

nr. 77

Publikasjon



Statens vegvesen
Vegdirektoratet

Bruk av glideforskaling til brusøyler og -tårn



Veglaboratoriet

Publikasjon nr. 77

Reidar Kompen

Bruk av glideforskaling til brusøyler og -tårn

Omslagsdesign: Svein Aarset, Oslo
Forsidebilde: Bjørn Fuhre, Selmer a.s
Tekstoriginaler: Kristin Sørensen
Redaksjon/
prod. koordinator: Helge Holte
Trykk: GCS a.s, Oslo

Opplag: 1500

Forord

Valg av forskalingsmetode for brusøyler og -tårn er blitt aktualisert som en følge av de skadene som er avdekket på kystbruere. I likhet med andre elementer i vår byggepraksis må også forskalings- og utstøpningsmetodene revurderes.

Norge har relativt omfattende erfaring med glidestøp. Ikke minst har byggingen av offshore-konstruksjoner vist glidestøpmetodens fortrinn. Til tross for denne erfaringen svarer ikke alltid glidestøpte brusøyler og -tårn til de forventningene som er stilt. Andre land har lenge hatt restriktive holdninger til bruk av glideforskaling sett med norske øyne.

Denne publikasjonen gir en vurdering av de momentene som bør tillegges vekt ved valg av forskalingsmetode for søyler og tårn mht. glideforskaling eller klatreforskaling. Vurderingen har få sikre observasjoner og veldokumenterte tilstandsundersøkelser å støtte seg til. Innhentede fakta fra utførte byggverk, regler for utforming og utførelse med glideforskaling bør få vesentlig betydning for byggeherrers valg av forskalingsmetode.

Veglaboratoriet, januar 1995

Innhold

1	Bakgrunn	5
2	Om utførelsesmetodene	5
3	Glid og klatring, fordeler og ulemper	6
4	Betongens egenskaper	7
5	Geometriens betydning	8
6	Observasjoner og erfaringer	9
7	Undersøkelser	11
8	Miljø og nødvendig kvalitet	11
9	Konklusjoner	12

Reidar Kompen

Bruk av glideforskaling til brusøyler og tårn

1 Bakgrunn

I løpet av de siste årene har det i ulike sammenhenger vært en del diskusjoner omkring bruk av glideforskaling og kvaliteten av filsede betongoverflater. Siktemålet med denne publikasjonen er å samle erfaringer og synspunkter og se de i sammenheng. Veglaboratoriet kontaktet følgende fylker:

- Vest-Agder
- Hordaland
- Møre og Romsdal
- Nord-Trøndelag
- Nordland.

Dessuten har det innen satsingsområdet TUBTU blitt initiert en undersøkelse av glidestøpte søyler på Helgelandbrua for å få dokumentasjon av overdekningsbetongens kvalitet. For Aursundbrua i Møre og Romsdal, som bør betraktes som et pilotprosjekt i kvalitetsforbedringssammenheng, og hvor anbud ble innhentet sommeren 1993, ble glideforskaling forbudt og klatreforskaling krevet.

De vurderingene som her er gjort, omhandler i hovedsak bare kvalitet av det ferdige produktet og dets evne til å motstå aggressiv miljøbelastning, mens økonomiske, framdriftsmessige og estetiske momenter ikke blir tillagt tilsvarende vekt.

2 Om utførelsesmetodene

Glidestøping betraktes av de fleste som en elegant og avansert byggemetode, mens klatreforskaling betraktes som mer primitiv.

Glideforskaling har som regel en høyde på ca. 1,1 m, og selve forskalingshuden kan være av stål eller tre. Forskalingen jekkes hydraulisk mer eller mindre kontinuerlig oppover i små trinn. Glidehastigheten styres utelukkende av betongens avbinding. Glidehastigheten reduseres eller økes ved å øke eller minske betongens avbindingstid med tilsetningsstoff eller temperatur. Betongen støpes ut i tynne sjikt i toppen av formen, og det tilstrebes å holde formen så full som mulig for å oppnå høy glidehastighet. Undervarme har betydelig innvirkning på betongens avbindingstid, derfor må bremsing eller akselerering av glidehastigheten gjøres over relativt lang tid.

Armeringen bindes og innstøpningsgods monteres over støpefronten etter hvert som formen glir oppover. Inspeksjon av overflate og utbedring av støpesår og overflatefeil utføres umiddelbart under glideformen fra et hengestillas etter hvert som overflaten kommer til syne. Ved høy glidehastighet kan det derfor være betydelig tidspress på armeringsutførelsen, på overflateutbedringen og på filsing (pussing av overflaten med tilførsel av ekstra mørtel der det er nødvendig).

I Prosesskode-2 prosess 84.4 punkt c «Etterarbeider» står følgende: «Når filsing er nødvendig, skal hele flaten på konstruksjonen filses». Ettersom en ikke kan vite om filsing vil bli nødvendig lenger opp på konstruksjonen, må det bety at alle glidestøpte brusøyler og brutårn må filses dersom overflatekarakteren skal være enhetlig.

