

Akseltrykk og teleskader

Overingeniør Rasmus Nordal,
Veglaboratoriet

DK 625.7.038.2 : 656.1.053.4

Ser en tilbake i vårt vegvesens historie, så vil en finne at problemene har skiftet gjennom tidene. Endel problemer har bare vært knyttet til spesielle perioder og har så gått over i historien. Andre derimot går til stadighet igjen om enn i noe forandret utgave.

Et av disse klassiske problemkomplekser er teleløsningen og de vansker som følger med denne. Fra gammelt av har teleløsningen vært et problem for de vegfarende. Med sine hestekjøretøyer hadde våre forfedre store vansker med å komme fram etter veger som ble bunnløse ut på vårparten. Etterhvert som motorkjøretøyer begynte å overta vegtransporten ble teleløsningsproblemene enda mer prekære. Situasjonen ga da støtet til relativt omfattende undersøkelser av problemene. Og omsider resulterte de i praktiske resultater slik at vegene etterhvert fikk en mer solid overbygning enn tidligere. Dermed skulle en kanskje ha ventet å få problemene med teleløsningen ut av verden etterhvert. Men denne forhåpning har vist seg ikke å holde stikk. Biltrafikkens utvikling har til stadighet ligget et godt hestehode foran den vegmessige utvikling. Og således er det stadig en stor del av vårt vegnett som ikke tåler den sterke og tunge

trafikk som det utsettes for. Og da teleløsningen fremdeles representerer den kritiske periode, er teleløsningen med dens vansker og skadelige følger fremdeles et av våre mest aktuelle vegtekniske problemer.

Akseltrykkets transportøkonomiske betydning.

Da kjøretøyer med høye akseltrykk indirekte synes å forårsake en vesentlig del av ulempene som følger med teleløsningen, skal vi først se litt på hva transportøkonomisk betydning høye akseltrykk har.

Vi har i de senere år hatt en stadig økende mekanisering av hele vårt næringsliv og spesielt har industrialiseringen utviklet seg sterkt. Dette medfører en sterk økning av alle transportbehov. Således har behovet for tungtransporter også steget meget sterkt. Dette gjelder både transport av tunge enkeltkollis og større massetransporter over lengre strekninger. Enkelte industrigrener er sterkt avhengig av stabile og billige transportmuligheter, og det ser ut til at bilen og vegen gir den beste løsning av transportproblemet for stadig flere. Når det gjelder massetransport over lengre strekninger blir transporten billigere jo større enheter en kan operere med. Dette kommer av at en del utgifter er

Foredrag holdt ved Nordisk Vegteknisk Forbunds 7. kongress, København 1957.

Fig. 1 Prosentvis fordeling av lastebiler etter lasteevne og årsmodell.

Lasteevne i tonn	¹ 1951—47	1946—42	1941—37	1936—32	1931 og eldre	I alt
1 —1,4	2,4	1,1	4,4	2,9	1,8	12,6
1,5—1,9	3,8	2,3	4,3	6,0	3,6	20,0
2,0—2,4	2,0	1,5	5,2	5,5	0,2	14,4
2,5—2,9	2,7	3,0	5,4	2,5	0,2	13,8
3,0—3,4	4,3	9,6	5,2	0,6	0,0	19,7
3,5—3,9	6,1	4,7	1,2	0,1	0,0	12,1
4,0—4,4	3,7	0,7	0,1	0,0	0,0	4,5
4,5 og over	1,9	0,8	0,2	0,0	0,0	2,9
I alt	26,9	23,7	26,0	17,6	5,8	100,0

¹ Inkluderer enkelte biler av årsmodell 1952.

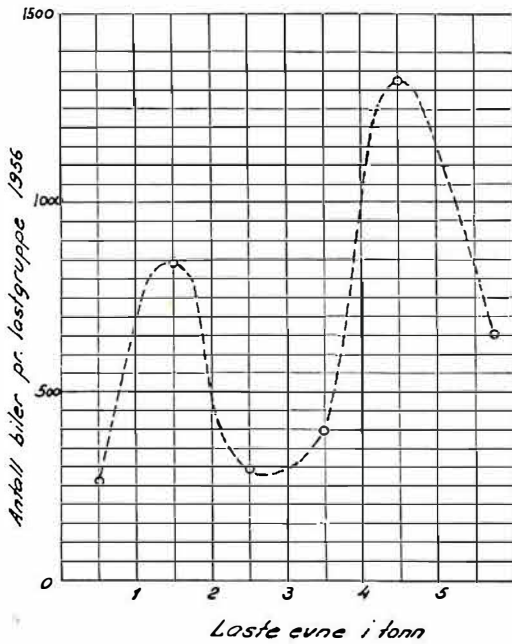


Fig. 2. Antall solgte biler i de forskjellige lastegrupper for året 1956.

uavhengig av transportens størrelse og andre øker i betydelig mindre grad enn transportkapasiteten. Dette fører til ønske om stadig høyere akseltrykk, og det er noe som også kommer klart fram i lastebilstatistikken. Fra Opplysningsrådet for biltrafikken har en følgende oppgaver: Fig. 1 viser i tabellarisk form prosentvis fordeling av lastebilene etter lasteevne og årsmodell. En ser at det er en tydelig økning av antall biler med relativt høy lasteevne med årene. Fig. 2 illustrerer antall lastebiler med forskjellig lasteevne for året 1956. En ser at gruppen med lasteevne 4-5 tonn dominerer. Økningen

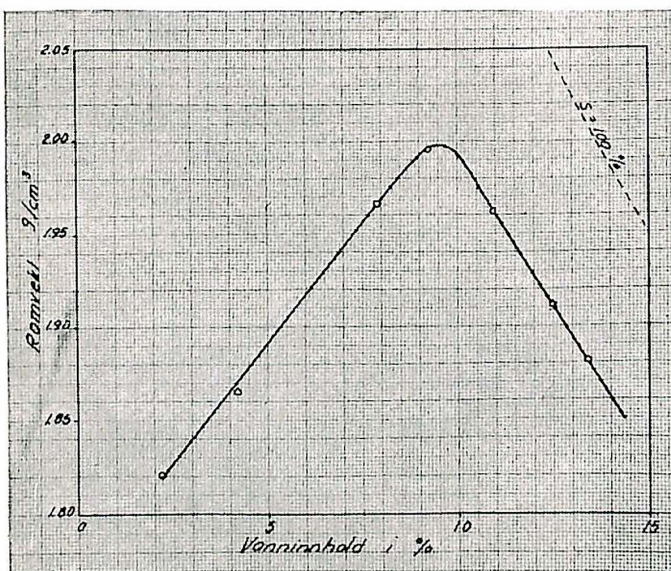


Fig. 3. Komprimeringskurve som viser relasjonen mellom et materiales romvekt og vanninnhold for et bestemt komprimeringsarbeid.

av antall biler med relativt høyt akseltrykk er således meget sterkt. For fremtiden må en regne med at en prosentvis stadig større del av trafikken vil utnytte og ha tendens til å overskride de tillatte akseltrykk. Dette er et forhold som vil få meget vidtgående konsekvenser for vårt vegnett.

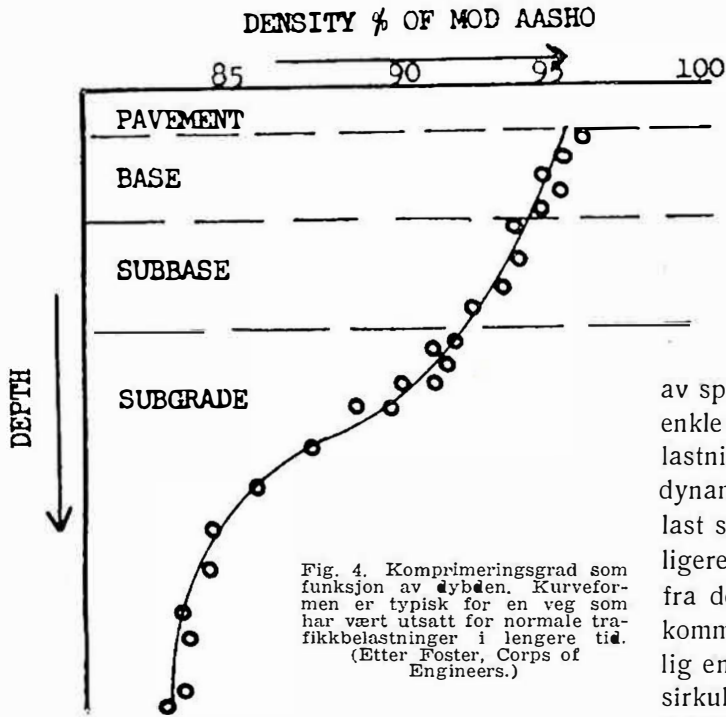
Akseltrykkets innvirkning på vegen.

Praktiske erfaringer har vist at hjultrykkets størrelse har avgjørende betydning for de påkjenninger vegen utsettes for. Det er således en vanlig erfaring at veger som har stått godt i lang tid, får betydelige skader så snart trafikken blir tyngre og større. Skadene kommer til syne ved oppsprekking av betongdekker og ved krakelering og deformering av asfalt og grusdekker. I kritiske perioder kan det også oppstå direkte brudd for de sistnevnte dekketyper.

Der er vanligvis to hovedårsaker til skadene. Enten oppstår de ved at bærelag og undergrunn komprimeres eller ved at der påføres for høye spenninger i relasjon til materialenes fasthet. Vi skal først se litt på komprimeringens betydning.

Jordartenes komprimeringsegenskap og dens avhengighet av materialets vanninnhold er vanlig kjent. Fig. 3 viser en typisk komprimeringskurve som avbilder relasjonen mellom romvekt og vanninnhold for et bestemt komprimeringsarbeid. Desto høyere romvekten er, desto større blir et materiales fasthet og motstand mot ytterligere komprimering. Ved bygging av en veg bør derfor materialene komprimeres så mye at ytterligere komprimering ikke finner sted under den trafikk som vegen utsettes for. Dette kriterium må oppfylles dersom en ønsker å unngå dannelse av hjulspor i vegbanen. Trafikkens komprimerende virkning er vanskelig å anslå og en er derfor henvist til erfaringsresultater. Corps of Engineers, U. S. Army har undersøkt systematisk komprimeringsgraden av veger og flyplasser som har vært utsatt for trafikk gjennom lengre tid. Et typisk resultat er gjengitt (etter Foster) i fig. 4 hvor komprimeringsgraden er angitt som funksjon av dybden under overflaten. Om ytterligere komprimering vil unngås, må derfor materialet i de forskjellige lag komprimeres slik at en er på den trygge side. På fig. 5 er gjengitt komprimeringskrav for forskjellige konstruksjoner og komprimeringseffekter ved tilsvarende laboratorieforsøk. Det fremgår av disse figurer at det kreves en meget god komprimering nær vegens overflate.

Om nå en svakt komprimert veg utsettes for tung trafikk som bevirker betydelig mer kompri-



mering, øker fastheten, men det oppstår hjulspor og vegbanen blir ujevn. For veger med grusdekke har dette mindre betydning da det er lett å utbedre dette. For veger med faste dekker er det imidlertid meget vanskelig å utbedre skadene.

