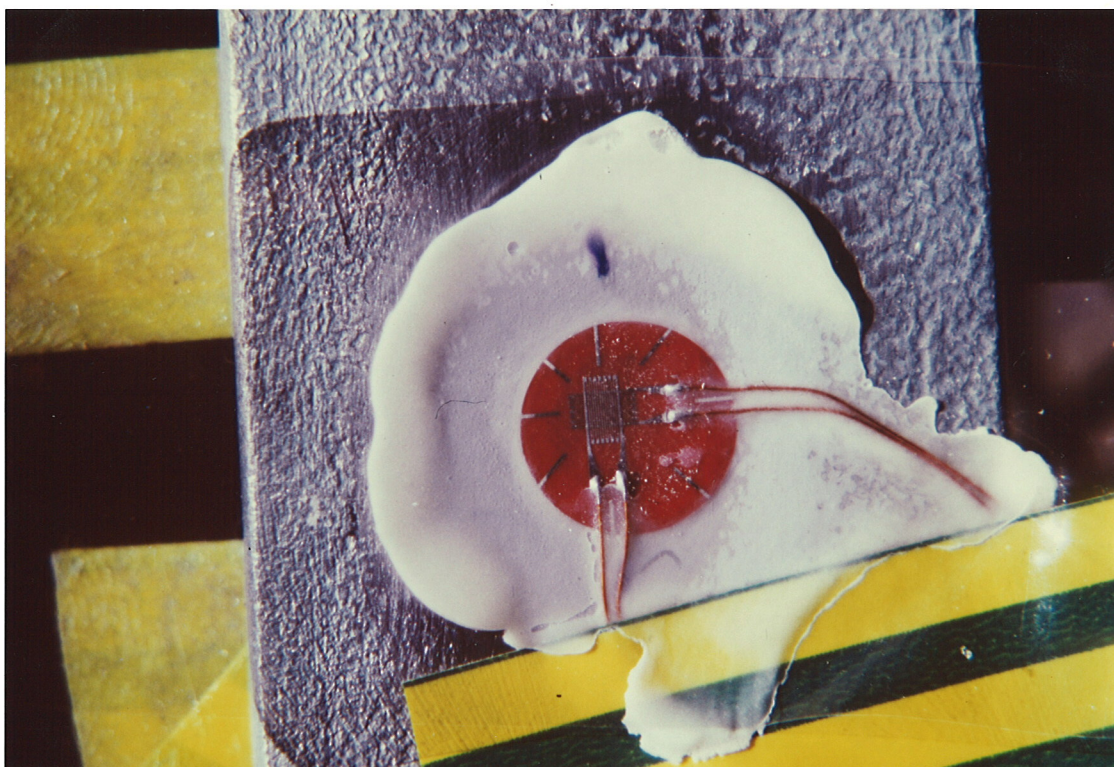
Fig. 4

Måleteknisk lab. ved Veglaboratoriet var behjelpelig med kobling av strekkklappene, samt kobling til ledninger og beskyttelse av disse.

Alt dette arbeidet ble utført i en lagerhall som bruseksjonen i Oppland hadde stående i nærheten av anleggsplassen. De 3 stripsene ble transportert hit og vi kunne ta fatt på den praktiske delen av jobben uten å være avhengige av værforholdene.

Det skulle monteres henholdsvis 5, 7 og 8 målepunkter på de 3 stripsene avhengig hvor i konstruksjonen de skulle plasseres.

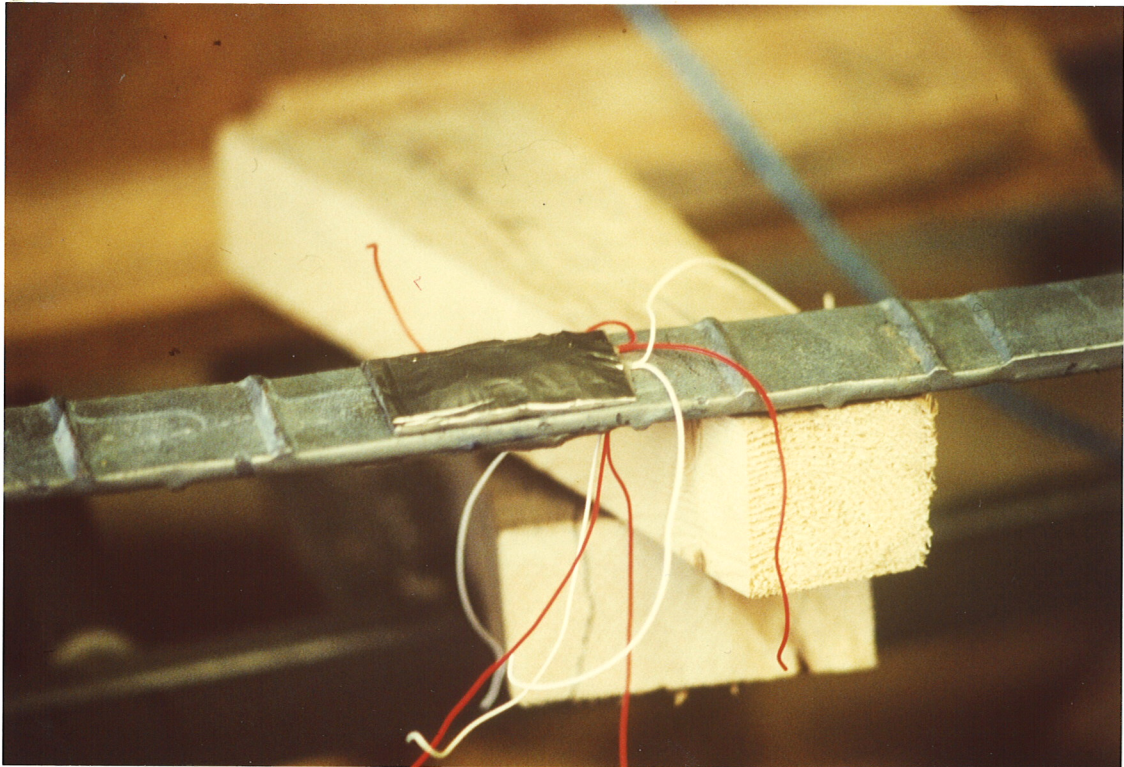
Punktene ble markert på stripsene og fjerning av sinkbelegget kunne ta til. Til dette ble benyttet grov og fin smergel og deretter grovt og fint sandpapir til vi oppnådde å ha en fin og glatt ståløverflate. Deretter ble flatene rengjort med rensvæske. Strekkklappene ble så omhyggelig plassert (på langs og vinkelrett midt på stripsene) og ledningene til disse tapet fast. Lappene ble deretter løftet opp fra stripsene og hurtigherdende lim smurt på metallet. Lappene ble så brettet tilbake i sine riktige posisjoner og trykt hardt mot metallet i ca. ett minutt til limet var herdet, se bilde 1.



Bilde 1

Strekklappene ble deretter beskyttet mot ytre påvirkning ved å klemme gummikitt over og rundt lappene. Oppe på denne ble det så plassert et aluminiumslaminat med et ca. 3 mm tykt kittbelegg på undersiden.

