

579
合
35

579-35



1200600107143

コンクリート
叢書第七八

セメント
コンクリート
道路

日本ポルトランドセメント同業会編

Kodak Gray Scale

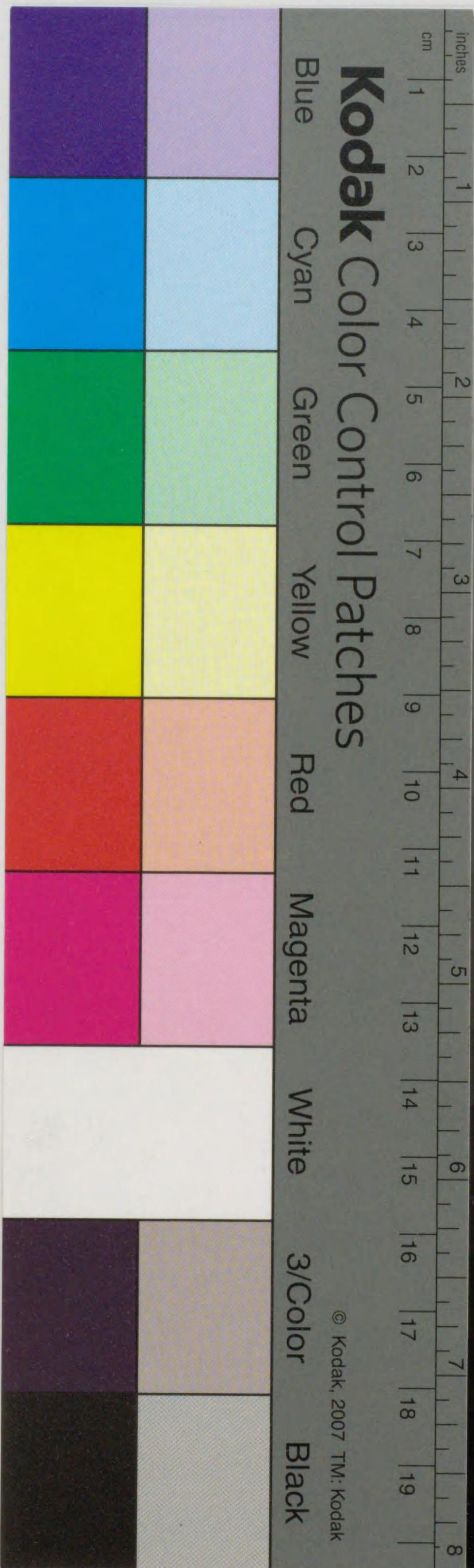
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



© Kodak, 2007 TM: Kodak

Kodak Color Control Patches

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black



© Kodak, 2007 TM: Kodak

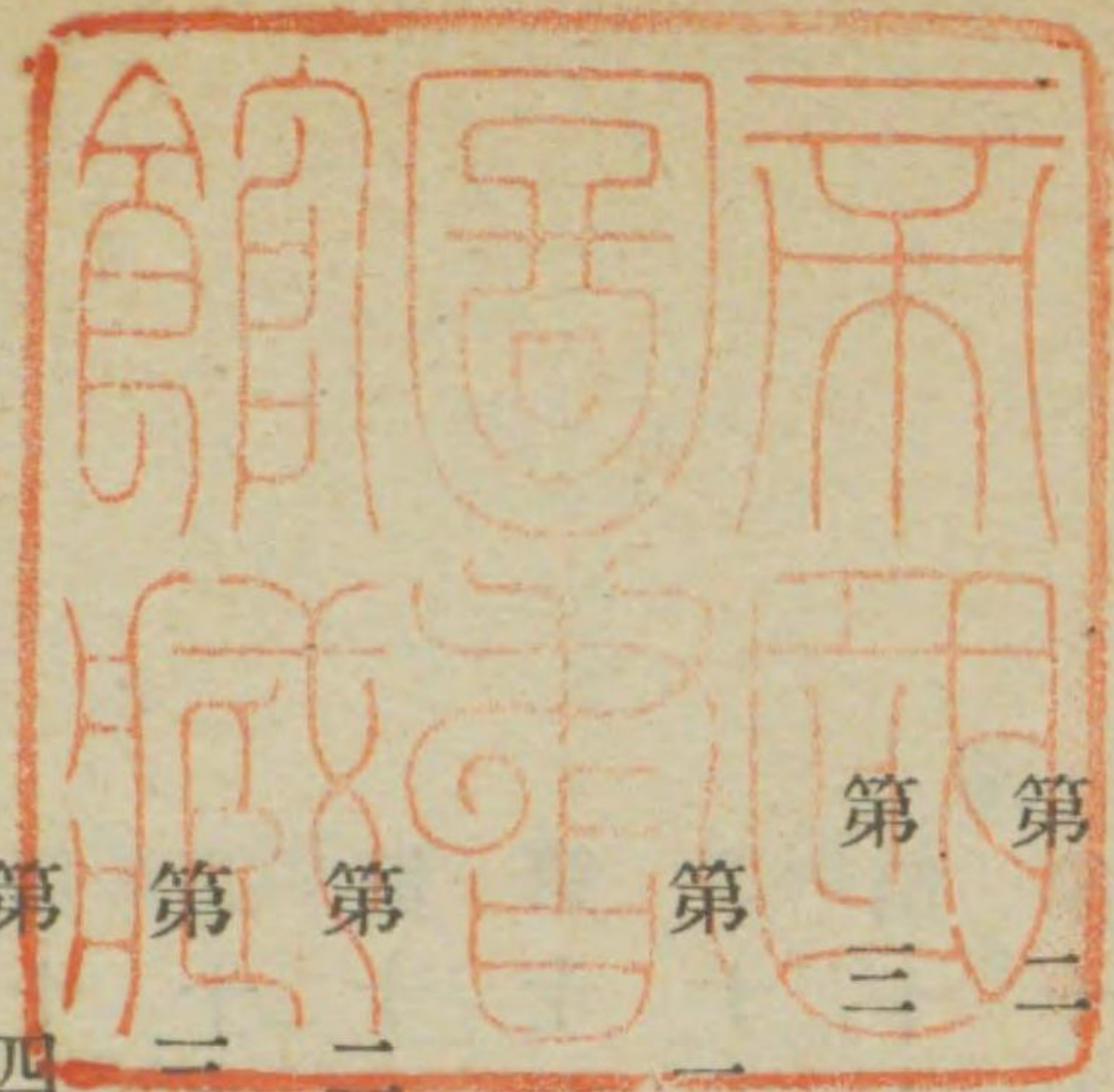
579
35

セメントコンクリート道路 (前編)

日本
セメント
同業會
編纂



579-35



セメントコンクリート道路

(前編)

目次

第一章	混泥土道路の發達	一頁
第二章	混泥土道路の優良なる點	三
第三章	混泥土道路の構成法	一三
第一節	路盤——土道路を基礎とするとき——砂利道又は碎石道路を基礎とするとき——路盤の形状	一五
第二節	混泥土舗装——シート混泥土道路	一六
第三節	舗装面の横斷形状	一七
第四節	表面の路頂	一七
第五節	最大勾配	一七
第六節	幅員	一七
第七節	混泥土の厚さ——混泥土舗道の厚さを決定するコーナード氏公式	一八