Dette gjelder når vegen og undergrunnen har tilstrekkelig potensiell bæreevne til å tåle de trafikkklaster som påføres. Men for store deler av vårt vegnett er forholdet det at den totale bæreevne også er for liten. Ved tung trafikk utsettes mate-

rialene i veg og undergrunn for spenninger som er for store i relasjon til fastheten og derved oppstår store blivende deformasjoner for hver gang belastninger påføres. Vi skal se litt nærmere på hvilke spenninger som oppstår som følge av et hjultrykk og hva som kan gjøres for å fordele belastningene.

De dynamiske belastningsforhold under et bevegelig hjul er i seg selv meget kompliserte. For å kunne foreta en analyse av spenninger og deformasjoner må en derfor forenkle belastningsforholdet. Først elimineres belastningens dynamiske karakter ved å anta at den dynamiske belastning kan erstattes av en statisk last som gis et såkalt dynamisk tillegg. For ytterligere å unngå komplikasjoner ses som regel bort fra de horisontalt virkende krefter. Dermed er en kommet ned til et betydelig enklere problem, nemlig en statisk last som antas å virke normalt på en sirkulær flate på et horisontalt underlag. Denne belastningstilstand kan analyseres matematisk når en antar at underlaget har visse enkle veldefinerte fasthets- og deformasjonsegenskaper.

For jordmaterialene finnes imidlertid ingen enkel relasjon mellom spenning og deformasjon. For små belastninger oppfører materialet seg noenlunde i overensstemmelse med Hooke's lov. For større spenninger øker deformasjonene hurtigere enn spenningene. Denne relasjon mellom spenning og deformasjon for et jordmateriale kan i grove trekk forklares slik: Kornskjelettet består av mineral-

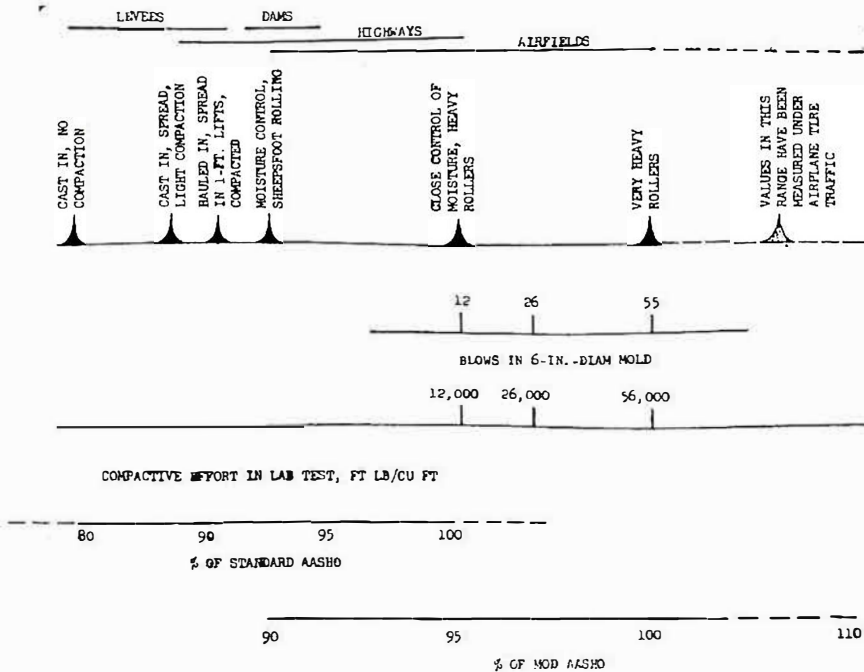


Fig. 5. Komprimeringskrav for forskjellige konstruksjoner og komprimeringseffekter ved tilsvarende laboratorieforsøk. (Etter Foster, Corps of Engineers.)

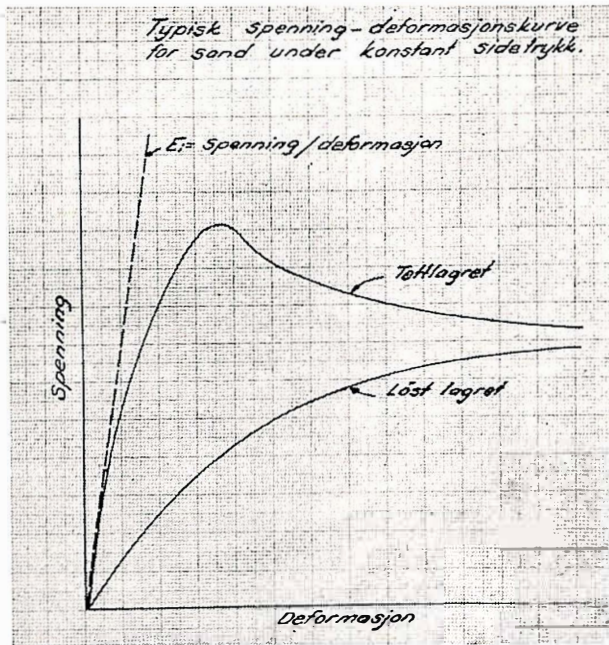


Fig. 6. Typiske spennings-deformasjonskurver for sand under konstant sidetrykk.

korn som er elastisk sammentrykkelig og bøyelig. Ved relativt små spenninger oppfører kornskjelettet seg meget nær som et elastisk materiale. Ved høyere spenninger inntreer varige deformasjoner av kornskjelettet. Det kan komme av knusing av mi-

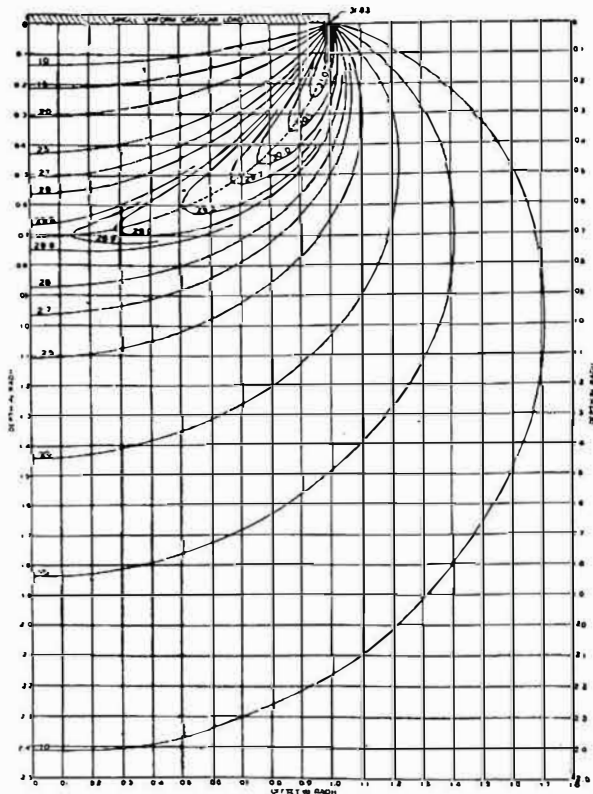


Fig. 7. Maksimale skjærspenninger som opptrer i et elastisk materiale under jevnt fordelt sirkulær belastning.

neralkornene i kontaktpunktene eller kløyving og relativ forskyvning mellom de enkelte korn på grunn av instabilitet. Alt dette kan sammenfattes i benevnelsen plastiske deformasjoner. Vi har således med et materiale å gjøre som oppfører seg tilnærmet elastisk ved små spenninger, men som også undergår plastiske deformasjoner når spenningene øker og nærmer seg bruddspenningen.

Skal en analysere spenningstilstanden i et slikt materiale, kan det gjøres ved hjelp av elastisitetsteorien, når volumendringsforholdet ved belastning forutsettes kjent. Denne spenningsanalyse gjelder da så lenge spenningene er små i relasjon til materialets bruddfasthet. Men etterhvert som belastningen økes, inntreer det lokal overbelastning på enkelte steder. Dette medfører store deformasjoner som resulterer i endringer i spenningsfordelingen. Når belastningen nærmer seg bruddlasten, blir spenningstilstanden tilnærmet plastisk d. v. s. at det er oppstått så store deformasjoner at materialets fasthet er fullt utnyttet langs mulige bruddflater.

En slik plastisk spenningstilstand inntreer først ved brudd og den har i og for seg liten praktisk interesse for en god veg der en har en rimelig sikkerhet mot brudd. På den andre siden gjelder den elastiske spenningstilstand bare så lenge en ikke får lokal overbelastning i enkelte punkter. For mellomliggende belastningstilstander får en soner som har plastisk spenningstilstand, ellers er spenningstilstanden elastisk. Og det er sannsynlig at så å si alle våre vegger i kritiske perioder får større eller mindre soner med plastisk spenningsfordeling når de utsettes for høye hjultrykk.

En slik spenningstilstand er imidlertid vanskelig å analysere, og en er derfor henvist til å anta at vegen opptrer elastisk eller plastisk.

Den elastiske spenningstilstand er den som passer best for forholdene i en god veg og denne spenningsanalyse danner grunnlaget for mange dimensjoneringsmetoder.

Formler for beregning av spenninger etter elastisitetsteorien er oppsatt av Boussinesq for en punktlast. Senere er disse grunnligninger utviklet videre og det er satt opp tabeller og influensdiagrammer for beregning av spenninger i et hvert punkt under sirkulære belastningsflater. Alt dette gjelder for homogent materiale. Men det er også utviklet tilnærmete metoder for transformering av lagdelte systemer til ekvivalente homogene systemer som lett kan analyseres. Det siktes her til den såkalte ekvivalentmetoden som er godt kjent fra Odemarks arbeider.

Vi skal se litt nærmere på hva en slik spenningsanalyse kan fortelle oss. På fig. 7 er vist de maksimale skjærspenninger som opptrer under et hjultrykk. Belastningen fra hjulet er forutsatt å være jevnt fordelt over en sirkulærflate på elastisk underlag. Dette diagrammet er utarbeidet av Corps of Engineers, U. S. Army. Vi ser at de største skjærspenninger opptrer i en nedadrettet konisk sone under belastningsflaten. Skjærspenningene ses å avta hurtig med dybden. Nå vet vi at alle veger er lagdelte systemer hvor lagene blir sterkere og stivere mot overflaten. Ved hjelp av ekvivalentmetoden eller numeriske analyser kan en finne den virkelige spenningsfordeling i en veg. Det viser seg da at de øverste faste lag opptar de største spenninger og fordeler lasten meget godt på det bløte underlaget. Spenningene avtar derfor meget hurtigere med dybden enn dette diagram for homogent materiale viser.

Av diagrammet kan vi imidlertid se hva en økning av hjultrykket medfører. Holdes belastningsflaten konstant og lufttrykket i ringen økes, øker spenningene proporsjonalt med flatetrykket. Holdes flatetrykket konstant og belastningsflaten økes, blir spenningenes størrelse den samme, men de relativt store skjærspenninger går dypere ned. I praksis øker som regel både flatetrykket og belastningsflaten når hjultrykket økes, og dette resulterer da i større skjærspenninger og større skjærspenninger dypere nede.

