

SØREN THYGESEN · RÅDGIVENDE CIVILINGENIØR

JULBJERGVEJ 4 · HÅRBØLLE · 4792 ASKEBY · TLF. 5582 6136 -DUET

E-MAIL: lotren@mail.tele.dk · SE-NR: 16280534

Trafikudvalget (2. samling)
TRU alm. del – Ad Bilag 272
Offentligt

Folketingets Trafikudvalg

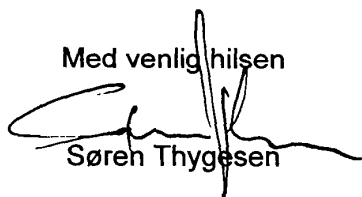
Christiansborg

Vedr. J.nr. TRU alm. del. – Bilag 272

Hårbølle, den 2. juli 2005

I fortsættelse af mit brev af 24.06.05 hermed den i brevets PS nævnte tekniske redegørelse.

Med venlig hilsen



Søren Thygesen

Bilag til brev til Folketingets Trafikudvalg af 24.06.05

Notat vedr. teknikken ved den i nævnte brev omhandlede ny metode til udskiftning af en kørebane på et jernbetondæk.

Det her vedhæftede er fotokopier af mit prospekt fra april 1996, der beskriver den i 1989-90 udtænkte nye kørebanekonstruktion til jernbetondæk og dokumenterer dens udførelse og funktion. Klummen på hæftets første side og noterne på dets sidste er nok det vigtigste for dette notats læsere.

Hæftet omhandler ikke den idéudvikling, der fandt sted i efteråret 2003. Den giver store besparelser i udførelsestid og omkostninger ved udskiftning af en kørebane på et ældre jernbetondæk. Det er her muligt at opdele arbejdet - på f.eks. en vejbro - i små afsluttede etaper, der med fordel kan udføres om natten, så trafikken over broen kan afvikles i dennes fulde bredde i myldreimerne om dagen.

Læg mærke til det med gul farve markerede afsnit på prospektets sidste side. Dette er nøglen til den nu udtænkte metode, der p.t. er ophavsret beskyttet i 124 lande gennem en PCT-patentanmeldelse.

Jernbetonen tørrer ud, efter at den ny kørebane er udlagt og taget i brug. Herved går armeringskorrosionen og dermed dækkets nedbrydning i stå. Det betyder, at den ny kørebane kan udlægges og fastgøres til brodækket umiddelbart efter, at den gamle er ophugget og fjernet.

Ved den traditionelle kørebaneudskiftning indbygges betydelige mængder vand, og overfladen forsegles med den ny fuldfladeklæbede membran. Man må derfor udskifte et tykt lag af dækkets beton omkring armeringsjernene for at fjerne den salt, der gennem årene har ophobet sig i konstruktionen. Det er dette arbejde der er meget dyrt og tidsrøvende.

Når den gamle kørebane er fjernet, er brodækket meget sårbart overfor nedbør. En enkelt regnbyge kan øge armeringsjernenes rustdannelse næsten eksplosivt. Derfor må en udskiftning ~~med~~ til en ny mekanisk fastholdt kørebane foretages under inddækning - et telt, der flyttes i takt med, at arbejdsstedet flyttes. Det betyder, at arbejdet er næsten uafhængig af årstid og vejrlig og, at det kan planlægges og kontrolleres meget detajleret og omhyggeligt.

Afhængig af den aktuelle opgaves størrelse og art vil en etape være på mellem 75 og 200 kvadratmeter pr. arbejdssted. På en bro med 2 vognbaner kan der kun være et arbejdssted. På de store offshore-broer vil der kunne arbejdes samtidig flere steder.

Hårbølle, juli 2005

Søren Thygesen

Ved anlæg af kørebener på jernbetonkonstruktioner, som f.eks. parkeringsdæk, vejbroer og pælfunderede vejstrækninger, indbygges der en membran, hvis opgave skal være at forhindre vand i at trænge ned i jernbetonen og nedbryde den. Sådanne membraner udføres traditionelt enten af bituminøse banevarer (tagpap) eller af på stedet udstøbte termoplastiske eller reaktionshærdende materialer.