混泥土道路は道路としての總ての條件が最も良いもので又經濟的のものとして米國に廣く使用され、歐洲諸國にも漸次之が普及を見るに至つたのである。我國では種々の事情のもとに未だ廣く使用せられざるは道路改良の爲め誠に遺憾の事である。我國の車輛には未だ鐵車輪が多いからとて、一時磨損に對する憂慮もあつた様であるが、米國で相當鐵車輪の通る所でも耐久力に對して良好なる結果を示して居る道路も出來て居ることであり、最近伊太利國でも鐵輪に對する研究もして、良い事になつて居るのである。彼が長を採り之を我國の狀態に適合せしむるは容易の事であるから、今後大に經濟的改良施設として之が普及を計られて、産業の發展、國運の隆盛を期せられ度いのである。茲に其の構造法、試驗成績、諸外國の實施例等を集輯して不取敢之が參考資料としたのである。

本書は編纂の都合上之を前後兩編に分つこととし、前編は第五章迄として、後編は第六章混泥土道路の試驗成績(第一節より第六節)、第七章混泥土道路の實施例(第一節より第二十節)、第八章各國の混泥土道路代表的横斷面圖、第九章合衆國の混泥土道路の仕様書概要及び獨逸國の仕様書、第十章混泥土道路の普及を述べ尙附録として道路工用骨材の最近の研究、外一項を述ぶることとして引續き發刊の豫定である。

第八節	混凝土混凝土材—セメント—砂、砂利	二〇
第九節	水	二一
第十節	鐵筋	二二
第十一節	混凝土の配合	二三
第十二節	混凝土の捏混	二四
第十三節	搗き固め	二四
第十四節	混凝土仕上	二五
第十五節	瀝青材の表装を遣る場合	二六
第十六節	ビブロリシツク方法	二六
第十七節	縁	二七
第十八節	收縮接合	二八
第十九節	養生法	二九
第二十節	維持修繕	三二
第二十一節	供用開始期	三二
第二十二節	構造上の諸問題に關するライト氏の意見	三三

第四章 混凝土道路に關する設計問題

第一節	混凝土道路版の設計に就て	三七
第二節	混凝土道路に於ける應力	四四
第三節	混凝土道路の補強	五三
第四節	縦龜裂の原因と其の處理	六〇
第五節	混凝土道路の伸縮接合問題と其の設計	六三

第五章 英國、グラント氏の意見—永久道比較論—伸張の原因と接合の必要—伸張の範圍—伸縮接合の現状—伸張を弱める力—設計に取り入るべき觀察點—結論

第一節	英國、グラント氏の意見—永久道比較論—伸張の原因と接合の必要—伸張の範圍—伸縮接合の現状—伸張を弱める力—設計に取り入るべき觀察點—結論	六三
第二節	英國、クリフ氏の反對意見	六八
第三節	英國の一技手の希望と意見	七一
第四節	英國、スミス氏の意見—連續構成の接合—交互突出し接合—收縮接合—既成の接合填充材—接合に花崗石の立方體を用ふる事—コルクと瀝青の填充材—收縮接合間の距離—柔軟な土地に設くる接合—專賣品—ダ	七一

第五節	ミ接合—斜置及交列接合	七二
第五節	混凝土道路の接合用附着鋼釘の合理的設計	八五
第六節	英國、ダヴィス氏の意見—版の水平動—龜裂の發生— 縦接合—膨脹接合の様式—震動の防禦—稜を圓める事— —決論	九一
第七節	混凝土舗装はなせ接合を要するか?	九七
第八節	米國、トレイノー氏の意見	一〇五
第九節	ブラジルにての汎アメリカ第二回道路會議の決議	一〇六
第十節	我國の施工に就て	一〇七

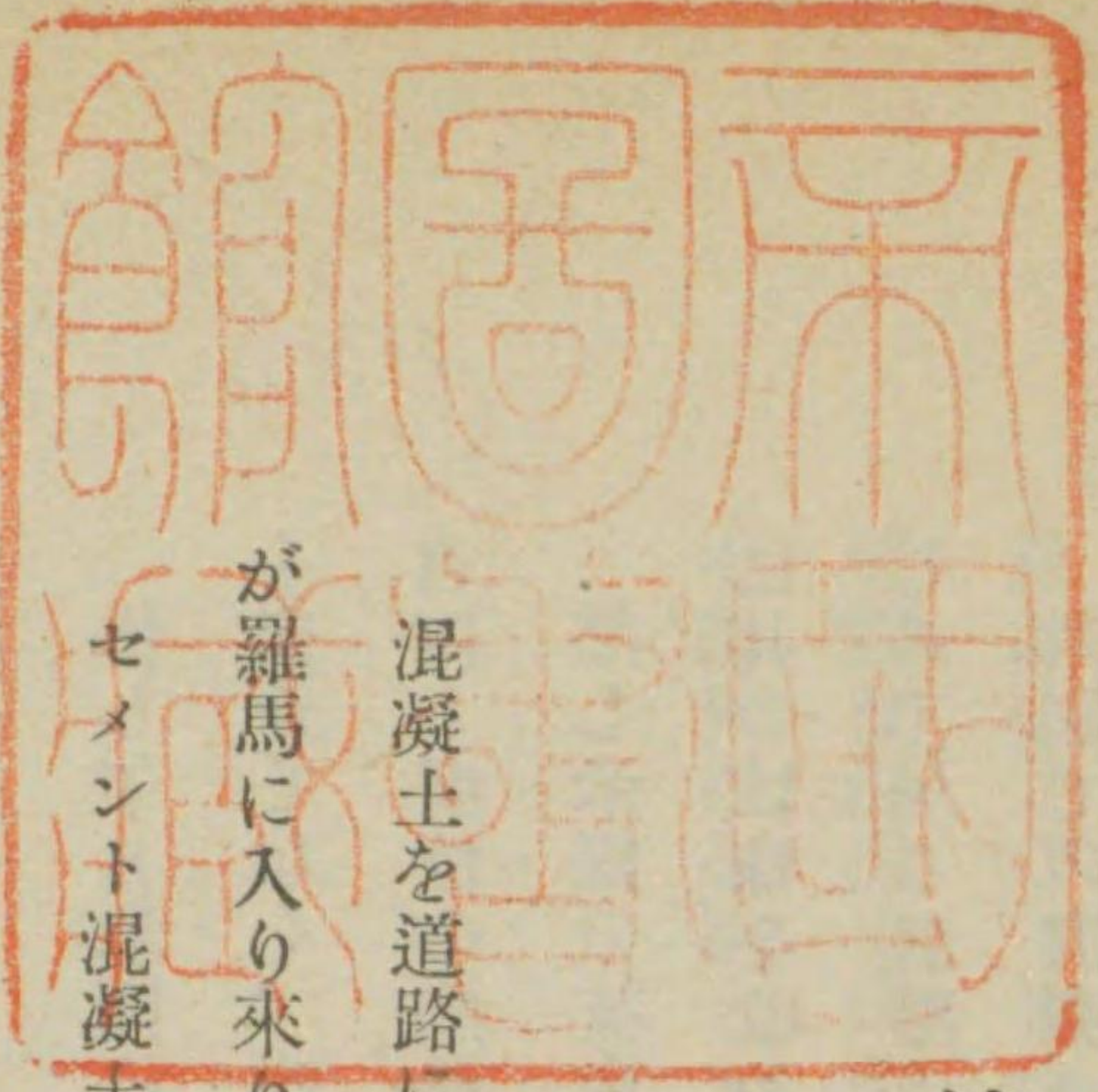
(前編終)

セメントコンクリート道路 (前編)