Ut fra denne spenningsbetraktning skal vi så se på hvilke krav det stilles til materialet i forskjellige dybder. Dekket får de største skjærspenninger. Det må dessuten oppta både aksellerasjons- og bremsekrefter. Hjultrykket øker de effektive spenninger i materialet og for friksjonsmaterialer øker dermed skjærfastheten. I dekket og det underliggende fordelingslag er det imidlertid også store skjærspenninger omkring den belastede flate hvor økningen i effektivt korntrykk er relativt mindre. Her er det da vanskelig å få tilstrekkelig fasthet i rent friksjonsmateriale. Derfor må dekket og det underliggende fordelingslag i alle fall ha en del fasthet av kohesiv natur. Når hjultrykket øker, stiger spesielt kravene til fasthetsegenskapene i dekkene og fordelingslaget under asfalt- og grusdekker. Skjærfastheten i bærelagets underste del er som regel tilfredsstillende når det benyttes telefrie friksjonsmaterialer.

Når det er bløte kohesive jordarter under bærelaget, må dette ha en slik tykkelse at skjærspenningene holdes under en tillatt verdi. Øker hjultrykket, må bærelagstykkelsen overslagsmessig

økes proporsjonalt med kvadratrotten av belastning for ikke å overskride en viss skjærfasthet i underlaget.

Konsekvensene av øket hjultrykk for nybygging av veger kan sammenfattes i følgende: Det stilles større krav til komprimering av bærelag og undergrunn. Det stilles større krav til dekkenes fasthet eller tykkelse, og det stilles større krav til fasthetsegenskapene i fordelingslaget under asfalt- og grusdekker. Videre må tykkelsen av bærelaget økes for at underlaget ikke skal overbelastes.

Både for nye og gamle svake veger er en interessant i å gjøre påkjenninger på vegen minst mulig for et visst akseltrykk. Vi har allerede sett at spenningene kan reduseres noe i de øvre lag ved å bruke lite flatetrykk og stor belastningsflate. Men av praktiske grunner er det begrenset hva en kan oppnå på denne måte. Andre muligheter en har for å fordele belastningen er å bruke doble hjul og tandemaksler eller boggi. Vi har regnet noe på de maksimale skjærspenninger som oppstår i undergrunnen under forskjellige forhold. Beregningene er utført etter elastisitetsteorien ved hjelp av ekvivalentmetoden og Fosters spenningsdiagrammer. På fig. 8 har en regnet med 40 cm bærelag, noe som vi har på mange eldre veger. Av figurene fremgår hva som oppnås på forskjellig undergrunn. En ser at doble hjul og boggi er mest virksomme på god undergrunn.

Fig. 9 viser tilsvarende forhold for et 60 cm bærelag, noe som er mer typisk for våre nyere veger. For det første ser en at spenningene for samme belastning og samme undergrunn er redusert til omlag halvparten. Videre er det tydelig at den lastfordelende virkning for undergrunnens vedkommende er langt mindre i dette tilfellet både for doble hjul og for boggi. Dette kommer av at bærelaget er sterkere og har større lastfordelende evne i seg selv. En ser at reduksjonen ved dobbelte hjul blir uten praktisk betydning når elastisitetsmodulen for undergrunnen er lav. Nyttan av lastfordeling ved boggi blir også liten ved lavere elastisitetsmoduler. Dette er et forhold som er av stor interesse idet en har hatt tendens til å betrakte boggi som et bedre lastfordelingsmiddel enn det i mange tilfelle er.

Vi har sett på hvilke spenninger som oppstår under forskjellige statiske belastninger. Om dette dekker de påkjenninger en veg utsettes for ved gjentatte dynamiske belastninger er et spørsmål som er meget vanskelig å finne svar på. Det er grunn til å anta at spenningenes størrelse er noenlunde riktig. Men hvordan belastningsfrekvensen

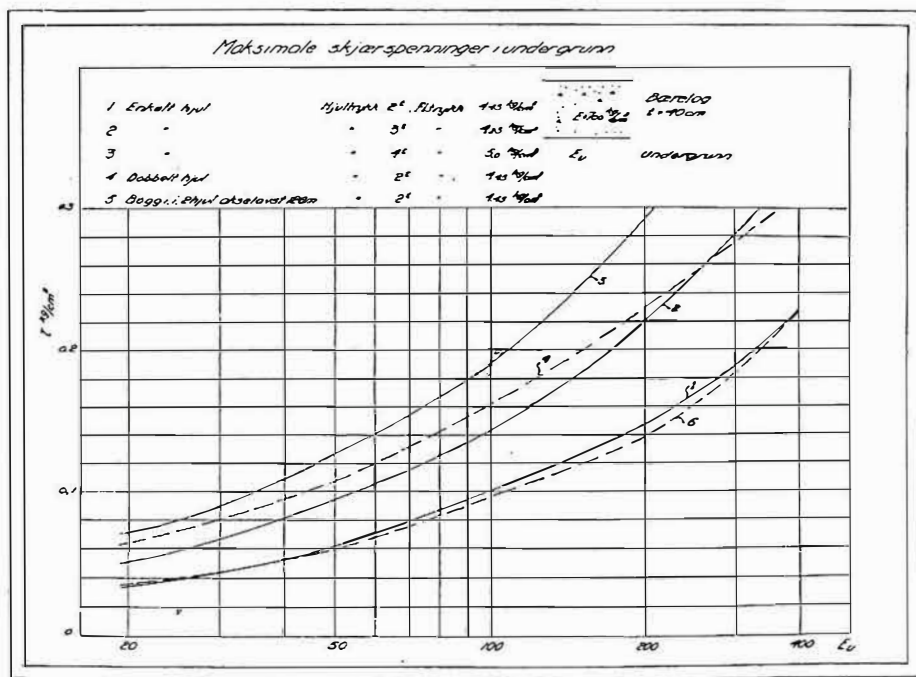


Fig. 8. Maksimale skjærspenninger i grunnen under et 40 cm tykt bærelag ved forskjellige belastnings- og grunnforhold.

influerer på forskjellige jordmaterialers fasthetsegenskaper er meget vanskelig å klarlegge. Utmatningsbrudd kan finne sted i betong og asfaltdekker og der er utført laboratorieforsøk som indikerer at lignende brudd også kan oppstå i finkornige ikke sensitive jordmaterialer. Resonnementsmessig er det vanskelig å godta at utmatningsbrudd i vanlig forstand kan finne sted i grovt friksjonsmateriale. Bruddfastheten kan derimot lett tenkes å bli noe redusert ved at kornene avrundes i kontaktflatene og tettheten endres.

Med hensyn til deformasjoner så viser både laboratorie- og feltforsøk at jordmaterialer får blivende deformasjoner hver gang de belastes. Som tidligere nevnt er de plastiske deformasjoners størrelse avhengig av belastningens størrelse i relasjon til bruddlasten. Ved relativt små belastninger er de plastiske deformasjoner praktisk talt lik null. Ved relativt høye belastninger blir de plastiske deformasjoner store. En veg kan således tåle mange normale belastninger uten at det oppstår deformasjoner av praktisk merkbar størrelse. Utsettes der-

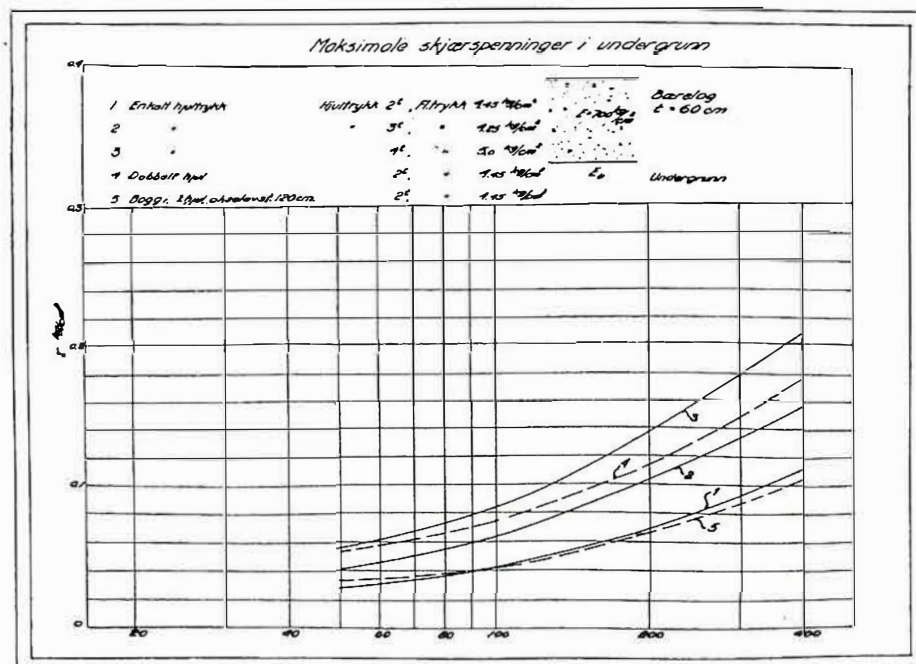


Fig. 9. Maksimale skjærspenninger i grunnen under et 60 cm tykt bærelag ved forskjellige belastninger og grunnforhold.

imot en veg for belastninger som i størrelse nærmer seg bruddlasten, finner det sted lokale overbelastninger som resulterer i plastiske flytninger og deformasjon av vegbanen. Dette forhold er av grunnleggende betydning ved vurdering av de skader som forholdsvis få vogner med høyt hjultrykk kan forårsake på svake veger som har stått godt i lang tid under lettere trafikk.

Variasjon i vegers bæreevne med årstiden.

Vi har sett hvor viktig det er at belastningene ikke blir for høye i relasjon til den totale bæreevne. For å kunne kontrollere dette skulle en da i første rekke vite hvor stor bæreevnen er. Men nå viser det seg at bæreevnen ikke er konstant. Tvertimot varierer den til dels meget sterkt med årstiden på grunn av klimatiske variasjoner. Dette er et forhold som er av stor betydning, og vi skal se litt nærmere på årsakene til dette.

Det er alment kjent at de hydrauliske forhold og vanninnholdet er av avgjørende betydning for jordmaterialers fasthetsegenskaper. Fastheten i jordmaterialene er en funksjon av det effektive korntrykk. Grovkornete materialer som brukes for vegbygging er lett drenerbare og det effektive korntrykk påvirkes vesentlig av oppdrift ved høy grunnvannstand, og ved kapilære krefter over grunnvannstanden. I finkornete jordarter er permeabiliteten lav slik at vanninnholdet bare kan endre seg langsomt. Ved hurtig belastning trykkes kornskjelettet sammen elastisk, men vannet er inkompressibelt og kan ikke komme ut. Belastningen blir derfor opptatt som trykk i porevannet og materialets fasthet forblir relativt uendret. Og det er kjent at ved høyt vanninnhold har disse finkornige jordarter meget lav fasthet. Klimatiske forhold eller prosesser som endrer vannstand og vanninnhold i jordartene har således avgjørende innflytelse på jordartenes fasthetsegenskaper.