Når bilene på kørebanelen skifter retning eller hastighed, påtrykker de konstruktionen vandrette kræfter, som gennem membranen skal føres ned i jernbetonpladen og herfra videre gennem søjler, fundamenter, landfæster m.v. til moder jord. Også bilernes luftmodstand resulterer i vandrette kræfter på konstruktionen, hvilket har betydning ved større hastigheder. I alle hidtidige konstruktioner foregår krafttransmissionen gennem membranen ved, at denne er klæbet til henholdsvis jernbetonoverfladen på undersiden og til asfaltopbygningen på oversiden. Klæbning af store flader under åben himmel er imidlertid den ubetinget mest problemfyldte samlingsmetode, der anvendes i byggeindustrien. I praksis er det umuligt at undgå områder, hvor klæbningen er mangelfuld. I disse områders randzoner forårsager de vandrette trafikkræfter sådanne trækspændinger i membranen, at den bryder. Tøsaltvandet, der siver gennem asfaltopbygningen, fortsætter gennem membranelæggerne ned i jernbetonen, hvor det gør megen skade. Armeringsjernene rustet og sprænger betonen, hvilket forårsager yderligere utætheder i membranen. En ond cirkel er begyndt, og efter 20-30 år må kørebanelen og den underliggende jernbetonkonstruktion underkastes en betydelig hovedreparation.

Alle bilister kender til de generende og meget langvarige hovedreparationsarbejder, der finder sted på vejbroer overalt i Europa i sommermånederne. Bag atspærringer omkring nogle af køresporerne arbejder entreprenørmaskiner og mandskab med at fjerne kørebanelen, reparere jernbetonen og udlægge ny membran og asfalt, medens bilisterne må snegle sig afsted i de ledige kørespor eller følge omkørselskiltene gennem alternative køreuter.

Den i nærværende prospekt viste konstruktion løser dette problem og reducerer omkostningerne til hovedreparationer til under en tiendedel af det kendte. Den nye konstruktion adskiller sig fundamentalt fra de hidtil anvendte ved, at membranen ikke er klæbet til de tilstødende overflader. Jernbetonoverfladen er forsynet med et antal knaster, der passer stramt ind i lommer i membranen, som igen passer stramt i recesser i kørebanelkonstruktionen. De vandrette trafikkræfter overføres alene ved tryk vinkelret på knasternes lodrette flanker gennem de dele af membranolommerne, der dækker disse. Membranen forbliver helt fri for træk og forskydningsspændinger og vil derfor i bygværkets hele levetid effektivt beskytte jernbetonen mod nedsvivende tøsaltvand.

Når der ikke er klæbninger i konstruktionen, er det muligt at opbygge denne med anvendelse af materialer og konstruktionsmetoder, som er helt forskellige fra det traditionelt anvendte, og som tilsammen betyder en billigere konstruktion, der lader sig udføre næsten uafhængigt af vejrliget, og som frem for alt kræver meget mindre hovedreparationer. Når asfalten er slidt, fræsses den bort og nyudlægges - et arbejde, der udføres med maskiner, og som kan henlægges til perioder, hvor trafikbelastningen er svag. Vejbroer vil f.eks. kunne holdes åbne for trafik i fuld bredde, så

EN

MEKANISK FASTHOLDT KØREBANE

TIL

JERNBETONDÆK



Bag denne bygning - Georgsgården i Roskilde - ligger en parkeringsplads, hvis overflade skjuler noget spændende.

En dansk internationalt patenteret anlægskonstruktion er for første gang taget i brug på det 600 m² store parkeringsdæk over parkeringskælderen. Dækket har i en årrække været utæt, og for at sikre sig, at vand og navnlig saltholdigt smeltevand aldrig igen siver ned og ødelægger jernbetondækket, besluttedes det at anvende den nye konstruktion ved renoveringen af kørebanen.

Arbejdet, der blev udført på 25 arbejdsdage, afsluttedes den 7. oktober 1994. Når man om måske 30 år skal på den igen, tager det bare én dag - asfaltaffræsning om formiddagen og nyudlægning om eftermiddagen.