第一章

混凝土道路の發達

混凝土を道路に使用した初まりは約二千年の古昔であると云つてよい。彼の耶蘇十二使徒の一人アポストルパウロが羅馬に入り來りし有名なるアツピアン街道は其の基礎を混凝土としたものであるとの事である。



セメント混凝土道路としては一八六五年英國スコットランドのインバーネスと云ふ所で貨物停車場に至る線を作つたのが初めてで、次は一八七二年にスコットランドのエヂンバラで三つの通りを作つて今尙使用されて居る。歐洲では其の後餘り發達しないのに反し、米國に於ける近年の發達は實に著しきものである。千八百九十四年に合衆國オハイオ州のベルフオンタインの街路に築設せられた混凝土舗装工を米國最古のものとせられて居るが、今尙良好な状態に於てあるから今後幾年間の使用に耐ゆるか計るべからざるものと稱して居る。

一九〇九年には米國には幅五・四米の道路に換算して延長僅かに九〇軒しかなく、一九二七年末には六九、七二五軒となり此の外街路では幅九米に換算したもの、延長二〇、〇七五軒がセメント混凝土で舗装せられて居る。

米國のセメント混凝土道路はイリノイス州が最も發達して此の州丈けて延長八、七六〇軒ある。一昨年完成したミネソタ州のホワイト、ビヤーとブルース間に於ける混凝土道路の如きは其の延長二二〇軒に達し世界最長のものとして居る。

保守的な歐洲諸國では多くは石材や煉瓦や木塊やアスファルトなどの材料で路面を鋪装しやうとしたが、進歩的な早くより混凝土の利點を深く信じて居る米國人は道路改良問題に當面するに共に、此の材料で出来るだけ多くの良い路面を造らうとした。

併し乍ら米國に於ける混凝土道路建設の最初は半ば失敗であつた。當時では混凝土の配合は貧弱で、混凝土の撰擇も充分でなく、練り方施工方も充分の注意が拂はれなかつたからであつた。かゝる道路が氷點下四十度位の酷寒から百四十度位の酷熱の間を上下する氣候のもとで充分の成功をしなかつたことは寧ろ當然のことかと思はるる。

然し米國の技術家は之に懲りないで、却て大に其の失敗の經驗から學ぼうとして、熱心に失敗の原因を究めて大いに其の仕様を改めた。其の結果は今日存する所の延長約十一萬軒に及んで、立派に高速度の大貨物自動車をも運行せしめて居る混凝土道路となつたのである。

米國での混凝土道路の發達の歴史として大に興味のあることは、大戰中道路に課せられた苛酷な試練が全米國人をして全く混凝土道路の信者たらしめたことである。一九一七年米國が世界の大戰に参加するや、軍隊の駐屯地附近や、軍隊の通過した地方では、重い砲車や、軍需輸送の重量貨物自動車多數通過が、凡ての不完全な鋪道を破壊し去つたのである。平時の状況では充分だとして居つた多くの鋪道も變形してしまつたのである。所が陸軍の技師が軍用道路とし

て改造した所には大部分混凝土を用ひたが、夫等は何れも見事に軍隊の輸送に堪え得たのである。かくて混凝土道路は外の如何なる種類の道路よりも一層よく荷重に堪え得ることを證明したのである。

米國での混凝土道路の此の大成功を見るや、保守的な歐洲人も在來の偏見を棄て、米國の範に倣はうとし始めて、最近に至つて先づ米國の道路を視察して、自分の國情に適する様改められた方法で、多くの混凝土道路を建設し尙大規模な混凝土道路建設の計劃をも立て、居るのである。今日では混凝土道路は良き道路の世界的な標準となつて、今や全世界を通じて混凝土道路時代を現出せんとして居るのである。

第 二 章

混凝土道路の優良なる點

一、建設費の少なきこと。

混凝土道路であれば之に使用する砂、砂利の骨材は到る處から容易に得られ、セメントの供給も亦極めて豊富であつて、到底他の材料を得るの困難や經費の大なることなどは比較にならぬのである。然も其の混凝土で出來た道路は堅牢で永久的のものである。

今最近までに大阪市で行つた街路各種鋪裝の總面積（コールドールの分を除く）約六十萬平方米に就て其の平方米單價を見ても次の通りであつて、混凝土鋪裝は築設費が最廉である。

鋪裝種別	一平方米單價
石板	14.21 ^H
木塊	12.47
煉瓦	11.73
アスファルト混凝土	8.90
ターピヤ、マカダム	7.86
シート、アスファルト	7.85
アスファルト、マカダム	5.88
コンクリート板	5.28
セメント、コンクリート	4.00

又一九二二年米國の諸州が中央政府の補助を得て築設した各種道路の築設費は平均次の通りであつて矢張混凝土道路の築設費が最廉である。

道路の種別	一平方米單價
煉瓦道	7.90 ^H
瀝青混凝土道	6.50
混凝土道	5.50

二、材料蒐集の容易なること。

石材にせよ、煉瓦にせよ、木塊にせよ工事が大規模となるに従つて良き材料を揃へることは大に困難であるが、混凝土材料たる砂や砂利は到る處で得られ、セメントも亦地方的材料として幾らでも得ることが出来るのである。アスファルト材料の如きは我國では其の産出が極めて少なくて、多くは輸入品を使用して居るのであつて、アスファルト使用は國産奨勵の主旨にも反するものとも見得らるる。此の混凝土材料蒐集の容易なことが又建設費の少ないこととなるのである。

三、築設の容易なること。

外の道路の工法には特許になつて居るものが多いので、築設に際して色々の面倒があり、且つ多く熟練なる職工を要するが、混凝土道路は比較的容易になし得るものであつて、工事が大規模の場合には混練、打込、搗き固めから、表面仕上に至るまで機械力を利用して迅速に施工することが出来る。

四、耐久力の大なること。

年月を経るに従つて益々堅固となるのは混凝土の特長である。一度築設せられた混凝土道路の生命は殆んど永久的のものである。

米國の例で見るとオハイオ州のベルフオンタンの街路に三十五年前施工した米國最古の混凝土道路と稱せらるるものは今尚依然として其の用を爲し、今後尙幾年間の使用に耐ゆるか計るべからざるものであるといふことである（第七章参照）

混凝土道路の龜裂のことに就ては兎角問題になり易いが、ケーブタウン大學のステワート教授の言は味ふべきものである。「適當な材料と熟練な職工を以て施工したならばセメントコンクリート道路に龜裂の起る理由は無い」(第七章 阿弗利加の混凝土道路参照)。又混凝土道路に伸縮接合を設けて萬一の此の害を防ぐことになつてある。又龜裂が出来てもタールや瀝青で填充塗布して防げる場合もある。

尙十一項も参照すべき事項である。

五、耐火耐熱なること。

木塊は火に耐えないし、アスファルトは高熱に耐え難い。此の點に就ては混凝土は安全なものである。

六、衛生的なること。

塵埃、泥土、濕潤、臭氣等は沿道住民は勿論通行者の健康を害し不快のものである。混凝土道路は路面及び通行する車輪のタイヤの磨損が最も少いから塵埃の飛散する事も少ない。汚れた場合には洗つて清潔にすることが出来る。降雨も自然に路面を清淨にするものである。又施工當時から他の鋪裝材料の様な臭氣もなくて衛生的のものである。