Klatreforskaling er en lemmeforskaling (hud av valgfritt materiale) som løftes trinn for trinn opp, og hvor forskalingen står fast inntil den utstøpte betongen har herdnet. Forskalingsflakene kan heises med kran, eller forskalingen kan være «selvklatrende».

Fordeler og ulemper med de to utførelsesmetodene er angitt i kapittel 3.

3 Glid og klatring, fordeler og ulemper

Fordeler med glideforskaling

- 1) Ingen horisontale støpeskjøter, unntatt ved tilsiktet/eventuelt utilsiktet stopp
- 2) Utstøping i tynne betonglag og med liten stige-hastighet gir gunstig revibrering av all betong
- 3) Ingen armeringsstoler i overdekningssjiktet
- 4) Ingen gjennomgående stag/staghull
- 5) Liten stige-hastighet (m/time) gir god spredning av hydrasjonsvarmen, lavere maksimumstemperatur og lavere herdespenninger
- 6) Totalt sett rask framdrift relativt uavhengig av værforhold (når gliden først er startet, må den gå uansett)
- 7) God visuell kontroll med plassering og komprimering av betong i formen (til tross for at mye plass stjeles av løfteåk, jekker osv.).

Ulemper med glideforskaling

- 1) Overdekningsbetongen påvirkes av krefter i tiden fra utstøping helt fram til avbinding. Det kan endre/ødelegge komprimeringen av betongen, gi riss av ulik størrelse, fra mikroriss til grove løfteriss
- 2) Begroing og materiale som henger fast på forskalingen gir vertikale striper og sår
- 3) Tiden for å vurdere og utføre overflateutbedringer er begrenset. Det er risiko for at utbedringer ikke blir fullgode og at skader blir skjult av filsing
- 4) Ved glidestøp vil vibrering på armeringen kunne gi hulrom langs armeringen og dårlig heft. Vibrering på armeringen er vanskelig å unngå når armeringen er tett
- 5) Til dels stort tidspress på plassering og binding av armeringen
- 6) Utsparinger og innstøpningsgods vil plasseres med mindre nøyaktighet
- 7) Fjerning av regnvann fra støpefronten kan være problematisk
- 8) Utstøpningen må gå sin gang uavhengig av om været blir dårlig
- 9) Problem å få jevn herdefront på hule søyler, ved kraftig solskinn/oppvarming fra en side, og ved kraftig vind/avkjøling fra en side
- 10) Armeringen bender, eventuelt kan overdekningen bli redusert dersom gliden skjevkjøres
- 11) Krever større årvåkenhet og mer kontroll enn andre metoder. Døgnkontinuerlig kontroll.

Fordeler med klatreforskaling

- 1) Overdekningsbetongen får ligge i ro uforstyrret fra utstøpning til betongen er herdnet
- 2) Kan bestemme rivningstidspunkt for forskalingen
- 3) Herdetiltak kan gjennomføres, ikke større vanskelighetsgrad enn for hvilken som helst annen støp
- 4) Kan ha god kontroll med armeringsmontasje, avstivning og overdekning før støp
- 5) Kan bestemme støpetidspunkt, kan utsette støp hvis dårlig vær.

Ulemper med klatreforskaling

- 1) Et stort antall horisontale støpeskjøter, som kan være utette, kreve injisering for å være tette (innstøpte injeksjonsslanger)
- 2) Hver seksjon er forankret/holdes fast i underliggende seksjon. Temperaturkontraksjon og uttørkingssvinn i øvre seksjon kan gi vertikale riss fra støpeskjøten og oppover hvis tverrsnittet har stor dimensjon
- 3) Forskalingen kan ikke flyttes i sterk vind (sikkerheten for folk), kan resultere i redusert framdrift
- 4) Muligheten til å redusere framdriften kan bli til en frykt for å miste framdrift, med desto større forsering av arbeidene.

4 Betongens egenskaper

Avgjørende for resultatet er hvordan betongen og utførelsesmetoden fungerer i kombinasjon. MA-betong med masseforhold 0,40 og lavere har til dels andre egenskaper i fersk og tidlig fase fram til den er herdnet enn «gammeldags» betong, noe som er av vesentlig betydning for valg av utførelsesmåte.

I forhold til «gammeldags C 35» med $v/c=0,48-0,55$ og små mengder tilsetnings-stoffer, er MA-betong karakterisert av:

- a) Vesentlig større *seighet*, betongen *kleber* til armering, arbeidsredskap og forskaling.
- b) På grunn av klebrigheten får en også mer groing på forskalingen. Dette krever hyppigere og mer nøyaktig skraping/rengjøring av glideforskalingen i toppen. Groklumper og flak må ikke bli liggende inntil forskalingen.
- c) Betongen har som oftest et raskere konsistenstap ved at SP-stoff mister sin virkning. Etter konsistenstap har betongen enda mer kohesiv karakter.
- d) Tiden fra betongen starter størkning til størkningen er avsluttet, blir svært kort.
- e) Størkningstidspunktet er meget følsomt overfor små variasjoner i material-sammensetning, utførelse og klima. I praksis ser en ofte f.eks. på brudekker at betongen størkner som et lappeteppe. I størkningsperioden ligger lapper av bløt og hard betong om hverandre i et uregelmessig mønster.
- f) I den tidlige fasen (før og under størkningsperioden) er det betydelig sug (undertrykk) i betongen. Lapper som er tidligst ute med størkningen, kan suge vann fra de lappene som er seinest ute med størkningen.
- g) Større varmeutvikling, dermed er potensialet for temperaturgradienter og skjeve herdefronter også større.