Ledningene fra lappene ble kappet i passende lengder, se bilde 2, og avisolert i enden. Disse ble loddet til ledninger av typen PPOP 0,35 mm² som på forhånd var kappet i passende lengder så de ville nå frem til fremtidig måleskap. Et plastrør av typen telerør 28/22 mm var tredd utenpå disse for mekanisk beskyttelse. Loddingspunktene ble isolert ved hjelp av krympestrømper. Deretter ble nok en krympestrømpe tredd utenpå både strekklapper og koblingspunkt. Silikon ble pumpet inn og strømmen varmet opp slik at den krympt seg både rundt lapper og koblingspunkt, se bilde 3.

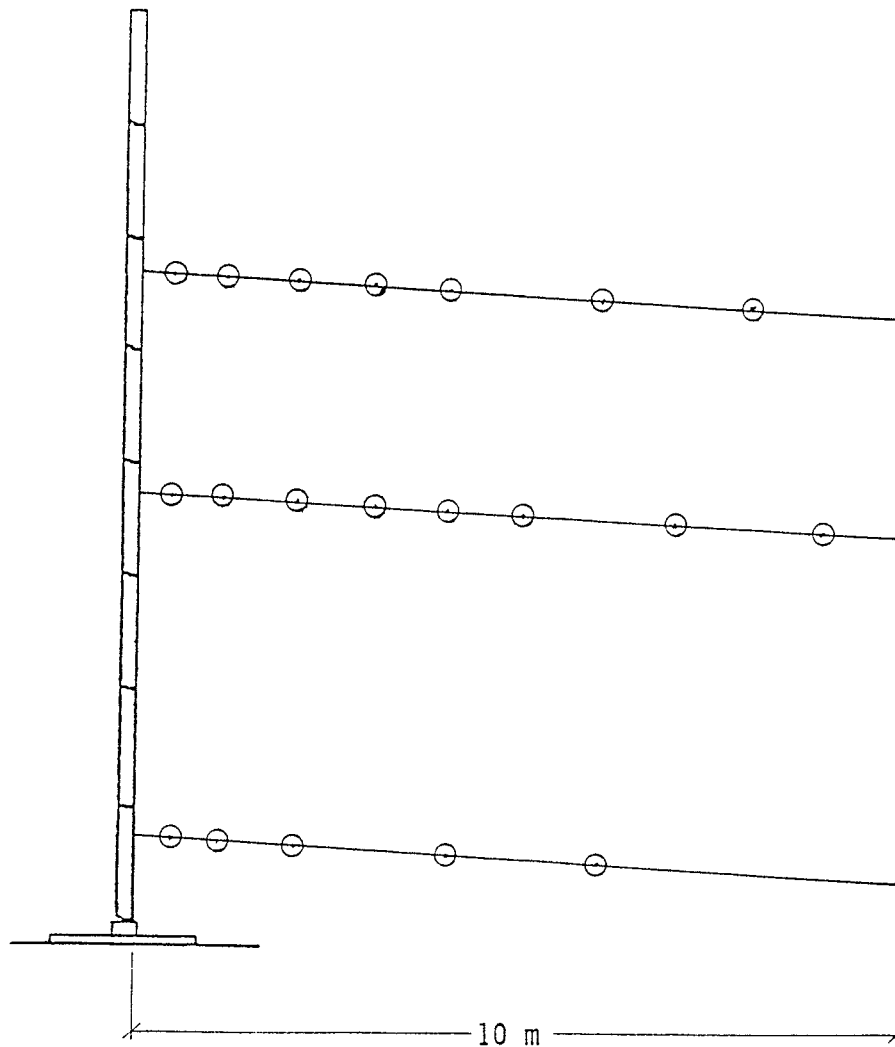


Bilde 2



Bilde 3

Skisse over strekklassplassering

*Fig. 5*

Strips med ledninger og beskyttelsesslanger ble så transportert til anlegget etter hvert som tilbakefyllingen var kommet opp til ønsket nivå.

Umiddelbart etter at stripset var festet til frontpanelet ble det foretatt en avlesning av strekklassene. For ettertiden ble denne avlesningen benyttet som 0-verdi for senere avlesninger etter hvert som belastningen kom på stripsene.

Ved siden av bakerste målepunkt i det øverste stripset, 8 m bak festepunktet til frontpanelet, ble det lagt inn et ca. 10 cm langt strips inneholdende ett målepunkt. Dette ble gjort for å kontrollere om det ble endringer i avlesningene på en ubelastet strekklass (såkalt dummy).



Bilde 4

Nederste strips med strekkklapper umiddelbart etter montering.

2.3 Jordtrykceller

For å måle vertikalt og horisontalt jordtrykk bak frontelementene ble det vedtatt å montere 12 stk. jordtrykceller av typen Gløtzl.

Disse cellene fungerer etter hydraulisk prinsipp ved at det pumpes olje inn i en tilløpsslange. Når dette trykket overskrider trykket mot celleveggene åpner en membran og oljen vil strømme tilbake til oljepumpa via en returslange. Trykket registreres på et manometer som sitter på oljepumpa.

Montering av gløtzlceller

Gløtzlcellene ble montert da tilbakefyllingen var i høyde med 2., 4. og 6. frontelement ca. 40 og 200 cm bak elementene. 4 celler ble plassert i hvert nivå, 2 til måling av vertikaltrykk og 2 til måling av horisontaltrykk, se bilde 5.

Tilbakefyllingsmassene besto i denne sonen av pukk så det ble benyttet et tynt lag med finsand under, over og rundt cellene for å beskytte dem mot skarpe steiner etc. Deretter ble pukk tilbakefylt over og rundt cellene og det hele komprimert på best mulig måte. Alle slanger, som på forhånd var blitt tredd inn i telerør, ble ført bakover i fyllingen og opp langs bakkant av gropa for å monteres i fremtidig måleskap nær vegkant for fremtidig Rv. 4.

Det ble lagt ned temperaturmålere ved 4 av cellene.



Bilde 5

Jordtrykkceller nærmest frontpanel.

Plassering av Gløtzceller.

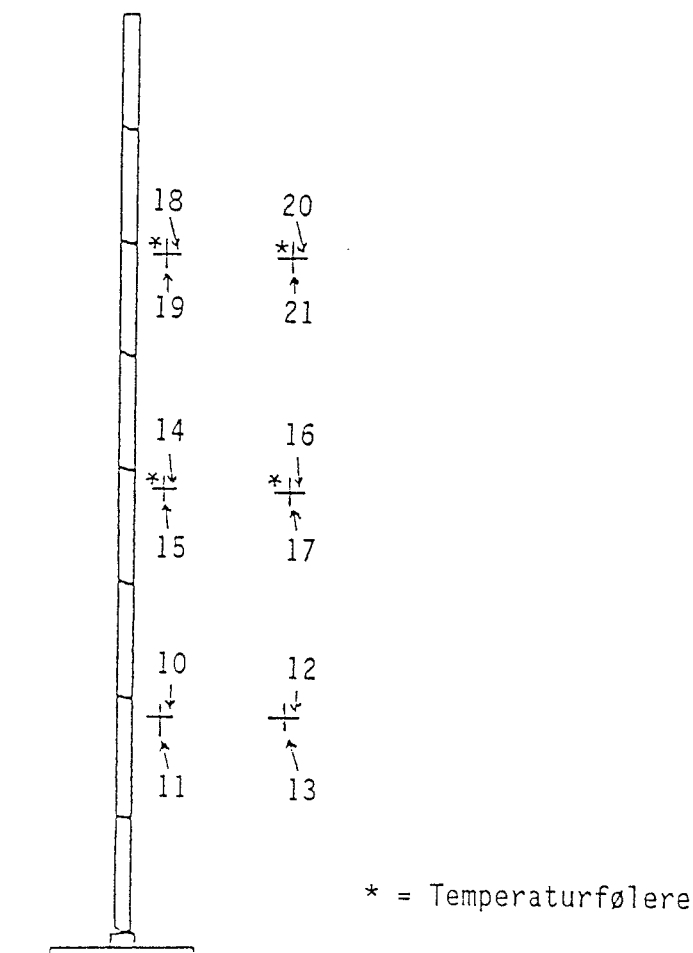


Fig. 6

Det ble foretatt en avlesning av hver enkelt celle umiddelbart etter montering for å sjekke at verdiene stemte med cellenes 0-verdi.