七、迂らないこと。

歐洲では迂らぬ道路といふ問題は非常に喧しい。鋪道が良好な状態に保たれ、そして乾燥して居れば混凝土の方がアスファルトよりは稍々滑り難いと云ふことになつてある。滑り易いと云ふ順序から列記すると、モノラステイツク(厚さ五種)のトベカ式のアスファルト鋪裝等其の一例)、ビテユリシツク、搗堅めアスファルト、混凝土と云ふ順序の様である。

八、保存修理費の僅少なること。

表面の磨損變形することの少ないことは別章の試験成績を見ても明らかである。殊に厚き鋪裝のものに於て一層良好の様である。従つて維持費の僅少なることは他の道路の及ばぬ處である。

道路の維持費を幾何増したならば今日道路使用者の支拂つて居る總經費を低減し、又今日より早く車輛を走らせることが出来るかと云ふに對し、米國の經驗では、道路の良好な状態に於て同一面積に對し次の如き結果である。

マカダム道	1.0
瀝青道	0.9
混凝土道	0.8

又ニューヨーク州技師ステルン氏の調べによると同州々道一萬二千軒を有する各種鋪道の同一面積に對し毎年の經費(築造費償却及び維持費)割合は左の通りである。

混凝土道	1.0
アスファルト道	1.5
煉瓦道	2.0
マカダム道	2.1

單なる修繕費に對しても米國の各州で夫々調査した結果によるとセメント混凝土道路は最も經濟的であつて、其中ニューヨーク州の例を示すと一九一六年から一九二五年に至る十個年間の主要鋪裝道路一個年間の同一面積に對す

る修繕費の平均は左の通りである。

砂	利	914	フル
下級混泥土	.....	914	
水締 ヲカダム	.....	864	
トペカ(ヲカダム基礎)	.....	827	
瀝青 ヲカダム	.....	655	
トペカ(混泥土基礎)	.....	343	
煉瓦	.....	309	
上級混泥土(配合1:2:4以上)	.....	227	

以上の如く一般に修繕費に於ても注意して施工したるセメント混泥土道路は最も経済的のものであるとがわかる。
九、重量車の運行に適すること。

輸送能率を高める爲めに車輛の積載量は將來一層増加せらるゝものと見なければならぬ。又其の運行速度も一層速めらるゝ、事の必要もある。堅固な點に於て混泥土道路が最も之に適當しておる。

石舗装は市街地の舗装として長く首位を誇つて居つたが、石は磨滅はしないにしても彈性的でないから貨車が鐵輪から空氣輪帯に代るに従つて漸次名聲を失ふに到つた。又實際問題として貨物自動車は迅速に動くやうにならなければ舗装工事の効は無い。瀝青舗装はプラスチックであるに對し混泥土はリヂッドであることは自動車の牽引費をも著

しく低下せしむるものである。

又米國四十八州の州道舗装としてはまだ砂利が約四十四パーセントの最大を占めて居るが、之に次で大なるのはセメント混泥土舗装の約二十パーセントである。又瀝青混泥土、シートアスファルト等の高級舗装ではセメント混泥土は約七十パーセントである。斯様にセメント混泥土道路が瀝青舗装を壓倒的に凌駕しつゝ、あるのは、近時重い貨物自動車や乗合自動車が発達して輕易の瀝青舗装は長く耐へず、維持修繕費を要することが大なるに反し、混泥土舗装は地方道路に於ては比較的低廉で耐久的で施工も簡單迅速であるからである。

十、車輛に對する抵抗が最少であること。

牽引抵抗が少なければ夫れだけ牽引費も廉なるわけであるが、混泥土舗装の牽引費の少ないことは前項にも述べたが、今米國エドワード、ハインズ氏の調べを示すと各種道路の牽引抵抗は次の通りである。

混泥土道	.....	0.014
アスファルト道	.....	0.028
ヲカダム道	.....	0.049
土砂道	.....	0.106

カリホルニア農科大學ジェー、ビー、デウィゾン教授指導のもとに行はれた試験の結果各種道路に付一噸の重量に對する牽引抵抗力(封度)は次の通りである。

混泥土	27.6
-----	-------	------

混凝土基礎、 $\frac{3}{4}$ 吋アスファルト	49.2
水 縮 ヲ カ ダ ム	64.5
混凝土基礎、1吋トベンカ	68.5
砂 利 道	78.2
細 粉 の 土 砂 道	92.0
表面粘土の基礎固き土砂道	218.0
固められざる砂利敷道	263.0

以上の結果が及ぼすがソリンの消費量の関係を見るとクリーヴランド市で行はれた二噸積のトラックでの成績は左の通りである(ガソリン油一ガロンに付走行哩を示す)。

混 凝 土 道	11.78 (18.96*F)
極 上 煉 瓦 道	11.44 (18.42)
上 等 煉 瓦 道	9.88 (15.91)
良質瀝青 Ψ カダム道	9.48 (15.66)
極 上 砂 利 道	9.39 (15.12)
上 等 砂 利 道	7.19 (11.57)
土 道	5.78 (9.31)

又自動車の代りに馬車を用ひて其の牽引力を試験した處もある。其の結果は次の通りである(牽引力一噸に付封度を以て示す)。

混 凝 土 道	32.5
煉 瓦 道	51.8
アスファルト道	77.7
土 道	134.7

又アイヲワ州のエグ教授の調査によると牽引に對する抵抗も貨物自動車のガソリン消費量も混凝土道は最も少いといふことである。即ち各種道の運搬能力(ガソリン油毎リットルに付噸料)は左の通りである。

手入れの悪しき土道	5.6
砂 利 道	8.5
ピチュリシツク道	9.3
混 凝 土 道	12.2

實驗によると油の消費量は凡そ牽引抵抗に比例するが、理想的にはそれは一つは空氣と廻轉の抵抗に打勝つ爲めの消費と一つは彈條、發動機其の他の機關を磨損するための消費とから成るものであるが、エグ教授は良好な道路では普通の状態で兩者の割合を凡そ半々と見て居る。従つて油の消費量で大體舗裝の經濟的價値を判定することが出来るのである、又エグ氏によるとアスファルト道に於ける牽引抵抗は温度と共に増加するといふことである。

十一、鐵車輪にも支障なきこと。

我國の如く未だ鐵輪の車の多い所では耐久力の點に就き考慮せらるゝが、種々の試験の成績並に實際の成績から見
て施工法に注意すれば支障のないと云ふ事は、我國の實地家並に學者の意見である。米國の相當鐵車輪の通る所でも
耐久力に對しては良好なる結果を示して居る。米國では種々研究の結果次章に述ぶるシート混凝土と稱する表層を造
つて成功して居る例もある。

十二、運送費の節約最も大なること。

之は第十項の事項から見て當然の事ではあるが、直接運送費の節約による利益が愈々大なれば、常に問題となるべ
き此の直接運送費節約の大利益を基準としての、受益者への特殊負擔事項を考究するにも、起業者使用者双方の便益
が大なるものである。

十三、萬一遣り方が悪くて破壊が甚しくなつた時の處理にも便なること。

米國ユタ州の知事メビー氏に米國の鋪裝方針如何と問ふた時、混凝土道には龜裂が入つては醜いではないかといへ
ば、使用上差支もないし又龜裂も或る程度で止まる。餘り見悪くなればそれを基礎として他の鋪裝を遣る迄さと氣輕
に答へられたと云ふ事が有名な談になつてある。我國の學者よりもかゝる言を聞て居る。かくてこそ最も優良なるべ
き經濟的なるべき混凝土道路が發展して行くのである。他の鋪裝に於ては到底かゝる便宜はあり得ないのである。
十四、道路美として優秀なること。