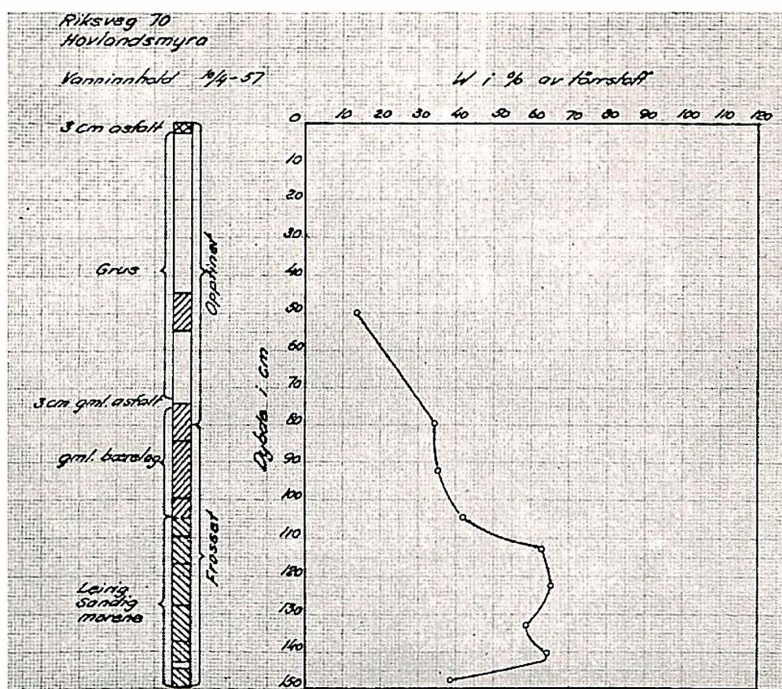


Fig. 10. Vanninnholdet i den telefarlige undergrunnen har øket sterkt ved telens nedtrengning.

I perioder med mye nedbør hever grunnvannstanden seg. Dette kan ha en viss innflytelse på fastheten i grovkornige jordarter. Når disse er brukt i veger er de imidlertid som regel godt beskyttet mot vann ved drenasje og relativt tette dekker. Nedbørsforholdene har liten betydning for fastheten i finkornige vannmette jordarter bortsett fra oppbløting av overflaten og eventuell reduksjon av kapilære spenninger.

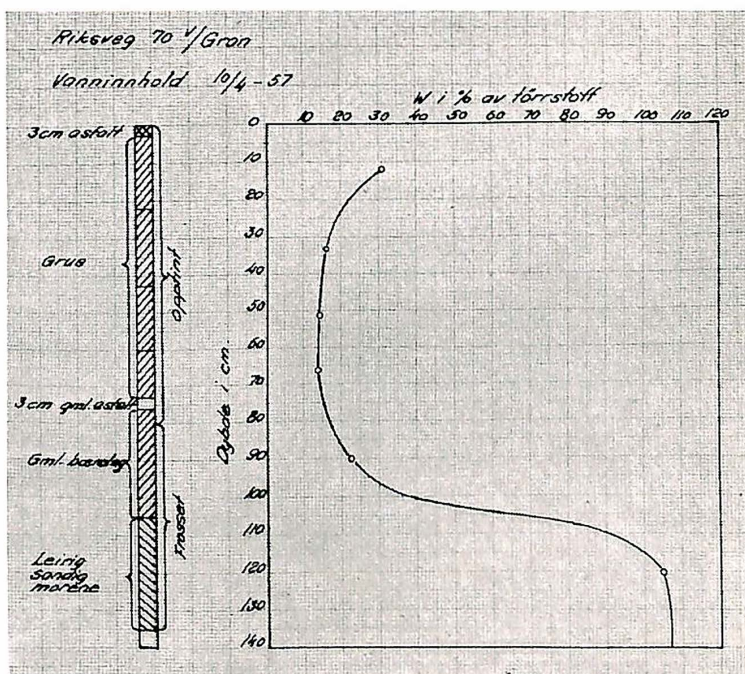


Fig. 11. Meget høyt vanninnhold i form av is i telefarlig undergrunn.



Fig. 12. Islinser i telefarlig grunn under en veg.



Fig. 13. Når det frosne jordmaterialet tiner kan det bli stort overskudd av vann.

Telefenomenet derimot kan medføre voldsomme økninger av vanninnholdet i de finkornete jordarter. Når disse såkalte telefarlige jordarter fryser, danner det seg islinser i fryseflaten av vann som strømmer opp til fryseseonen fra de underliggende jordlag. Når det er liten avstand ned til grunnvannstanden og jordarten er tilstrekkelig permeabel, kan det ved kritiske temperaturgradienter finne sted en meget sterk økning av vanninnholdet på denne måte. Dette går klart fram av fig. 10 og 11 hvor resultatene er satt opp av et par undersøkelser som er foretatt siste vinter. På fig. 12 vises islinserne slik som de var synlige i kanten av prøvehullet, og på fig. 13 ser en tydelig at det blir overskudd av vann når isen smelter. Så stort vanninnhold som vist på fig. 10 og 11 antas å forekomme relativt ofte. Islinserne er ofte så fint fordelt at de bare såvidt er synlige. Hvordan går det så med fastheten i disse jordartene når isen tiner? Om vi tar for oss jordarten under bærelaget i fig. 8, så har den en flytegrense på 30 % og det er

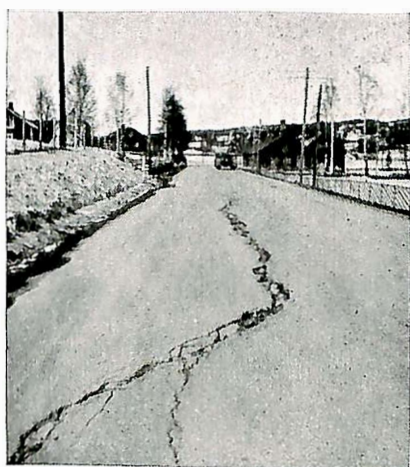


Fig. 14. Sprekke i asfaltdekke som følge av ekstra stor telehivning under midten av vegen.

innlysende at jordartens fasthet ved brå tining ville være praktisk talt null.

Som en ser av fig. 14, så er asfaltdekket på dette stedet hvor prøvene er tatt i forholdsvis god forfatning, selv om det har oppstått en sprekk langs midten hvor telehivningen har vært ekstra stor. At vegen har beholdt en noenlunde tilstrekkelig bæreevne også i teleløsningen, kommer av at den har et kraftig bærelag av grovkornet materiale som ikke har fått sin bæreevne nevneverdig redusert og videre av det forhold at opptiningen foregår langsomt og konsolidering av jordarten følger suksessivt. Den relative hastighet for de to sistnevnte prosesser er av fundamental betydning for vegens bæreevne. Og vi skal derfor se nærmere på de faktorer som er av betydning i denne forbindelse.

Opptiningshastigheten retter seg etter temperaturforløpet på overflaten i første rekke. Dessuten er jordmaterialenes varmeledningsevne og varmekapasitet av fundamental betydning. Ved en enkel analyse finnes at tinehastigheten er tilnærmet proporsjonal med overflatetemperaturen og varmeledningsevnen, og omvendt proporsjonal med dybden og vanninnholdet i form av is. Når opptiningshastigheten er stor blir det frigjort mye vann pr. tidsenhet i finkornige jordarter hvor det er dannet islinser under frysingen, og det blir stort overskudd av vann i og over tinesonen. Dette medfører at fastheten her blir liten. Fastheten øker imidlertid etterhvert som overskuddet av vann presses ut. Denne konsolideringsprosessens tidsforløp avhenger i første rekke av jordartens permeabilitet og avstanden til den fritt drenerende flate. Det er således gunstig at permeabiliteten er stor så vannet kan komme hurtig ut. Dermed blir de høye poretrykk og den lave fasthet avgrenset til et tynt sjikt nær tinesonen. Ved tilstrekkelig god drenering vil fastheten i tinesonen ikke bli så ekstraordinært lav. Dette er imidlertid mer unntak enn regel, da telefarlige jordarter har lav permeabilitet.

Av ytre faktorer som påvirker forholdene i teleløsningen nevnes utenom temperatur, nedbør og trafikk. Nedbøren kan være av stor betydning, spesielt for veger som har dårlige dreneringsforhold. Rikelig nedbør vil høyne grunnvannstanden og dermed redusere dreneringsmulighetene ytterligere og kan nedsette fastheten i de ellers noenlunde bæredyktige materialer nær overflaten. Et forhold som er spesielt skadelig er at det kan bli liggende igjen snøkanter på vegen som demmer opp vann i vegbanen. Dette kan bli en meget kritisk påkjønning på grusveger og asfaltdekker på finstoffholdige forde-

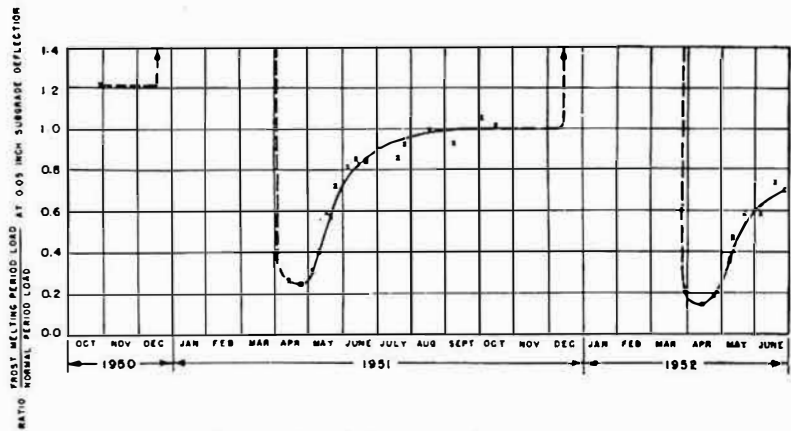


Fig. 15. Variasjoner i en vegs bæreevne med årstiden på grunn av klimatiske faktorer innvirkning. (Etter K. A. Linell.)

Results of static-load tests with 30-in.-diameter plate on 18-in. bituminous-surface-treated gravel base course for Limestone, Maine, frost test section, average of Positions 3 and 4.

lingslag som således kan bløtes opp og få sin bæreevne betydelig redusert. Om en i tillegg til dette får kortvarige fryseperioder (nattefrost) så at dekket fryser, blir dekket liggende som en hård skorpe på et bløtt underlag, og det kan da lett påføres meget store skader.

Trafikkens skadevirkninger er velkjente. I teleløsningen har de nytinte telefarlige jordmaterialer som nevnt meget lav fasthet. Når vegene i denne tid utsettes for trafikk har de derfor ofte for liten bæreevne til å tåle belastningene. Dette resulterer da i store deformasjoner og ytterligere reduksjon av bæreevnen på grunn av vibrasjoner.

Bæreevnens reduksjon i teleløsningen har vært gjenstand for inngående undersøkelser. Spesielt har amerikanerne utført en rekke systematiske undersøkelser for å finne ut av dette. På fig. 15 er gjengitt en av de typiske kurver som fremkommer når bæreevnen kontrolleres med visse mellomrom ved hjelp av belastningsforsøk på sirkulærplate. Denne figur er tatt fra en av Corps of Engineers publikasjoner. Kurvene viser ganske tydelig de typiske variasjoner som en vegs bæreevne undergår med årstidene. Normal bæreevne måles ut på ettersommeren. Så snart vegen fryser, øker bæreevnen veldig, og den forblir høy inntil opptiningsperioden setter inn. Da faller bæreevnen meget hurtig og går langt under normalverdien. Vi ser at den er nede på 15-25 % av det normale og dette er vel typisk også for mange av våre vegger. Vi har bare ikke så fine fullstendige kurver å vise til.

Begrensning av skader i teleløsningen.

Vi har nå sett hvordan vegenes bæreevne varierer med årstidene på grunn av klimatiske variasjoner og vi har diskutert de faktorer som er bestemmende for omfanget av reduksjonen i bæreevne.

