

MEDDELELSER FRA VEIDIREKTØREN

NR. 5

Undersøkelse og stabilisering av jord såvel for planering som for veidekke. — Mindre meddelelser.

Mai 1935

UNDERSØKELSE OG STABILISERING AV JORD SÅVEL FOR PLANERING SOM FOR VEIDEKKE

Av ingeniør Holger *Brudal*.

For nogen tid siden traff jeg en veiingeniør som syntes han hadde svært lite utbytte av å lese de konklusjoner som blev optrukket av den 7. internasjonale veikongress. Jeg forstod ham derhen at han hadde ventet sig mer vedrørende varige veidekker.

Personlig syntes jeg den største skuffelse var at ikke U. S. A. leverte nogen rapport. Jeg tillater mig derfor i nærværende og i følgende artikler å fremkomme med en del opplysninger som i hvert fall kunde ha vært medtatt hvis nevnte land hadde innsendt rapport.

Hvad jeg først og fremst vil feste mig ved og behandle i nærværende artikkel, er konklusjonenes omtale av fundamentet under selve veidekket. Da jeg mener å ha god grunn til å tro at de fleste av leserne med et fundament mener et ordinært stenlag, har jeg særlig interesse av å fremheve amerikanernes syn på dette spørsmål. Ennskjønt min egen ringe mening selvsagt ingen almen interesse har, så vil jeg dog ikke nekte mig den frihet å uttale som min sikre overbevisning at fremtidige konklusjoner nok kan komme til å endre veiingeniørenes syn på selve stenlaget.

Jeg valgte å foreta turen til veikongressen i bil for å kunne legge ruten så den gikk gjennom en rekke forskjellige land. Herunder blev jeg i høieste grad bestyrket i hvad jeg tidligere har fremholdt som min opfatning vedrørende stenlaget og spørsmål i nær forbindelse hermed, og tillater mig å henvise til artikler i følgende nummer av „Meddelelsene”, nemlig nr. 11 for 1926, nr. 2 for 1927, nr. 6 for 1932 og nr. 5 for 1934.

Man synes i en rekke land å ha lagt altfor store byrder på selve veidekket, mens det jo dog, når alt kommer til alt, må bli planeringen og undergrunnen som bærer belastningene, mens veidekke og stenlag kun tjener til å *fordele* trykket. Hvis planeringen svikter, må derfor også veidekket svikte.

Der er vel ikke en av oss veiingeniører som ikke har erfart dette, men allikevel har vi fortsatt å bygge på samme måte som tidligere, hvorfor nødvendigvis ulempene også må fortsette, selv om vi gjør aldri så store fremskritt hvad selve veidekket angår.

Disse uttalelser kan kanskje synes overdrevne, og dette kommer muligens delvis av at man ofte når

man kjører på våre grusveier ikke underkaster disse så streng bedømmelse. Tar man imidlertid med sig en 5 meters rettholdt, vater og tverrprofilnorm, så vil man nok lære sannheten og dessverre erfarer man denne så altfor godt når man skal forsyne våre gamle veier med varig veidekke. En grusvei bygd etter de metoder som enn ytterligere er redegjort for i nærværende artikkel, vilde kunne forsynes med varig veidekke uten de kostbare forarbeider.

Jeg vet at man har bygd veier som på lange strekninger kan være gode, men som på enkelte strekninger er langt fra gode. Hvad kommer det av? Årsaken er at man dessverre i altfor høy grad er avhengig av tilfeldigheter. Har man lange sammenhengende strekninger med ensartede forhold i skjæring eller lange fyllinger av nogenlunde samme høide, kan resultatet bli godt, men har man kupert terreng med høist variabelt jordsmon, heri innbefattet også opstikkende fjell, som er mer eller mindre synlig, kan resultatet bli langt fra godt. Hvis man derfor anbringer et stenlag på en vilkårlig planering, altså uten å vite hvorledes denne arter sig året rundt under trafikk, så kan man komme til å høste mange sørgelige erfaringer, som det etterpå ikke alene blir dyrt, men også vanskelig å rette på. Grunnen hertil har jeg jo tidligere nærmere redegjort for, så jeg vil her bare nevne at saken hadde vært meget enklere hvis veidekket hadde kunnet rives op og høvles av mens man rettet på skavankene i undergrunnen, hvorpå veidekksmaterialene igjen kunde høvles inn på veibanen og konsolideres. Det enkle ved denne metode vil ytterligere fremgå av nærværende artikkel.

Som nevnt hadde jeg rikelig anledning til å iakttå ovenfor nevnte erfaringer også på bilturen i Europa ifjor. For ikke å bli misforstått vil jeg straks bemerke at mange veier var gode, tildels utmerket gode, men sammenlignet med amerikanske veier i *samme* *prisklasse*, har jeg inntrykk av at de ofte kommer til kort og det mener jeg har sin årsak i byggemetoden. Da jeg engang kjørte på en mindre god vei, blev jeg trøstet med at nu kom jeg straks inn på en som var ny og meget god.

Det viste sig at veien ganske riktig var ny og selve veidekket utmerket. Hadde alt det øvrige vært like utmerket, kunde man nok ha kjørt så fort som bilen hadde maktet, men på grunn av en hel del svanker

som skyldtes svikt i undergrunnen, måtte farten sterkt reduseres, og man måtte være på vakt for ikke å slå hodet i taket.

Dette skyldtes altså mangelfull behandling av planeringen. Andre steder kunde manglene skyldes stenlaget. Selv om planeringen var ensartet og jevn, fikk man p. g. a. stenlaget en rublet vei. For at leserne ikke skal tro at det er jeg som stiller tingene på hodet, skal jeg få opplyse at min opfatning blev delt av en av de amerikanske delegerte som jeg diskuterte saken med. Da vedkommende er chef for opplysningskontoret i Washington, representerer hans syn ikke en snever subjektiv opfatning, men jeg skulde anta gjennemsnittet for samtlige staters vedkommende, altså et for U. S. A. i høieste grad objektivt syn på saken. Jeg har senere skrevet til ham, bl. a. angående en del av de samme spørsmål, og av de mottatte besvarelser skal citeres følgende: „Refererende til spørsmål om fundamenter (bases) for asfalt- og tjære-veidekker, og særlig til kongressens konklusjoner med hensyn til nødvendigheten av et fundament av store stener (large-stone), er vår nuværende praksis i almindelighet ganske forskjellig fra den europeiske metode. For år tilbake følte også vi at vi måtte ha et tykt stenlag under våre veidekker av knust sten, et fundament av Telford typen i likhet med dem som er så almindelige i . . . land. (Jeg utelater med vilje navnet på landet.) Personlig tillegger jeg disse fundamenter en stor del av skylden for den unektelige ujevnhet (roughness) man kunde finne på de nevnte veier.

Dette resultat kunde naturligvis vært undgått hvis rummene mellom de store stener hadde vært mere omhyggelig fylt med finere materialer, men denne detalj er åpenbart forsømt i ganske stor utstrekning. Jeg mener ikke å si at det tykke stenlag aldri har vært benyttet her. Nylig er det blitt brukt i ganske stor utstrekning på *sekundære* (uthevet av mig) veier i Pennsylvania. I dette tilfelle var forholdene det at der var en overflod av store stener i form av stener ute i marken og i gamle gjerder som bøndene gjerne vilde bli kvitt. Arbeidet blev utført nærmest for å skaffe nødsarbeide.

Ordinært blir dog et sådant fundament her betraktet som unødvendig og i almindelighet ikke ønskelig. I en stor del av vårt land vilde omkostningene dermed forby sig selv.

Teoretisk sett er fundamentets funksjon å fordele belastningen over en så stor flate av planeringen at denne kan bære. Dette vet vi kan like så vel opnåes ved et lag av fine, kornete materialer som f. eks. grus, som av et like tykt fundament av store stener. Rimeligvis er de fine materialer bedre.

Bruk av sådanne lag med grus og andre kornete materialer er vanlig hos oss for bygging av billige veidekker.

Men siden det er planeringen selv som eventuelt må bære belastningen, er det mulig på forskjellige måter å øke planeringens bæreevne og således redu-

sere behovet for det trykkfordelende lag, således at dette kan gjøres tynnere. Dypdrenering er en måte å opnå dette på. Men uheldigvis løser ikke denne foranstaltning alltid vanskeligheten. Nogen jordarter har så sterk kapillaritet at det er upraktisk å senke grunnvannstanden tilstrekkelig til å hindre ansamling av vann under luft-tette veidekker (som kutter av fordampningen) i skadelige mengder. Under sådanne forhold er det mulig å avskjære kapillærvannet ved bruk av sandlag eller lignende utvalgte materialer egnet som planering.¹⁾

Velskikket drenering er naturligvis alltid av betydning.

Fundamentalt er opgaven å bære belastningen. Dette kan opnåes på 2 måter: Enten kan man øse på veidekkmaterialer til en sådan dybde at belastningen blir fordelt på en tilstrekkelig stor flate av planeringen, eller man kan stabilisere planeringens jord og således redusere tykkelsen av veidekkmaterialene (inkludert trykkfordelingslaget), som er nødvendig for fordeling av belastningen. I almindelighet er den siste metode den billigste.”

Så vidt min amerikanske kilde, hvorav det til fulle vil ha fremgått at stenlaget i U. S. A. ikke for tiden er særlig velsett eller anvendt.

Selv om man absolutt skulde insistere på at stenlag skal benyttes, skulde det i hvert fall være forbudt å anbringe dette før man efter tilstrekkelig lang tids trafikk hadde forvisset sig om at planeringen vilde være jevn hele året igjennem, altså uten generende svanker og kuler om vinteren, særlig i månedene februar og mars. Var man kommet så langt, så vilde man nok ofte uten videre gi avkall på stenlaget og særlig hvis man behandlet planeringen på den riktige måte, nemlig således som det nedenfor vil bli videnskapelig belyst er den riktige. Rent bortsett fra den måte hvorpå stenlaget legges på en vilkårlig planering, mener jeg at en teknisk analyse av selve stenlaget nødvendigvis også må medføre innsigelser. Selv om man nemlig valser temmelig omhyggelig og søker å mette stenlaget så godt som mulig, så vil resultatet bli at man langt fra har opnådd den ideelle tetthet og ensartethet. Følgen er at trafikkenes større spesifikke hjultrykk, som særlig under støt og slag ved store hastigheter kan mangedobles ganske naturlig, vil flytte på stenlagets enkelte deler og gi et ujevnt dekke. Der kan sies meget om dette ene punkt, men jeg skal nøie mig med å henvise til hvad tidligere er fremholdt herom, også under behandlingen av riffeldannelse på grusveier, samt til de slutninger man kan trekke ved lesningen av det efterfølgende.

Hermed vil jeg gå over til kjernen i denne artikkel, nemlig undersøkelse av planeringsjordartene og hvad en utnyttelse av de herunder innvunne resultater kan lede til.

¹⁾ Med hensyn til hvad i sådanne tilfelle er foretatt, henvises til side 74 og 75 i nr. 5 av «Meddelelsene» 1934.

Når det gjelder selve byggingen, kan vel veivesenets arbeide stort sett deles i bygging av broer og av veier i sin almindelighet.

Hvis et av brofagverkets knutepunkter svikter, faller broen ned. Analogt kan det sies om veien at hvis et av dens knutepunkter svikter, blir byggverket ufullkommet. Som nogen av veibyggverkets viktigste knutepunkter kan nevnes: påkrevet drenering, stabilisering og konsolidering av jorden, effektivt vedlikehold etc. Når man så ofte ser svikt i veibyggingens knutepunkter, kan dette delvis tilskrives det faktum at veibyggerens arbeide delvis omfatter oppgaver for hvis løsning veibyggeren ikke har spesialisert sig. Opgaven kan nemlig ofte i like høy grad være en geologs, fysikers eller kjemikers. Skal resultatet bli godt, trenges der et intenst samarbeide mellom geologen, fysikeren, kjemikeren og veibyggeren. Det er nettop et sådant samarbeide som i en menneskealder har funnet sted i U. S. A. og nu er i ferd med å bære rike frukter. Alle er opmerksom på at der ennå står meget igjen, men hvis man nyttiggjorde sig alle de erfaringer som hittil er nådd, så vilde man komme langt.

I nærværende artikkel vil jeg søke å meddele endel om det forskningsarbeide som er foretatt, og da C. A. Hogentogler, Senior Highway Engineer, har gitt et greit resyme av de oppnådde resultater, vil det i det vesentlige bli en fri gjengivelse av dette. Om enkelte forsøk synes å ligge noget utenfor oppgavens ramme, så har jeg allikevel tatt dem med, da de er et ledd i løsningen av det foreliggende problem og forskningsresultatene er etter min mening absolutt grunnleggende for veibygging og vedlikehold.

Først ønsker jeg å bemerke at ordet jord i denne artikkel benyttes om en hvilken som helst av de forekommende jordarter. Det betyr altså ikke bare matjord eller lignende, men også leire, grus, sand etc.

Dernæst ønsker jeg å presisere at stabilisering av planeringsmassene ikke betyr det samme som å konsolidere dem. I den påberopte artikkel av ifjor benyttet jeg uttrykket „å behandle jordartene så de forblev bæredyktige under de inntreffende fuktighetsforhold”.

I nærværende artikkel vil jeg gjennomføre den amerikanske betegnelse „å stabilisere jorden”.

På veikongressen i Tyskland ifjor hadde deltagerne anledning til å se en maskin for konsolidering av planeringen, men den vilde altså ikke stabilisere massene.

Fig. 1 viser maskinen. Den har et slaglodd på 2—2,5 tonn og en grunnflate på 90 × 90 cm. Løftning og slipning av loddet foregikk automatisk, således at føreren bare hadde å svinge utliggerarmen så loddet falt hvor han ønsket det. Det var solgt 15 sådanne til autoriksveiene i Tyskland. Jeg diskuterte maskinen med de amerikanske delegerte, som mente at den vilde bli for kostbar og arbeidet ta for lang tid, og holdt på den i U. S. A., vanlige metode,



Fig. 1. Maskin for konsolidering av planeringen.