Oversikt over Gløtzceller.

CELLE NR.	KOTEHØYDE	AVST. BAK PANEL	H.- ELLER V. TRYKK
10	137.98	0.42 m	Vertikaltrykk
11	138.01	0.32 m	Horisontaltrykk
12	137.98	2.01 m	Vertikaltrykk
13	138.03	1.99 m	Horisontaltrykk
14	141.03	0.45 m	Vertikaltrykk
15	141.03	0.33 m	Horisontaltrykk
16	140.98	2.12 m	Vertikaltrykk
17	140.97	2.05 m	Horisontaltrykk
18	144.04	0.45 m	Vertikaltrykk
19	144.02	0.38 m	Horisontaltrykk
20	144.06	2.05 m	Vertikaltrykk
21	144.04	2.07 m	Horisontaltrykk

3 Måleresultater

3.1 Strekkraft i armeringen

På grunnlag av strekkloppmålinger er oppredende kraft i armeringen tegnet opp for to fyllingsnivåer. Ca. topp mur og ferdig fylling for Rv. 4 se fig. 7.

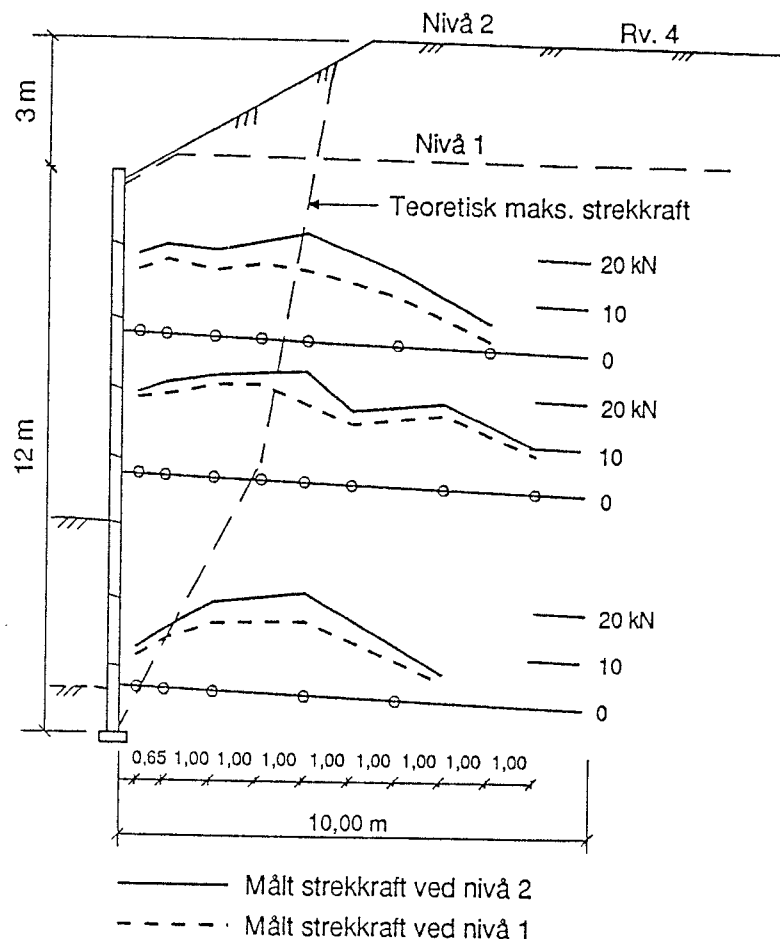


Fig. 7

Målt strekkraft i armeringen.

Linje for teoretisk maksimal strekkraft er stiplet inn på figuren. Med unntak av øverste strips ligger de målte maksimalverdiene noe lengre bak denne linjen.

Fig. 8 - 10 viser utviklingen med økt tid.

Gjøvik , Strekkklappmålinger øverste strips

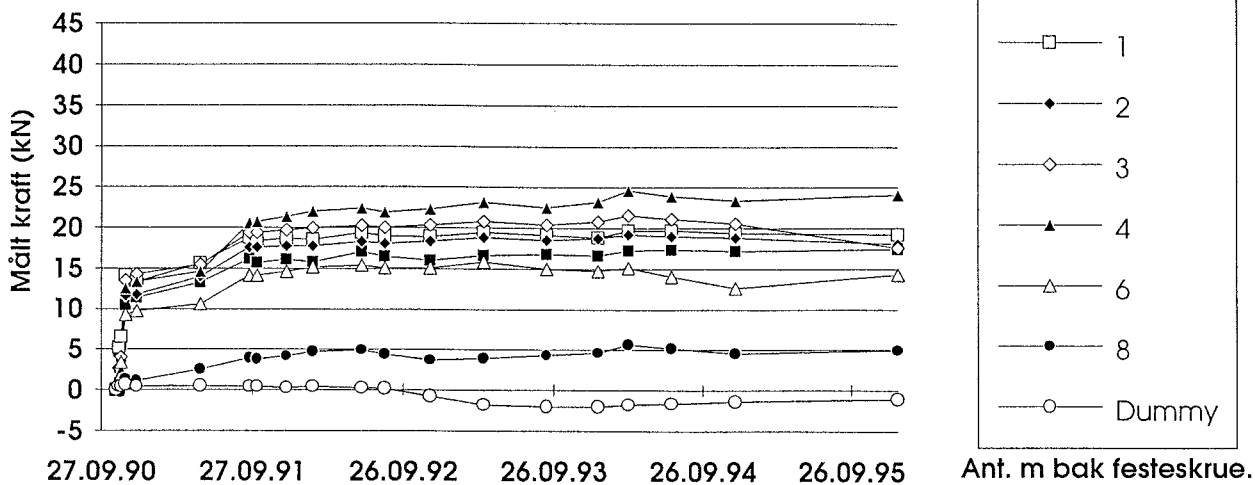


Fig. 8

Gjøvik , Strekkklappmålinger midterste strips

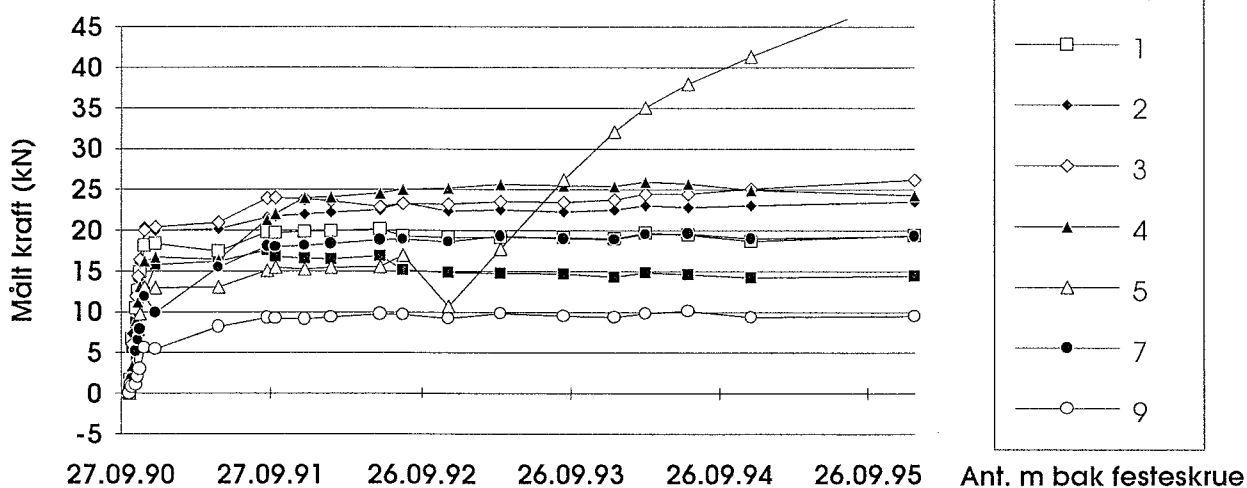


Fig. 9

Gjøvik , Strekkklappmålinger nederste strips.