Glidehastigheten bestemmes av betongens avbinding. Hvis formen kjøres for raskt, vil betongen være for bløt og gli ut når den kommer fram ved underkant form, dvs. en får utglidning og sår som må lappes. Hvis formen kjøres for sakte, vil en få tendens til fastbrenning på formen. Klumper eller flak som sitter fast på formen, vil skrape oppover og lage sår. Ved løfting av formen må betongens klebing til formen være mindre enn dens egen skjærfasthet for at løfteriss skal unngås. Horisontal armering (som ligger ytterst) vil virke som rissindikator for løfteriss.

Med de egenskapene som er angitt å være karakteristisk for MA-betong, sier det seg selv at det skal svært lite til for at betongen skal være for bløt på et sted og for stiv på et annet sted på samme kotenivå. Små «skjevheter» skal til på størkningsfronten før betongen blir for bløt på den ene siden og for stiv på den andre siden av en søyle eller vegg.

Skaderisikoen fra glideforskaling kan reduseres med enkelte betongteknologiske virkemidler:

- 1) Korngradering med tett pakning og ubetydelig overskudd av finstoff. Det vil si at tilslagskornene låser hverandre («aggregate interlock») når betongen er komprimert. Slik betong er imidlertid svært vanskelig å støpe ut uten å få støpesår der det er tett armering; betongen har liten margin for å tåle separasjon.
- 2) Mengden tilsetningsstoff må være ganske moderat, slik at den ferske betongen blir karakterisert mer av friksjonsegenskaper enn av kohesjonsegenskaper. Slik betong vil enten være meget stiv eller må ha høyere masseforhold med mindre tilslaget har et usedvanlig lavt vannbehov.

Risikoen for skader fra glideforskalingen kan også reduseres, dersom en bruker stålhud og ved utførelsen er pinlig nøye med

- å holde formen rein for begroing til enhver tid
- å gjøre «alt» for å unngå skjev størkningsfront
- at lagtykkelse og utstøping i toppen ikke varierer.

5 Geometriens betydning

Den geometriske utformingen av søyle- og tårntverrsnitt har betydelig innvirkning på resultatet av glidestøping.

Skarpe hjørner vil være langt mer utsatt for å få løfteriss og utglidning enn avrundede hjørner. Hvis glidestøp skal være aktuelt, bør god avrunding av alle hjørner være en selvfølge. Det er også et viktig tiltak for å redusere effekten av lo/le-side mht. saltinntrengning.

Ved glidestøping av hule søyler vil en som hovedregel få høyere lufttemperatur inne i søylen enn utenfor. Det resulterer i skjev størkningsfront. Hule søyler må ha god avlufting hvis glidestøp skal være aktuelt. Arbeidsplattformen inne i søylen ved glideforskalingen må ikke hindre luftstrømmen.

Variabel tykkelse av betongtverrsnittet vil gi varierende temperaturutvikling og skjev størkningsfront. Det er derfor begrenset hvor store variasjoner en kan ha i betongtykkelse i tverrsnittet om en skal vurdere glidestøping med MA-betong.

Ved glidestøping kan en justere formens dimensjoner gradvis og kontinuerlig. Slik justering vil imidlertid endre «slippen» for betongen. Utvidelse av formen vil kunne gi trinnvis utglidning av betong som har mistet konsistens men som ikke er avbundet. Innsnevring vil gi større påhengskrefter og økt risiko for løfteriss. Tilsvarende krefter vil virke på overflatearmeringen.

Desto flere justeringer som må gjøres samtidig, jo større blir risikoen for overflate-skader. Aktuelle justeringer er:

- 1) Innsnevring av veggtykkelse
- 2) Innsnevring av en hul søyles ytre dimensjoner
- 3) Justering av søylens plassering avhengig av høyden, for eksempel at to tårn glir skrått i forhold til hverandre.

Valg av glideforskaling som utførelsesmetode bør i meget stor grad være et spørsmål om i hvilken grad konstruksjonens geometri ligger til rette for det, og hvor mange vanskeligheter som må takles samtidig under utførelsen. En karakterisering av i hvilken grad glidestøping er en akseptabel metode kan være:

- I Søyer med massivt og konstant tverrsnitt og med avrundede hjørner.
→ Generelt mulig.
- II Hule søyer med god lufting vertikalt, konstant tverrsnitt eller innsnevring av tverrsnittet på innsiden. Godt avrundede hjørner og noenlunde jevntykt betongtverrsnitt.
→ Vanskelig, men gjennomførbart under stabile værforhold.
- III Hule søyer med 2 eller flere justeringer av tverrsnitt/beliggenhet samtidig. Kun avfasede hjørner eller sterkt variabel betongtykkelse.
→ Meget stor vanskelighetsgrad, uakseptabel stor risiko for skader ved bruk av glideforskaling.