å konsolidere ved hjelp av de maskiner som allikevel benyttes for planeringens utførelse, og hvorved man fikk mesteparten av konsolideringsarbeidet så å si gratis. En annen sak er at man under konsolideringen av topplaget vil benytte en såkalt sauefotvalse som nedenfor skal behandles.

Ved siden av ovenfor nevnte konsolideringsmaskin blev i Tyskland også anvendt den på side 155 i nr. 10 av „Meddelelsene” for 1934 gjengitte.

Det er ikke min mening å ville foreslå almindelig anvendelse av det ovenfor nevnte slaglodd, men hvis man allikevel har en beltetraktor med kran, kunde det tenkes at den med fordel kunde anvendes på et par kortere fyllinger, hvor det særlig gjaldt om å åpne veien for trafikk snarest mulig.

Den vanlige konsolidering må, som tidligere fremholdt, skje ved traktorer, gravemaskiner, transportvogner etc.

Det blev sagt at grunnen til at man benyttet sådanne konsolideringsmaskiner på autoriksveiene i Tyskland var den at man snarest mulig vilde få lagt selve veidekket. Det blev således fortalt at man la betongdekket samme år som planeringsarbeidet foregikk, selv om fyllingene var nokså høie, bare de bestod av gode materialer. Hvor materialene var dårlige, måtte man selvfølgelig vente. For øvrig blev svært dårlige materialer fjernet. På strekningen Hamburg—Lübeck så jeg således at massene var utskiftet i 8 m dybde.

Tyskerne viet nu ofte grunnforholdene og planeringsjordartene stor oppmerksomhet, og la ikke skjul på at de herunder fikk verdifulle opplysninger i de amerikanske forskningsarbeider.

Som ofte nevnt har man i U. S. A. lenge studert jordartene, arbeidet med disses gradering etc., men det er forholdsvis nylig at man blev på det rene med betydningen av jordartens fysikalske egenskaper og virkningen av vanninnholdets overflatespenning.

De første jordartstudier blev foretatt nærmest for landbruksøiemed og av geologisk interesse. Undersøkelser angående fysikalske egenskaper som herunder erholdtes, blev benyttet i veibyggingsøiemed. Senere blev disse forsøk benyttet for klassifisering

av jordarter med henblikk på disses bæreevne for veidekker, og nu anvendes de for tilveiebringelsen av de grunnleggende prinsipper i de nyere arbeider med stabilisering av jorden. I 1892 forklarte meteorologen Milton Whitney i detaljer virkningen av overflatespenningen under jordens kontraksjon, ekspansjon etc., og senere, i 1898, klargjorde dr. George E. Ladd bl. a. at jordens sammentrekning skyldes overflatespenning når vannet trekker sig tilbake i jordens porer.

Den svenske videnskapsmann A. Atterberg utarbeidet i 1911 enkle metoder for undersøkelse av veijordarters fysikalske egenskaper.

Det blev dog A. C. Rose ved U. S. Bureau of Public Roads som i 1924 først nyttiggjorde resultatene av de ovenfor nevnte forskningsarbeider, idet han klarla den indre sammenheng mellom de fysikalske egenskaper og bæreevne i veidekker.

Charles Terzaghis avhandling „Erdbaumechanik“ i 1925 betydde ennu et viktig skritt fremad i jordforskningen, idet han for første gang benyttet matematiske formler for å bestemme kvantitativt overflatespenningens virkning på jordens bæreevne. Samtidig med de ovenfor nevnte undersøkelser vedr. jordens fysikalske egenskaper studertes også kornstørrelsens betydning. Sådant arbeide påbegyntes av dr. C. N. Strahan i 1906 under samarbeide med veingeniørene.

I dr. Strahans arbeide blev der tatt prøver fra korte strekninger på eksisterende veier hvor der blev iaktatt fasthet og motstandsdyktighet mot vann i motsetning til de vanlige forhold ved jordveier. Jeg tillater mig i denne anledning å henvise til side 93 i „Meddelelsene“ nr. 6, 1932.

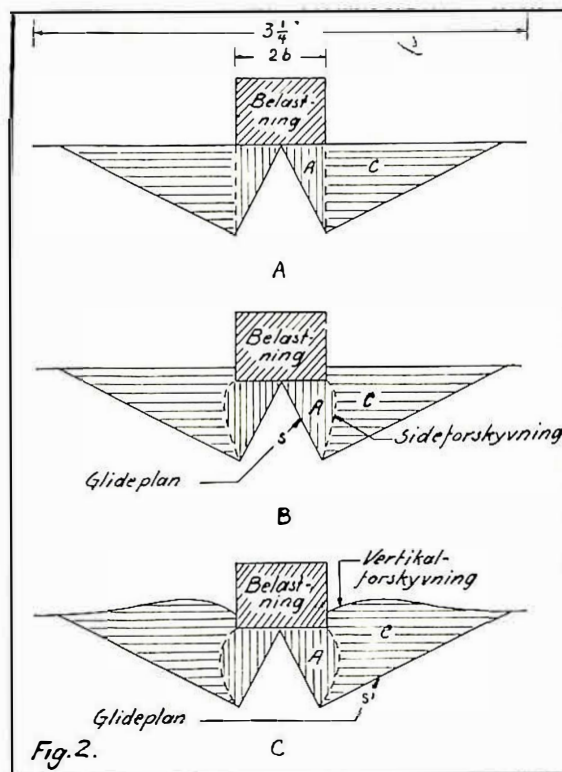
Laboratorieprøvene sammenholdt med veiens tilstand under forskjellige vær- og trafikkforhold dannet så grunnlaget for valg av materialer og opsetning av laboratorienormer. Den første rapport om disse arbeider blev avgitt i 1914.

I 1917 blev nedsatt en komité bestående av C. N. Strahan, C. B. Scott og I. B. Mullis for behandling av „halv-grus“, matjord og sandleire. Denne komité anbefalte graderinger i 3 klasser av nevnte jordarter, nemlig hård eller kl. A, medium eller kl. B. og bløt eller kl. C, og disse graderinger blev alm. godtatt.

Et fortsatt samarbeide ledet til at man klassifiserte jordartene i grupper etter en bestemt tabell. Alle jordarter i en gitte gruppe har samme egenskaper med hensyn til drenering og er like for gode veibygging.

Der næst utarbeidedes matematisk en stabilitets-teori, som gav et begrep om hvilken innbyrdes rolle de spiller sådanne faktorer som jordartenes kornstørrelse, kohæsjon, vanninnhold og vekt og veidekkets evne til å fordele trykket.

Med hensyn til gruppeinndelingen kan nevnes at en gruppe eksempelvis omfatter jordarter som almindelig har høi stabilitet til forskjell fra jordarter i andre grupper som f. eks. enten kan ha høi stabilitet når de er usedvanlig fuktige eller også usedvanlig



Jordens bevegelse når den mister sin stabilitet.

tørre. I de opsatte grupper skjernes der envidere mellom jordarter som er gjenstand for skadelig teleskytning og kornaktige jordarter, hvor sådant ikke ventes, samt envidere mellom elastiske jordarter, hvor en spesiell behandling trenges for å eliminere skadelig hevning eller utsvelling igjen etter at sammentrykningen er ophørt (rebound) og jordarter som lar sig komprimere og forblir i denne tilstand.

I atter andre grupper er jordarter som trenger en spesiell behandling for å forhindre skadelig svinn eller utsvelling og torv og mose etc., som har ringe bæreevne.

Innen de grupper av jordarter som er gjenstand for teleskytning, er der videre skjernet mellom dem hvis rette behandling er drenering, dem for hvilke en bituminøs overflatebehandling eller et annet ugiennemtregelig dekke viser sig å være hensiktsmessig, og endelig dem som på grunn av høi kapillaritet kan forbedres bare ved hjelp av tykkere lag av kornet materiale.

Nytten av den ovenfor nevnte klassifiseringsmetode er at hver gruppebetegnelse tilkjennevir jordartenes karakteristiske bæreevne og de metoder hvorved denne forbedres og de motsvarende krav til veidekket.

Dr. Strahans ovenfor nevnte graderingsmetode er blitt anvendt i en noget modifisert og fullstendigjort form for å klarlegge jordblandingens egenskaper og virkningen av tilsetninger i retning av å forbedre dårligere jordarter.

Jordens bevegelse, når den mister sin stabilitet, eller bringes ut av likevekt, f. eks. ved spordannelse illustreres i fig. 2.

Man antar at belastningen anbringes på en vilkårlig lengde og i en bredde = 2 b. For at deformasjonen skal finne sted under belastningen, må seksjonen A avskjæres etter et eller annet plan, f. eks. S og deformeres til siden, således som i fig. 2 B. Men for at dette skal kunne skje, må den tilstøtende seksjon C avskjæres etter et eller annet plan, f. eks. S¹ og bevege sig opover, således som angitt i fig. 2 C. Det som virkelig skjer, er vel kanskje at S og S¹ er deler av en sammenhengende krum flate.

Hvis man skal undgå spordannelse, må prismet C motstå deformasjon tilstrekkelig til å hindre at prismet A deformeres til siden. Dette kan opnåes på to måter, enten hver for sig eller begge i forening.

Bruddfastheten langs planene S og S¹ må være tilstrekkelig stor til å forhindre prismenes glidning, eller man må anbringe tilstrekkelig belastning like inn til den belastede flate for å hindre prismet C's opbulning.

Friksjonen mellom kornpartiklene, i forbindelse med den sammenliming eller kohæsjon som tilveiebringes ved leire- eller vannhinder i bindstoffet, bestemmer jordens bruddfasthet. Veidekket utgjør belastningen kloss til angjeldende belastningsflate.

Jordartenes stabilitet bestemmes altså av den kombinerte virkning av indre friksjon og kohæsjon.

Størrelsen av den kohæsjon som en jordart har, er uavhengig av det ytre trykk som virker på jorden. Den avhenger av jordkornenes klebrighet eller den motstand de utøver mot å trekkes fra hverandre, og består således av jordpartiklenes virkelige kohæsjon kombinert med den som tilveiebringes ved vanns molekylære tiltrekningskraft. Leirens klebrighet i sand-leire-veier og de bituminøse materialers klebrighet i sådanne veidekker representerer materialenes virkelige kohæsjon.

Den meget stabile bane som bys kappløpsbilene på sandstrandbredder når disse er våte sammenlignet med den ringe stabilitet hos lignende sand når den er tørr, tjener til å illustrere betydningen av den del av den totale kohæsjon, hvilken tilveiebringes ved vanns molekylære tiltrekningskraft.

Den indre friksjon, hvis størrelse øker direkte proporsjonalt med det trykk som utøves på jorden, avhenger av den motstand hvormed jordkornene motsetter sig glidning over hverandre.

Den defineres som den vinkel hvis tangent er forholdet mellom den motstand som ydes mot glidning etter et hvilket som helst plan i jorden og den anbragte krafts komponent normalt på planet. Sandet i sand-leire-veier og stenaggregatene i bituminøse veidekker skaffer den indre friksjon.

Fig. 3 illustrerer den innflytelse som utøves av både kohæsjonen og den indre friksjon på jordartenes bruddfasthet.

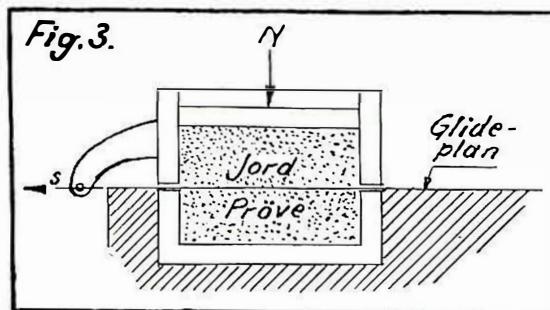
Bruddfastheten representeres ved kraften S.

LA N = trykket normalt på glideplanet.

C = kohæsjon

= S når N = 0

Ø = den indre friksjons vinkel.



Kohæsjonens og den indre friksjons innflytelse på jordartenes bruddfasthet.

Da er:

$$Ntg\theta = \text{friksjonsmotstand mot glidning}$$

$$S = Ntg \cdot \theta + C$$

$$\theta = \arctg \cdot \frac{S \div C}{N}$$

Tabell I viser teoretisk bæreevnen for sådanne belastningstilfelle som er vist i fig. 2, og tjener til å illustrere virkningen av inure friksjon og kohæsjon under varierende fuktighetsgrader.

Tabell I. Innflytelse av indre friksjon og kohæsjon på jordens stabilitet.

Jordartstyper	Kohæsjon C	Friksjonsvinkel Ø	Bæreevne g ¹⁾	Kohæsjon C tilstrekkelig til å øke q til 2500 p. pr. kv. fot
	Pund pr. kv. fot	Grader	Pund pr. kv. fot	Pund pr. kv. fot
Leire, flytende ...	100	0	400	
„ meget bløt .	200	2	860	
„ bløt	400	4	1 850	
„ ganske stiv	1000	6	4 970	
„ meget stiv .	2000	12	12 490	
Sand, tørr	0	34	270	131
Fast sand og grus.	1000	34	17 340	

Tallene i tabellen viser at leirjordarters bæreevne kan falle fra 12 000 pund pr. kvadratfot til mindre enn 400 ved overgang fra tørr eller fuktig til bløt eller næsten flytende tilstand.

Da disse beregninger er basert på den antagelse at vekten er anbragt på en smal stripe av vilkårlig lengde, er forholdene anderledes enn under en hjulbelastning, men tabellen tjener til å illustrere fuktighetens innflytelse på stabiliteten.

Mens stabiliteten hos en kohæsjonsløs sand kan være mindre enn 300 pund pr. kvadratfot, og hos en ganske stiv leire ca. 5000, kan disse to materialer riktig blandet ha en bæreevne på over 17 000 pund pt kv.fot.

¹⁾ Beregningene er basert på den antagelse at vekten av jorden er 100 pund pr. kubikkfot og bredden av det belastede areal 3 tommer.

Det er et faktum at selv bare kohæsjonen hos en næsten flytende leire på ca. 130 pund pr. kv.fot er tilstrekkelig for å øke bæreevnen hos en kohæsjonsløs sand fra 270 til 2500 pund pr. kv.fot.