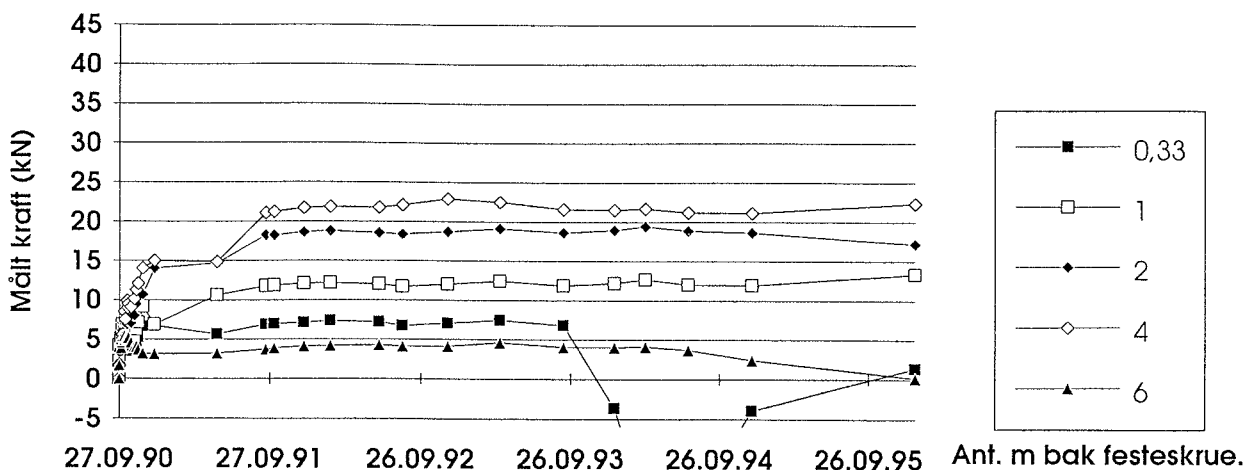


Fig. 10

På de drøyt 4 årene etter at konstruksjonen ble tatt i bruk er det med unntak av en strekkklapp svært liten endring i målt kraft.

Denne måleren (5 m bak panel på midterste strips) har imidlertid oppført seg litt merkelig helt fra starten. Frem til våren 93 viser den mindre trykk enn forventet. Fra da og frem til siste avlesning har den steget jevnt oppover (49,2 kN ved siste måling).

Sammenligning mellom målt og beregnet strekkraft i armeringen.

Avstand fra frontpanel	Bruddkraft R	Beregnet dimensjonerende strekkraft T_2	Målt strekkraft
m	kN	kN	kN
0,33	69,3	26,5	17,6
1,0	69,3	26,5	20,2
2,0	69,3	26,5	23,5
3,0	69,3	26,5	26,2
4,0	69,3	26,5	26,0

Den målte maksimale strekkraften er noe lavere enn den beregnede. Strekkraften ved panelet er 67 % av den maksimale som opptrer 3 m bak panelet. (Ser bort fra målingen 5 m bak frontpanel.)

Målte verdier er fra midterste stripset.

3.2 Jordtrykk

Resultater fra måling av det horisontale jordtrykket er vist i fig. 11.

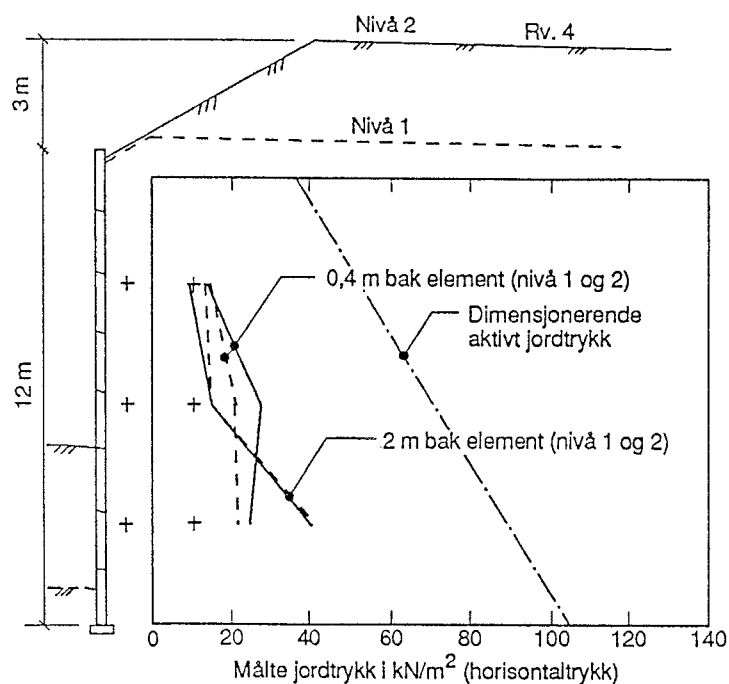


Fig. 11

Horisontalt jordtrykk.

Det målte jordtrykket ligger betydelig lavere enn dimensjonerende aktivt jordtrykk. Dette trykket er stippet inn på fig. 11.

En av årsakene til dette er at massene "henger" igjen på frontpanelene. Det oppstår dermed friksjon mellom frontpanelene og bakfyllmassene som reduserer jordtrykket.

Resultater fra måling av det vertikale jordtrykket er vist i fig. 12.

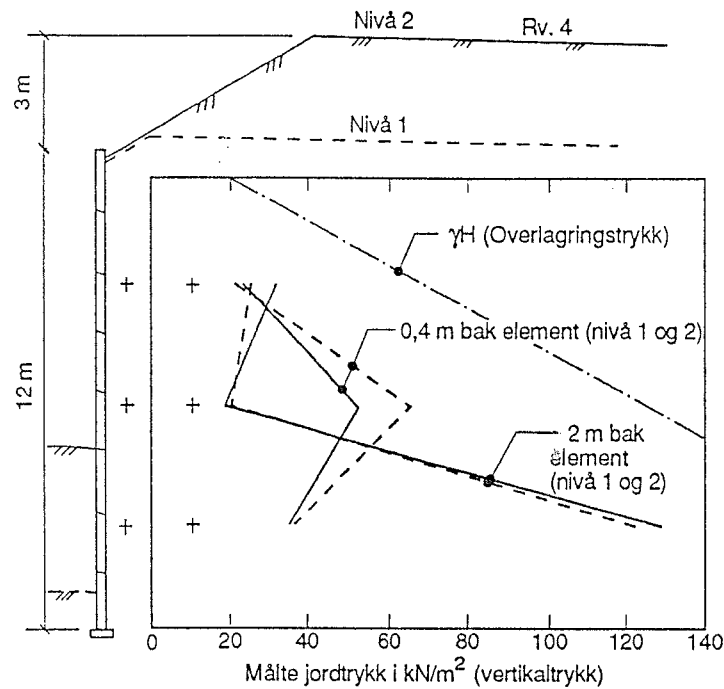


Fig. 12

Vertikalt jordtrykk.