Med «akseptabelt» er det tenkt på utendørs konstruksjoner i marint klima (se kapittel 9 «Konklusjoner» for nærmere detaljer).

6 Observasjoner og erfaringer

Nedenfor er gitt noen kommentarer til de enkelte fylkenes erfaringer og oppfatninger.

Vest-Agder, Ny Varoddbru

Det ble brukt C 65 MA som ble oppnådd med HS 65-sement og masseforhold 0,40. Betongens vannbehov var lavere enn det som er normalt for MA-betong, og tilsetningsstoffbruken var derfor også mer moderat enn hva som er vanlig. Betongen var derfor ganske vennlig i forhold til det en ofte opplever ellers.

Tverrsnittet hadde to vanskeligheter:

- 1) Variasjon i tverrsnittstykkelse 0,5 og 1,15 m
- 2) Umiddelbar reduksjon i veggtykkelse fra 1,5 m til 0,4 m.

Vanskelighetsgraden var derfor omtrent som i «klasse II» i kapittel 5.

Utførelsen var karakterisert av meget grundig planlegging og tilrigging og stor erfaring hos de involverte. Det er neppe noen tvil om at dette har vært avgjørende for det gode resultatet. Likevel var altså høyst normale endringer i værforholdene tilstrekkelig til å gi skader.

Nordland, Helgelandsbrua og Støvset bru

Fylket angir en gryende skepsis til glideforskaling uten å konkretisere nærmere.

Ut fra eget kjennskap til byggingen av Helgelandsbrua tilføyes følgende:

Glidestøpingen av viaduktsøylene som har massivt, konstant tverrsnitt og bare avfasede hjørner med betongkvalitet C 45 MA, var som en lek i forhold til brutårnene. Brutårnene hadde alle de geometriske vanskelighetene som er nevnt i kapittel 5, og betongen C 65 MA med P 30-sement og masseforhold 0,31 hadde i utstrakt grad alle de vanskelighetene som er beskrevet i kapittel 4. Tårn akse 6 ble i tillegg glidd opp vinterstid med alle de værmessige vanskelighetene en kan tenke seg, og enda noen til. Prosjektet bør være velegnet til å dokumentere hvilken spennvidde i kvalitet som oppnås med glidestøp.

Møre og Romsdal

Det er interessant å merke seg at skadebildet på Runde bru (ferdig bygd i 1982, ikke MA-betong) ikke er forskjellig avhengig av om det er benyttet glideforskaling eller fast forskaling.

Videre er det en interessant registrering fra Bergsøysundbrua at ufilset flate hadde lavere vanninntrengning enn filset overflate. En bør ha det forbeholdet i bakhodet at denne registreringen var basert på svært få prøver. Hvis registreringen er korrekt, kan det tolkes som en bekreftelse på at det er uheldig å utsette overdekningsbetongen for krefter og deformasjoner i størkningsfasen.

Nord-Trøndelag, Nærøysundbrua og Skarnsundbrua

Tårnene på Nærøysundbrua var i «klasse II» (kapittel 5), og utført i C 35 uten SP-stoffer.

For Skarnsundbrua gjelder de samme forskjellene i geometrisk vanskelighet mellom viaduktsøyler og tårn som for Helgelandsbrua. Viaduktsøylene var imidlertid så tett armert at det var vanskelig å få betongen inn i tverrsnittet fra siden. Tårnene kan klassifiseres i «klasse III» etter kapittel 5. Betongen i både søyler og tårn var støpelighetsmessig som gjennomsnittlig C 45 MA (masseforhold $\leq 0,40$).

Værforholdene under glidestøpene på Skarnsundbrua må betegnes som gunstige.

En kan for øvrig merke seg følgende kommentar fra fylket:

- «Treform må ikke brukes»
- «Staghullene etter jekkestålene har lett for å bli stående igjen, gjerne da delvis vannfylt».

7 Undersøkelser

I likhet med mange andre produkter har glidestøpte søyler og tårn vært lite gjenstand for undersøkelser og dokumentasjon. Materialet denne publikasjonen bygger på, illustrerer antakelig et tverrsnitt av de undersøkelsene som er foretatt.

På Varoddbrua er det utboret enkelte kjernepøver som er vurdert visuelt. På Bergsøysundbrua er utborede kjerner (13 stykker) testet mht. vanninntrengning. For senkekassa på Klauvaskallen (Nordhordlandsbrua) er det for dokumentasjon av kvaliteten boret ut kjernepøver som er undersøkt mht. vanninntrengning, kapillærsug, PF-faktor, mikrostruktur (tynnslip) og trykkfasthet.

På Skarnsundbrua er et parti nederst på det ene tårnet sandblåst for inspeksjon av betongen under overflatehuden.