道路に對して美といふことも必要な事項の一であつて、環境の情景に調和したものを欲するのが人情である。混凝

土道路の輕快な色をして居るのは、附近の草原や樹木の綠色に對して非常に良き對照に見えるのである。又憂鬱な日
にも明るみを與へ、綺麗に清淨に見えて心地よき感がするもので、夜中は燈光の爲めに照されておち付いた快感を惹
起するなどの事は、到底他の鋪裝の及ばぬ所である。

昭和元年九月伊太利ミラン市で開催された萬國道路會議に出席した各國代表者の興味の中心も矢張り全層が混凝土
で鋪裝された混凝土道路であつた。各國提出の報告書を見ても此の種道路が種々の形體の交通に抵抗力が強くて、其
の成績の良好なのに鑑みて、當事者側でも此道路を益々増加させる計畫に進行中であるといふ事も報告して居つて、
其の後續々施行の模様である。

第三章

混凝土道路の構造法

第一節 路盤

混凝土道路を造るところの土壤が相當に水分を含むならば、混凝土床版の端の丁度外側に淺い溝を造る。此の溝は
混凝土床版の底以下二十糎乃至二十五糎迄深くして粗砂利又は碎石を填充する。

此の縦溝よりも短かい横溝が肩部を横切つて道の兩側にある溝まで掘鑿する、こゝも必要で、濕つた土壤中では此
の横溝は十五米以上を隔てぬ様にするがよい。之にも碎石又は粗砂利を填充する。

若し土壤が甚しく水分を保留して地下水位が表面下〇、三米位迄も上昇する様ときは排水管を舗装部の一側又は
兩側に布設するが良い。

又、此の目的でV形排水渠と稱するものを用ふることもある。之は路盤の中心では混凝土床版の下三十糎乃至四十
五、七糎に掘つて兩側で十糎乃至十五糎に掘つて此の溝を石で充たす。石の大きさは最大は十五糎立方位最小は五糎立
方位とする。大なる石は溝の底の方に敷き、上部の石は五糎にして、溝が石で充たされたら、之を輾壓機で敷て、出
來た孔には石を充す様にする。此の法は石の近くに豊富であるか又は道路が甚しく濕つた土壤中に設けらる、場合で
なければ經濟的には出來ぬ。

路盤は常に一樣の密度で不平均に沈下せざる様にして、又混凝土表面に龜裂を生じない様にする。

凡て軟らかき部分や凡ての植物質は除去して、そこへ適當な物質を充す様にする。路盤が適當な表面に出來上つた
ならば、軟らかい箇所を見出すため、三輪十噸輾壓機位で輾壓する。かくして發見した凹は充たし、凹を見出し得ぬ
まで輾壓機を敷く様にする。乾燥した砂は輾壓機では固まらぬ。

土道路を基礎とするとき——古い路盤上に造らうとする場合には大に注意を要する。古い路盤は兩側よりも中心で多
く固まつて居るから、舗装面は中心よりも兩側で餘計に沈下する危険がある。輾壓機で路盤を均すには餘程よく注意
をしなければならぬ。極端な場合では古い路盤を鋤きかへして、之を耙で均らして、輾壓機で全路盤を固める事を必
要とすることがある。

砂利道又は碎石道路を基礎とするとき——かゝる路床は能く固まつて居るからよいが、表面が孔が多かつたり、又

不陸な所が多いから、よく均らさなければならぬ。そうでないと混凝土床版を縦に龜裂せしむる虞れがある。

路盤の形状——路盤の断面は平坦とする又混凝土の完成表面に一致する様に路頂を付することもあるが、平坦の方
は普通で善い様に思はる。平坦な路盤を有する舗装面は縦の方向に龜裂する機會は少ない。

第二節 混凝土舗装

混凝土は一作業で一層に敷く方がよいが、二層にして下層を貧混凝土にし上層を富混凝土にする事もある。鐵輪の
車輛の頻繁に通行する所では二層を便する事がある。二層にする場合には下層が貧なれば路盤から水を吸収し易く
て膨脹する。又上層は乾燥して收縮する働をするから餘程注意しなければならぬ。鐵筋を用ふる様ときは二層にし
なければならぬこともある。

獨逸で一九二五年に作つたブラウンシュウイグの試験道路も二層にしたが上層に徑六乃至八糎の丸鋼を網に入れた
和蘭では二層打にしないで地盤の軟弱な所には鐵筋を入れて居る。

シート混凝土道路——シート混凝土は二層打の舗装であるが、普通の二層式混凝土道と異なる所は兩層の間に切開
絨(Clearage fabric)を入れるのである。米國ニューヨーク州イリー、カウンティで創めたが獨逸の試験道路にも此種の
ものがある。其の目的は表層が傷んだとき之を剥ぎ取つて仕換をするのに便利であるからである。

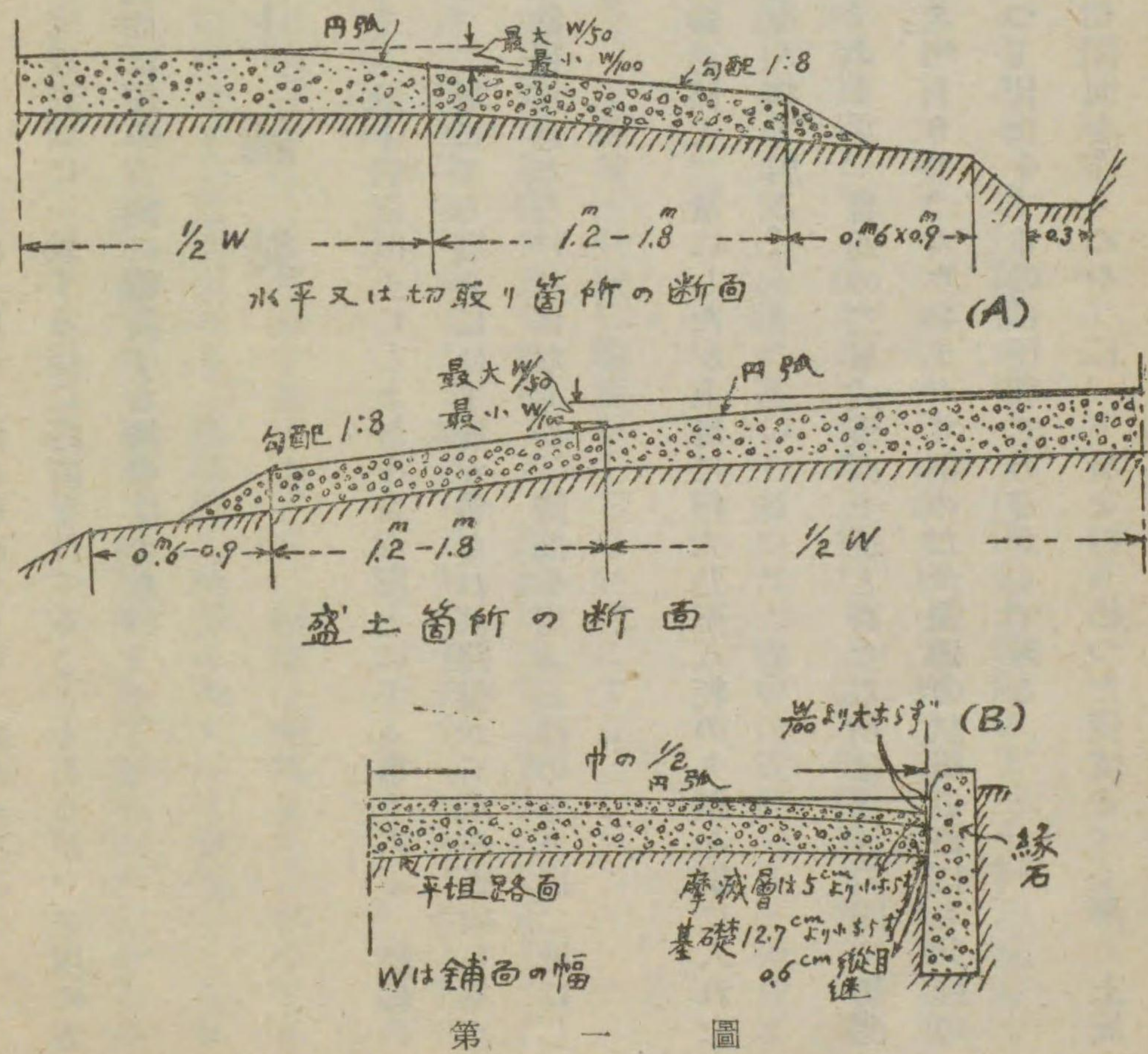
普通の二層式は叙上のものは違つて、兩層の間に切開面を作らぬやうに、下層を打ち終つた後成るべく早く上層
を打ち、兩層を一緒にロールするのであつて、兩層が別々になつては桁としての強度にも損である、各別に打つのは