Overlagringstrykket er stippet inn på fig. 12.

Det målte jordtrykket er noe uregelmessig og lavt.

Dette kan skyldes forskjellig komprimering og effekten med friksjon mellom frontpanelene og bakfyllmassene.

Jordtrykket ved de 12 gløtzcillene er registrert i perioden fra montering i okt./nov. 1990 til januar 1996.

Temperaturen ved de 8 øverste cellene er samtidig målt.

Jordtrykkets og temperaturens variasjon med tiden er vist i vedlegg 1. Det ser ut til å være en viss sammenheng mellom jordtrykket og temperaturvariasjonene, spesielt på celler 0,4 m bak mur.

I perioder med frost ved cellene ser det ut som vi får en øking av horisontaltrykket samtidig som vertikaltrykket avtar. (Særlig markert på vedlegg 2.)

3.3 Deformasjon

Inklinometermålinger:

Horisontalforskyvninger av støttemuren er målt med jevne mellomrom etter installasjon av kanalen høsten 1990 og fram til januar 1996.

Ved tolking av resultatene er det forutsatt at den nedre delen av inklinometerkanalen er fiksert. Som forventet er forskyvningen størst vinkelrett på muren (ut mot elva). Maksimal forskyvning i toppen av muren ved siste måling er ca. 1,4 cm.

Fig. 13 viser forskyvningen vinkelrett på muren pr. 17.01.96.

Relativ forskyvning i forhold til situasjonen ved montering av kanalen er fremstilt i vedlegg 6 og 7. Som det går frem av vedlegg 7 er bevegelsen langs muren minimal.

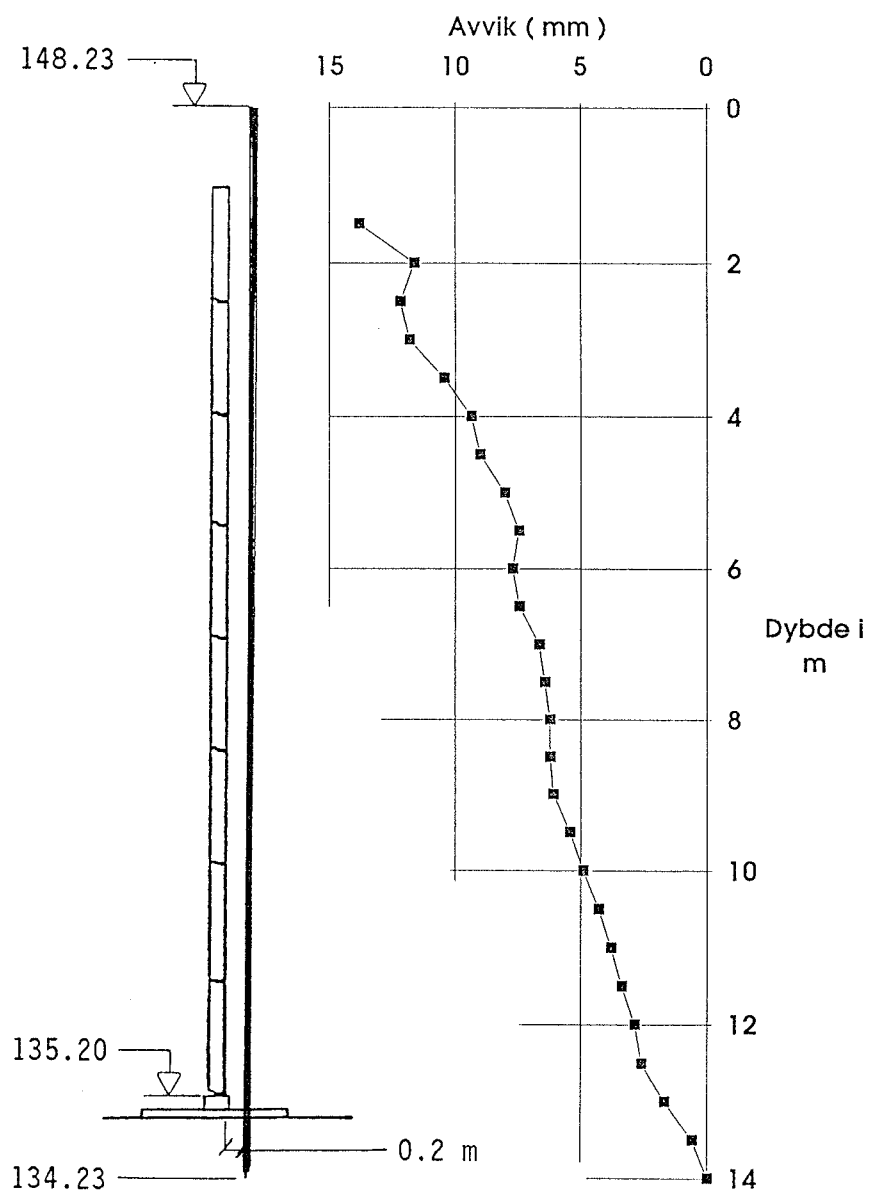


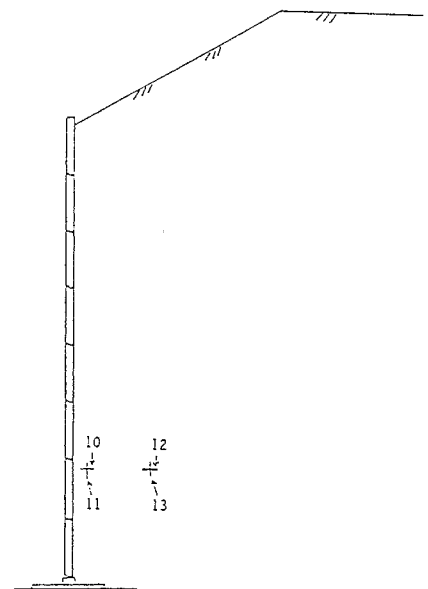
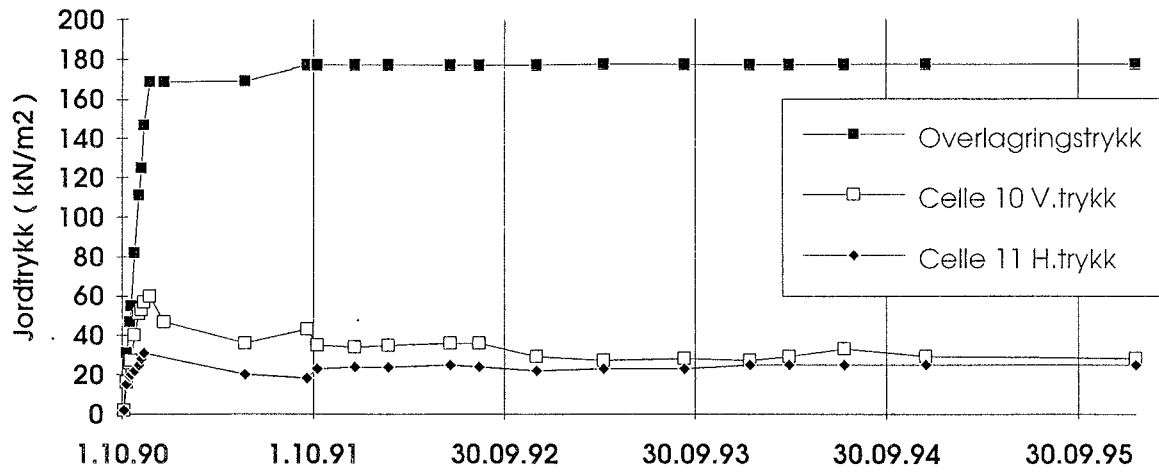
Fig. 13