Den siste typen av undersøkelse er sannsynligvis den metoden som kan avsløre mest om glidestøpmetodens karakteristika. **Dersom glidestøp er kvalitetsmessig tvilsom, er det kvalitetsspredningen og frekvensen av defekter som er problemet.** Slike kvalitets-karakteristika kan neppe klarlegges ved stikkprøver, det må utføres kontroll i meget stor skala. Laboratoriemetoder med meget små prøvestykker er helt uegnet for å vurdere konstruksjonsdelenes egenskaper.

Under vegvesenets satsningsområde TUBTU er det initiert storskala undersøkelse av glidestøpte viaduktstøyer på Helgelandsbrua. De tilhører som tidligere nevnt laveste vanskelighetsgrad. Resultatene fra denne undersøkelsen bør kunne indikere om glidestøpsmetoden i det hele tatt er egnet som produksjonsmetode for søyler i værhardt kystklima. Hvis den er det, vil det i neste omgang være spørsmål om hvilken vanskelighetsgrad som vil kunne være akseptabel.

8 Miljø og nødvendig kvalitet

Betraktninger om nødvendig kvalitet har ofte værhardt marint klima som underforstått forutsetning. Med hensyn til skaderisiko er det helt klart forskjell mellom:

- værharde, ytre kyststrøk
- skjermede, indre kyststrøk
- innlandsklima.

Grensene for når de enkelte byggemetodene kan benyttes, kan meget vel tenkes nyansert etter påkjenningsgrad og skaderisiko, eller om man vil: Konsekvensen av mulige defekter.

Hvilken betydning ulike typer av opprissing har for skaderisiko er det svært begrenset grunnlag for å mene noe om. I den grad det fins forskningsresultater på dette området, gjelder det belastningsriss og ikke riss oppstått i betongens unge alder. Fordi en ikke har dokumentasjon for at løfteriss og annen opprissing eller porøsitet i overdekningsbetongen er ufarlig, er det naturlig å være skeptisk. Hvis en kan unngå slike defekter, vil det fjerne et usikkerhetsmoment.

En vet fra praksis at betong har en ikke ubetydelig selvlegingsevne ved at $\text{Ca}(\text{OH})_2$ felles ut i porer og riss, og dermed tetter betongen. Det er en betydningsfull egenskap hos betong. Når det gjelder å kvantifisere selvlegingseffekten med hensyn til bestandighet, vet en foreløpig svært lite.

9 Konklusjoner

Både fordeler og ulemper er knyttet til så vel glideforskaling som klatreforskaling. Klatreforskaling har få avvik fra konvensjonell forskaling, slik at den største usikkerheten og skepsisen er knyttet til bruk av glideforskaling.

Valg av glidestøping som utførelsesmetode bør vurderes ut fra:

- 1) miljøpåkjenningene
- 2) geometrisk vanskelighetsgrad
- 3) betongens vanskelighetsgrad.

Klassifisering av geometrisk vanskelighetsgrad:

- I Søylar med massivt, konstant tverrsnitt og med godt avrundede hjørner ($R \geq 0,3 \text{ m}$)
- II Hule søylar med god lufting vertikalt, konstant tverrsnitt eller gradvis innsnevring på innsiden. Godt avrundede hjørner og lite variasjon i betongtykkelse over tverrsnittet
- III Hule søylar med to eller flere justeringer av tverrsnitt/beliggenhet samtidig. Kun avfasede hjørner eller sterkt variabel betongtykkelse.

Med de betongegenskapene som erfaringsmessig er å forvente med masseforhold 0,40, foreslås følgende regler i tabell 1 for hvilke tilfeller glidestøp bør aksepteres benyttet:

Tabell 1: Akseptgrenser, ikke dokumentert produksjonssted.

Miljøpåkjenning	Geometrisk vanskelighet		
	I	II	III
Værhardt marint klima	Nei	Nei	Nei
Skjermede, indre kyststrøk	Ja	Nei	Nei
Innlandsklima	Ja	Ja	Nei
Innendørs	Ja	Ja	Ja

Dersom en på det aktuelle produksjonsstedet har erfaringer både med betongegenskaper og utførelsesmannskap som dokumenterer

- 1) at betongen ikke har de negative egenskapene beskrevet i kapittel 4 i nevneverdig grad, og
- 2) at mannskapet behersker så vel planlegging, tilrigging, utførelse og kontroll på betryggende måte og fungerer som et enhetlig team,

bør en kunne flytte grensene for når glidestøp bør kunne aksepteres:

Tabell 2: Akseptgrenser, dokumentert produksjonssted.

Miljøpåkjenning	Geometrisk vanskelighet		
	I	II	III
Værhardt marint klima	Ja	Nei	Nei
Skjermede, indre kyststrøk	Ja	Ja	Nei
Innlandsklima	Ja	Ja	Ja
Innendørs	Ja	Ja	Ja

Betydningen valget av utførelsesmåte for søyler og tårn har for det endelige produktets kvalitet, er usikker og basert mer på subjektivt skjønn enn på dokumentasjon. Byggherren bør derfor velge utførelsesmåte i hvert tilfelle (eventuelt valgfrihet for entreprenøren), og angi sitt valg klart og entydig i anbudsbeskrivelsen.