唯兩層の混凝土調合を變へた結果として起る手段に過ぎない。

鐵筋を使用するのと使用しないのとは専ら經費關係によるから、普通の地方道路では使用しないのが多いが、混凝土道路に通有のクラックを防ぐ爲めに主要な道路殊に交通の頻繁な地盤の悪しき所には鐵筋を使用する。鐵筋の配置に就ては計算にて正確なものを得られないから、實際の經驗や種々の實驗にて交通の程度地盤の良否幅員等に應じ夫々種々の配置や分量を用ふる。

第三節 舗装面の横斷 形狀

横斷勾配は中心線から側溝又は縁石に向つて四十八分の一から六十分の一にして居るのが多い。第一圖に示したAは切取の所及び盛土の所に對して一九



一六年の米國混凝土道路構造會議で推獎せられた斷面形であるから參考の爲めに揭示した。尙末項の各國の標準横斷面形狀並に各國の實例を參照。

第四節 表面の路頂

混凝土道路の表面の適當な路頂は、地方道では真中が稍磨滅しても、横排水をなすに充分なだけに路頂を附し置く必要がある。都市街路では縁石を有するものは、舗装面に不陸な部分が出来ても降雨中水にて被はるゝを防ぐに充分なだけ路頂を附する。混凝土の施工を充分完全にするときには極小さい路頂で足りる。過分に路頂を付すると道路の真中を通る傾向が大となつて、舗装面は一樣に磨滅しないから、完全な表面排水が出来らば、路頂は小なる程良い。縁石の無い混凝土道路に用ふる路頂は、幅の二十四分の一乃至二百分の一で、縁石を有するものに實際用ひらるゝ路頂は幅の五十分の一乃至五十分の一である。

第五節 最大勾配

最大勾配に關する米國土木協會の委員は許容最大としては八パーセントを推獎して居るが、之より大なる勾配の混凝土道路は米國ミシガン州のヌー市にあつて十六パーセントまでのものを施工して居る。

第六節 幅員

我國では國縣道等に應じて夫々幅員を規定されてあるから之に依らなければならぬ。又曲線部には又規定の餘分の

幅を見込まねばならぬことは勿論である。

第七節 混凝土の厚さ

一般に両側よりも真中で厚くするといふことになつて居るが、又交通は全表面上に配布さるゝと云ふ理論から一様の厚さとすべしといふて居るものもある。實際では厚は最小一〇糎から最大二五糎位迄で普通は十五糎位である。米國混凝土道路會議では一五、二糎を最小としたのである。歐米各國の實例では一層のもので一〇糎乃至一五糎位で、二層打のものでは下層は一、四糎上層三、八糎合計一五、二糎で縁を一七、八糎位又は下層一〇、四糎上層五糎計一五、四糎位又は下層一四、〇糎上層六、三糎合計二〇、三糎位のものもある。鐵筋は下層にのみ用ふるものもある。又上層のみに用ふるものもあり、上下兩層に用ふるものもある。其の位置は底から二、五糎位の所に入る。兩縁を特に厚くする場合が多い。

混凝土鋪道の厚さを決定するコーナード公式——アメリカン、ソサヤテイー、オブ、ミュニシバル、インブルーヅメントの標準仕様はコーナード公式を推奨してゐるから参考の爲めに掲記する。本式は通過する車輛の最大荷重によりて其の厚さを決定するものであつて、側面支持を有しない外縁部に於ては外縁より二呎(〇、六米)以上の部分の厚さを次式で定める。

$$t = \sqrt{\frac{3P}{f}}$$

式中 t = 鋪道の厚さ(吋) P = 最大車輛荷重(封度)

f = 混凝土の許容抗張強度(封度/吋²)

最大荷重は積載せる貨物自動車全重量の三分の二が後車輛にかゝり其の二分の一宛が後車輪の各にかゝるものと假定する。

許容抗張強度は應曲強度の二分の一以下とし應曲強度は又應壓強度の五分の一以下とする。

最大荷重を考へる場合に、之に加はる衝撃係数は路面に遊離せる障害物の凹凸状態、車輪々帯の種類及び其の状態速度等によりて一定しない。米國ビュロー、オブ、パブリック、ロードに於てラバー、アツソシエーションと協力して行へる試験を見るに延長一〇〇呎(三〇米)に付き凹凸係數二五吋(六三、五糎)を有する混凝土鋪道と一八、二吋(四六、二糎)を有する鋪石道とに於て路面上に特殊障害物を設置してその衝撃を比較したのに十二哩(一九、九)の速力るとき空氣タイヤは靜荷重に對し前者一〇五%後者一四〇%、古るきソリッドタイヤは一四五%及び三七%である。即ち路面の凹凸比七、三のときに衝撃係數比は空氣タイヤに於て一、三ソリッドタイヤ二、五であつた。

従つて路面は交通により磨滅を受け凹凸を生ずるに従ひ鋪道に起るべき應力は増加し凹凸比の三分の一の衝撃係數の増加を見た。

側面支持を有しない外縁部より四呎(一、二米)以上の距離を有する中央部の厚さはウエスターガード教授の計算により明なるが如く、起るべき應力は外縁部より小であるから中央部に於ては外縁の厚さの七〇%を取り二次パラボラ曲線に依り外縁に向つて次第にその厚を増加せしめる。即ち路面スラブは拱的作用を受くる拱式設計とする。

今之等を規準として米國に於ける混凝土鋪道の厚さを定むべき假定式を、通過する貨物自動車の積載量によりて定むると凡そ次の如くなる。

$$6 \text{ 噸車標準} \quad t = 430 \frac{1}{\sqrt{c}}$$

$$8 \text{ 噸車標準} \quad t = 496 \frac{1}{\sqrt{c}}$$

$$12 \text{ 噸車標準} \quad t = 607 \frac{1}{\sqrt{c}}$$

式中 t = 混凝土の厚さ(吋)

c = 混凝土の交通開始時の耐壓強度(封度/吋²)