Efter at den gamle asfalt er skrælleet af det utætte jernbetondæk^{1,2}, bores huller (18 mm i diameter og dybde 105 mm under jernbetonoverfladen) i forskudte rækker pr. ca. 2 m i begge retninger. Hullerne afroppes midlertidigt med plastdupper³.

Den nye kørebanekonstruktion opbygges af seks forskellige lag, her anført i den rækkefølge, de er pålagt.

- Beskyttelsesfilt: Polypropylen, 500 g/m².
- Membran: 1,5 mm uarmeret olie- og benzinresistent pvc-legering.
- Dræn: Kapillarfilt af stenuld, 700 g/m².
- Lægningsgrus: 5 mm alm. betongrus.
- Bærelag: 60 mm SF-sten med fugefyldning af enskornet strandsand.
- Slidlag: 30 mm SMA (skærvemastiks).

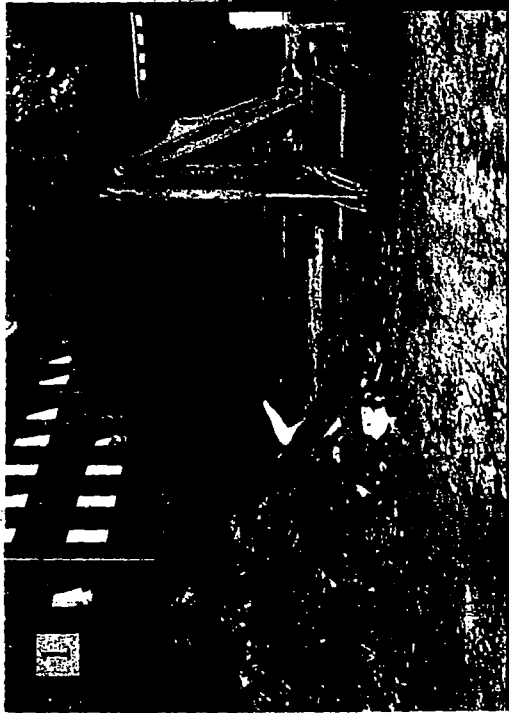
På beskyttelsesfilten udrulles de 2,1 m brede membranbaner, som sammensvejses med elektrisk specialværktøj⁴. Læg mærke til, at værktøjet udfører to parallelle svejsninger⁵, så tætheden kan kontrolleres ved trykprøvning⁶ af den kanal, der fremkommer mellem svejsningerne.

Når membranen er sammensvejset og ligger løst og glat over fladen, skæres der små huller i membranen og beskyttelsesfilt, og plastdupperne fjernes⁷, så en skabelon kan fikseres i de udborede huller for foretagelse af præcise udskæringer i membranen og beskyttelsesfilten⁸, hvorved betonoverfladen blotlægges for montage af forankringsknasterne⁹.

Forankringsknasterne, der er udført af stålfiberbeton, har form som en mursten med afrundede hjørner og er forsynet med et enkelt montagehul for påboltning med stålekspansionsankre, der tilspændes med momentnøgler^{10,11}.

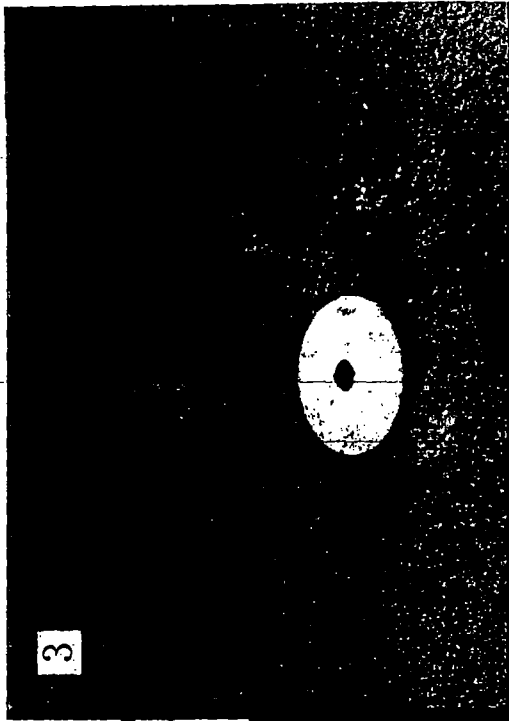
Over hver af knasterne trækkes nu en stramtsiddende hætte, udført af membranmaterialet og forsynet med en 5 cm bred vandret krave, der med varm luft svejses tæt til membranen¹². Svejsningens tæthed kontrolleres ved hjælp af en transparent vacuumklokke og specielt "sæbevand"¹³.