Usikkerhetene om kvaliteten av konstruksjoner støpt med glideforskaling er av en slik karakter at nærmere undersøkelser bør gjennomføres. Dersom slike undersøkelser viser at metoden har «livets rett» også for miljøpåkjennte konstruksjoner, bør det utarbeides eget regelverk for praktisk utførelse med glideforskaling.

Publikasjoner fra Veglaboratoriet

26. T. THURMANN-MOE, J. O. HATTESTAD. Bruk av salter og andre kjemikalier i vintervedlikeholdet for å bedre trafiksikkerheten (The use of salt and other chemicals for road maintenance under winter conditions). 9 p. 1966. Utsolgt (out of print, copies available).
27. T. THURMANN-MOE. Hulrom i asfaltdekker (Void contents of bituminous surfaces). 9 p. 1966.
28. K. FLAATE. Factors influencing the Results of Vane Tests. 9 p. 1966.
29. K. FLAATE. Field Vane Tests with Delayed Shear. 17 p. 1966.
30. A. GRØNHAUG. Grus-separasjon i USA (Gravel aggregates benification in USA). 8 p. 1967. Utsolgt (out of print, copies available).
31. A. GRØNHAUG. Evaluation and Influence of Aggregate Particle Shape and Form. 20 p. 1967.
32. T. THURMANN-MOE, R. WOLD. Praktiske forsøk med noen forskjellige vinterlappemasser og litt om reparasjon av asfaltdekker (Evaluation of bituminous patching materials for winter maintenance). 7 p. 1967.
33. R. E. OLSEN, K. FLAATE. Pile-Driving Formulas for Friction Piles in Sand. 18 p. 1968.
34. H. BRUDAL. Vegforskning i Norge (Road Research in Norway). 30 p. 1968.
35. A. SKOGSEID. Telesikring ved isoleringsmaterialer (Prevention of frost heave in roads with insulating materials). 15 p. 1968.
36. T. THURMANN-MOE. Slitasje på forskjellige vegdekketyper forårsaket av piggdekk og kjettinger (Pavement wear caused by the use of studded tyres and snow chains). 10 p. 1970.
37. A. SKOGSEID. Frostsikring av veger ved isolering. Litt om det fysiske grunnlaget (Prevention of frost heave in roads. An outline of the theory for the use of insulating materials).
R. SÆTERS DAL. Varmeisolasjonsmaterialer i vegoverbygningen (Insulation materials in road construction).
Å. KNUTSON. Frostsikre veger med bark. Orientering om pågående undersøkelser (Frost protection of highways by a subbase of bark).
H. RUISTUEN. Kostnader ved frostsikring av veger (Costs for frost protection of roads). 34 p. 1971.
38. Ø. JOHANSEN. Varmeledningsevne av forskjellige vegbyggingsmaterialer (The thermal conductivity of various road aggregates). 18 p. 1971.
39. R. S. NORDAL, E. HANSEN. Vormsund Forsøksveg, Del 1: Planlegging og bygging (Vormsund Test Road, Part 1: Design and Construction). 48 p. 1971.
40. R. S. NORDAL. Vormsund Forsøksveg, Del 2: Instrumentering (Vormsund Test Road, Part 2: Instrumentation). 38 p. 1972.
41. K. FLAATE and R. B. PECK. Braced Cuts in Sand and Clay. 29 p. 1972.
42. T. THURMANN-MOE, S. DØRUM. Komprimering av asfaltdekker (Compaction of Asphalt Pavements). Hurtige metoder for komprimeringskontroll av asfaltdekker (Rapid Methods for Compaction Control of Asphalt Pavements). 39 p. 1972.
43. Å. KNUTSON. Dimensjonering av veger med frostakkumulerende underlag (Design of Roads with a Frost accumulating Bark Layer).