Horisontal forskyvning pr. 17.01.96

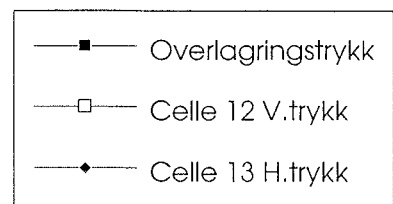
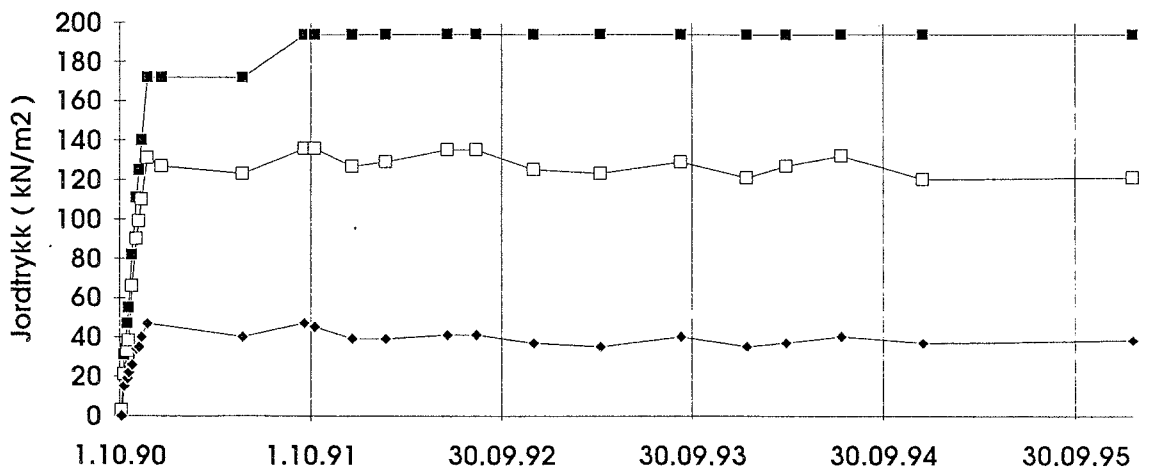
4 Referanser

- Dunnidiff John (1988): "Geotechnical instrumentation for monitoring field performance", John Wiley & Sons, Inc.
- Hanna Thomas H. (1985): "Field instrumentation in geotechnical engineering", Trans Tech Publications
- Johansen Tor H. (1985): Monteringsrapport for jordtrykksmålere og inklinometerkanal. Folefoss. Intern rapport nr. 1252. Veglaboratoriet
- Johansen Tor H. (1986): Monteringsrapport for jordtrykksmålere, inklinometerkanal og testebånd. Roverud. Intern rapport nr. 1262. Veglaboratoriet
- Knutson Åsmund (1986): Presentasjon og diskusjon av måleresultater. Folefoss. Intern rapport nr. 1284. Veglaboratoriet
- Knutson Åsmund (1986): Presentasjon og diskusjon av måleresultater. Roverud. Intern rapport nr. 1295. Veglaboratoriet
- Vaslestad Jan (1993): Stål- og betongelementer i løsmassetunneler. Støttekonstruksjoner i armert jord. Publikasjon nr. 69. Veglaboratoriet
- Wiig Toril (1993): Armert jord ved Roverud. Måleresultater frem til 1993. Intern rapport nr. 1618. Veglaboratoriet
- Wiig Toril (1993): Armert jord ved Folefoss. Måleresultater frem til 1993. Intern rapport nr. 1619. Veglaboratoriet

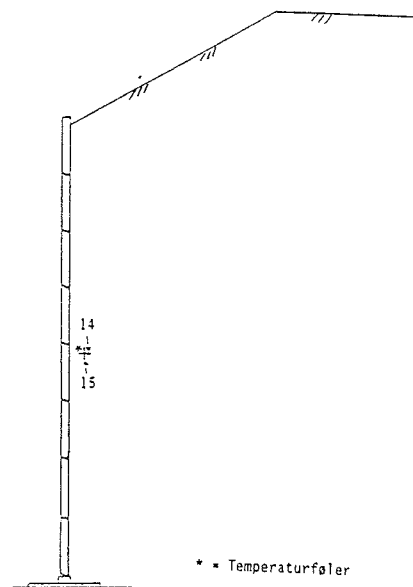
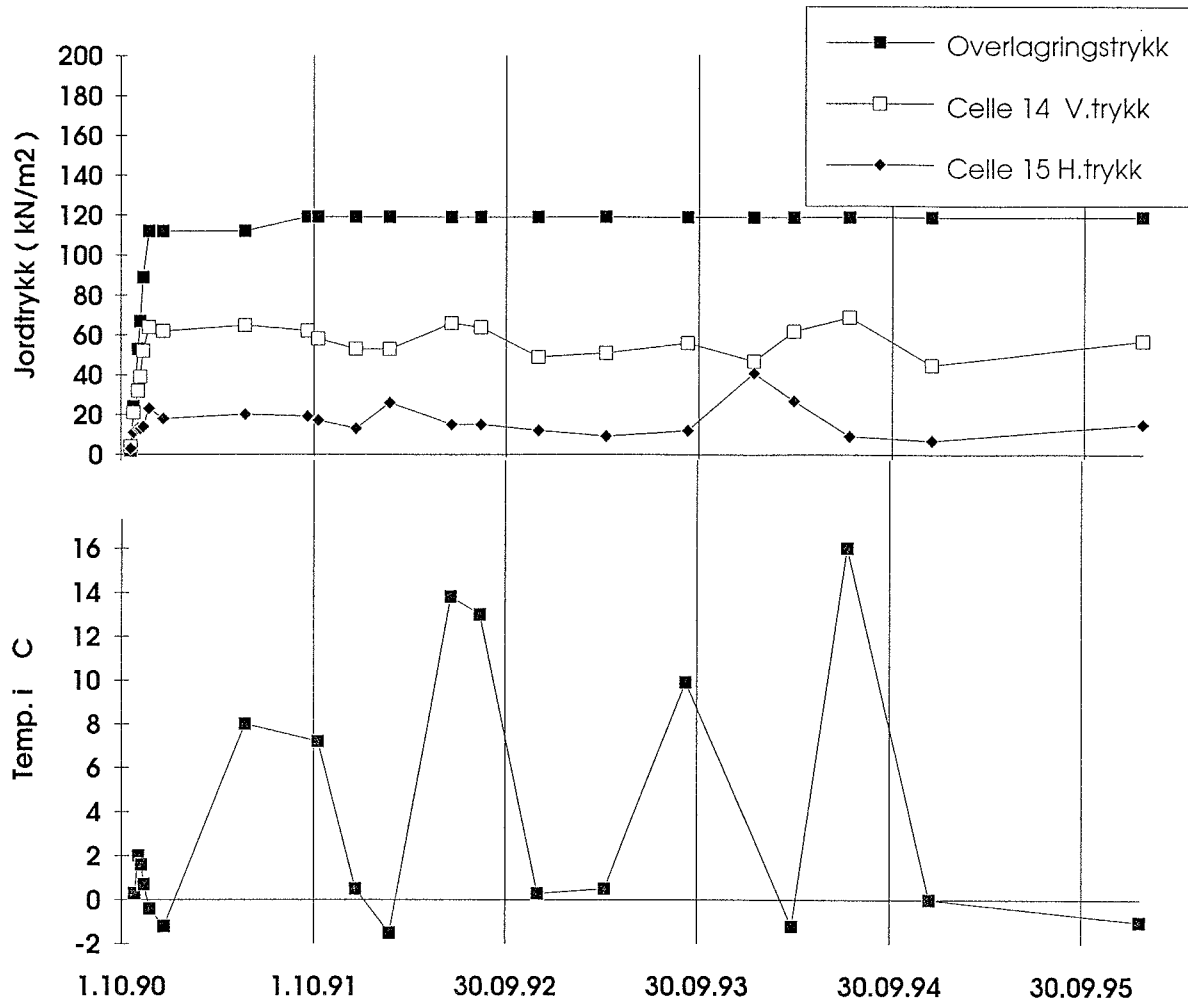
Gjøvik , Jordtrykk 0,4 m bak mur. Ca. kote 138