Nu er hele dækket belagt med en tæt membran, der omslutter de knaster, som jernbetonoverfladen er forsynet med¹⁴.



1

2



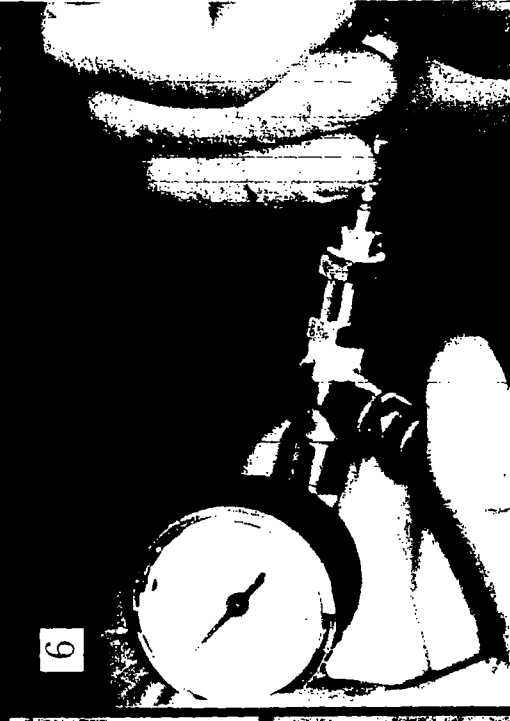
3



4



5



6



7



8



9

For at eftervise membranens tæthed har membranleve-
randøren ladet installere et antal følere for elektrisk led-
ningsevne¹⁵ under membranen. Følerne bliver forbundet til
et panel i kælderen, hvor de med jævne mellemrum kan af-
tastes. Hvis der skulle trænge saltholdigt fugt ned under
membranen, vil ledningsevnen her blive dramatisk for-
højet, og en (i øvrigt meget teoretisk) utæthed i membra-
nen er afsløret og lokaliseret.