K. SOLBRAA. Barkens bestandighet i vegfundamenter (The Durability of Bark in Road Constructions).
G. S. KLEM. Bark i Norge (Bark in Norway). 32 p. 1972.
44. J. HODE KEYSER, T. THURMANN-MOE. Slitesterke bituminøse vegdekker (Characteristics of wear resistant bituminous pavement surfaces).
T. THURMANN-MOE, O. E. RUUD. Rustdannelse på biler (Vehicle corrosion due to the use of chemicals in winter maintenance and the effect of corrosion inhibitors).
T. THURMANN-MOE, O. E. RUUD. Kjemikalier i vintervedlikeholdet (Norwegian saltpeter and urea as alternative chemicals for winter maintenance).
O. E. RUUD, B-E. SÆTHER, F. ANGERMO. Understellsbehandling av biler (Undersealing of vehicles with various sealants). 38 p. 1973.
45. Proceedings of the International Research Symposium on Pavement Wear, Oslo 6th-9th June 1972. 227 p. 1973.
46. Frost i veg 1972. Nordisk Vegteknisk Forbunds konferanse i Oslo 18-19 sept. 1972 (Frost Action on Roads 1972. NVF Conference in Oslo 1972). 136 p. 1973.
47. Å. KNUTSON. Praktisk bruk av bark i vegbygging (Specifications for Use of Bark in Highway Engineering).
E. GJESSING, S. HAUGEN. Barkavfall – vannforurensning (Bark Deposits – Water Pollution). 23 p. 1973.
48. Sikring av vegtunneler (Security Measures for Road Tunnels). 124 p. 1975.
49. H. NOREM. Registrering og bruk av klimadata ved planlegging av høgfjellsveger (Collection and Use of Weather Data in Mountain Road Planning).
H. NOREM. Lokalisering og utforming av veger i drivsnøområder (Location and Design of Roads in Snow-drift Areas).
H. NOREM, J. G. ANDERSEN. Utforming og plassering av snøskjermer (Design and Location of Snow Fences).
K. G. FIXDAL. Snøskredoverbygg (Snowsheds).
H. SOLBERG. Snørydding og snøryddingsutstyr i Troms (Winter Maintenance and Snow Clearing Equipment in Troms County). 59 p. 1975.
50. J. P. G. LOCH. Frost heave mechanism and the role of the thermal regime in heave experiments on Norwegian silty soils.
K. FLAATE, P. SELNES. Side friction of piles in clay.
K. FLAATE, T. PREBER. Stability of road embankments in soft clay.
A. SØRLIE. The effect of fabrics on pavement strength – Plate bearing tests in the laboratory.
S. L. ALFHEIM, A. SØRLIE. Testing and classification of fabrics for application in road constructions. 48 p. 1977.
51. E. HANSEN. Armering av asfaltdekker (Reinforced bituminous pavements).
T. THURMANN-MOE, R. WOLD. Halvsåling av asfaltdekker (Resurfacing of bituminous pavements).
A. GRØNHAUG. Fremtidsperspektiver på fullprofilboring av vegtunneler (Full face boring of road tunnels in crystalline rocks).
E. REINSLETT. Vegers bæreevne vurdert ut fra maksimal nedbøyning og krumming (Allowable axle load (technically) as determined by maximum deflection and curvature). 52 p. 1978.
52. T. THURMANN-MOE, S. DØRUM. Lyse vegdekker (High luminance road surfaces).
A. ARNEVIK, K. LEVIK. Erfaringer med bruk av overflatebehandlinger i Norge (Experiences with surface dressings in Norway).
J. M. JOHANSEN. Vegdekkers jevnhet (Road roughness).
G. REFSDAL. Vegers bæreevne bestemt ved oppgraving (indeksmetoden) og nedbøyningsmåling. Er metodene gode nok? (Road bearing capacity as decided by deflection measurements and the index method). 44 p. 1980.