Vi skal nå se på hvilke konsekvenser bæreevnens reduksjon har for trafikken og vegene og hvilke muligheter en har for å redusere skadevirkningene.

I den relativt korte teleløsningsperioden har vegene unormalt lav bæreevne. Ellers i året er bæreevnen betydelig høyere og den kan utnyttes tilsvarende uten at skader oppstår. Det ligger derfor også nær å presse den tillatte belastning i teleløsningen så høyt opp som mulig for at normal trafikk skal kunne holdes gående. Dette forhold gjelder en vesentlig del av vårt vegnett som ikke er dimensjonert for å bære tillatte akseltrykk i kritiske teleløsningsperioder. Å utnytte bæreevnen så høyt i teleløsningen medfører betydelige skader på vegene. På fig. 16 ser vi hva resultatet har blitt et sted på Riksveg 40 i Vestfold i år. Belastningene har tydelig tangert bruddlasten så det er oppstått store plastiske deformasjoner av vegbanen og dekket er brutt i stykker. Foruten de plastiske deformasjoner forårsaker trafikken elting og pumping i de bløte materialer. Når det finnes overliggende lag som ikke tilfredsstillende filterkravene, blir det bløte materialet pumpet opp i friksjonsmaterialet



Fig. 16. Teleskader på rv. 40 i Vestfold i 1957.

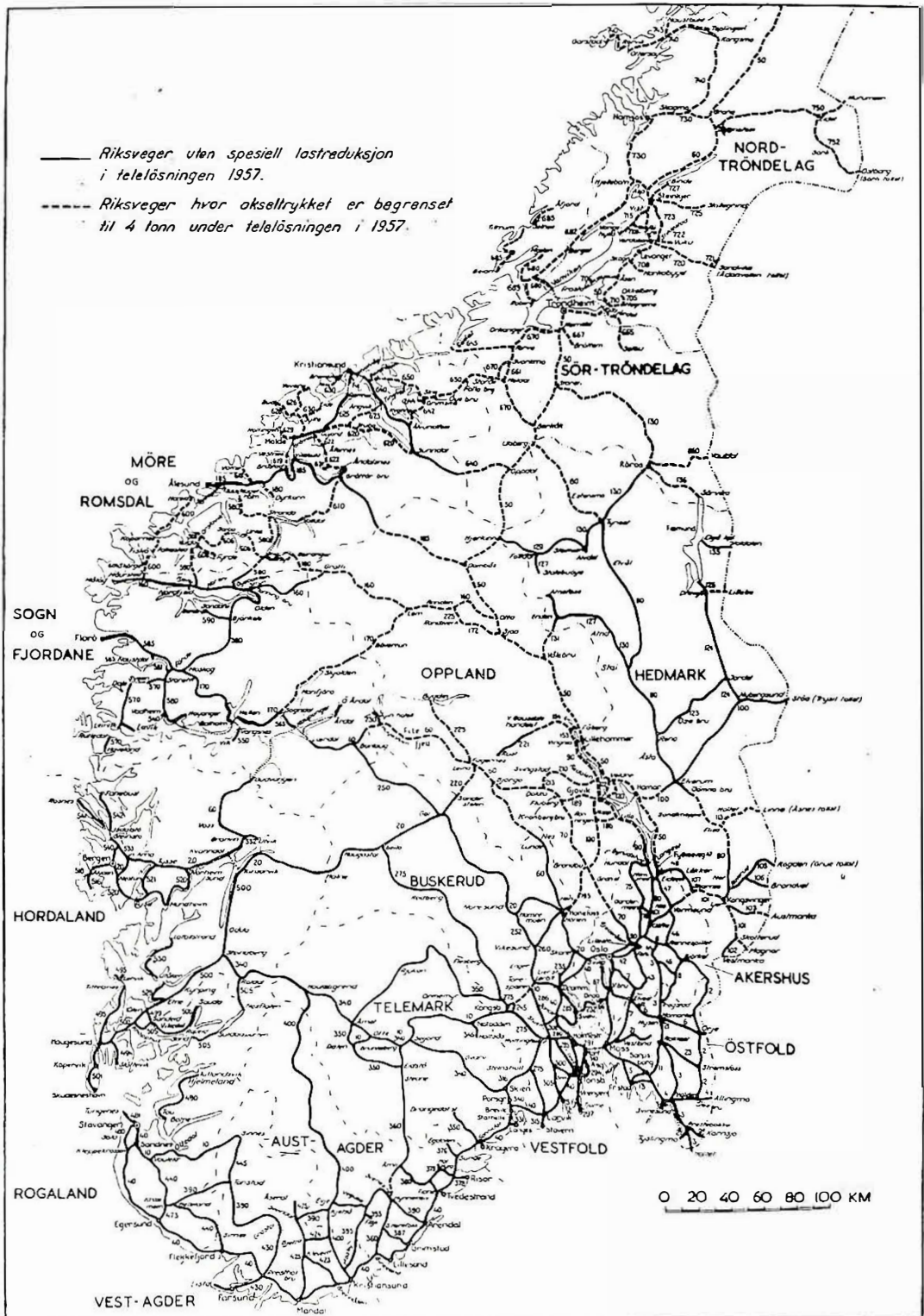


Fig. 17. Oversikt over lastrestriksjoner på riksvegene i Sør-Norge i teletilslutningen våren 1957.

som derved også mister sin bæreevne. Dette er et forhold som ofte forekommer i våre gamle vegger. Å forsøke å holde trafikken gående på vegger med for liten bæreevne i teleløsningen medfører således store skader i form av nedpressing i hjulsporene, oppsprekking av faste dekker og brudd alt etter belastningens relative størrelse i forhold til bæreevnen. For de trafikerende medfører dette også store ulemper. Vegene er ubehagelige å kjøre på, det blir stor slitasje på kjøretøyene, og det hender også at kjøretøyer blir sittende fast og det blir uråd å komme fram.

For å begrense ulempene både for vegnettet og for trafikken har en derfor funnet å måtte innføre midlertidige lastrestriksjoner i teleløsningsperioden for de vegger som er altfor svake. Herved oppnår en følgende: Store kapitalødeleggelser i form av ødelagte bærelag og dekker unngås og en kan holde den lette trafikken gående.

På fig. 17 er det vist en oversikt over riksvegene i Sør-Norge. På det overveiende antall av disse vegger tillates normalt akseltrykk på 6 tonn, på noen ganske få 4 og 5 tonn, mens det på en del av de viktigste tillates 7 tonn. På denne figur er de vegger hvor det er innført lastrestriksjoner i teleløsningen i 1957 avmerket med stiptet linje. Tillatt maksimalt akseltrykk er for disse veggers vedkommende redusert til 4 tonn. En ser at lastrestriksjonene gjelder en ganske stor del av vårt riksvegnett i Sør-Norge. Fra Nord-Norge hadde en ikke fullstendige opplysninger nok til å sette opp tilsvarende oversikt. Det blir også inført lastrestriksjon for en del fylkesvegger og bygdevegger.

Ulempene av restriksjonene blir at den tyngste lastebiltrafikken må innstilles eller bare kan utnytte en del av sin kapasitet. For spesielt viktige transportbehov blir det undertiden lempet på restriksjonene om det finnes forsvarlig. Ellers forsøker en å gjøre denne perioden så kort som mulig. Om restriksjonene innføres for sent eller oppheves for tidlig kan det oppstå betydelige skader. Dette hender ofte. Det kan komme av at enkelte vegstrekninger på grunn av lokale klimadifferanser får teleløsning ekstra tidlig eller sent. Men det kan også komme av at en ikke har tilstrekkelig kjennskap til de telemessige gjennomsnittsførhold og vurderer situasjonen feil. Det er temperaturen som er avgjørende for når teleløsningen setter inn. Men det er vanskelig å forutse temperaturforløpet selv om en etterhvert vel kan få visse holdepunkter fra meteorologenes langtidvarsler. Teleløsningens virkning på bæreevnen avhenger forutenom temperaturforløpet også av islensenes mengde og dyb-

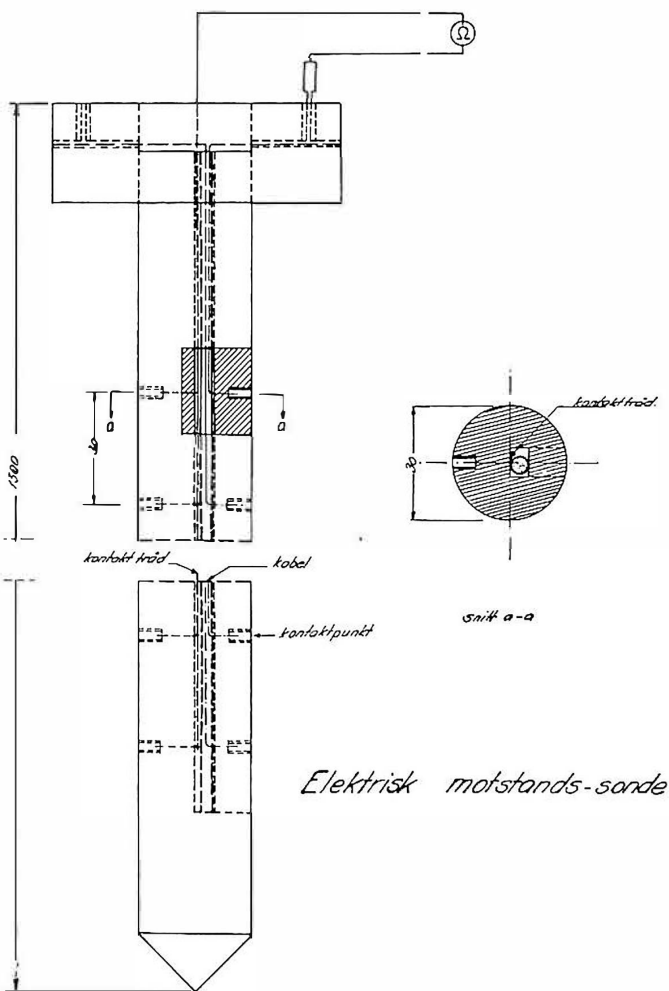


Fig. 18. Telesonde. Teledybden kontrolleres ved måling av den elektriske motstanden i jordmaterialet.

de. Dette er faktorer som kan undersøkes før teleløsningen setter inn, og kjennskap til disse gir et godt grunnlag for å bedømme teleløsningens skadelige virkninger under forutsetning av visse kritiske temperaturforhold.

I den senere tid har en begynt å bruke elektriske motstandssonder for å kontrollere frysing og tining av jord. Etter amerikansk påvirkning har vi eksperimentert med dette og vi er kommet fram til en konstruksjon som er vist i fig. 18. En måler motstanden gjennom jord mellom to kontaktpunkter og denne stiger meget sterkt når jorden fryser. Ved hjelp av slike sonder kan en lettvinnt følge tine- og fryseforløpet, og til enhver tid ha oversikt over telesituasjonen. Begrensning av teleskader kan også skje ved å sørge for god drenering der denne på forhånd måtte mangle. Dette gjelder drenering for å få bort overflatevann og for å avskjære grunnvannsig. Der hvor det er tale om relativt lokale teleskader, kan disse begrenses betydelig ved å legge et tykt sandlag på de dårlige partier i

tide. Midlertidige lastreduksjoner i teleløsningen er lite ønskelig av alle interesserte. En går derfor inn for å bygge ut alle viktige veger ved forsterkning eller nybygging slik at de kan tåle normaltrafikk i teleløsningen.