勿論基礎の状態、表面の仕上、養生方法、材料の品質により一定し難いが故に單に標準を示すものである。尚路床版の設計に就ては別項ダビス氏の設計計算法をも参照。

第八節 混凝土の混凝土材

セメント——現行の日本ポルトランドセメント規格に適するものでなければならぬ。時としては急硬性のものも使用することもあるが、一般に緩硬性であることが必要である。

砂、砂利又は碎石の形状は工事の成果に種々の影響を及ぼすから、其の選擇には充分の注意を要する。軟いもの、脆いものは良くない。煉瓦屑、鑛渣等の様に軟かて多孔質のものも良くない。混凝土材は清淨のものでなければならぬ

から、天然の堆積地から採取した砂、砂利又は碎石は洗滌して篩別けてから使用のこととする。

粗混凝土材は單層道路には一吋目の篩を通過して四分の一吋目の篩に止まる位のもの即ち〇、七纏乃至二、五纏位のもの程度とする。二層道路の底層には一吋半目の篩を通過して四分の一吋目の篩に止まる位のもの即ち〇、七纏乃至三、八纏位のものを用ひ表層には四分の三吋目の篩を通過して四分の一吋目の篩に止まる位のもの即ち〇、七纏乃至二纏位のもの程度とする。そして最大粒から最小粒に至るまで粒の量が平均して居ることが必要であつて、同じ粒のものが揃つて居るのはよくない。

細混凝土材は凡てが四分の一吋乃至八分の一吋目篩を通過して即ち〇、三纏乃至〇、六纏位のもので且つ平方吋に二五〇〇孔を有する篩上の残滓が九〇パーセント以上であるものを用ふる。そして粗混凝土材の場合と同様最大粒から最小粒に至るまで粒の量が平均して居ることが必要であつて、同じ粒のものが揃つて居るのはよくない。

鐵車輪の車輛が交通する道路に在りては其の摩損面に使用する混凝土材は特に此の摩損に對し抵抗力を有するものを撰擇しておく必要がある。此の條件に叶ふ一番適當材料は矢張り花崗石の類である。

尙此の混凝土材の事に就ては別章阿弗利加の混凝土道路参照。

第九節 水

水は新鮮な清淨なもので油、酸、鹽基、有機物、その他の有害なる不純物を含まないものを用ふる。混凝土道路の工事では唯混練斗りてなく、基礎層の築造にも施工後の養生にも多量の水を要するものであるから、水の供給は支障

の無い様に充分の手配をしなければならぬ。

第十節 鐵筋

基礎良好な處には補強鐵筋を用ふる必要がない様であり又勿論經濟的でもない。地方道路の如きも多くの場合其の必要な事は前陳の如くである。補強鐵筋を用ひたからとて混凝土の龜裂から破壊を防止する事は絶對的のものとは信ぜられないが、然し地盤が不適當のものか乃至は均一状態に固める事が六か敷き地盤などの上へ混凝土道路を施工する場合には確に龜裂に對する効果はある。一般には混凝土の厚さの小なるときには使用しても良いが、混凝土道路に鐵筋や收縮接合がなくて相當に満足なる結果を得て居るのもあり又鐵筋を使つてある爲めに却て色々の場合の不便を伴ふこともあるから特別の場合の外は鐵筋を挿入することはしない。

補強鐵筋使用に有利な理由は

- 1、補強鐵筋は混凝土鋪道の落ち着きに不陸が出来ることを豫防し又龜裂が出来かけても鐵筋が挿入してさへあれば其の龜裂の兩側の位置に位する表面に出来る不陸を防ぐ効をするか、乃至は夫を最長期間まで耐えさしめる効をなすこと。
- 2、混凝土に加はつた荷重が地盤に移る場合に其の荷重を鐵筋がある爲に分布する効をなすこと。
- 3、混凝土の應剪抵抗が鐵筋の爲めに増す効をなすこと。
- 4、鐵筋を挿入すると混凝土道の^{リヂレエンシー}彈復動が増すこと。

- 5、補強鐵筋を挿入しあれば挿入せざる場合よりも混凝土のラフトを薄く施工することが出来ること。
 - 6、混凝土に修繕箇所が出来た場合に鐵筋があると新舊工事の二者を接續する効をなすこと。
- 補強鐵筋使用に不利な理由は

- 1、鐵筋を挿入するが爲めに混凝土打込工事中に混凝土作業と打込作業が妨害せられ又鐵筋を位置に挿入するが爲めには特別假枠が要ることになるから此等の爲めに經費が増す欠點あること。
- 2、修繕をする場合に切斷するのに費用が多くかゝること。
- 3、瓦斯管の附近にあるとき瓦斯が漏洩した場合に鐵筋切斷作業をすると其の間に放散瓦斯が發火する虞があること。

英國で使用した鐵筋の一例を舉ぐると二層打の下層に四、七耗の丸鋼を一二、六耗の方形網目に組み下端上三、八厘の位置に挿入したものがあつた。

又鐵筋は接合を通して接續する場合もある。之は隣接版に不陸な移動を起さしめぬ様と且つ交通の活荷重の爲めに地盤に働く壓力を分布せしめる様に考えたものである。

米國の道路にも一般に桿を使用するが又金網狀に銑接したものをも使用する。

第十一節 混凝土の配合

一：二：三。一：二：四。一：二：五。一：二：六。一：一：五：七。一：一：五：三等種々のものを使用する。合衆國公道局で

は砂利を用ふるものは一：一、五：三碎石を用ふるものは一：一、七：三とした例もある。

第十二節 混凝土の捏混

捏混には進歩した不連続式のミキサーを用ふるが良いやうである。各骨材が均一に捏混して、一樣にクリーム状になるまで練る。そして一回の捏混が終る毎に大鼓形の胴を全く空虚にして残滓の無い様にする必要がある。混凝土の練り加減は適度に粘性を帯びた混合體となつて容易に仕事が出来、従つて之を打つたとき軽く叩く位で充分に空隙無く行き渡る様なのが最もよいのである。即ち軟練りにすぎない硬練りがよいのであつて、餘り軟に過ぎて取り扱ひ中にモルタルと砂利と分離してしまふ様なのは宜しくない。混凝土の捏混と打込み完了との間の経過時間は出来る丈け少い様に注意しなければならぬ。ウオカピリチーの標準は大體スラムプで二、五糎、フローで一二〇パーセント位である。

第十三節 搗き固め

準備の出来た基礎面に混凝土を打込むと直ぐに大體所要の面形に近く打均して、凡ての空隙や表面の水分を除去する様に充分に搗き固めなければならぬ。殊に鐵筋を挿入した場合にはよく其の周圍に混凝土が廻る様にするこゝが必要である。此の搗き固め作業は機械又は手にて混凝土の表面を叩いたり搗いたり又は輾壓したりして遣るのである。如何なる場合でも混凝土の内部迄突刺す様な搗き固め法をしてはならぬ。かゝる場合は其の穴の上方にはセメントと