Pointet ved stabiliseringen er å tilveiebringe kombinasjonen av indre friksjon og kohæsjon tilstrekkelig til å bibringe jorden høi bruddfasthet. Denne egenskap er nødvendig i veidekker, planeringer og underlag for tynne slitedekker.

Uansett hvilke metoder som anvendes for å skaffe høi bruddfasthet vil resultatet avhenge av den permanente adhæsjonsstyrke som kan utvikles ved de minutiøst tynne hinner enten av vann eller spesielle kjemikalier, som binder jordpartiklene sammen.

Det er vel kjent at jo tettere jordarten er, desto større er stabiliteten. Dette skyldes delvis den større mekaniske sammenbinding eller sammenlåsing som finner sted ved at kornene trykkes nærmere sammen. Av større viktighet er den kjensgjerning at *jo tynnere sammenkitningshinnene er, jo større er deres adhæsjonsstyrke.*

Før man til fulle forstår egenskapene hos disse tynne hinner kan man ikke danne sig en klar forestilling om den enorme kohæsjon tilveiebragt ved hinner av molekylær tykkelse og heller ikke forestille sig de store muligheter ved stabilisering av jord.

Til forståelsen av disse fenomener tjener f. eks. boken om „Applied Colloidal Chemistry”, utgitt 1932 av W. D. Bancroft, Mc. Graw Hill Book Company Inc., da denne studerer den kohæsjon som tilveiebringes ved hinner av undermikroskopiske dimensjoner i jorden. Her skal i korthet medtas en oversikt over enkelte avsnitt.

Alle faste stoffer har en tendens til å adsorbere eller kondensere på sin overflate en hvilken som helst gass eller damp som den kommer i berøring med. Adsorpsjonen varierer med gassens og det faste stoffs natur. Hos det samme faste stoff og den samme gassart er mengden av adsorpsjonen større jo høiere gassstrykket er og jo lavere temperaturen er.

Hvis en væske adsorberes til et fast stoff, danner den en væskehinne der, og fukter således stoffet. For at en væske skal fukte et fast stoff i nærvær av luft, må væsken adsorberes sterkere enn luften og må fortrenge denne.

Under en tørkeperiode vil regndråper ofte rulle langs støvet uten å fukte det. Selv under styrtregn kan det inntreffe at støvet fuktes bare til en dybde av under 1”.

Dette har man påvist skyldes den adsorberte luft. Enhver behandling som reduserer mengden av opsuget luft, gjør det lettere å fukte støvet. Man kan få et begrep om karakteren av gasshinnene ved å tenke sig at overgangen fra ren væske til damp ikke skjer plutselig, men at der til en viss grad finner sted alle tetthetsgrader mellom damp og væske.

En videnskapsmann har anslått overgangshinnen for CO_2 ved $20^\circ C$ å være 3 molekyler eller ca. 0,3

milliontedels tomme tykk. Williams antydet i „Proceedings of the Royal Society” i 1920 at det første lag av adsorbent gassdamp muligens var under et trykk av opptil 10.000 atmosfærer og har en tilsvarende tetthet. Fra det første lag og utover avtar tettheten således at den i det ytterste lag er den samme som i en fri væske. På samme måte forandrer karakteren av vann sig med partikkelstørrelsen. Dråper på $1/40,000$ ” til 1 milliontedels ” ytrer sig som tåke i luften når man går gjennom den og som skyer når man ser den på avstand.

Under elektrisk påkjenning forener de sig og danner regndråper på størrelse av ca. $2/1300$ ” til $1/4$ ”, som eventuelt blir væskehinner i jorden.

Så lenge jorden er i flytende eller plastisk tilstand har hinnene i almindelighet de fordampnings- og frysningsegenskaper samt den overflatespenning som finnes i fritt vann. Hvis tørring etc. reduserer jordens tetthet under den som den har ved plastisitetsgrensen, stiger hinnens kokepunkt, frysepunktet synker og overflatespenningen øker, således at disse hinner blir en del seigere enn hos fritt vann. Dette forårsaker at jorden går over fra et plastisk til et halv-fast stoff.

Efter Terzaghis utsagn arter hinner av tykkelse under 2 milliontedels tomme sig som halv-faste substanser (se Physical Revue, vol. 16, 1920, p. 56).

De meget fine damp-hinner har en adhæsjonskraft så stor at de ikke kan fjernes fra glass ved ophetning til en temperatur på $500^\circ C$.

Denne høie vedhengen, eller klebrighet, nyttiggjøres under fremstilling av matt glass f. eks. for kontordører og vinduer. Et temmelig tykt glass overstrykes først med gelatin eller lim. Idet limet tørrer trekker det sig sammen og kraften i gelatinen er så stor at den „hudstryker” selve glassflaten og riper denne op i bregnelignende mønstre. Et sprødt lim og et seigt lim vil gi forskjellig mønstre og tilsetning av salt omdanner også mønstrene.

Disse ting kan synes å ligge utenfor det egentlige tema, men jeg synes allikevel det har sin interesse å ta dem med til belysning av den foreliggende oppgave.

At egenskapene hos de uendelig tynne væskehinner nærmer sig den hos halvfast stoffer istedenfor væsker, forklarer den kjensgjerning som Bernard A. Keen viste i sin avhandling „The Physical Properties of the Soil” 1931, nemlig at prøver av sandkorn med et bindemiddel av leirekolloider kan bli 19 ganger så sterkt i sammentrykket tilstand som lignende sandkorn med *en like stor mengde* portland-cement som bindemiddel.

Adhæsjonsteorien beror delvis på den kjensgjerning at sammenkitnings-materialet hefter sig kraftig til de to overflater og herdner der. Hos de samme stoffer gir den tynneste hinne den sterkeste sammenliming. Hinnenes tykkelse avhenger både av bindemidlet og de stoffer som skal bindes sammen. En ganske liten forandring i sistnevntes elektrolytiske egenskaper er tilstrekkelig til å bevirke en betraktelig variasjon i

adhæsjonshinnens tykkelse og følgelig også i styrken hos den endelige blanding av bindemidler og stoffer som skal bindes sammen.

Ifølge Bancroft (Journal of the American Chemical Society, vol. 41, 1919, p. 477) fant Pettijohn ca. 5 milliontedels tomme som maksimumtykkelse for vannhinnen på perler forarbeidet av en sort glass og 10 milliontedels tomme for en annen sort glass.

Hos elvesand varierte den antatte tykkelse fra 20 milliontedels hos sand tilsvarende sikt nr. 10 og 5 milliontedels tomme hos sand tilsvarende sikt nr. 60.

De metoder som kan anvendes for å tilveiebringe eller vedlikeholde adhæsjonsstyrke i jorden, kan oppstilles således:

1. Bruk av graderte materialer med kornaktige stoffer og bindstoff av sådan karakter og i sådanne forhold at man erholder den forlangte pore størrelse.

2. Behandling av veidekkmaterialene med hygroskopiske kjemikalier for å stabilisere fuktighetsinnholdet.

3. Konsolidering (fortetning) av jorden under det gunstigste mulige vanninnhold (optimum moisture content., se „Meddelelsene” nr. 5, 1934) eller behandling med elektrolytiske kjemikalier for å lette fuktningen av jordkornene og redusere tykkelsen av fuktighetshinnene, bruk av bituminøse materialer for å øke kohæsjonen og eliminere de egenskaper hos leire og kolloider som bevirker skadelig volumforandring samt bruk av „crystallizers” for å danne vannmotstandsdyktige sammenbindingshinner ved hydrasjon eller kjemiske prosesser.

4. Stabilisering av vanninnholdet ved å forsyne veidekket med overflatebehandling med bituminøse materialer (se „Meddelelsene” nr. 5, 1934).

Med hensyn til punkt 1 skal bemerkes at velgraderte stoffer har visse meget gode egenskaper. Således kan visse jordarter anvendes for å fremstille et hårdt veidekke, i stand til å tåle de tyngste belastninger etter langvarig regn, fri for søle eller overdrevent støv og som kan befordre trafikk i både regnvær og tørke uten utilbørlig skade. Fig. 4 er et eksempel på et sådant veidekke.

Sådanne stoffer er av dr. Strahan betegnet som hårde eller tilhørende klasse A., som ovenfor nevnt, og består av grovere materialer og „jord-mørtel”.

De grovere materialer er den del som holdes tilbake på sikt nr. 10 og innbefatter naturgrus, om nødvendig tilsatt med maskingrus eller slagg. *I almindelighet må de største partikler ikke være større enn 1”.*

„Mørtelen” innbefatter grov sand eller andre kornete materialer som passerer sikt nr. 10 og holdes tilbake på sikt nr. 60; fin sand som passerer sikt nr. 60 og holdes tilbake på sikt nr. 270, støvsand — (silt) partikler mellom 0,05 og 0,005 mm (0,002” til 0,0002” i diam.) leirepartikler mindre enn 0,005 mm i diam. samt væske.

De grovere materialer og den grove sand gir bærende styrke og hårdhet; fin sand tilfører den grovere sand en innleirings- eller sammenlåsings-understøttelse;



Fig. 4. Hårdt veidekke fremstillet av spesielle jordarter.

støvsandet tjener som fyllstoff (filler) for å hindre de kornaktige partikler i å rukke sig; og leire og kolloidale partikler skaffer porer som er små nok til å tilveiebringe sammenbindende fuktighetshinner som gir stor kohæsjon.

Til belysning av siktstørrelse skal hitsettes en del data for enkelte sikt:

Sikt nr.	Maskestørrelse	
	Millimeter	Tommer
4	4,76	0,1870
10	2,00	0,0787
20	0,84	0,0331
40	0,42	0,0165
60	0,25	0,0098
140	0,105	0,0041
200	0,074	0,0029

Dr. Strahan henvendte oppmerksomheten på betydningen av jordmørtelen, således: „I bedømmelsen av disse materialer (planeringsjordarter) må der legges full vekt på betydningen av jordmørtelen, d. v. s. materialene under sikt 10. Skrøpelig jordmørtel gir selv om der er tilstede store mengder grove materialer, ofte ikke den forønskede stabilitet under trafikken”.

I dr. Strahans rapporter betegner „leire” partikler mindre enn ca. 0,02 mm i diam. støvsand (silt) partiklene med diam. mellom 0,02 og 0,07 mm og sand for partikler større enn 0,07 mm i diam.

I arbeider av nyere dato er man av adskillige grunner gått over til å benytte nye størrelsesintervaller således:

1. De nye intervaller innbefatter fraksjoner som har spesiell fysisk betydning. Partikler større enn 0,05 mm har hverken kohæsjon eller kapillaritet i nevneverdig grad; partikler varierende mellom 0,05 og 0,005 mm har betraktelig kapillaritet, men liten eller ingen kohæsjon og bare partikler mindre enn 0,005 mm kan fremvise kohæsjon.

2. De nye størrelsesintervaller benyttes av Bureau Chemistry and Soils of the U. S. Department of Agriculture. Bruken av de samme skalaer i veibyggingsarbeider letter benyttelsen av den store

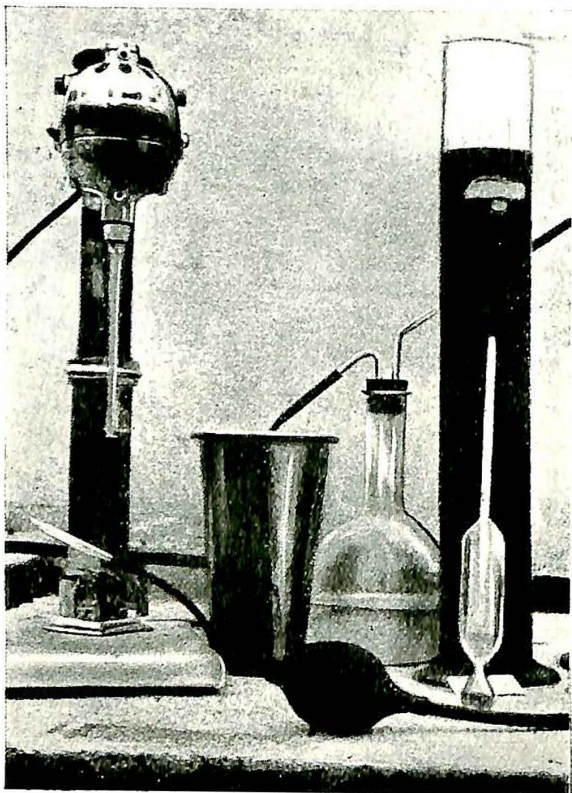


Fig. 5. Hydrometer og „milk-shake“-maskin.

mengde publiserte opplysninger vedr. jordartenes forskning som nevnte byrå har utført, i hvilken de mekaniske analyser inntar en fremtredende plass.

3. Før utviklingen av hydrometermetoden for analyser var bestemmelsen av den fulle gradering under siktfraksjonene så møisommelig at den var upraktisk som rutine-prøve for veibyggingsarbeider. Ved hydrometermetoden kan graderingen etter de nye størrelsesintervaller bestemmes like så lett som graderingsbestemmelsene etter den gamle avklaringsmetode.

Et hydrometer og en „milk-shake“-maskin, laget av G. J. Bouyoucos, er vist i fig. 5. Metoden finnes beskrevet i Public Roads oktober 1931.

Eksperimenter med jordarter tilkjenne gir at de er stabile bare når de inneholder bestanddeler som tilveiebringer følgende:

1. En viss mengde setnings- og innleirings-stabilitet sammen med den tetthet som er nødvendig for å kunne tåle trafikken trykk og støt.

2. Et indre bånd, eller skelett, oppbygd av inni hverandre gripende kornpartikler og kapillaritetsfuktighetskrefter tilstrekkelig til å forårsake at de grovere deler av sandet samt grusen har høy stabilitet i regnvær når leirens kohæsjon i høy grad kan reduseres.

3. Tilstrekkelig kohæsjon i bindemidlet til å sammenkutte sandet og støvsandet når dette er tørt eller næsten tørt, og således opprettholde et helt sammenhengende veidekke også i tørrvær.

4. En overflate som beholder konstant volum, d. v. s. der må ikke være så meget leire at dets ekspansjon ved vann vil avbryte de grovere partiklers setnings- og innleiringsbånd.