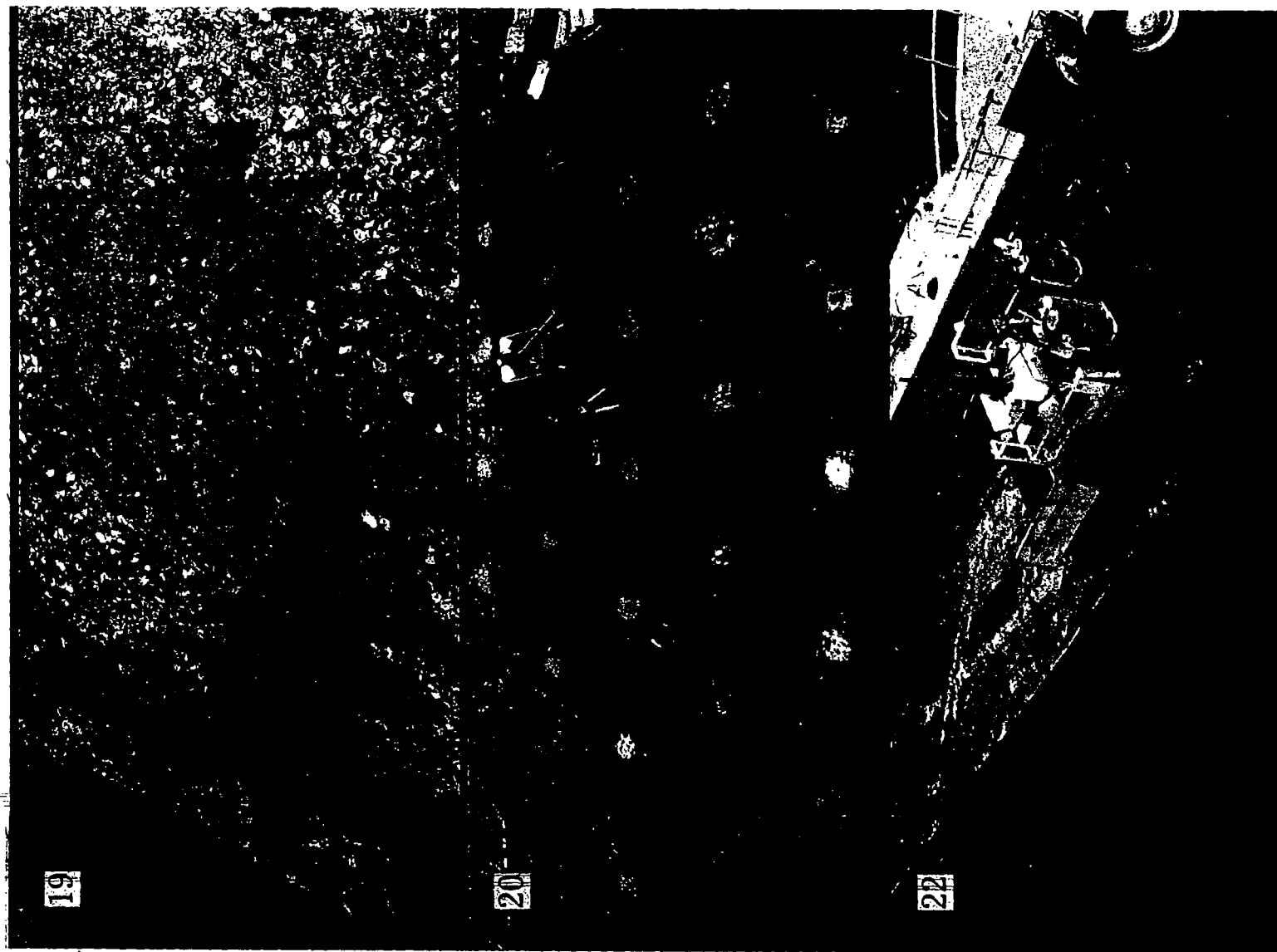
Inden drænilten, der er stærkt kapillarsugende, rulles ud,
føres sløjfer af materialet ned i dryprørinstallationen og
ud på membranen¹⁶. Udsparinger for sætning af køreriste
for overfladevand er helt indklædt med membrandug, der
er tæt svejset til nedføringer i såvel dryprør som faldstam-
mer¹⁶.