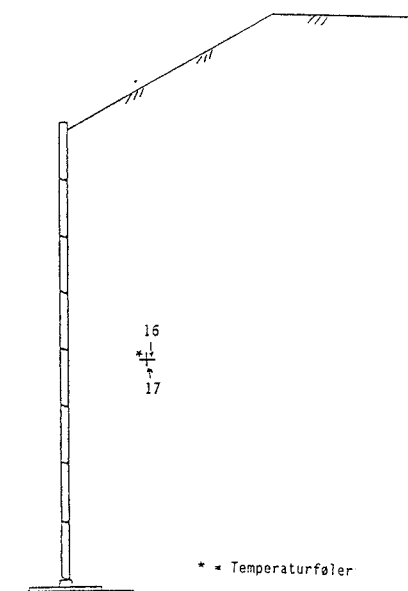
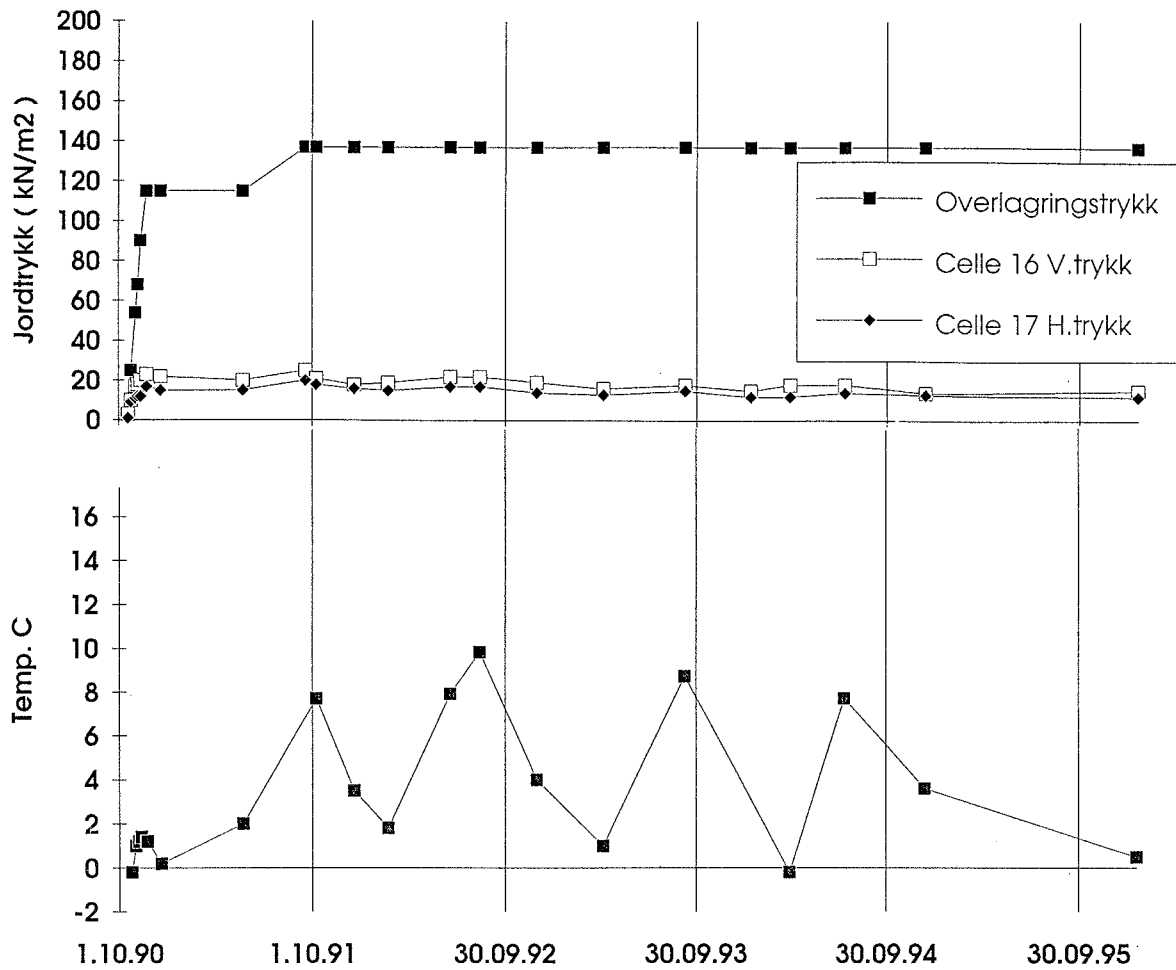
Gjøvik , Jordtrykk 2,0 m bak mur. Ca. kote 138,1