Vi skal ganske kort se på hovedlinjene i dette arbeid med spesielt henblikk på de teletekniske problemer. Gamle veger er som regel dårlig drenert. Ved forsterkning må en derfor sørge for at vegen blir godt drenert slik at overflatevann og skadelig vannsig ledes bort og grunnvannstanden holdes godt under underkant av bærelaget. Når vegen samtidig skal utvides, må en sørge for teleteknisk jevnt underlag for bærelaget. Dette gjelder også ved fjernelse av lokale telesår i den gamle veg. Om forsterkningen skal utføres ved oppfylling eller masseinnskiftning avhenger av forsterkningsarbeidets omfang og lokale hensyn som må tas. Det er billigst å fylle opp. Det melder seg da spørsmål om hvor mye nytte en kan vente seg av de gamle bærelagsmaterialer. Dette er ofte vanskelig å avgjøre, og vi er igang med et undersøkelsesarbeid som tar sikte på å klarlegge dette.

Ved nybygging av veger er det en rekke teletekniske hensyn å ta. Drenasjespørsmålet er viktig. Videre kan en ved linjevalg og fastlegging av planumshøyde i noen utstrekning ta i betraktning grunnvannsig og telefarlige materialer som kan omgås. Dette kan kreve inngående studie av terrenget, men en kan få meget god nytte av luftfoto i dette arbeidet. Teletekniske egenskaper for jordartene i skjæringer og under lave fyllinger bør undersøkes og grunnvannstanden måles. Dette må gjøres for å kunne vurdere nødvendige lokale variasjoner i bærelagstykkelsen. Teleskadene opptrer nemlig oftest lokalt og for å eliminere dem, må en i noen utstrekning gå lokalt til verks.

For dimensjonering av bærelaget trenger en opplysninger om en rekke faktorer som det må tas

hensyn til. Av primær betydning er trafikken størrelse og tyngde. Det kan være problematisk å anslå riktig fremtidig størrelse av trafikken. Det er imidlertid akseltrykkets størrelse som har avgjørende betydning for dimensjonering av en veg med hensyn til bæreevnen i teleløsningen. For nye veger regner vi i Norge med 10 tonns akseltrykk.

Grunnforholdene og de materialer som er tilgjengelige eller kan skaffes for bygging av vegen må undersøkes nøye. Og det er nødvendig å vurdere om ujevne telehvinger kan finne sted og hva som eventuelt skal gjøres for å eliminere disse. Særlig viktig er det å få fastlagt hvordan bæreevnen for materialene i vegen og undergrunnen kan påvirkes av klimatiske faktorer, i første rekke teleløsningen. En kan få god støtte av enkle undersøkelser og beregninger for vurdering av disse komplekse spørsmål, men i endelige avgjørelser er en fremdeles henvist til å bruke grovt skjønn i de fleste tilfelle. Og bestemmelse av bærelagets tykkelse skjer på grunnlag av generelle og spesielle praktiske erfaringer som modifiseres på en fornuftig måte i relasjon til de aktuelle trafikkmessige, materialtekniske og klimatiske forhold. Selv om en etterhvert i større utstrekning støtter seg til teoretiske og eksperimentelle resultater, spiller den praktiske erfaring en avgjørende rolle for dimensjonering av våre veger.

L I T T E R A T U R

Ahvin, R. G.: Discussion to «Wheel-Load-Stress Computations Related to Flexible Pavement Design». H. R. B. Bulletin 114.

Carey, W. N. and Andersland, O. B.: «Frost Depth Determination by Electrical Resistance Measurements». Highway Research Abstracts Volume 27. April 1957.

Foster, C. R.: Lectures on «Soil Compaction for Roads and Airfields». M. I. T. 1955.

Linell, Kenneth A.: «Frost Design Criteria for Pavements». Highway Research Board Bulletin 71.

Schaible, L.: «Frost- und Tauschäden an Verkehrswegen und deren Bekämpfung». Berlin 1957.

von Matern, Nils og Odemark, Nils: «Om vägens konstruktion vid höga hjultryck». Statens Väginstytut specialrapport 6. Opplysningsrådet for biltrafikken. Publikasjon nr 9.

Uforgjengelig tresort

Jarrak (en slags eukalyptus) er opprinnelig fra Australia, men nå gror dette nyttige tre utmerket i 20 andre land. I tillegg til at det motstår forråtnelse, termitt og peleorm, er det brannsikkert i en slik grad at det i noen deler av verden er vel ansett som skorsteinsmateriale. Brygge- og brupeler har vist seg å være friske etter 50 år. I mer enn et halvt århundre har kjøretøyene i de mest trafikerte distrikter i London og Paris rullet over brukning av jarrak. (Opplysningene er gitt av John Sidney i septembernummeret 1957 av Natural History.)

«Kattøyer» i London-tåken

I London arbeider en for tiden med en plan som går ut på at alle klassifiserte veger skal merkes langs midtlinjene med «kattøyer».

I tett tåke er selv den beste gatebelysning i London til liten eller ingen nytte. På de steder i byen hvor «kattøyer» allerede er satt opp, har det vist seg at disse er meget nyttige og verdifulle i tett tåke.

Et forslag om at rennesteiner skulle bli merket med hvit maling er blitt forkastet, da en antok at dette ville bli altfor kostbart.

Retningslinjer for prosjektering og utførelse av betongveger

Utarbeidet av Nordisk Vegteknisk Forbunds utvalg for betongveger

DK 625.84

(Forts. fra NV nr 6, s. 104.)

V. Armering.

20. Armeringens oppgave.

Betongdekker kan være armert eller uarmert. Armeringens oppgave er i alminnelighet å forhindre store rissdannelser. Bestemmende for hvorvidt vegdekket skal være uarmert eller armert, og i tilfelle hvor kraftig armeringen skal være, er i første rekke avstanden mellom tverrfugene. Den armering som omtales i det følgende er bare en *rissarmering*, som ikke er beregnet på å kunne oppta spenninger fra de momenter og krefter som betongen utsettes for. En slik armering må i tilfelle beregnes.

21. Armering med sveiset armeringsnett.

Til armeringsnett brukes i alminnelighet sveisete matter av hårdtrukket stål med σ_F min. 50 kg/mm². De skal være fabrikkmessig fremstillet av kaldtrukket stål med 6 mm diameter og alle krysningspunkter skal være sammenføyet ved elektrisk motstandssveising. For en platelengde på 17 m skal — uansett platetykkelse — senteravstanden mellom de langsgående stenger være 300 mm, mens senteravstanden mellom tverrgående stenger skal være 450 mm. Langs alle kanter og fuger skal avmerkingen forsterkes ved at nettet på disse steder forsynes med 2 stk. ekstra 6 mm stål.

22. Armering med sammenbundne armeringsmatter.

Alternativt kan armeringen lages av sammenbundne matter av stål i kvalitet St. 37, St. 44, St.

52, kamstål 40 eller Tentorstål¹. Minst annet hvert krysningspunkt skal bindes med utglødet ståltråd.

Nettenes maskevidde ved bruk av forskjellige stål kvaliteter fremgår av nedenstående tabell, som gjelder for dekker med 17 m fugeavstand uansett platetykkelse. I tillegg til den armering som er angitt i tabellen skal det ved ekspansjonsfuger legges 2 ekstra stål i dekkets underkant. For stål St. 37 og St. 44 skal dimensjonen av disse være 10 mm^ø, for St. 52, kamstål 40 og Tentorstål 8 mm^ø.

23. Armeringens utførelse.

All armering skal lagres og transporteres slik at den ikke forurenses eller bøyes. Sveisete armeringsmatter må ikke leveres sammenrullet.

Armeringen legges ut som ferdig nett med 5—7 cm fri avstand til dekkets overkant. I skjøtene skal armeringen ha 35 cm overlappning. I alminnelighet legges armeringsnettet på den nedre del av betongdekket som støpes først, er nøye avrettet og eventuelt komprimert (jfr. 8). Når armeringen er lagt, støpes og komprimeres resten av betongen.

Alternativt kan armeringsnettet monteres i den riktige høyde ved hjelp av et montasjestål eller på annen godkjent måte, hvorefter betongen støpes og komprimeres i full tykkelse. Montasje av forankringsstenger og dybler er beskrevet i punkt 13 og 17.

¹ Anm. «Tentorstål» er dansk kaldtrukket og vridd armeringsstål tilsv. det tyske «Torstahl». Det er altså et fabrikkasjonsmerke, ikke en typebetegnelse.

Stålkvalitet	Dia- meter mm	Lengdearmering		Tverrarmering	
		Ved ytterkant og ved midtfuge	I platens midte	Ved fuger	I platens midte
St. 37 ¹	8	3 stk.c/c 100	c/c 300	3 stk.c/c 100	c/c 450
St. 44 ¹	8	3 stk.c/c 100	c/c 375	3 stk.c/c 100	c/c 500
St. 52	8	2 stk.c/c 100	c/c 400	3 stk.c/c 100	c/c 600
Kamstål	8	2 stk.c/c 100	c/c 460	3 stk.c/c 100	c/c 650
Tentorstål	6	3 stk.c/c 100	c/c 300	3 stk.c/c 100	c/c 450

Alle mål er mm.

¹ Det er i tabellen forutsatt at stål St. 37 og St. 44 ved prøvning av 8 mm stenger har en flytegrense på minst 27,5 og 31,5 kg/mm². — Disse flytegrenser ligger vel 10% høyere enn det som vanligvis garanteres.

VI. Betongmaterialene.

24. *Cement.*

Såfremt intet annet er bestemt, skal det brukes standard portlandcement. I spesielle tilfelle, f. eks. ved støpning i kaldt vær, kan det være en fordel å bruke en hurtigherdnende cement (rapidcement). Det bør regnes med samme minimumsmengde hurtigherdnende cement som standardcement (jfr. 31). Hvor intet annet er spesielt nevnt, er det i det følgende regnet med standard portlandcement.

Cementen skal tilfredsstillende forskriftene i NS 425 A.

På byggeplassen skal cementen beskyttes mot fuktighet. Cement i sekker lagres på et relativt høytliggende tørt gulv. Cement som har klumpet seg må ikke anvendes.

25. *Luftinnførende midler.*

Det skal brukes luftinnførende midler av anerkjent fabrikat. Den ferske betongs luftinnhold skal være 4—6 %. Innenfor disse grenser bør luftmengden avta med stigende maksimal steinstørrelse. Luftblærene i betongen gjør betongmassen lettere bearbeidelig, reduserer vannutskillelse og separasjon og gjør den herdnede betong mer motstandsdyktig mot gjentatte frysninger og opptininger og mot angrep ved eventuell saltning av betongdekkene.

Det luftinnførende stoffs egenskaper, bl. a. dets betydning for betongens frostbestandighet, må undersøkes i den utstrekning det er nødvendig.

Betongens luftinnhold må bestemmes daglig etter anerkjent metode. Prøvemengden må være minst 2,5 liter og den skuffe som prøver tas ut med må rumme minst 0,5 liter. Brukes Vebeapparat til konsistensmåling, utføres komprimeringen av betongen på følgende måte: Betongen fylles i luftmåleapparatet i 3 lag og hvert lag vibreres ved at apparatet settes på et Vebebord inntil betongens overflate er helt blank.