5. Hurtig fordampning for å hindre ansamling av kapillaritetsvann fra undergrunnen og virksom gjennemtregelighet av hensyn til regnvann som kan samles på veibanen til tross for vedlikeholdsanstrengelser for å fjerne det.

Utregningen av jordartblandinger for å skaffe til veie disse betingelser er nu basert på sortering av hele jordartsprøven etter den mekaniske analyse og på de finere materialers sammenkittningsevne bestemt ved plastisitetprøve av den del av jorden som passerer sikt nr. 40.

Materialer som faller innenfor følgende sammensetningsgrenser, regnet etter vekt, skulde gi gode resultater:

Som passerer:	Procent:
1" sikt	100 ¹⁾
³ / ₄ " sikt	95—100
Sikt nr. 4	55—85
—, — 10	40—65
—, — 40	25—50
—, — 270	10—25

Den del som passerer sikt nr. 270, skulde være mindre enn ²/₃ av den del som passerer sikt nr. 40. Avhengig av fuktighetsforholdene, således som nedenfor behandlet, skulde den del som passerer sikt nr. 40 ha en plastisitetsindeks mellom 0 og 15 og en væskegrense som ikke overstiger 35, således som bestemt ved fysiske prøver overensstemmende med de metoder som benyttes av Bureau of Public Roads. Den nærmere fremgangsmåte finnes beskrevet i Public Roads, vol. 12, nr. 8, oktober 1931.

Der er enkelte konstanter som nødvendigvis må inngå i nærværende utredning, hvorfor jeg anser det ønskelig straks å sette op en oversikt over definisjonen av disse:

1. (Væskegrensen) (The liquid limit). *Flytegr^{en}*

En jordarts væskegrense er det fuktighetsinnhold uttrykt som prosent av vekten av den ovnstørrede jord, ved hvilket jorden akkurat vil begynne å flyte når den rystes lett 10 ganger.

2. Plastisitetsgrensen (The Plastic limit).

En jordarts plastisitetsgrense er det laveste fuktighetsinnhold, uttrykt som prosent av vekten av den ovntørrede jord, ved hvilket jorden kan ruller i tråder av ¹/₈" diameter uten at tråden går i stykker.

3. Plastisitetsindeksen (Plasticity Index).

En jordarts plastisitetsindeks er differansen mellom dens væskegrense og dens plastisitetsgrense.

¹⁾ Materialer av større maks. størrelse kan tillates under visse forhold, men de største partikler skulde aldri overstige ¹/₃ av tykkelsen av det stabiliserte lag og ikke mere enn 10% av massen skulde overstige 1" i størrelse.

4. *Den centrifugale fuktighetsekvivalent. (Centrifuge Moisture Equivalent.)*

En jordarts centrifugale fuktighetsekvivalent er den fuktighetsmengde, uttrykt i prosent av vekten av den ovntørrede jord, som holdes tilbake av en jord som først er mettet med vann og derpå i en time utsatt for en centrifugalkraft som er tusen ganger vekten.

5. *Mark-fuktighetsekvivalenten. (Field Moisture Equivalent.)*

En jordarts mark-fuktighetsekvivalent defineres som det minste fuktighetsinnhold, uttrykt som prosent av vekten av den ovnstørrede jord, ved hvilket en vanndråpe som anbringes på jordprøvens utglattede overflate, ikke øieblikkelig vil bli absorbert av jorden, men vil trekke sig ut over overflaten og gi denne et glinsende utseende.

Så tidlig som i 1932 henvendte dr. Strahan oppmerksomheten på behovet for utførelse av prøver for å finne bindeevnen, idet han antok at en høylik kolloidal leire i små mengder åpenbart vilde gi like stor adhæsiv styrke som den man vilde opnå ved en stor mengde mindre kolloidal i en veidekkeblanding.

En annen viktig kjensgjerning blev tilveiebragt ved arbeidet til Raymond Smith ved Ohio veivesen. Under samarbeide med prof. F. H. Eno i bygging av trafikkbundne veidekker (d. v. s. veidekker konsolidert av trafikken) fant han at stabiliseringen av materialer som hovedsakelig bestod av runde partikler, i høi grad blev *lettet ved tilsetning av knuste materialer eller knust slagg*.

Mark-fuktighetsekvivalenten kan som en ytterligere rettleidning tjene til å tilkjennegi bindemidlers tendens til å bli bløte under forhold som medfører høit fuktighetsinnhold. Således angir verdier på 20 og derunder, på 20 til 25 og på større enn 25 henholdsvis de beste, middels og dårlige materialer.

Plastisitetssprøven angir både kapillaritet og kohæsjon.

Alle jordarter med kohæsjon har kapillaregenskaper men ikke alle jordarter med kapillaritet har kohæsjon.

Væskegrenser op til 20 eller litt mer angir i almindelighet sandaktige materialer med ubetydelig kapillaritet. Jo mer væskegrensen går utover nevnte grense, jo større er kapillariteten.

Plastisitetsindeksen angir materialenes kohæsjon, men ikke dens kapillaritet. Derfor er materialets kohæsjon større jo større plastisitetsindeksen er for like store væskegrenser.

I almindelighet vil en plastisitetsindeks på ca. 3 eller derunder angi tilstrekkelig bindestoffkohæsjon for bruk i veibygging under usedvanlig fuktige forhold; 4 til ca. 8 under middels fuktighet, 9 til og med 15 bare under tørre eller ørkenforhold. Plastisitetsindeksen over 15 angir jordarter uskikket for veidekker.

Hygroskopiske stoffer anvendt for å hindre for stort fuktighetstap i tørt vær.

Mangel på fuktighetshinner i jordveidekker forårsaker støvdannelse og opsmuldring; for meget fuktighet forårsaker spordannelse. *Jo tørrere et veidekke blir p. g. r. fordampning, jo våtere vil et regnvær gjøre det.* Dette skyldes at usedvanlig tørke medfører små sprekker og revner i leirebindemidlet, gjennom hvilke regnvannet kan trenge inn og oppløse det indre veidekke.

Der dannes ikke revner i fuktige overflater av vel utvalgte bestanddeler, og vannet vil bli avledet fra veibanen uten skade.

Fuktighet i overflaten er ønskelig også av en annen grunn. Alle slags jordveier, grus- og trafikkbundne og endog vannbundne makadamveidekker trenger en avsluttende konsolidering utført av trafikken i tiden etter byggingen, hvilken tid i almindelighet benevnes „period of seasoning”. Hvis veidekkene er tørre under denne periode, pulveriseres mineralbindemidlet under trafikken med derav følgende opsmuldring av overflaten og hulldannelse, hvilket krever adskillig vedlikeholdsarbeide. Hvis sådanne veidekker kan vedlikeholdes i en fuktig eller svakt våt tilstand, vil fuktighetshinnene i de uendelig små porer i bindemidlet forhindre at kornpartiklene glir fra hverandre, og således vil man opnå at trafikken slag og støt gradvis kiler kornpartiklene tettere og tettere sammen. Kohæsjonen øker eftersom porene i bindemidlet blir mindre og til slutt vil de grovere partikler, sandet, fyllstoffet og bindemidlet være støpt til et stabilt, varig veidekke.

Klorkalsium er det viktigste kjemikalium for denne slags stabiliseringsarbeide, ennskjønt almindelig salt har vært anvendt i begrenset utstrekning på prøvestrekninger. Man har i Østfold av og til med fordel anvendt sjøvann i denne forbindelse. Der er for øvrig i U. S. A. utført en rekke forsøk både innen- og utendørs på mange og lange prøvestrekninger for å studere klorkalsiums virkninger i forskjellige henseender, f. eks. med hensyn til fordampning, veibanens gjennemtregelighet for vann etc.

De opmuntrende resultater ledet til bygging av en rekke såkalte stabiliserte jordveidekker i en rekke stater, særlig i Michigan, Indiana og Onondaga County, New York.

Man har blandt annet funnet at kalsium klorid hemmer fordampningen av vannet i jorden, og at væskehinnkohæsjonen av klorkalsium er mere stabil enn hos almindelig vann.

Saltet holdes best tilbake i konsoliderte og uforstyrrede overflater.

Den vesentlige grunn til den reduserte fordampning er klorkalsiums lave damptrykk. Et lag av klorkalsiumopløsning på overflaten av jordpartiklene kan man tenke sig som et halv-gjennemtregelig teppe gjennom hvilket fuktigheten fra jorden har vanskelig for å nå overflaten, hvor det kan fordampe. I tillegg hertil kommer også klorkalsiums hygroskopiske egenskap.

Den høie tetthet som er opnådd ved trafikken

konsolidering har man kunnet påvise ved tørrvekter på op til 150 pund pr. kubikkfot, hvilke masser er tatt av veidekker behandlet med klorkalsium eller almindelig salt.

De mest stabile jordblandinger inneholder grove materialer.

Plastisitet-konstantene og graderingen av en rekke jordblandinger er vist i tabell II.

Tabell II. Plastisitet og gradering ved typiske jordveimaterialer.

Alle materialer passerer 1" sikt.

Blandingsnr.	Vasketegrense	Plastisitets- indeks	Som passerer				
			3/4" sikt	Sikt nr. 4	Sikt nr. 10	Sikt nr. 40	Sikt nr. 270
1	—	6-14	95	55-85	40-65	25-50	10-25
2	14-25	4-6	—	—	50	26-34	8-15
3	20	6	—	73	50	38	17
4	16	1	—	—	100	75	16
5	15	4	—	—	100	77	27
6	15	1	—	—	100	73	22
7	16	0	—	—	100	77	13
8	17	0	—	—	100	76	7
9	17	4	100	72	39	25	12
10	15	3	100	62	40	29	16
11	13	0	97	53	39	22	11
12	13	1	100	78	56	33	13
13	12	0	100	69	43	20	10
14	—	8	98	63	51	31	14
15	—	7	98	73	63	39	23
16	—	5	97	52	39	24	17
17	—	7	98	65	53	28	10
18	27	14	82	57	50	41	20
19	22	11	82	58	51	43	20
20	21	10	80	56	48	38	14
21	17	5	79	54	46	36	11
22	18	5	79	54	46	34	10
23	—	0	82	57	50	38	10
24	—	0	79	54	45	34	6
25	28	15	95	68	54	46	24
26	22	11	100	68	53	45	23
27	21	10	100	77	59	48	22
28	27	15	100	71	53	43	28
29	22	11	94	64	47	39	16
30	17	6	94	64	46	36	14
31	27	15	100	70	50	38	18
32	20	10	100	71	52	40	15
33	18	6	94	65	47	56	10
34	21	10	96	77	65	53	26
35	27	15	96	77	66	58	36
36	21	10	94	65	49	40	19
37	27	15	94	63	48	41	24
38	20	10	92	57	39	28	14
39	28	15	92	52	33	28	17
40	22	5	97	66	59	46	20

Blanding nr. 1 viser kravene til gode blandinger, således som ovenfor angitt.

Blanding nr. 2 viser kravene til gode jordmørtler, basert på dr. Strahans arbeide, som forutsetter et innhold på 50 % grove materialer.

Nr. 3 er typisk for de blandinger som blev benyttet for bygging av stabiliserte jordveidekker i Washtenow County, Michigan 1933.

Blandingen 4 til 8 er jordmørtler som blev studert av Collings og Stewart i deres undersøkelser av forskjellige blandingers stabilitet og bruk av klorkalsium under kontrollert lastebiltrafikk. Muligens jeg senere kommer tilbake hertil. Rapporten inneholder en rekke meget interessante erfaringer vedr. klorkalsium. Hvis nogen ønsker det, kan rapporten utlånes.

Blandingen 9—13 er av sand-leire grustypen fra de samme eksperimenter, og var betraktelig mere stabil enn 4 til 8. Dette er fullstendig i overensstemmelse med hvad dr. Strahan fant, nemlig: „Når der tilsettes en god jordmørtel grovere materialer i tilstrekkelig mengde (10 % eller mere), økes overflatens hårdhet og varighet og fortsetter å øke inntil et komplett grusdekke er opnådd.”

Blandinger 14—17 er fra en rapport av Travers og Hicks vedr. undersøkelser av stabiliserte veier i Onondaga County, New York, og 18—30 er fra ytterligere undersøkelser av Collings og Stewart.

Blanding nr. 40 er typisk for veidekkmaterialer benyttet av G. A. Rahn i Pennsylvania.

Av de blandinger som Collings og Stewart undersøkte, betraktes bare 4, 6, 9 og 10, som har nogen plastisitet, som tilfredsstillende for veidekker.

Prøvene 14 til og med 17, som representerer tilfredsstillende blandinger, beskrevet av Travers og Hicks, hadde noget mere plastisitet enn de 5 tilfredsstillende jordarter, beskrevet av Collings og Stewart.

Av blandingen 19 til og med 39 var 23 til 24 som ikke hadde nogen plastisitet, og 32, 33, 38 og 39 de minst motstandsdyktige.

Hvis man av grunner som ovenfor nevnt benytter klorkalsium, blandes den helst med de sorterte veidekkmaterialer, idet man mest mulig tilstreber å få en blanding som tilsvarende A-2 typen.

Mengden av klorkalsium kan variere.

Alm. forlanges ca. 0,28 kg pr. m² pr. tomme av veidekket, Indiana krever dog minst 0,42 kg når alm. salt anvendes og dessuten med den betingelse at saltet skal utspres i en oppløsning bestående av ca. 8 pund salt til 5 gallons vann.

For øvrig gæes meget omhyggelig frem under bearbeidelsen av sådanne veidekker.

Fremgangsmåten er vist i fig. 6—13.

Ved dette omhyggelige arbeide erholdes et meget godt veidekke, som krever meget redusert vedlikehold. Hvis huller allikevel oppstår, kan fikkes med en blanding som består av en vekthavpart materialer under 1/2" og en vekthavpart av stabil sand-leire. For å tilsikre at denne blanding er fuktig nok til å klebe i hullene, anbefales tilsetning av 62 til 93 kg klorkalsium pr. m³.