53. E. HANSEN, G. REFSDAL, T. THURMANN-MOE. Surfacing for low volume roads in semi arid areas.
H. MTANGO. Dry compaction of lateritic gravel.
T. THURMANN-MOE. The Otta-surfacing method. Performance and economy.
G. REFSDAL. Thermal design of frost proof pavements.
R. G. DAHLBERG, G. REFSDAL. Polystyrene foam for lightweight road embankments.
A. SØRLIE. Fabrics in Norwegian road building.
O. E. RUUD. Hot applied thermoplastic road marking materials.
R. SÆTERS DAL, G. REFSDAL. Frost protection in building construction. 58 p. 1981.
54. H. ØSTLID. High clay road embankments.
A. GRØNHAUG. Requirements of geological studies for undersea tunnels.
K. FLAATE, N. JANBU. Soil exploration in a 500 m deep fjord, Western Norway. 52 p. 1981.
55. K. FLAATE. Cold regions engineering in Norway.
H. NOREM. Avalanche hazard, evaluation accuracy and use.
H. NOREM. Increasing traffic safety and regularity in snow-storm periods.
G. REFSDAL. Bearing capacity survey on the Norwegian road network method and results.
S. DØRUM, J. M. JOHANSEN. Assessment of asphalt pavement condition for resurfacing decisions.
T. THURMANN-MOE. The Otta-surfacing method for improved gravel road maintenance.
R. SÆTERS DAL. Prediction of frost heave of roads.
A. GRØNHAUG. Low cost road tunnel developments in Norway. 40 p. 1983.
56. R. S. NORDAL. The bearing capacity, a chronic problem in pavement engineering?
E. REINSLETT. Bearing capacity as a function of pavement deflection and curvature.
C. ØVERBY. A comparison between Benkelman beam, DCP and Clegg-hammer measurements for pavement strength evaluation.
R. S. NORDAL. Detection and prediction of seasonal changes of the bearing capacity at the Vormsund test road.
P. KONOW HANSEN. Norwegian practice with the operation of Dynaflect.
G. REFSDAL, C-R WARNINGHOFF. Statistical considerations concerning the spacing between measuring points for bearing capacity measurements.
G. REFSDAL, T. S. THOMASSEN. The use of a data bank for axle load policy planning and strengthening purpose.
T. S. THOMASSEN, R. EIRUM. Norwegian practices for axle load restrictions in spring thaw. 80 p. 1983.
57. R. S. NORDAL, E. HANSEN (red.). Vormsund forsøksveg. Del 3: Observasjoner og resultater (Vormsund Test Road, Part 3: Observations and Results). 168 p. 1984.
58. R. S. NORDAL, E. HANSEN (red.). The Vormsund Test Road. Part 4: Summary Report. 82 p. 1987.
59. E. LYGREN, T. JØRGENSEN, J. M. JOHANSEN. Vannforurensning fra veier. I. Sammendragsrapport. II. Veiledning for å håndtere de problemer som kan oppstå når en veg kommer i nærheten av drikkevannforekomst (Highway pollution). 48 p. 1985.
60. NRRL, ASPHALT SECTION. Surfacing for low volume roads.
T. E. FRYDENLUND. Superlight fill materials.
K. B. PEDERSEN, J. KROKEBORG. Frost insulation in rock tunnels.
H. ØSTLID. Flexible culverts in snow avalanche protection for roads.
K. FLAATE. Norwegian fjord crossings why and how.
H. S. DEIZ. Investigations for subsea tunnels a case history.
H. BEITNES, O. T. BLINDHEIM. Subsea rock tunnels. Preinvestigation and tunnelling processes. 36 p. 1986.
61. Plastic Foam in Road Embankments:
T. E. FRYDENLUND. Soft ground problems.
Ø. MYHRE. EPS – material specifications.
G. REFSDAL. EPS – design considerations.
R. AABØE. 13 years of experience with EPS as a lightweight fill material in road embankments.
G. REFSDAL. Future trends for EPS use.
Appendix: Case histories 1-12. 60 p. 1987.
62. J. M. JOHANSEN, P. K. SENSTAD. Effects of tire pressures on flexible pavement structures – a literature survey. 148 p. 1992.
63. J. A. JUNCA UBIERNA. The amazing Norwegian subsea road tunnels. 24 p. 1992.
64. A. GRØNHAUG. Miljøtiltak ved vegbygging i bratt terreng (Environmental measures for road construction in mountain slopes).
Ø. MYHRE. Skumplast uten skadelige gasser (The phase out of hard CFCs in plastic foam).
T. JØRGENSEN. Vurdering av helsefare ved asfaltstøv (Evaluation of health risks of dust from asphalt wear).
N. RYGG. Miljømessig vegtilpassing (Environmental road adjustment). 52 p. 1992.
65. C. HAUCK. The effect of fines on the stability of base gravel.
A. A. ANDRESEN, N. RYGG. Rotary-pressure sounding 20 years of experience. 24 p. 1992.
66. R. EVENSEN, P. SENSTAD. Distress and damage factors for flexible pavements. 100 p. 1992.
67. STEINMATERIALKOMITEEN. Steinmaterialer (Aggregates). 20 p. 1993.
68. Å. KNUTSON. Frost action in soils. 40 p. 1993.
69. J. VASLESTAD. Stål- og betongelementer i løsmassetunneler (Corrugated steel culvert and precast elements used for cut and cover tunnels).
J. VASLESTAD. Støttekonstruksjoner i armert jord (Reinforced soil walls). 56 p. 1993.
70. SINTEF SAMFERDSELSTEKNIKK. Vegbrukers reduserte transportkostnader ved opphevelse av telerestriksjoner (Reduced transportation costs for road user when lifting axle load restrictions during spring thaw period). 144 p. 1993.
71. R. Evensen, E. Wulvik. Beregning av forsterkningsbehov basert på tilstandsvurderinger – analyse av riks- og fylkesvegnettet i Akershus (Estimating the need of strengthening from road performance data). 112 p. 1994.
72. Fjellbolting (Rockbolting). 124 p. 1994.
73. T. BÆKKEN, T. JØRGENSEN. Vannforurensning fra veg – langtidseffekter (Highway pollution – long term effect on water quality). 64 p. 1994.
74. J. VASLESTAD. Load reduction on buried rigid pipes.
J. VASLESTAD, T. H. JOHANSEN, W. HOLM. Load reduction on rigid culverts beneath high fills, long-term behaviour.
J. VASLESTAD. Long-term behaviour of flexible large-span culverts. 68 p. 1994.
75. P. SENSTAD. Sluttrapport for etatsatsingsområdet «Bedre utnyttelse av vegens bæreevne» (Final report «Better utilization of the bearing capacity of roads»). 44 p. 1994.
76. F. FREDRIKSEN, G. HASLE, R. AABØE. Miljøtunnel i Borre kommune (Environmental tunnel in Borre Municipality).
F. FREDRIKSEN, F. OSET. GEOPLOT – dak-basert presentasjon av grunnundersøkelser (GEOPLOT – CAD-based presentation of geotechnical data). 48 p. 1994.
77. R. KOMPEN. Bruk av glideforskaling til brusøyler og -tårn (Use of slipform for bridge columns and towers). 16 p. 1995.