Brukes fallbord med betongmåler til konsistensmåling, bestemmes luftinnholdet av den betongmasse som ved konsistensmåling er omformet og komprimert (jfr. forøvrig leverandørens bruksanvisning).

26. *Vann.*

Betongens blandevann må ikke inneholde fremmede stoffer som kan virke skadelig på betongen. Blandevannet skal tilfredsstillende forskriftene i Norsk Standard. I tvilstilfelle kan det stilles krav om prøvning med henblikk på betongens frostbestandighet.

27. *Tilslagsmaterialer (sand og stein).*

Fine tilslagsmaterialer til betong er kornet materiale med kornstørrelser fra 0 mm til 4,75 mm. Sanden skal undersøkes som beskrevet i punkt 28.

Grove tilslagsmaterialer til betong er materiale med kornstørrelser fra 4,75 mm og oppover. Steinen bør ha mest mulig kubisk form. Flate, langaktige partikler må unngås. Tilslagsmaterialene må bestå av seige, harde, slitesterke bergarter og strukturen må være minst mulig skifrig. Materialene bør ikke inneholde skadelige mengder av glimmer, svovelholdig stein (alunskifrig kis), «fet» stein (kleberstein) eller forvitret materiale. Materialene må være fri for humusstoffer. Sandkornene må ikke henge sammen i klumper.

Stein som skal anvendes til topplag i tolagsbetongdekker eller i ettlagsbetongdekker må ikke inneholde kalkstein større enn 6 mm.

Sand og stein skal lagres adskilt på rene underlag eller i siloer, og materialene skal beskyttes mot alle slags forurensninger og mot at de blir blandet sammen. Leveres sand og stein i flere sorteringer, gjelder det samme for hver enkelt av disse.

28. *Undersøkelse av skadelige stoffer i sanden.*

a) *Organiske forurensninger.* Denne prøve utføres som beskrevet i Norsk Standard. Det bør erindres at humus kan forekomme lokalt i grustaket. Er tilslagsmaterialet meget kalkholdig, kan den vanlige humusprøve være upålitelig og en nøyaktigere undersøkelse bør da foretas av et laboratorium.

b) *Innholdet av leire og andre oppslembare stoffer* bestemmes som beskrevet i Norsk Standard.

c) *Kalkinnhold.* En avveiet sandprøve overhelles med saltsyre, utvaskes gjennom et filterpapir, tørres og veies på ny. Vekttapet angir da kalkinnholdet. Det må ikke overskride 20 vektprosent. Skjønnessmessig kan kalkinnholdet bestemmes ved den oppbrusning som skjer når saltsyre helles over prøven.

Undersøkelsene skal foretas før arbeidets begynnelse og forøvrig i så stort omfang at man med sikkerhet vet at man har velegnede materialer.

29. *Tilslagsmaterialenes kornkurver.*

De fine tilslagsmaterialers kornkurve bør ligge nær de grenser som er angitt i fig. 2. Kurvens helning bør ikke noe sted være steilere enn linjen E, dvs. at det ikke bør være mer enn 40 % av en enkel kornfraksjon.

Den største kornstørrelse for *steinmaterialet* må ikke overskride 45 mm for ettlagsbetong og for det nedre lag i tolagsbetong, og maksimum 32 mm for det øverste lag i tolagsbetong.

Sand og stein skal blandes med hverandre i slike mengder at det samlede tilslagsmateriale får en kornkurve som såvidt mulig ligger nær de grenser som er angitt på fig. 2. De helt optrukne linjer gjelder for betongdekker støpt i ett lag og for det nedre lag i tolagsbetongdekker. De prikkede linjer gjelder for det øvre lag i tolagsbetongdekker. Brukes singel som steinmateriale, bør kornkurven ligge nærmest de nedre grensekurver.

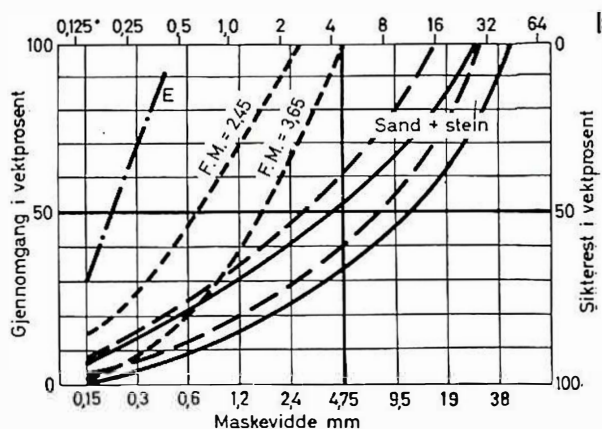


Fig. 2.

30. *Sikteprøving.*

Før arbeidet påbegynnes skal det utføres sikteprøvinger av de materialer som tenkes anvendt, og resultatene av disse skal brukes for å finne det blandingsforhold som gir en hensiktsmessig kornkurve i henhold til punkt 29.

Under arbeidet skal korngraderingen stadig kontrolleres, f. eks. 1 gang daglig for sandens vedkommende og 1 gang pr uke for steinens vedkommende, og forøvrig når materialenes egenskaper endres eller hvis støpeligheten blir en annen enn forutsatt, selv om man bruker den samme vanntilsetning. Ved disse kontrollsiktinger skal man påse at man ikke får vesentlige endringer i kornkurvene.

Sikteprøvingen utføres forøvrig som beskrevet i Norsk Standard. For sikting av materialene kan anvendes følgende siktesatsserie med følgende maskevidde i mm: 0,15 — 0,3 — 0,6 — 1,2 — 2,4 — 4,75 — 9,5 — 19 og 38. Unntagelsesvis kan også brukes følgende siktesatsserie som brukes i Danmark og Sverige: 0,125 — 0,25 — 0,5 — 1 — 2 — 4 — 8 — 16 — 32 og 64. Hvis det for å bestemme den maksimale steinstørrelse er nødvendig å bruke mellomliggende sikter, bør disses maskevidde være $\sqrt{2} \times$ det nærmestliggende finere sikt.

VII. *Betongen.*

31. *Krav til betongens kvalitet.*

Betongen skal oppfylle følgende krav:

- a) *Cementinnhold*, uansett cementtype minst 300 kg/m³ (Kravene til cementinnhold er de samme i Danmark som i Norge. I Finland og Sverige kreves et cementinnhold på 325 kg/m³ for betong som støpes i ett lag

og for det øverste lag i tolagsbetongdekker, mens det for det nederste lag i tolagsbetongdekker reduseres til minimum 300 kg/m³.)

- b) *Midlere 28 døgns bøyestrekkefasthet*, bestemt av 3 stkr. 10 × 15 × 80 cm prøvebjelker, som er fremstillet og lagret som beskrevet i punkt 34, skal være minst 43 kg/cm²

Eventuelt bestemmes 28 døgns trykkfasthet på sylindriske prøvelegemer med 15 cm diameter og 30 cm høyde. For trykkfastheten gis i disse retningslinjer ingen spesielle krav, men prøvingen tar i første rekke sikte på å finne forholdet mellom betongens trykkfasthet og bøyestrekkefasthet.

Orienterende bøyestrekkefasthetsprøver utføres etter 7 døgn, idet man regner at 7 døgns strekkfastheten som regel vil bli 85 % av den bøyestrekkefasthet man får etter 28 døgn.

De ovenfor nevnte fastheter gjelder bare når det brukes standard portlandcement. Ved anvendelse av hurtigherdende cement må det i hvert enkelt tilfelle treffes avtale om fasthetskrav og prøvning.

32. *Betongens vanninnhold.*

Vanntilsetningen må reguleres slik at man får en tett betong med de komprimeringsmetoder som brukes. Betongmassen må være slik at vegbanens fastlagte profil kan holdes. Betongen må være slik proporsjonert og ha en slik konsistens at det ikke dannes nevneverdig mørtel eller slamlag på dekkets overflate (jfr. 33).

Vanntilsetningen skal ikke være større enn nødvendig for å oppnå bearbeidelig betong, og

den må varieres etter som været forandrer seg under arbeidets utførelse.

Ved vanntilsetningen tas hensyn til fuktighetsinnholdet i tilslagsmaterialene (jfr. 37).

33. Betongens konsistens.

Betongens konsistens skal være så stiv som mulig, men ikke stivere enn at den blir effektivt komprimert med de komprimeringsredskaper som skal brukes.

Betongens konsistens kontrolleres med Vebe-måler, Thaulows fallbord med betongmåler eller annen anerkjent metode. Ved de 2 nevnte metoder fylles betongmassen i en standard slumpkjegle (høyde 30 cm og øvre og nedre diameter henholdsvis 10 cm og 20 cm), som er festet i en sylindrisk beholder. Betongen fylles i 3 lag som hvert gjennomstikkes 25 ganger med en 50 cm lang 16 mm² stikkestang av rundstål. Slumpkjeglen fjernes 1 minutt etter at den er fylt.

Ved Vebe-prøving festes beholderen med betongkjeglen til et vibrasjonsbord (frekvens 3000 pr min., amplitude 0,4—0,5 mm). Betongkjeglen

vibreres, synker sammen, og det antall sekunder som medgår inntil betongen slutter helt opp under glassplaten som hviler på betongen er betongens konsistens angitt i Vebegrader (°VB).

Ved fallbord-prøving festes beholderen til fallbordet. Ved hjelp av et sperrehjul gis beholderen 4 fall à 1 cm for hver omdreining av håndtaket. Komprimeringen fortsetter inntil betongen når et 5-litersmerke midt i beholderen, dvs. inntil betongen er omdannet til en sylinder med en overmasse på 0,5 liter. Betongens konsistens angis med det antall omdreininger som er nødvendig for å omforme betongen.

For betong som skal vibreres med overflatevibrator, bør konsistensen ikke være under 10—12 Vebegrader (tilsvarende 28—35 omdreininger med fallbord). Konsistensmåling utføres alltid i forbindelse med prøveblandinger (jfr. 36), ved fremstilling av prøvebjelker (jfr. 34) og forøvrig i det omfang betongkontrollen forlanger det. Konsistensmåling ved løpende kontroll skal skje samtidig med at betongen blir komprimert i vegdekket.

(Forts.)

Vegene og deres administrasjon

Avdelingsdirektør H. W. Paus, M. N. I. F.

Vi har i den senere tid vært vitne til at den ene etat etter den annen har feiret jubileum og ære være dem for det. Tradisjon har man så visst ikke for meget av i dette land.



Magnus Lagabøter
1263—1280.

Christian IV
1588—1648.

Nå er det kanskje ikke alle som er oppmerksom på at vegetaten og dens organisasjon er en av de aller eldste — for ikke å si den eldste — offentlige institusjon i vårt land. Det kan derfor være av interesse å se litt nærmere på vegvesenets utvikling gjennom tidene.

Allerede så langt tilbake som år 950 e. Kr. finner vi både i *Frostatingsloven* og *Gulatingsloven* utførlige bestemmelser om vegvesenet, og det er meget sannsynlig at de av Olav den hellige i begynnelsen av det 11. århundrede gitte lover for *Eidsivating* og *Borgarting* har inneholdt tilsvarende bestemmelser. Disse lover er imidlertid tapt, men det er all grunn til å tro at de i disse gitte bestemmelser er bevart i *Magnus Lagabøters* landslov av 1274. Den inneholder nemlig atskillig mer detaljerte bestemmelser om vegvesenet enn de som finnes i *Frostatings-* og *Gulatingsloven*. Selv om vegvesenets administrasjon ikke var inngående omhandlet skal nevnes at kap. 46 fastsatte at ombudsmennene skulle påse at den såkalte «baugreid» ble utført.