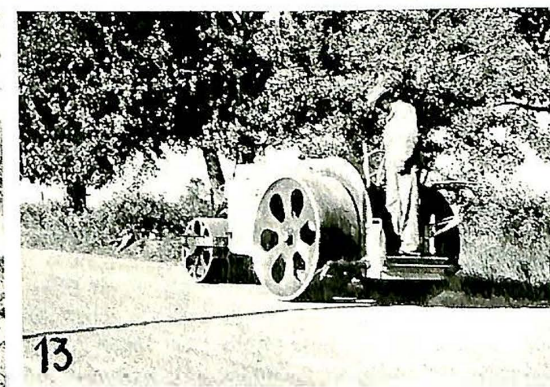
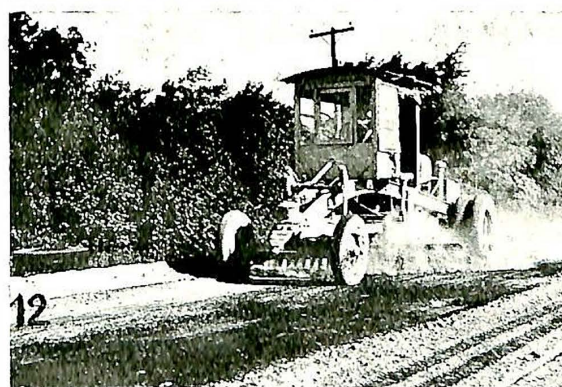
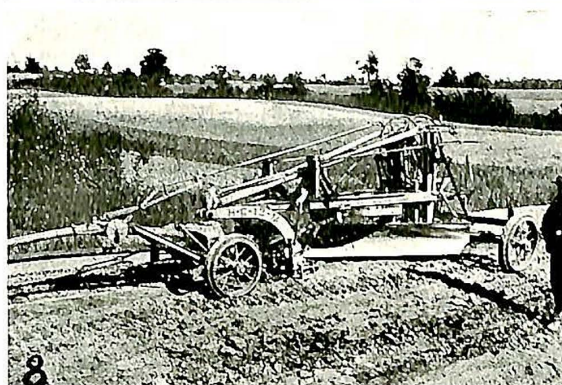
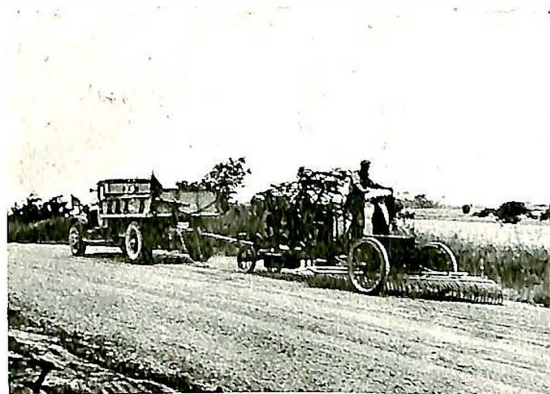
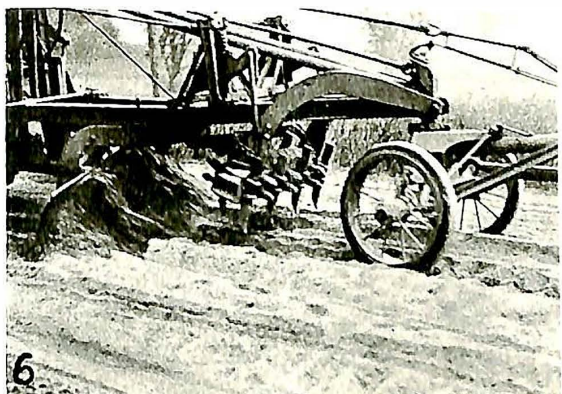


Fig. 6. Den gamle veibane rives op.
 " 8. Pulverisert leire spres.
 " 10. Klorkalsium spres på veibanen.
 " 12. Spredning av tort materiale på fuktet veibane.

Fig. 7. Store stener rakes vekk.
 " 9. Leiren blandes med de gamle veimaterialer.
 " 11. Alle materialer blandes sammen.
 " 13. Valsning av den delvis tørre veibane.

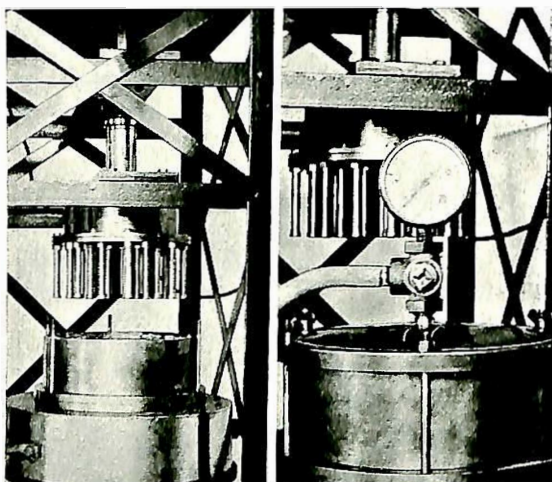


Fig. 14. Konsolideringsapparat.

Metoden med å stabilisere jo dvidekker under bruk av andre materialer enn jord, er ikke ny. Således benyttet prof. F. H. Eno både lesket kalk og portland cement i 1924 og 25 og senere i 1929, dessuten klorkalsium, natrium silikat, petroleum, kold tjære, rå olje og brukt bilolje med tilsetning av stempel og pulverisert slagg på prøvestrekninger i Ohio. Behandlingen gikk ned til en dybde av inntil 3".

Det var dog først i 1932 at man begynte å fatte viktigheten av å konsolidere i forbindelse med bruk av tilsetninger av kjemikalier.

Av eksperimenter utført ved Arlington laboratoriet ved The Bureau of Public Roads blev det snart klarlagt at når jorden blev behandlet med sådanne stoffer som portland cement, bituminøse materialer etc., kunde stabiliseringsmaterialene best bli fordelt i fin-kornede jordarter i form av oppløsninger eller emulsjoner.

Men prøver som var således behandlet, blev porøse når de tørret, på grunn av tilsetningenes evne til å redusere kolloidenes krympningsegenskaper. Således blev man på det rene med nødvendigheten av å inkludere mekanisk kolloidering i stabiliseringsprosessen, hvorpå man begynte med metoder for konsolidering av prøvene for å se hvad man derved kunde opnå.

Fig. 14 viser et apparat som blev konstruert for å bringe en hel prøve, også inkludert de grovere partikler, til forskjellig konsolideringsgrad. Apparatet er basert på sauefot-valerprinsippet, og det viser sig at konsolidering efter dette prinsipp er ønskelig under veibygging.

Prøver med forskjellig konsolideringsgrad er blitt undersøkt med hensyn til gjennomtrengelighet, kapillaritet, stabilitet og krympning. En sådan sauefot-valse blev ifjor anskaffet i Østfold for konsolidering av grusveidekker og er gjengitt i fig. 15.

Den har en vekt av ca. 1100 kg. Fylt med vann veier den ca. 2000 kg. Når den berører veibanen med bare 4 føtter, blir trykket ca. 14,5 kg pr. cm².

Da en beltetraktor kan trekke flere sådanne ad

gangen, vil det være hensiktsmessig å ha flere ved siden og efter hverandre, når det er litt lengere strekninger som skal konsolideres. Når den har kjørt, ser det ut som en stor saueflokk har passert efter veien, og med den vekt som denne sauen setter foten i bakken, vil det forstås at det blir en meget god konsolidasjon man opnår. Ved dette som ved de fleste veidekkers utførelse er det av betydning å ha godvær. Ikke fordi det i dette spesielle tilfelle skal arbeides med tørre masser, tvert imot, massene bør være passe fuktige, hvilket nærmere skal forklares nedenfor, men i godvær er det så meget lettere ved sprøtning å opnå akkurat „The optimum moisture content". Hvis det nemlig regner hver dag eller annen hver dag før massene er godt nok konsolidert, og arbeidet foregår på den tid av året da fordampningen foregår langsomt, så vil massene bli for bløte, og spesielt undergrunnen, som grusveidekket skal hvile på, særlig når dette er leire.

For en stor del takket være R. R. Proctor ved Los Angelos Bureau of Waterworks blev det i 1933 etablert et definitivt grunnlag for en heldig innblanding av tilsetningsmaterialene i jordarter, det blev tilveiebragt metoder for bestemmelse av den nødvendige konsolidering og det blev foreslått en metode hvorved man i laboratoriet kunde bli i stand til å takserer de forskjellige tilsetningers relative stabiliseringsseffekt.

Proctor har beskrevet dette i flere nummer av „Engineering News Record" i august og september 1933. Han har vist at der for hver jordart finnes et bestemt vanninnhold ved hvilket maksimal konsolidasjon kan opnåes ved bruk av en sauefot-valse under veibyggingen. Man har kunnet slutte sig til

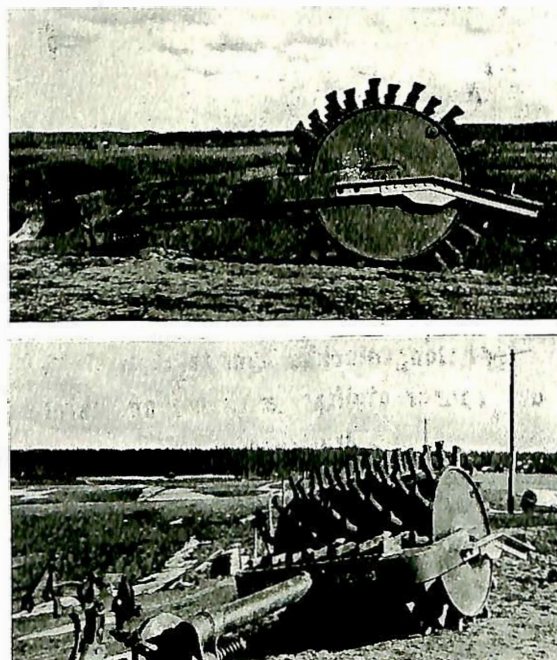


Fig. 15. Sauefotvalse, Østfold fylke.

størrelsen av denne konsolidasjon ved undersøkelse av prøver med forskjellig vanninnhold under slag og støt med en standard-stamper i laboratoriet, og disse laboratorieforsøk viser betydningen av passende fuktighetsinnhold når det gjelder å få maksimal tetthet ved hjelp av konsolidering.

Jordprøvene blev konsolidert ved forskjellig vanninnhold i en $\frac{1}{30}$ kubikkfot cylinder ved støt av en $5\frac{1}{2}$ pounds „jomfru” på en sådan måte at det skulde tilsvare den kraft som utoves av en sauefotvalse ute i marken, den konsoliderte jords tetthet beregnes etter vekten av jord og vanninnholdet og uttrykkes i pund jord pr. kubikkfot.

Den konsoliderte jords bæreevne blev bestemt for hvert vanninnhold ved å måle den kraft som trengtes for å skyve en nål av bestemt tverrsnitt inn i jorden med en hastighet av $\frac{1}{2}$ " pr. sekund.

Fig. 16 og 17 viser hvorledes det konsoliderte materiale blir prøvet med denne plastisitetnål. I bakgrunnen sees den sauefot-valse som blev benyttet for konsolidering av fyllingen.

Fig. 18 viser de 2 kurver som angir resultatet av prøven. Den ene viser forholdet: Vekten av tørr jord — fuktighetsinnhold, og den annen forholdet: Bæreevne — fuktighetsinnhold.

Kurven for vekten av tørr jord — fuktighetsinnhold åpenbarer at der for denne jord trenges et fuktighetsinnhold på ca. 19% for å opnå maksimal konsolidasjon. Den motsvarende bæreevne er ca. 1100 pund pr. kvadrattomme.

Hvis man for den angitte konsolidering for denne samme jord ved anvendelse av plastisitetnålen finner en bæreevne på over 1100 pund, kan denne økning betraktes som bare midlertidig hvis fyllingen skal forbli ubeskyttet mot vann.

Således antyder en bæreevne på 1600 pund pr.

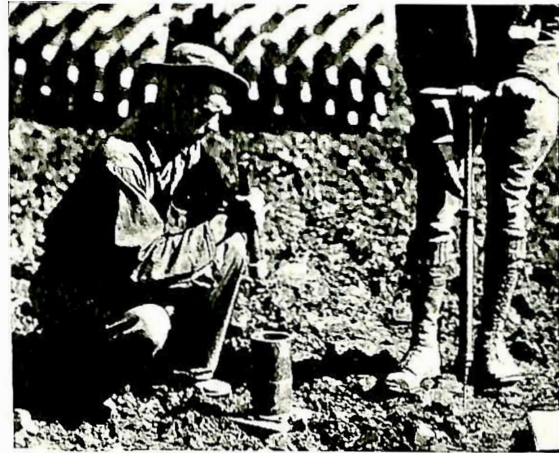


Fig. 16-17. Prøvning av det konsoliderte materiale.

kv.tomme et vanninnhold på litt mindre enn 17%. Dette motsvarer en tørr vekt på ca. 106 pund pr. kubikkfot. Ved denne tetthet kan angjeldende jord opta en fuktighet til maksimalt litt over 20%, som

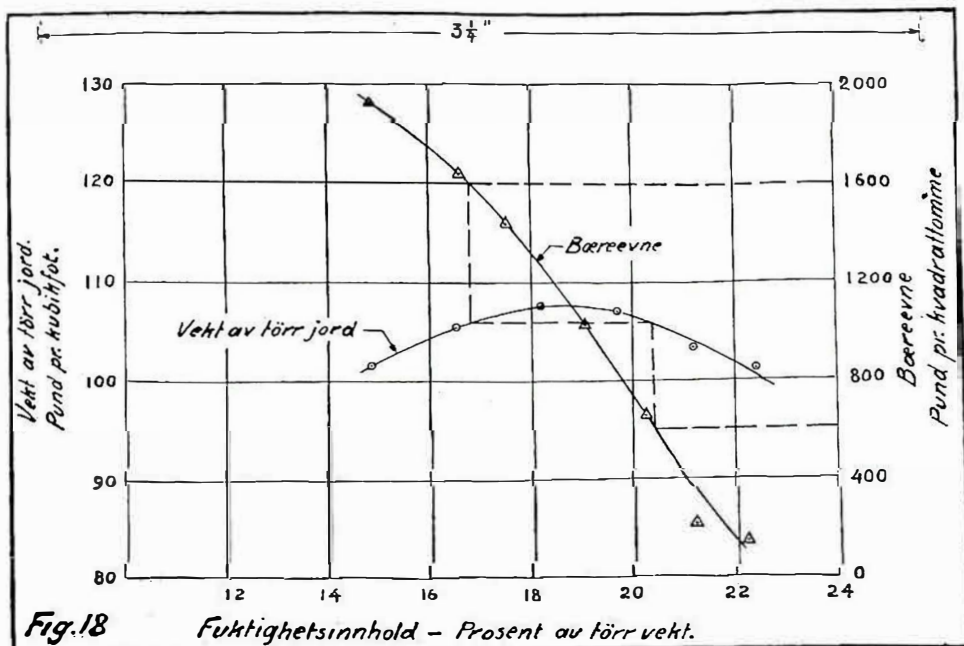


Fig. 18

Fuktighetsinnhold - Prosent av tørr vekt.