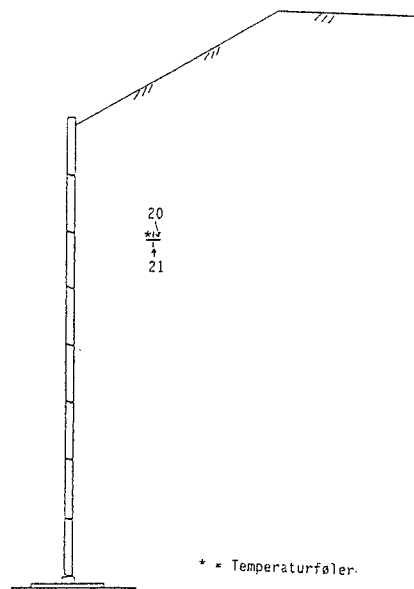
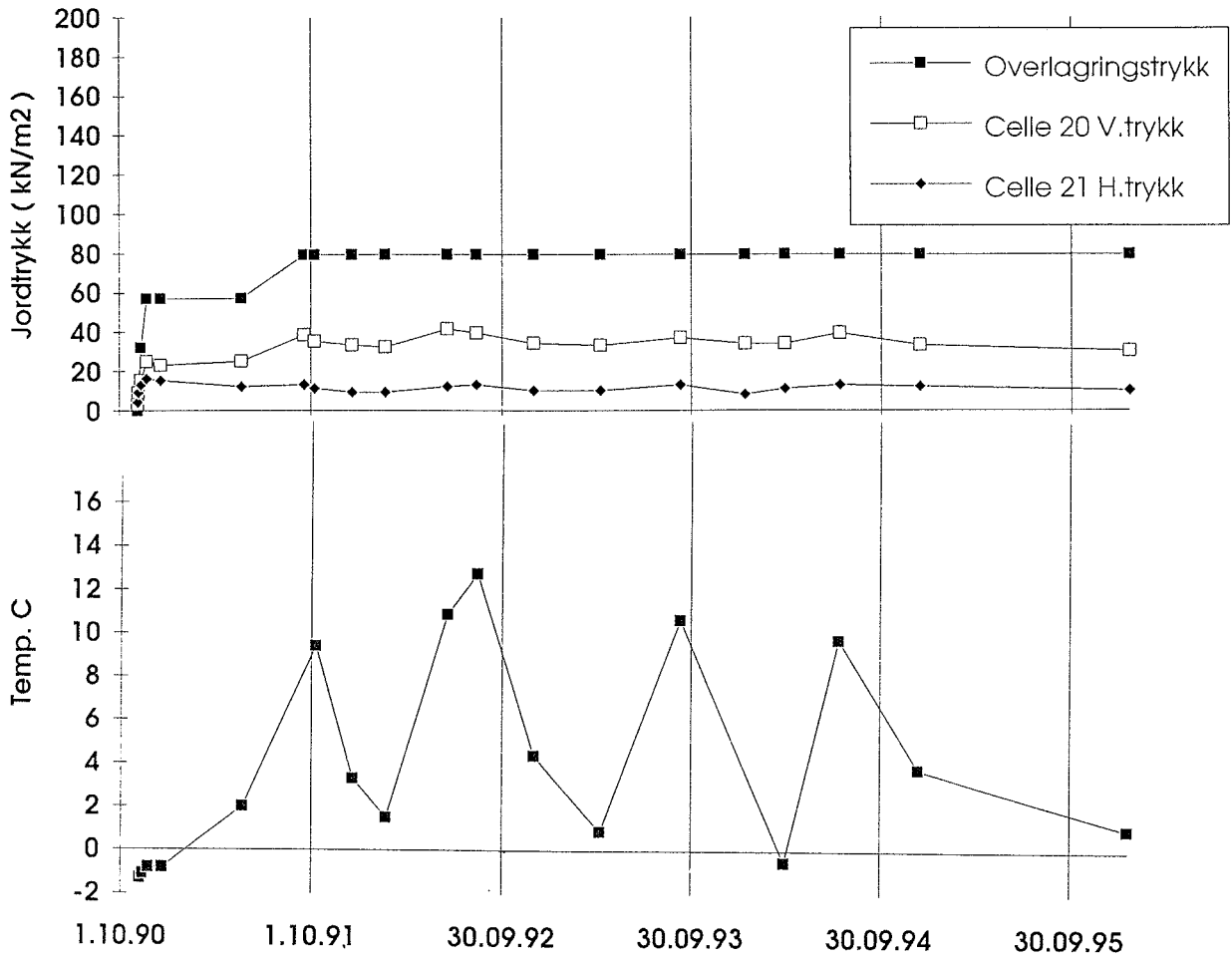
Gjøvik , Jordtrykk 0,4 m bak mur. Ca. kote 141



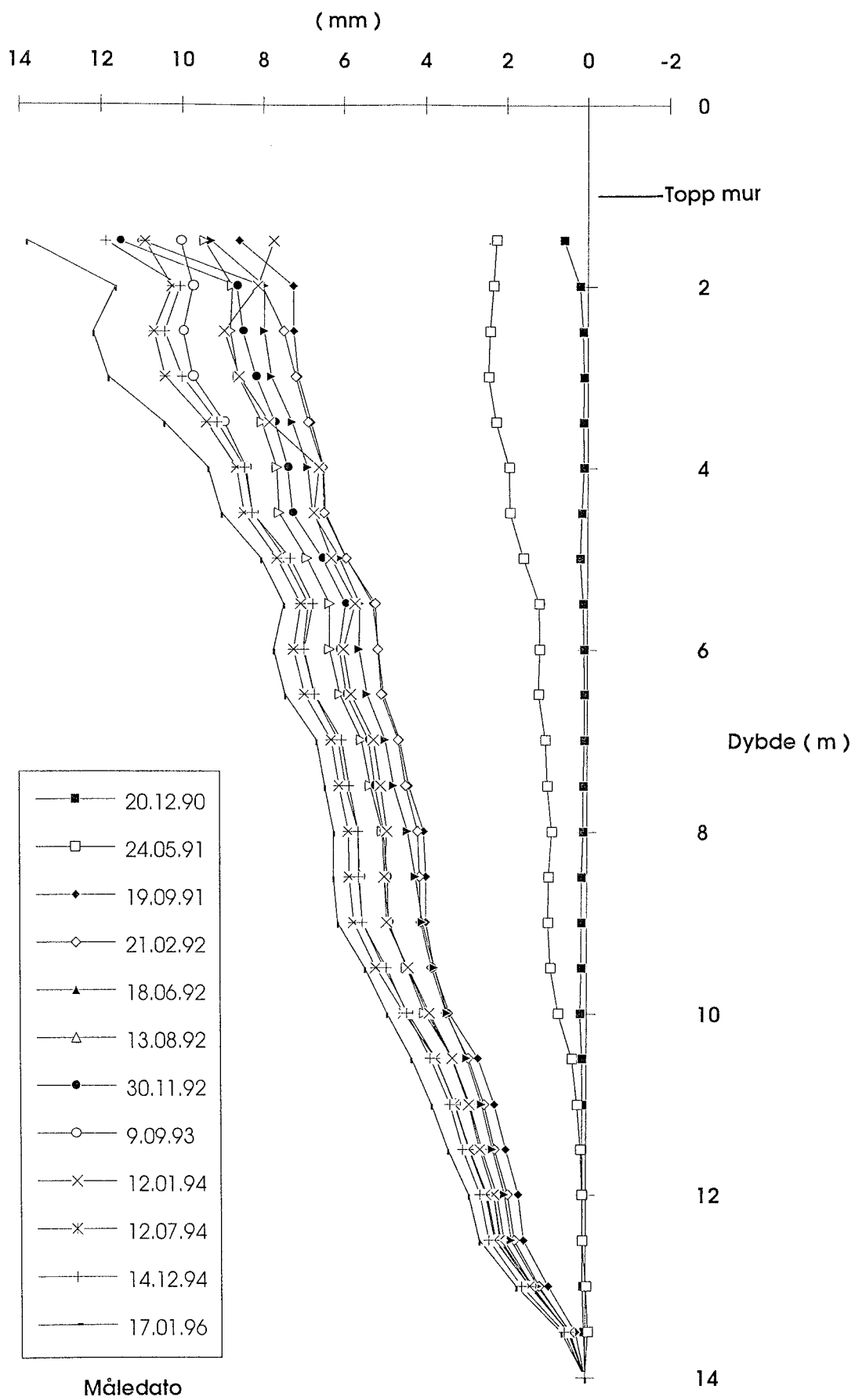
Gjøvik , Jordtrykk 2,0 m bak mur. Ca. kote 141



Gjøvik , Jordtrykk 2,0 m bak mur. Ca. kote 144



Bevegelse mot Hunnselva



Bevegelse langs Hunnselva