Baugreiden bestod i at en mann til hest skulle holde et 8 alen langt spyd foran seg tvers over hesteryggen og ride midt etter vegen. Spydet



C. W. Bergh
Norges første vegdirektør.

skulle i hver ende være forsynt med en vidjehank. For hvert tre som rev en hank av skaffet skulle der bøtes.

De bestemmelser om vegvesenet som var fastsatt i lang tid fremover og *Chrisian IV's* lovbok av 1604 inneholder også de samme som de i landsloven av 1274. I Christian den V's bekjente norske lov

av 1687 er vegvesenet dog lite nevnt.

En *samling* av de forskjellige bestemmelser hadde man dog ikke og endel var bare gjeldende for et enkelt distrikt.

For å få orden på dette vedtok Stortinget i 1824 en lov om vegvesenet gjeldende for det hele land. Denne var vår første egentlige veglov. Det vil føre for langt her å komme inn på denne i detalj. Dog skal nevnes at loven hadde to hovedpunkter som fastsatte at vegvesenet skulle bestyres av amtmennene (fylkesmennene) og at utgiftene til offentlige vegger og bruer i alminnelighet skulle utredes av vedkommende amt (fylke) eller i enkelte tilfelle forskuddsvis utbetales av statskassen mot refusjon ved utligning på hele rikets matrikelskyld.

Vegloven av 1824 var gjeldende til 1851 da en ny lov ble vedtatt av Stortinget.

Denne lov overførte blant annet bevilgningsmyndigheten for hovedveggenes vedkommende fra Kongen til Stortinget. Om vegvesenets administrasjon inneholdt loven omtrent de samme bestemmelser som loven av 1824. Ved lov av 26. juni 1893 ble det åpnet adgang til å innføre felles administrasjon av Statens og amtens (fylkenes) vegvesen.

Vegloven av 1912 fastsetter hva administrasjonen angår blant annet at der foruten sentraladministrasjonen skal være et vegstyre for hvert amt (fylke) bestående av fylkesmannen og to av amtsinget (fylkestinget) valgte menn. Den kombinerte administrasjon av Statens og amtets (fylkets) vegvesen er dermed fastslått i loven.

Norge hadde dog allerede før 1800 fått en faglig vegadministrasjon som bestod av 1 generalvegintendant, 4 generalvegmestere og 1 vegmester.

Etter vegloven av 1851 skulle vegvesenet som nevnt styres av amtmennene (fylkesmennene) med

adgang til å anta nødvendig teknisk hjelp. Bygging av hovedvegene ble dog underlagt sentraladministrasjonen med spesielle vegbestyrere som vegtekniske arbeidsledere.

Heller ikke i vegloven av 1851 var imidlertid sentraladministrasjonens oppgaver nærmere utformet.

Som vegvesenets sentrale administrasjon hadde man da intet annet organ enn vedkommende regjeringsdepartement. Først Justisdepartementet og fra 1846 Indredepartementet som ved Kgl. res. av 30. november samme år, ble bemyndiget til å ansette en teknisk assistent.

Denne vegassistentstilling var opprinnelsen til det nåværende vegdirektørembede idet denne stilling ved Kgl. res. av 16. april 1864 ble omdannet til et vegdirektørembede.

Det vil av det foran anførte fremgå at det ikke har vært vanskelig å feire jubileer i vegvesenet. Vi har jo «merkeår» som 1274 — 1624 — 1824 — 1851 og 1864. Når det gjelder selve administrasjonen og dens organisasjon skal vi dog spesielt feste oss ved sistnevnte årstall. Det var jo i 1864 at den første vegdirektør ble ansatt og i 1964 kan altså vegvesenet feire ett av sine mange jubileer.

Bokøl i kasser

Sørlandets befolkning tilhører som kjent en ekstra elskelig rase som gjerne bistår sine medmennesker i en tung stund. Etter en intens innsats av brøytemannskapene under det voldsomme snøfall på Sørlandet for noen måneder siden, var det ingen grunn for kjøpmennene til å bli mistenksomme når vegkontoret rekvirerte øl i kasser. Nedenstående klipp fra «Sørlandet» av 14. mars i år fortjener å bli kjent av en større lesekrets:

«Vegsjefen har saktens hatt nok å stå i de siste månedene, og ærlig talt er det lite hyggelig å gi ham nye grå hår i tillegg til dem som ganske sikkert har spiret frem i januar—februar. Imidlertid, noen formastelige unnsrer seg ikke, hør bare om følgende lettferdighet:

En eller flere personer følte forleden ettermiddag en ganske ubegripelig tørst og mente seg berettiget til et par gode flasker øl. Det skal man ikke fortenke dem i, vi kunne nær sagt... Nåja.

Men det er sakens videre gang som vitner om tøylesløs mangel på samvittighet overfor en etatssjef med lang departementstjeneste. Personen med ølørsten gikk inn på en ølsjapp og rekvirerte en kasse med den etterlengtede gyldne drikk, og føyde henkastet til: «Det er til Vest-Agder vegvesen. Ølet er til brøytemannskapene,» sa mannen og så gjennomborende på ekspeditøren: Kunne han stå for den? Det kunne han ikke, og ølet ble utlevert.

En krigslist med så godt resultat er godt egnet til gjentagelse. Det mente også de tørste, som dagen etter

SYSSELSETTINGS-OVERSIKT

Antall arbeidere ved offentlig veganlegg
pr. 27. mars 1958.

Fylke	Bygde-veganlegg			I alt	Herav på				Vegvesenets biler		
	Hovedveganlegg	Bygde-veganlegg			Ordinært	Hjelpearbeid		I bruk	Ute av bruk		
		Med statsbidrag	Uten statsbidrag			Hovedveger	Bygdeveger			I bruk	Ute av bruk
Østfold	87	5	20	112	112	-	-	8	2		
Akershus	223	26	43	292	292	-	-	1	-		
Hedmark	381	64	17	462	239	223	-	-	-		
Oppland	420	73	26	519	162	306	51	2	-		
Buskerud	183	-	11	194	194	-	-	5	2		
Vestfold	106	-	2	108	108	-	-	15	-		
Telemark	305	141	-	446	192	197	57	1	-		
Aust-Agder ...	404	38	42	484	270	209	5	-	-		
Vest-Agder ...	293	63	12	368	206	155	7	11	1		
Rogaland	195	141	103	439	392	47	-	3	-		
Hordaland	502	180	304	986	811	133	42	4	-		
Sogn og Fjord..	476	204	56	736	548	122	66	6	-		
Møre og Roms..	518	49	21	588	345	216	27	5	-		
Sør-Trøndelag .	346	63	158	567	396	147	24	-	-		
Nord-Trøndel..	563	15	20	598	357	226	15	17	-		
Nordland	1376	128	65	1569	404	1052	113	10	-		
Troms	600	163	143	906	398	405	103	-	-		
Finnmark	691	5	32	728	327	401	-	4	1		
Hele landet ...	7669	1358	1075	10102	5753	3839	510	92	6		
Hele landet pr. 28/3-1957 ...	5410	1244	1138	7792	5756	1778	258	91	3		

Antall arbeidere ved offentlig vegvedlikehold
pr. 27 mars 1958

Fylke	Riksveger	Fylkesveger	Bygdeveger	I alt	Vegvesenets biler	
					I bruk	Ute av bruk
					Østfold	166
Akershus	244	76	216	536	5	-
Hedmark	228	53	237	518	20	1
Oppland	244	45	180	469	21	3
Buskerud	194	37	189	420	12	-
Vestfold	99	54	100	253	12	3
Telemark	172	25	84	281	14	6
Aust-Agder ...	127	25	51	203	17	3
Vest-Agder ...	88	85	135	308	24	8
Rogaland	162	37	176	375	26	2
Hordaland	226	91	235	552	16	1
Sogn og Fjordane	123	28	66	217	13	3
Møre og Romsdal	166	63	180	409	36	4
Sør-Trøndelag .	155	171	-	326	29	17
Nord-Trøndelag	140	49	132	321	3	1
Nordland	286	115	103	504	-	-
Troms	159	108	55	322	15	2
Finnmark	149	11	10	170	32	14
Hele landet ...	3128	1138	2293	6559	335	73
Hele landet pr. 28/3-1957 .	3119	1160	2261	6540	410	64

av en eller annen grunn fremdeles følte sterk trang til å leske seg, kulden til tross. I en annen ølbutikk ble en ny kasse rekvirert, og flaskene ble prompte bragt frem. Ekspeditøren tenkte nok sitt: De er svette og varme disse brøytekarene, de trenger øl. Og Vest-Agder vegvesen betaler nok...

Så kommer den dag da regningen innløper til vegvesenet. Mottageren stusset litt, og fant det rimelig å bringe den inn til vegsjefen. Vi er avskåret fra å bringe noen meddelelse om sakens videre gang. Med kjennskap til Rosendahls sans for barokke situasjoner, tør vi imidlertid tro at store smil kløvde ansiktene der inne på sjefskontoret. Fortsettelsen er mer alvorlig. Politiets øyne er forlenget innstilt på øltyvene — og om ikke lenge må de formentlig leske seg med fengslets utmerkede, rensede vann.

Og ølhandlerne bør merke seg dette til neste vinter...» Historien i avisen er bekreftet muntlig av vegsjefen, men han kunne bare tilføye at saken gjaldt tre kasser øl, ikke to. Og ølet som ble rekvirert var det sterkeste mulige, nemlig bokøl.

EZ.

Nummererte rundskriv 1958.

Nr 9. 3. mars 1958 til vegsjefene ang. grunnundersøkelser 1958.

Nr 10. 20. mars 1958 til vegsjefene ang. trafikkmeldinger og vegrapporter.

Nr 11. 12. april 1958 til vegsjefene ang. geologiske undersøkelser i 1958.

Nr 12. 14. april 1958 til vegsjefene og bilsakkyndige ang. lønn under permisjon for å utføre offentlige verv (ombud) og organisasjonsmessige oppdrag.

Nr 15 M. 7. mars 1958 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Chevrolet.

Nr 16 M. 8. mars 1958 til statens bilsakkyndige og statens bilfordelingskontor i Oslo ang. terminer for fordeling av person- og varebiler 1. halvår 1958.

Nr 17 M. 13. mars 1958 til fylkesmenn, politimestre, vegsjefer og statens bilsakkyndige ang. nummerserier for registrering av motorkjøretøyer.

Nr 18 M. 13. mars 1958 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Ford Thames 800.

Nr 19 M. 15. mars 1958 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Ford FK 1250.

Nr 20 M. 24. mars 1958 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Dodge.

Nr 21 M. 24. mars 1958 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Fargo.

REDAKSJON: Vegdirektoratet ved vegdirektør Thomas Backer, Schwensensgt. 3—5, Oslo.

UTGIVER: Teknisk Ukeblad.

Abonnementspris kr 15,— pr år. Vegvesenfunksjonærer kr 5,— pr år.

Abonnement- og annonseavdeling, Ingeniørenes Hus, Oslo. Tlf. 417135.