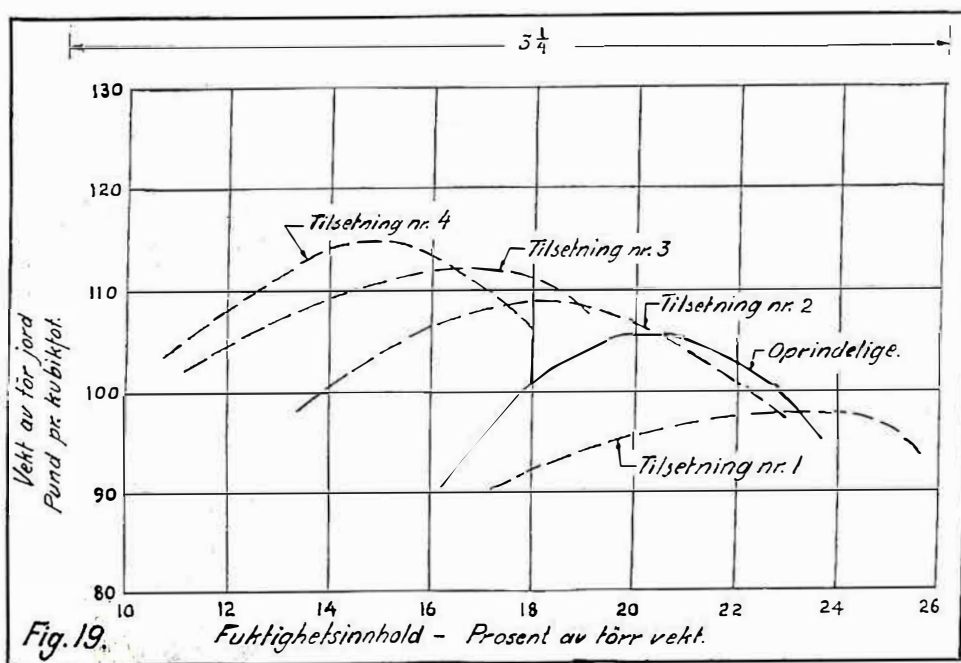


Fig. 19.

på sin side motsvarer en bæreevne av bare 600 pund pr. kvadrattomme.

Fig. 19 viser hvorledes tørr vekt — fuktighetsinnholdskurvne kan anvendes for å tilkjennegi virkningen av forskjellige tilsetninger av kjemikalier med henblikk på å øke eller redusere jordens stabilitet. Det vil sees at nogen tilsetninger tjener til å øke optimumfuktighetsinnholdet, andre har tendens til å redusere det. Når optimumfuktighetsinnholdet øker, avtar den maksimale tetthet.

Ved å medta visse deler av Proctor-prøvene i en modifisert konsoliderings- og gjennomtrengelighetsprøve synes det mulig å forutsi i hvor høy grad jord med tilsetning av kjemikalier konsolidert etter gjeldende byggemetoder vil bibeholde en høy tetthet under varierende klimatiske forhold og belastninger. Fremgangsmåten er å konsolidere prøven med optimum vanninnhold og så overføre den i konsolidert tilstand til Terzaghis konsolideringsapparat og iakttatte kompresjons- og ekspansjons-egenskapene.

Resultatene av sådanne forsøk er vist i fig. 20 A øverst til venstre. Denne kurve representerer en av de mest brysomme planeringsjordarter på grunn av krympning og plastisitet, den høilig kolloidale, klebrige, seige leire i B-sonen i Iredellserien.

Kurven viser at maksimal tetthet er oppnådd ved et vanninnhold på ca. 16 % av vekten av den tørre jord. Ved dette vanninnhold er oppnådd en tetthet angitt ved en tørrvekt på 106 pund pr. kubikfot.

Resultatene av konsoliderings- og ekspansjonsforsøk foretatt med en jordprøve som er blitt konsolidert ved dette vanninnhold, er vist nederst til venstre i fig. 20 B.

Prøven blev anbragt i apparatet uten å stå i forbindelse med vann, og der blev anbragt en belastning som gradvis øket op til 8,2 tonn pr. kvadratfot.

Belastningen blev derpå redusert til 0,05 tonn pr. kvadratfot. Resultatene er angitt ved de strekede linjer. Man satte derpå prøveapparatet i forbindelse med vann, og efter et betraktelig tidsrum blev belastningen igjen øket til 8,2 tonn pr. kvadratfot, med efterfølgende reduksjon til 0,05 pr. kvadratfot. Disse resultater er angitt med fullt optrukket linje, som representerer både anbringelsen og fjernelsen av belastningen.

Fig. 20 C. D. og E. viser resultater av lignende forsøk med prøver av samme jord i forstøvet tilstand, ved optimum fuktighetsinnhold, men ikke konsolidert, samt med en prøve fuktet til omkring væskegrensen. I disse kurver er volumforandring angitt ved hulrumsforholdet. Den ringe volumforandring hos den konsoliderte prøve frembragt ved fuktning og belastningsvariasjon sammenlignet med den hos samme jord i de andre tilstander, er slående.

Jeg har benyttet uttrykket konsolidere, da dette ord vel er nokså godt innarbeidet og i denne forbindelse synes å være lettere å anvende enn det amerikanske density = gjøre tett, fortette, ennskjønt dette ord på den annen side vilde være mere betegnende for så vidt som det mere direkte sier at jordpartiklene skyves tettere sammen.

De store muligheter for jordstabilisering ved anvendelse av kjemikalier for overflatebehandling, vil fremgå av de rapporter som herom er skrevet av Winterkorn og Reagel og Schappler.

De har bl. a. funnet at enkelte materialer har større affinitet til bitumen enn til vann og omvendt.

De har også studert anvendelse av såpe som elektrolyt under blanding av jord med bituminøse materialer, og har godtgjort at forskjellige såper passer for de forskjellige jordarter.

Blandt de stoffer som menes å være brukbare som

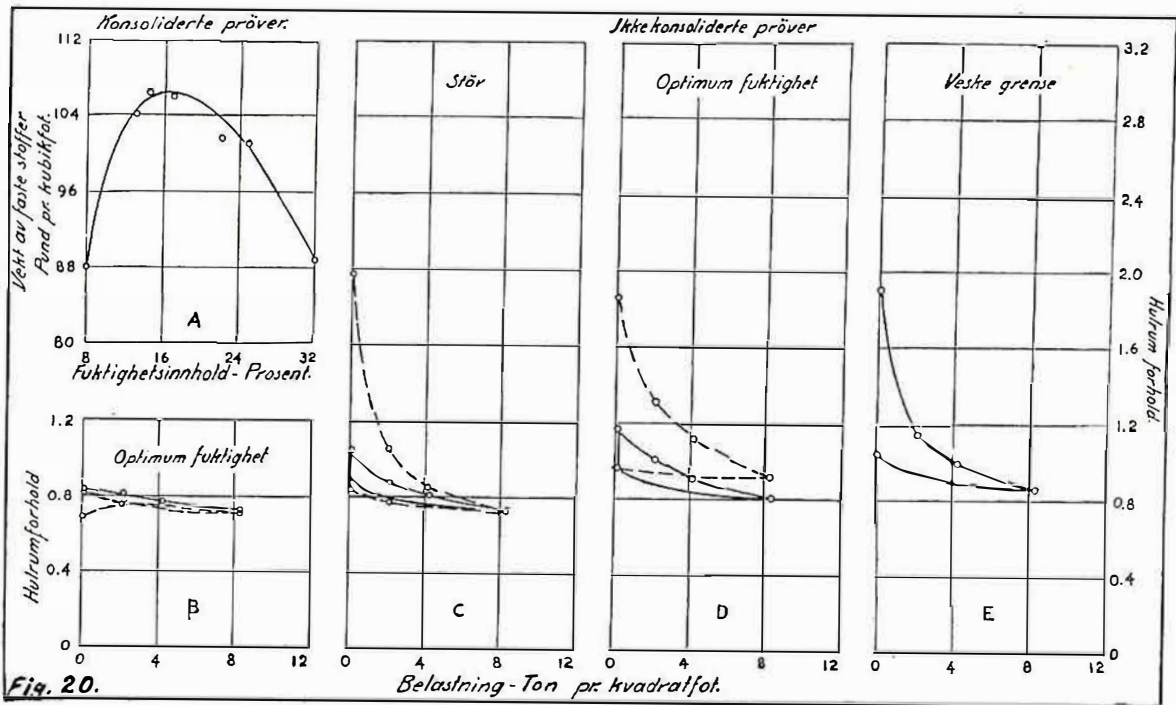


Fig. 20.

Konsolideringsforsøk.

tilsetninger for konsolidering av jorden, er bituminøse materialer, portland cement, lesket kalk, kalsiumklorid, kalsium-silikat, kalsium-karbonat, natriumkarbonat, natrium-silikat og natrium-klorid.

Man har den opfatning at den høie tetthet som er opnådd i veidekker ved bruk av klorkalsium og salt, ikke bare skyldes disse materialers hygroskopiske egenskaper, men skyldes delvis deres elektrolytiske virkning ved å redusere tykkelsen av væskehinnene.

Konsolideringskurvene i fig. 19 foran viser dette.

Det er mulig at kjemikalier således som klorkalsium og alm. salt, som tjener til å senke frysepunktet, kan være nyttig i kolde klimaer. Dette er også en av grunnene til at jeg har tatt med så meget av beretningen om disse behandlinger, da en riktig bruk av disse stoffer muligens kan få øket anvendelse på steder hvor der ikke blir spørsmål om sledetraffikk, men hvor det er av større betydning å undgå glatt- het om vinteren. Skal man imidlertid opnå de beste resultater, er det av betydning å kjenne til hvad der er omtalt i denne artikkel, og hvordan det nu enn går med bruken av disse stoffer, så er det i hvert fall av interesse å vite nærmere hvordan stoffene virker og hvorledes de bør anvendes.

Den skadelige virkning på bilene blir vel neppe større enn ved den nu almindelige metode, hvorunder saltet blir strødd løst på veibanen uten samtidig blandingsprosess.

Stabilisering ved overflatebehandlinger er effektiv bare for jordarter av god kvalitet.

Ovenfor er omhandlet metoder hvorved kan bestemmes den tetthet som kan opnåes ved spesielle fremgangsmåter og som kan vedlikeholdes innen et

stort sprang i fuktighets- og belastningsforhold. Vedlikehold av høi tetthet i veidekker krever dog at planeringen og trykkfordelingslaget for tynne slitedecker blir bygd på sådan måte at man forebygger skade fra grunnvannet og også at tap av fuktighet fra den fortettede jord ved fordampning undgås. Av denne grunn skal her også omhandles fordelene ved å gjøre veidekket vanntett ved overflatebehandling.

Der er to viktige betingelser for at en sådan behandling skal være umaken verd. Materialene i overflaten og trykkfordelingslaget må enten være nok uigjennemtregelig eller ha tilstrekkelig lav kapillari- tet til å forebygge ansamling av så megen kapillær fuktighet at denne kan bevirke ustabilitet. Mate- rialenes nødvendige kvalitet vil avhenge av klima, topografi og trafikk.

Overflatebehandlingen må vedlikeholdes tilstrek- kelig ugjennemtregelig til å forhindre at overflate- vann trenger ned til leiren ovenfra og til å forhindre fordampningen av kohæsjonsvæskehinnene fra sand- aktige jordarter. Stabilisering ved overflatebehand- ling er på en ypperlig måte illustrert ved tjære- og asfaltoverflatebehandling av de tunge gumbo veier i vestre Minnesota og østre Nord-Dakota.

Det øverste billede i fig. 21 viser teleløsningstil- standen på en vei vest for Ada, Minnesota, før den første behandling i 1924.

Grus som var benyttet for veidekket, fant man hadde penetrert til dybder på inntil 3 fot. Det nederste billede i samme figur er tatt om våren og viser den samme veis tilstand etter at den er forsynt med et tynt grusteppe og overflatebehandlet med bitumen.

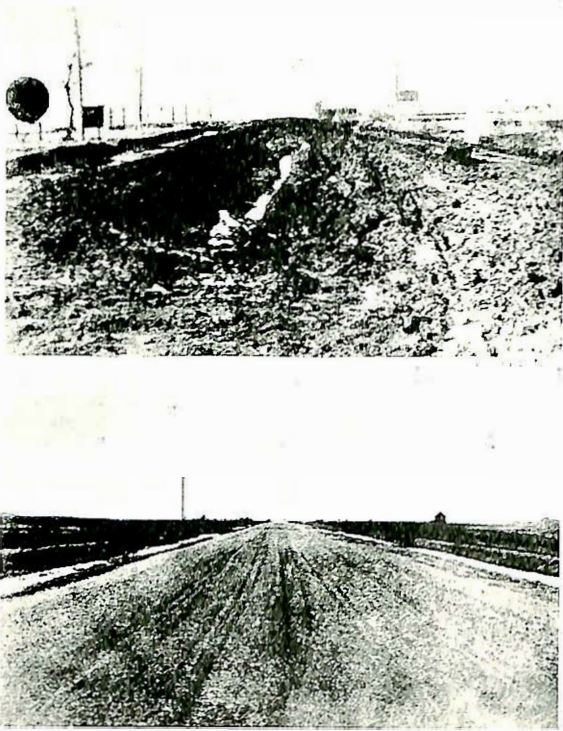


Fig. 21. Øverst: Vei i Minnesota under teleføsing.
Nederst: Samme vei forsynt med grustepp og overflatebehandling.