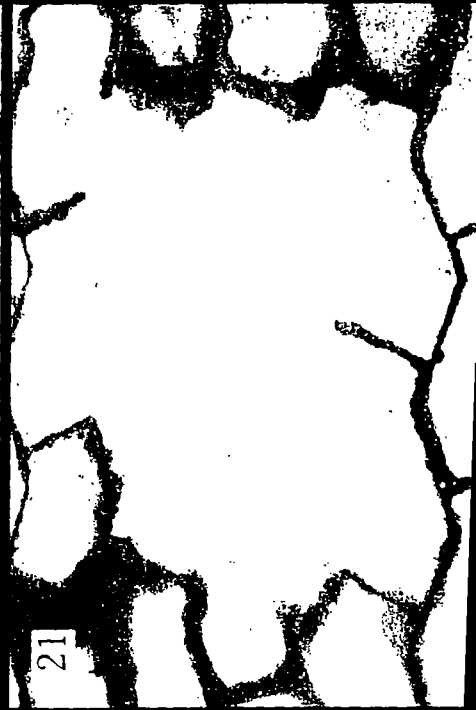
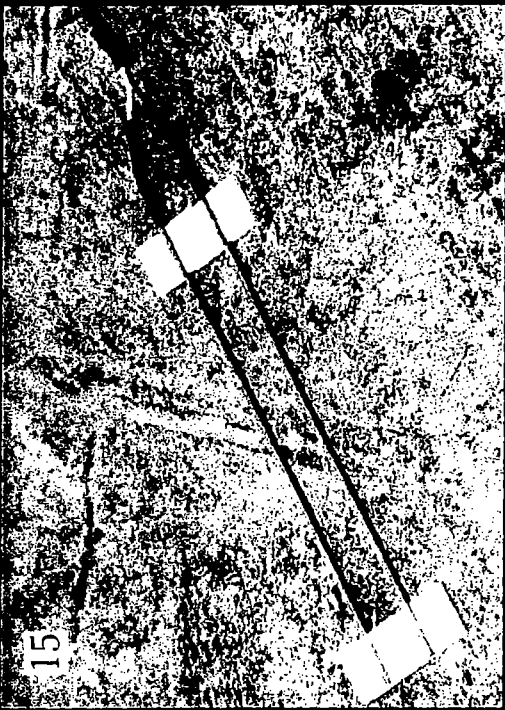
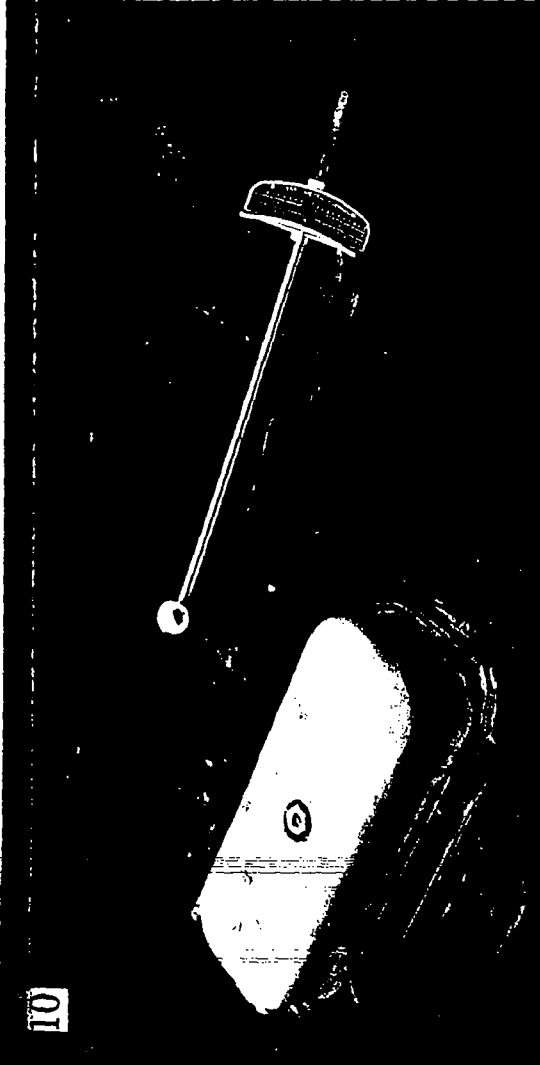
På drænilten, der er udlagt med overlæg, udtrækkes nu
ved hjælp af fladjernsledere det kun 5 mm tykke lag læg-
ningsgrus¹⁷, hvor på SF-stens brolægningen udlægges¹⁸.
Omkring hver knast udelades brolægningen i en halv til en
hel håndsbredde¹⁹, og mellemrummet udstøbes med eks-
panderende beton²⁰. Da brolægningens overflade ligger ca.
18 mm højere end overfladen på den hætte, der omslutter
knasten, bliver membranen helt beskyttet af belægningen
og udstøbningerne²¹. Fugerne i SF-stens-belægningen fyl-
des med strandsand, belægningen vibreres, og fugerne
eftertyldes, indtil samtlige belægningssten ligger fuldstæn-
dig fast i forbandtet.

Afslutningsvis asfalteres hele pladsen²². Der sluttes tæt til
overfladeristene²³.