Ved undersøkelse i 1932 viste det seg at den totale tykkelse av overflatebehandlingen var litt under 1 tomme.

Ennskjønt bildet vel skulde være så illustrerende som man kunde forlange det, kan det dog være at den nederste del av fig. 21 ikke gir et så godt inntrykk som det kanskje i virkeligheten burde. Hvis det bituminøse dekke er laget efter road-mix metoden og man har overlatt til trafikken å valse det, vil der i almindelighet bli spor som på et fotografi kan se ut verre enn de i virkeligheten er. Det vilde ha vært bedre å valse med en vanlig veivalse.

Bituminøse overflatebehandlinger har lenge vært brukt i de sydlige stater til å forandre løse sandaktige og støvete materialer til faste, stabile, varig veidekker. Dette må i hvert fall delvis tilskrives at man forhindrer fordampningen.

Der trenges billige veidekker som kan føde i all slags vær.

Bare en mindre prosent av de naturlige jordarter er av god kvalitet for veibygging.

Av 29 sand-leire Federal-aid veier som dr. Strahan undersøkte og rapporterte om, hadde bare 3 sterke, hårde veidekker, fri for hjulspor, huller og riffeldannelse eller med andre ord bestod av klasse „A” materialer. Tilsetning og behandling med kjemikalier må som oftest til for å gi medium og dårlige materialer de egenskaper som på naturlig måte er tilstede i klasse „A” jordartene.

I denne henseende er der nu gjort adskillig fremgang.

De krav som ovenfor i denne artikkel forsøksvis er fremsatt for beregning av stabile blandinger, er basert på omfattende laboratorieeksperimenter og iakttagelser av veidekker under trafikk.

Utvalgte jordveidekker er skikket for midlertidig bruk på viktige veier. De kan legges umiddelbart efter planeringsarbeidet for benyttelse i den tid setningen foregår, og vil yde vesentlig støtte og øket varighet for de veidekker som anbringes på dem.

Vann, tiltrukket ved den tilsagningsaffinitet som jordpartikler har overfor vann, kan ikke trenge inn i og oppløse jordmassene når partiklene er dekket med væskelinner og jorden er konsolidert til maksimal tetthet ved optimum vanninnhold. Under disse forhold kan tendensen til å ekspandere og miste stabiliteten under tilstedeværelse av fuktighet elimineres hos høilig plastiske jordarter når de er beskyttet ved overflatebehandling.

Konsolideringen vil ikke være effektiv hos jordarter hvor tendensen til ekspansjon skyldes elastisk tilbakegang, således f. eks. hos dem som inneholder glimmer.

South Carolina veivesen bygde i 1934 adskillige strekninger med jordveier stabilisert med cement og forsynt med en bituminøs overflatebehandling.

I Baltimore, Maryland, blev en bitumenemulsion blandet med jord for bygging av en flyveplass.

Bruk av silikat-klorid behandlingsmetoden har vesentlig begrenset seg til stabilisering av jord som skal bære bygninger eller lignende.

Den stabilitet som er tilveiebragt ved konsolidering av jordarter ved optimum vanninnhold, antyder at langt større nytte muligens kan ventes hvis de kolloidale hinner blev stabilisert ved passende bruk av bitumen, portland cement og av natrium, kalium og kalsium.

Videre utvikling kan ventes, da fremgang er gjort på dette uhyre, men lite utforskede felt. De materialer som blir undersøkt, koster lite og er vidt forskjellige av karakter. De utsettes for varierende værforhold og belastninger. Man vil forstå hvor stor rolle disse arbeider spiller for U. S. A. når man vet at landet har over 3 200 000 km landveier uten egentlig veidekke. Ennskjønt det er mange av disse veier som det ikke vil være økonomisk forsvarlig å overflatebehandle, er det dog et betraktelig antall km som burde behandles, og den utstrekning hvori dette kan skje, vil avhenge av omkostningene.

De ovenfor refererte resultater av det årelange og inngående forskningsarbeide som har funnet sted i U. S. A., synes jeg er av meget stor interesse. De kan ikke sies å være en absolutt betingelse for å kunne bygge grusveier, da sådanne jo er blitt bygd i mange år av folk som har svært lite kjennskap til det behandlede tema. Derimot mener jeg at kjennskapet til de nevnte resultater er en absolutt betingelse for *alltid* å kunne bygge gode grusveier og på *raskest mulige og billigste måte*.

Personlig mener jeg at forskningsresultatene parret

med de praktiske erfaringer som i hvert fall jeg har hatt anledning til å hoste, imotegår de innvendinger som vanligvis fores i marken mot bygging av rene grusveier, idet de gir forklaring på hvorfor man har fått så megen søle, hjulspor, telegrop etc. og gir anvisning på hvorledes arbeidet skal utføres riktig.

Nu er jeg forberedt på at mange vil si som så: „De nevnte resultater skriver sig fra U. S. A., som ved siden av å være de store muligheters land, også har den fordel å være beriket med kolloidale stoffer, som ikke finnes her.”

En lignende motsigelse møtte jeg nemlig da jeg etter hjemkomsten fra U. S. A. i 1927 bl. a. slo til lyd for større oppmerksomhet på nødvendigheten av bindstoff i våre grusveier.

Som bekjent, og som det også av det ovenfor utredede vil ha fremgått, er glimmer en meget skadelig bestanddel såvel i grus som i leire. Nu inneholder meget av våre sandforekomster adskillig glimmer, og det samme er tilfelle med meget av leiren. Hertil kommer at leireforekomstene meget ofte er fattige på den forønskede finleire. I betraktning av disse fakta skulde det synes at man nødvendigvis måtte være meget pessimistiske. Når allikevel jeg, min pessimistiske natur til tross, har sett så optimistisk på dette spørsmål som mine artikler om dette emne gir uttrykk for, så er grunnen den at jeg mener å ha bevist at vi kan komme meget langt med de forekomster vi har. I hvert fall mener jeg at det ikke vil bety nogen avhjelp av savnet av de ovenfor nevnte forønskede materialer å ta sin tilflukt til anvendelse av stenlag. Hvis man lot de materialer som man finner i våre vanlige stenlagsveier underkaste de amerikanske analysebetingelser, så vilde de nok komme adskillig til kort, særlig hvis man anvender grus som er helt fri for bindstoff.

Det påberopte bevis mener jeg å ha i våre gamle grusveier, ikke bare de som alltid har vært gode, men kanskje særlig de som var dårlige, men som etterhvert ved riktig behandling er blitt gode. For ikke å få for mange gjentakelser, tillater jeg mig i sin almindelighet å henvise til hvad jeg tidligere har skrevet om disse og nærbeslektede spørsmål i „Meddelelsene” nr. 11 for 1926, nr. 2 for 1927, nr. 6 for 1932 og nr. 5 for 1934, og hvad dette ene punkt angår særlig side 92 og 93 i nr. 6 for 1932.

Den av undertegnede der foreslåtte metode til å finne hvilke jordarter som gir gode veidekker, nemlig ved sammenhold av praktiske erfaringsresultater og laboratorieforsøk, er i meget analog den måte som blev benyttet av dr. C. N. Strahan, og jeg tror at den i hvert fall som en innledning vil passe godt for de fleste veiingeniører.

Min opfatning av spørsmålet kan sies å ha hatt følgende utvikling: Den første praktiske erfaring for hvad man kan opnå ved en riktig blanding av leire og sand fikk jeg under arbeidet med å anbringe sandteppe på leire. På dette grunnlag reflekterte jeg nærmere over våre gamle grusveier. Da jeg derpå,

i forbindelse med Veidirektørens beretning om Amerikas grusveier, etter studiereisen til U. S. A. 1925—27 ved en rekke dreneringsarbeider etterhvert erfarte hvorledes flere av de gamle grusveier, som delvis hadde vært bunnlose i telelosningstiden, bare ved hjelp av drenering kunde bli gode praktisk talt hele året igjennem, mente jeg at beviset var nådd.

Det har selvsagt sin interesse å sammenligne stoffene i de amerikanske grusveier og i våre, men om man herunder finner at de førstnevnte har et stoff som vanligvis ikke forekommer her eller omvendt, skal man ikke derav slutte at grusveier hos oss er en håplos tanke.

Når næsten ingen av våre grusveier er *ideelle hele året rundt*, selv om man kunde høvle dem så meget man vilde, så er jo det ganske naturlig.

I betraktning av de ovenfor nevnte mangler ved mange av våre sand- og leireforekomster, er det tvertimot merkelig at så mange av våre grusveier har kunnet bli så gode som de er, da de bindmaterialer grusdekket inneholder udelukkende skriver sig fra de lokale planeringsmaterialer på de forskjellige steder, idet grusen praktisk talt alltid har vært fri for bindstoff.

Som man ovenfor så, hadde selv i U. S. A. bare 3 av de 29 federal-aid sand-leire veier som dr. Strahan undersøkte, betingelser for å kunne bli ideelle, d. v. s. at stedets lokale jordart kom inn under kl. A eller hårde jordarter.

Alle de andre måtte i mer eller mindre grad oppkonstrueres. Det samme vil også være tilfelle hos oss.

Dette arbeide vil forhåpentlig kunne bringe gledelige resultater. Det er jo allerede nu godtgjort at man i enkelte strøk har leireforekomster som ved sin bindekraft tyder på at de kan sammenstilles med de amerikanske. Andre steder kan man kanskje ha lett og rimelig adkomst til andre gunstige stoffer, f. eks. kalkmergel. Rent bortsett fra de gode og oppmuntrende praktiske erfaringer som vi selv har hatt anledning til å gjøre, mener jeg at de amerikanske forskningsresultater gir anvisning på så mange muligheter at man skulde nå langt hvis disse til fulle nyttiggjøres.

Det vil ha sin interesse å se litt nærmere på hvorledes de fleste av våre gamle grusveier er „blitt til”, og så sammenholde med den måte hvorpå man etter den videnskapelige forskning bør gå til verks.

Når en mer eller mindre tilfeldig planering var ferdig, blev der utkjørt endel grus, som vel også hadde en mer eller mindre tilfeldig sammensetning. Under trafikken blev denne grus i større eller mindre utstrekning presset ned i undergrunnen, men stort sett måtte man vel i lang tid „pløie” sig frem gjennom bølger av løs grus. Når regnet kom, gikk dette naturligvis straks tvert gjennom gruslaget og ned, samtidig som planeringsjorden kom op på siden av hjulsporene og blev av trafikken og noget slådding mere oppblandet med grusen.

Særlig i teleløsningstiden blev omkalfatringen ganske omfattende, men resultatet måtte jo bli en mer eller mindre vilkårlig blanding, således at man enkelte steder hadde overskudd av leire, andre steder av grus.

Gjennom vedlikeholdsgrus, slådding, trafikken, vær og vind etc. fant en utjevning litt efter hvert sted, men det tok tid.

Enskjønt resultatet nødvendigvis måtte bli vilkårlig, kunde man dog „slumpe” til å få meget gode resultater, og beviset er som sagt flere av våre gamle grusveier, som særlig er blitt gode efter at den manglende drenering er blitt utført.

På grunn av den vilkårlige måte hvorpå de er dannet, er graderingen av stoffene blitt derefter. Nogen av dem har fått overskudd av en kornstørrelse, som gjør at dekket kan tåle temmelig sterk tørke og altså være meget godt hele sommeren, mens andre har fått for lite av samme kornstørrelse, med den følge at veien om sommeren lett blir for løs, mens den til gjengjeld tåler mer fuktighet enn i det førstnevnte tilfelle. Sådanne dekker kan forbedres på følgende måte: Man høvler av veidekket så man får en ranke langs efter veien. Av denne ranke tar man så enkelte stikkprøver og sikter massen gjennom de ovenfor nevnte sikt, hvorved man lettere finner hvilken stoffstørrelse som bør tilføres veien. Hydro-metermetoden forutsettes anvendt for de fineste bestanddeler.

Ethvert veikontor bør være forsynt med et sett sikt og dessuten en vekt.

Når man under omlegning av eldre veier så ofte hører opsynsmenn og arbeidere si at de helst vil benytte den gamle veis grus fordi den „setter sig” og „binder” så fort, så har jo det sin høist naturlige forklaring. Den omstendelige blandingsprosess eller med andre ord stabiliseringsarbeidet, som er nødvendig for å få et godt grusdekke, er jo der fullført, så det blir bare konsolideringen som gjenstår når grusen overføres til den nye vei, men denne konsolidering går raskt når grusen har den rette blanding. Ved hjelp av de redskaper og maskiner man i en årrekke har hatt til disposisjon, kunde man få utført den forønskede stabilisering og konsolidering forholdsvis raskt og godt, selv om bare ny grus blev anvendt. Efter de forskningsresultater som der i nærværende artikkel er berettet om, er muligheten i meget sterk grad øket. For mig synes det i hvert fall å være liten grunn til å fortsette med den gamle, kostbare metode med stenlag etc., som foruten å være dyrere gir en i flere henseender dårligere vei.

Men like så litt som man vil få en brukbar betongvei hvis man la sanden i et lag og cement og pukkl i andre lag, like så lite vilde man opnå de beste grusveidekker hvis ikke arbeidet utføres så omhyggelig og riktig som man nu vet det bør utføres.

Forskjellige forhold vil naturligvis kunne medføre at man ikke alltid kan gå frem efter den måte som man vet vilde være den enkleste.

Den enkleste måte å få den riktigste blanding på vilde vel være å ha planeringen liggende fullt ferdig konsolidert før enhver grusning begynte. Forutsatt at selve planeringsmassen egnet sig som bindstoff, kunde man derpå høvle av den nødvendige mengde, kjøre ut og spre den ønskede mengde riktig gradert grus og så blande alt sammen og konsolidere under optimum fuktighetsgrad. Man måtte herunder ikke ta for tykke lag ad gangen.

I sin almindelighet vil denne framgangsmåte dog ikke helt ut være praktisk gjennomførlig, da man som oftest av hensyn til planeringsarbeidets utførelse litt efter hvert må påkjøre grus for å lette trafikken. Hvis man imidlertid holder nøie regning med hvor meget grus man bruker pr. l. m og sprer jevnt, skulde man til enhver tid vite hvor meget grus som gjenstår og hvor dypt man må rive op for å få riktig mengde bindstoff. Alt skulde imidlertid gå greit hvis man kan få utføre arbeidet på en rimelig årstid. Verre er det om man for å få åpnet en vei for trafikk om vinteren må holde på under hele høstregnet og kanskje efter at frosten er inntrådt. For alle som forstår sig på arbeidet, vil det være umiddelbart innlysende at det under sådanne forhold vil være ugjørlig å få stabilisert og konsolidert veidekket på forønsket måte. Noget optimum fuktighetsinnhold vilde jo være en umulighet når det regner hver eller annen hver dag. Kanskje må man øse grus på en frossen planering bare for å undgå for vanskelig vei, om der skulde inntreffe mildværsperioder i vinterens løp. En sådan framgangsmåte kan bli nødvendig, om den enn kan være lite ønskelig, særlig mens man enn har mange kritiske øienvidner, som ikke tror på grusveienes mulighet. Det blir da ingen annen råd enn tålmodig å finne sig i kritikken og vente i den tid som er nødvendig for å føre beviset igjennem. Når man bare har fått gjennomført nogen beviser, så folk har begynt å tro på saken, vil disse også forstå at når man ikke alltid når til gode resultater like hurtig, så skyldes dette særskilte vanskeligheter, eksempelvis i form av uheldig årstid.

Den rette gradering av grusen antas det å være lett å skaffe i størsteparten av landet. Av skalaen ovenfor angitt, vil det fremgå at en vesentlig del av grusdekkets kornpartikler faller innen sandgruppen. Om man på mange steder kanskje savner rimelig adkomst til god naturgrus, så vil man dog som oftest på et eller annet sted finne sand. Grusens grovere partikler kan man skaffe sig ved pukning og slyngmøller.

Av det ovenfor anførte vil det ha fremgått at det til og med er meget uheldig å ha endel maskingrus i dekket. På denne måte får man således en meget gunstig anvendelse for den sten som man allikevel må ta i linjen, en anvendelse som er langt å foretrekke for å anvende stenen i stenlag. Om enn ikke all sten egner sig for veislitasjen, så antas den dog i almindelighet å kunne gjøre tjenesten i de andre lag.

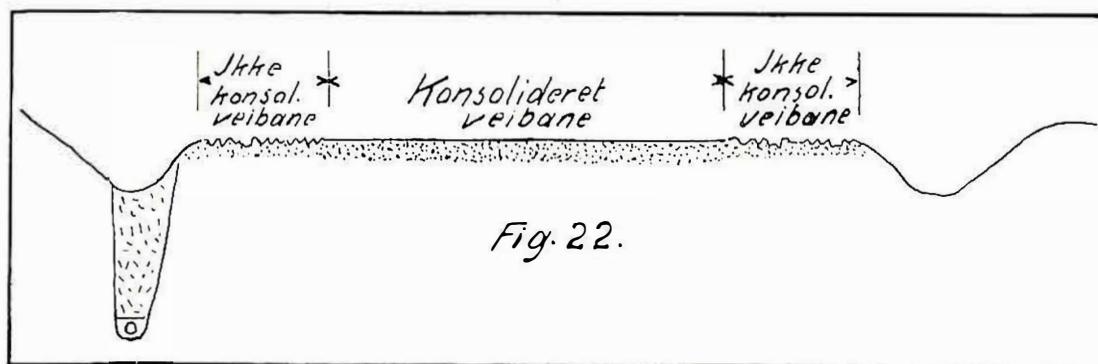


Fig. 22.

Grusveienes utseende efter en regnværsperiode.

Den sten som man allikevel må ta i linjen, vil også kunne få en annen gunstig anvendelse.

Av de ovenfor fremførte forskningsresultater vil ha fremgått den store betydning av konsolideringen. Dette er jo noget som evhver av oss vil ha erfart, men ikke desto mindre har jeg av og til hørt uttalelser som synes å peke på en motsatt opfatning. Man kan f. eks. høre uttalelser som går ut på at grusveiene nok kan tåle en minimal trafikk, men blir trafikken litt stor, og særlig hvis der da kommer meget regn, så begynner også elendigheten.

Fjorårets regnfulle høst gav i visse henseender interessante erfaringer, om de enn kanskje var noget dyrekjøpte. Som bekjent regnet det en tid, om ikke hver dag, så i hvert fall annen hver dag. Det så næsten ut som at den ene regndråpen ventet på at den foregående skulde få tid til å trenge inn i jorden og riktig gjennombløte denne. Det kunde i hvert fall virke slik på en veiingeniør, som helst vilde ha regnet mere samlet, så det meste forsvant i grøftene.

Flere av våre grusveier fikk under disse forhold etterhvert et utseende som vist i fig. 22.

Den midtre del av veibanen var jevn og fast og god, mens den langs kantene i en bredde av 1—1,25—1,5 m begynte å få spordannelser i større eller mindre dybde. Det var derfor ikke den sterke trafikk som gjorde at man fikk elendigheten, men man kan næsten si at det var mangelen på sådan. Dette var selvsagt en overdrivelse, da det ikke bare var mangel på konsolidering, men også mangel på stabilisering som gjorde sig gjeldende langs kantene. Men selv

om stabiliseringen hadde vært mer fullkommen, så vilde nok regnet ha bevirket oppløtning, hvis massene ikke hadde vært tilstrekkelig konsolidert.

Spordannelsen skjedde under forbikjøring, mens alle kjøretøier ellers holdt sig på den midtre del av banen, som derfor fikk den alt overveiende trafikk.

Jeg ønsker å fremheve dette lille eksempel for å potere nødvendigheten av å gi våre veier et annet tverrprofil enn det som er vist i ovenfor angitte fig.

Konsolideringen av veidekket bør skje i dettes hele bredde og mens byggingen foregår. Helst bør man ved siden av forskjellige kjøretøier og maskiner også benytte en sauefot-vaise. Skal imidlertid konsolideringen kunne skje helt ut til kanten, må man i grøften ha noget som kan holde imot under trykket.

Som nærmere begrunnet i nr. 5 av „Meddelelsene” for 1934, bør man ikke ha løse banketter utenfor den egentlige veibane.

Et ganske almindelig veidekkes tverrprofil bør derfor eksempelvis se ut omtrent som i fig. 23, nemlig med stenkledde grøfter.

Stenen som ikke har noget med stenfylt drengroft å gjøre, bør legges fast og jevnt i slak skråning, tilstrekkelig for et godt vannavløp, men ikke med større fall enn at man til nød kan kjøre ut i grøften uten å velte. Ved et sådant arrangement vil man kunne opnå å konsolidere veibanen helt ut til grøften, hvorved man får en større effektiv kjørebredde, samtidig som farlige fallgruber i form av løse kanter undgås. På enkelte steder hvor der er meget vann,

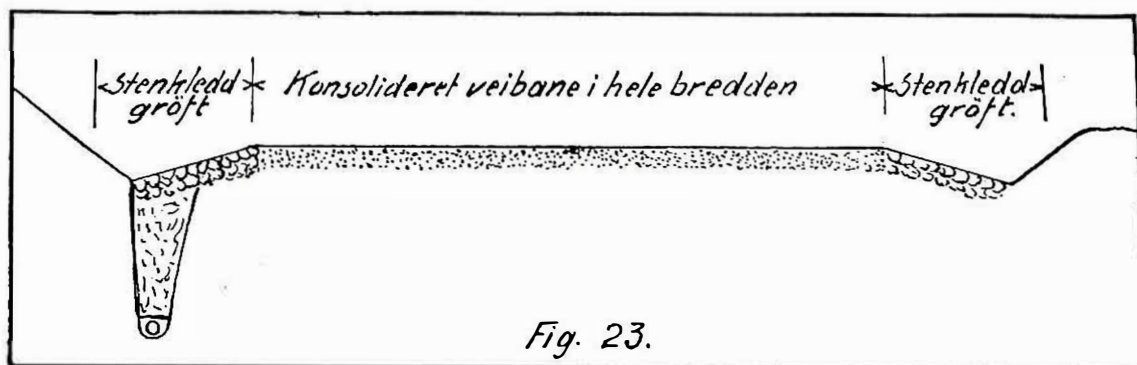


Fig. 23.

må man gå til større bredde på grøften, idet sten-skråningen ikke må gies sterkere fall.

I hvilken utstrekning stengrøften bør behandles med tjære, asfalt, cementmørtel eller lignende, skal ikke her nærmere berøres, men man bør, når veibanen har varig veidekke, i hvert fall hvitkalke en strimmel for å markere veikanten.

Ved de stenklædde grøfter opnår man, foruten å kunne konsolidere veibanen i hele dens bredde, også den fordel at man blir kvitt de gressgrodde kanter og det stadige arbeide med renskning av igjengrodde grøfter.

Den ovenfor nevnte anvendelse av sten ved siden av det som er nevnt i nr. 5 av „Meddelelsene” for 1934, vil sannsynligvis medføre at der av den sten som nødvendigvis må tas i linjen, neppe blir syndelig til overs for stenlag, hvorfor dette moment i svært mange tilfelle vil bortfalle. Således vil sløifningen av stenlaget heller ikke frata arbeiderne alt fjellarbeide. Forskjellen er bare den at de penger som anvendes, blir brukt på en meget mer økonomisk måte, og resultatet vil bli at man for det samme beløp kan få bygd så meget lengere stykke vei, som dessuten meget hurtigere kan formidle trafikk, og som formidler denne på en langt behageligere måte.

Av denne artikkel, i forbindelse med den i nr. 5 av „Meddelelsene” for 1934, vil det enn ytterligere forstås at forbruket av grus og sand er like så stort når stenlag anvendes som når man benytter det rene grusveidekke. Et riktig gradert grusveidekke vil trenge mindre vedlikeholdsgrus enn et stenlag-grusdekke.

Et grusdekke behandlet med tjære og asfalt vil igjen være ennu gunstigere såvel i denne henseende som ved siden av alle sine øvrige fordeler, og som tidligere påvist, kan man ved å sløife stenlaget få et sådant støvfritt dekke og atpå til spare betraktelige beløp.

Hvis hver især av oss tar for sig de arbeider som skal utføres og regner ut hvor meget som kan spares ved å følge den ovenfor beskrevne fremgangslinje, så vil nok totalbeløpet for alle tilsammenlagt utvise anseelige beløp. Man kan vel derfor i hvert fall ikke godt undlate å gjøre et forsøk, og jeg håper dessuten at der kan bli anledning til straks å få den assistanse som trenges av geologer, fysikere og kjemikere.

Det skulde vel være nok bare å henvise til den ovenfor gitte utredning, men da jeg selv er meget sterkt grepet av interessen for de store muligheter som *kan* foreligge, ønsker jeg til slutt bare å peke på et lite punkt. Vi har sett hvorledes f. eks. prof. Eno har funnet at bruken av knuste materialer tjente til å øke stabiliteten i et grusdekke. Rent naturlig vil vel tanken da falle på de grovere partikler

mekaniske egenskaper. I samme forbindelse leste vi imidlertid også at blandt de stoffer som mentes å være brukbare som tilsetninger for konsolidering av jorden, var også klorider, silikater og karbonater av kalsium og natrium, og da våre bergarter kan inneholde vesentlige bestanddeler av disse stoffer, er det et spørsmål om man ikke kan få disse stoffer på en meget rimelig måte ved å anvende det ved knusing og maling erholdte stenmel i de mengder som er ønskelig for stabiliseringen.

Muligens, eller antagelig, vil der trenges en elektrolyt, men det kan kanskje vise sig å være en bagatellmessig affære. Det får imidlertid bli kjemikernes oppgave å løse, og i hvert fall synes det å være all grunn til snarest å få istandbragt et intenst samarbeide.

MINDRE MEDDELELSER

STATSLOTTERI

TIL INNTEKT FOR VEIVESNET I SVEITS?

Nasjonalforsamlingen i kanton Bern har nylig behandlet en henstilling fra et av dens medlemmer om opprettelse av et statslotteri til inntekt for veivesenet i kantonen. Forslagsstilleren henledet oppmerksomheten på veienes slette forfatning tross de relativt alt for høie vedlikeholdsutgifter, og uttalte at de ikke utbedrede veier er blitt en ren landeplage. Ved overskudd fra et statslotteri mente han at de mest skrikende veikrav kunde imøtekommes uten økning av budgettet.

Vedkommende regjeringsråd uttalte at av kantonens veier var nu i løpet av 12 år en tredjedel utbedret. Angående vedlikeholdet uttalte han at dette ikke blir vesentlig billigere for en ny vei enn for en gammel makadamvei. Det er dog selvsagt i kantonens interesse å ha gode veier, men overdrivelse bør ikke finne sted. Til utvidelse av veinettet trenges også betydelige midler. Under behandlingen av forslaget blev det fremholdt at man burde forsøke å finne inntektskilder utenfor de hittil anvendte, men at et statslotteri som foreslått formentlig vilde støte på megen motstand. Spørsmålet skulde dog optas til nærmere utredelse. En definitiv bestemmelse må tas av forbundsregjeringen.

LYSREFLEKTORER FOR FOTGJENGERE

For mest mulig å forhindre nattlige automobilulykker skal det i den amerikanske stat Kentucky være bestemt ved lov at enhver fotgjenger, som efter mørkets frembrudd oppholder sig på en gate eller vei utenfor de innre bydeler, skal være forpliktet til å ha et lite speil festet på sitt yttertoi foran og bak, således at de automobilkjørende ved hjelp av lysrefleksjonen allerede på avstand blir oppmerksom på fotgjengeren og kan kjøre til side i rett tid.

UTGITT AV TEKNISK UKEBLAD, OSLO

Abonnementspris: kr. 10,00 pr. år. — Annonsepris: $\frac{1}{2}$ side kr. 80,00, $\frac{1}{4}$ side kr. 40,00,
 $\frac{1}{8}$ side kr. 20,00.

Ekspedisjon: Ingeniørenes Hus. Telefoner: 20701, 23465.