*Bortset fra asfalten, som med årene vil blive slidt af bilerne
og eroderet af sol, vind, vand og is, og derfor en gang med tiden
må udskiftes, er der ingen af de komponenter, som kørebane-
konstruktionen består af, der udsættes for påvirkninger, som
kan nedbryde dem eller ødelegge deres funktion.*

*De meget små nedbørmængder, der ikke når at løbe til
overfladeristene eller fordampe, vil sive igennem asfalten og
forlade konstruktionen over den tætte membran gennem dryp-
rørene. Membranen forbliver tæt, fordi den helt afriholdes for
træk- og forskydningspåvirkninger. De vandrette trafikkræfter
overføres alene ved tryk på forankringsknasternes lodrette flan-
ker gennem de dele af membranhætterne, der dækker disse.*





Ved at fastholde kørebanen mekanisk til jernbetondækket i stedet for ved klæbning, er det muligt at anvende materialer og konstruktionsmetoder til membran og overbygning, som er helt forskellige fra det traditionelt anvendte, og som tilsammen resulterer i ikke alene en effektiv livsvarig beskyttelse af jernbetondækket men også i en mere holdbar og bedre fungerende kørebanekonstruktion, der er lettere og hurtigere at udføre, vedligeholde og kontrollere.

Tæt membran:

Den løst udlagte membran friholdes helt for træk- og forskydningspændinger hidrørende fra de vandrette trafikkræfter og fra belastningsbetingede og termiske bevægelser i jernbetondækket og i overbygningen.

Moderne membranmaterialer:

På markedet findes egnede membraner af kunststof. Tætning af bygværker under vand og tagdækninger udføres med sådanne materialer, der bevarer fleksibilitet ned til ekstremt lave temperaturer, og som er resistente overfor alt, hvad man kan tænke sig af natur- og menneskeskabte påvirkninger.

Trykprøvning og kontrol:

Samtlige samlinger i membranen udføres med varmesvejsning og trykprøves. Membranlækker kan kun forekomme ved mangelfuld kontrol af det udførte arbejde og ved eventuelle punkteringer (et søm i en træsko!) under arbejdets udførelse. Hvis det ønskes, kan kontrol af tætheden foretages i hele brugsperioden ved hjælp af detektorer for elektrisk ledningsevne installeret under membranen.

Inddækninger:

Gennemprøvede materialer og metoder for udførelse af inddækninger omkring konstruktionsdele, der går gennem membranen og ved dennes kantafslutninger, kan direkte overføres fra de kendte teknikker for tagdækning og tætning af undervandsbygninger.

Effektivt drænsystem:

Det anvendte drænsystem har i praksis vist sig at fungere helt efter hensigten - kvalitativt såvel som kvantitativt. I gruslaget mellem drænilagen og SF-stenene er der rigelig plads til optagelse af belastningsvariationer og frysning.

Færre og kortere arbejdsstop på grund af vejrlig:

De simple arbejdsfunktioner udføres koldt, tørt og rentligt. Der er ingen gasbrændere, varmtflydende klæbstoffer eller organiske opløsningsmidler på byggepladsen. Arbejdet kan fortsætte under alle i Danmark almindeligt forekommende vejforhold. Kun kraftig storm og nedbør kan standse arbejdet.

Simple krav til underlaget:

Arbejdet kan påbegyndes, så snart betonunderlaget har fornøden styrke for fastspænding af ankerblokkene og behøver således ikke at afvente de længerevarende kemiske betonreaktioner. Ved renoveringer udbedres ca. 0,2 m² med hurtighærdende kvalitetsbeton omkring de steder, hvor ankerblokkene skal fastgøres. Svært afrivne rester af gammel membran bliver liggende, og hele arealet aftrækkes med almindelig plastificeret cementmørtel.

Ingen dampbuler:

Konstruktionen kan udlægges på et vådt jernbetondæk. Beskyttelsesfilten under membranen fungerer som ventilationslag. Der udføres trykligningsåbninger i membranen ved dennes kantinddækninger, og indbygget fugtforlader konstruktionen ved fordampning i løbet af den første sommer.

Kort byggeperiode:

Muligheden for at arbejde i næsten al slags vejr, de simple krav til underlaget samt muligheden for at udlægge konstruktionen på våd jernbeton medfører, at arbejdet kan påbegyndes og gennemføres på langt kortere tid end, hvad der gælder for de klæbede konstruktioner.

Ingen sporkøring:

Dræn- og bærelag er ikke komprimerbare. Ved korrekt valg af asfaltslidlaget forekommer sporkøring således ikke.