水のみが開くといふ様な結果になつて、將來此の部分が弱點となつて摩擦や龜裂の誘因と成り易いのである。

英國での一例では上層をハンドタンパーで搗き固めて餘分の水分があるといけないからとて路面に輕量ローラーを通はして水分を上に出さしめる事を遣る。

二層に遣る場合には下層を打込んでから十五分間以上を經過しないで上層を遣るとよい。

第十四節 混凝土仕上

混凝土が型板を以てある勾配及び路頂を造つた後は、表面は普通木鋸で平滑に仕上げ、職工は適當な臺の上で働く様にする。表面は時々滑り易いのを防ぐ爲め箒や強い刷毛で刻むことも遣る所もあるが之は餘り其の必要を認めない。表面を仕上げる方法として、二十糎乃至三十糎のラバーベルト又はラバー面を有するカンバスベルトを敷くことである。最近の方法は之に輾壓機をかけることである。又直規検査をしてから面に不陸があればカーボンランダム砥で水をかけて其の箇所を磨滅させる事も遣る必要のあることもある。

混凝土打を爲すには交互區劃打式として左右一半宛を施工する式と、連続式として各日の工事終了箇所は直線狀に目を施工して置いて連續に施工する式とある、各式とも其の幅員の大小其他交通關係等によりて定まるものではあるが、道路の幅員が餘り廣くないものでテムプレートが縁石間に使用されるものに在りては交互區劃式のものよりも連続式の方が目地が少く出来るからよい。

十米より廣い鋪装面に對しては街路の眞中に縦接合を造つて一時に街路の半分づつ、を築造する。又廣い街路に縦に

三條の接合を造つて四條の道路とした例もある（別項四條式道路の構造参照）。
尙此の施工方に就ては別項各實例を参照すれば得る處は少くない。

第十五節 瀝青材の表装を遣る場合

瀝青材が龜裂や孔を充たすに用ひて満足な結果を得たことから、瀝青材の表装で全鋪装面を被ふ考へも起つたのである。熱い瀝青、アスファルトセメント、精製タール、タールアスファルトが撒液器から撒布せられて箒で廣げ又は壓摩器を加へる。粗砂又は碎石篩別材の〇、九糎乃至一、三糎の薄層が熱い瀝青材の上に廣げらるゝが、之は軽い輾壓機で敷かるゝことがある。本工事は瀝青土に完全に附着すべき瀝青層を得る事の困難なる場合があるから注意しなければならぬ。

第十六節 ビブロリシツク方法

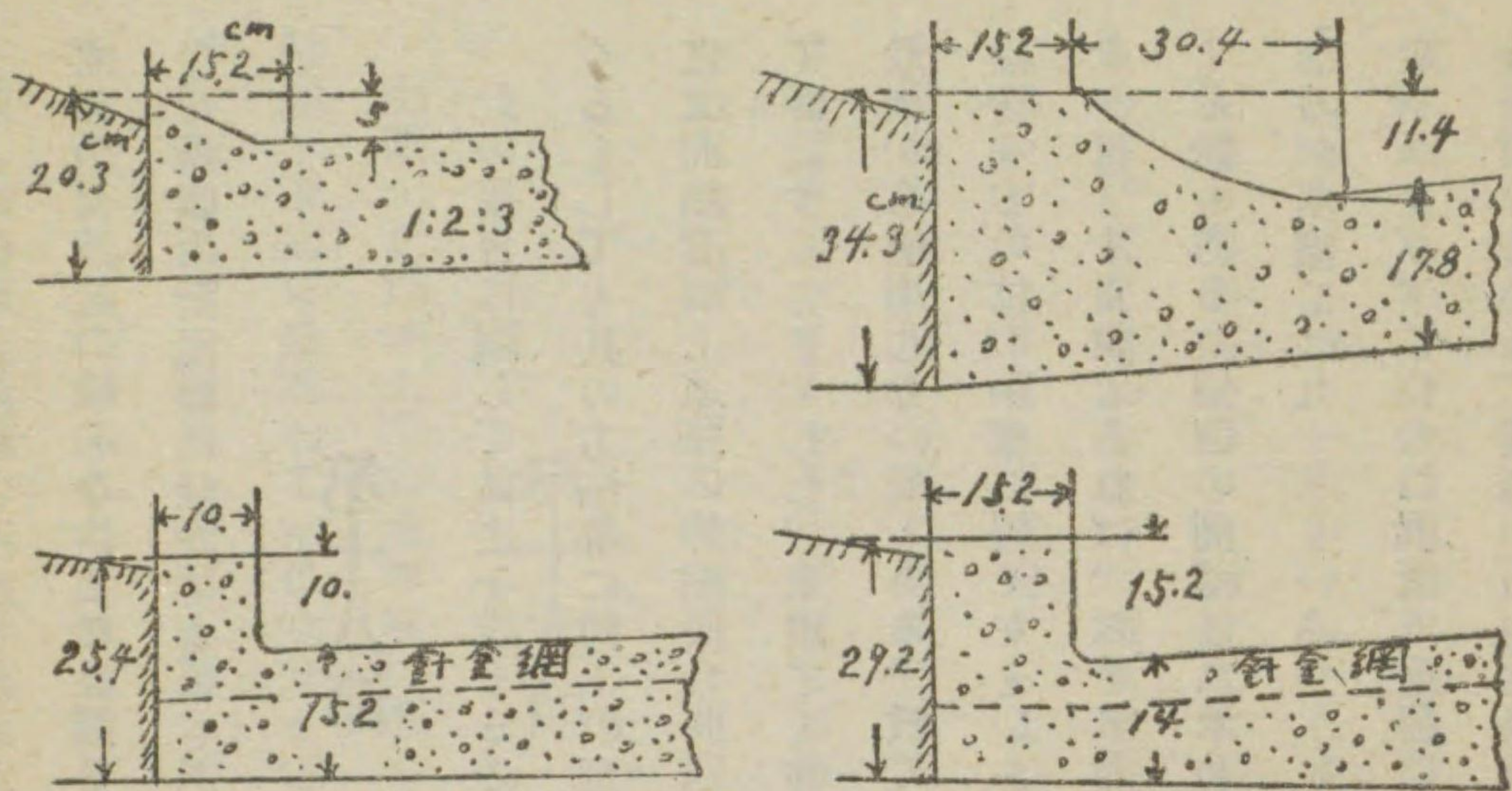
瀝青土鋪装に最近ビブロリシツク (Vibrolic) と云ふ方法も遣つておる。之は普通の瀝青土を路面に施工して適當に均した後ち相當の大きさの碎石又は砂利等を撒布して其の上に屈曲自在に織ぎ合した板即ちフレキシブル、ポアード、プラツトホームを置き、上から高速力のバイブレーターにて震動を與へ石を瀝青土中に押し入れ其の表面をモルタル仕上とするのである。

第十七節 路 縁

瀝青土道路には特に縁石をこしらへぬ場合が多い。道路が切取り中に又は山腹に在るときは排水用の溝を造る必要がある。若し道路表面が水縮砂利又は水縮碎石であれば溝は鋪道の外側に設ける。之は流れが道路面を破壊するからである。若し道路が瀝青土であるならば、流れは之を害しないから鋪道の外側に溝を造らずに瀝青土床版の縁石を造ることが經濟的に出来る。縁石が床版と同時に造らるゝときは最も經濟的であるかゝる構造を一體縁石 (Integral curb) と稱する（第二圖参照）。

之が實例として新設計を述べると、瀝青土道路の路肩の土が雨水の爲め浸蝕されるのを防ぐため、米國のジナルジア、イリノイス、アイオア、ミネソタの四州が國庫補助道路に採用した例でリツプカーブといふのがある。之は雨水を最寄りの雨水吐まで持て行くだけのことで、溝は深くはない。

二十糎乃至三十糎の間に五糎乃至七、六糎だけ肩を高くしてある。之を設くるか否やは路肩の土質と鋪装の勾配に依つて決するので、重い粘

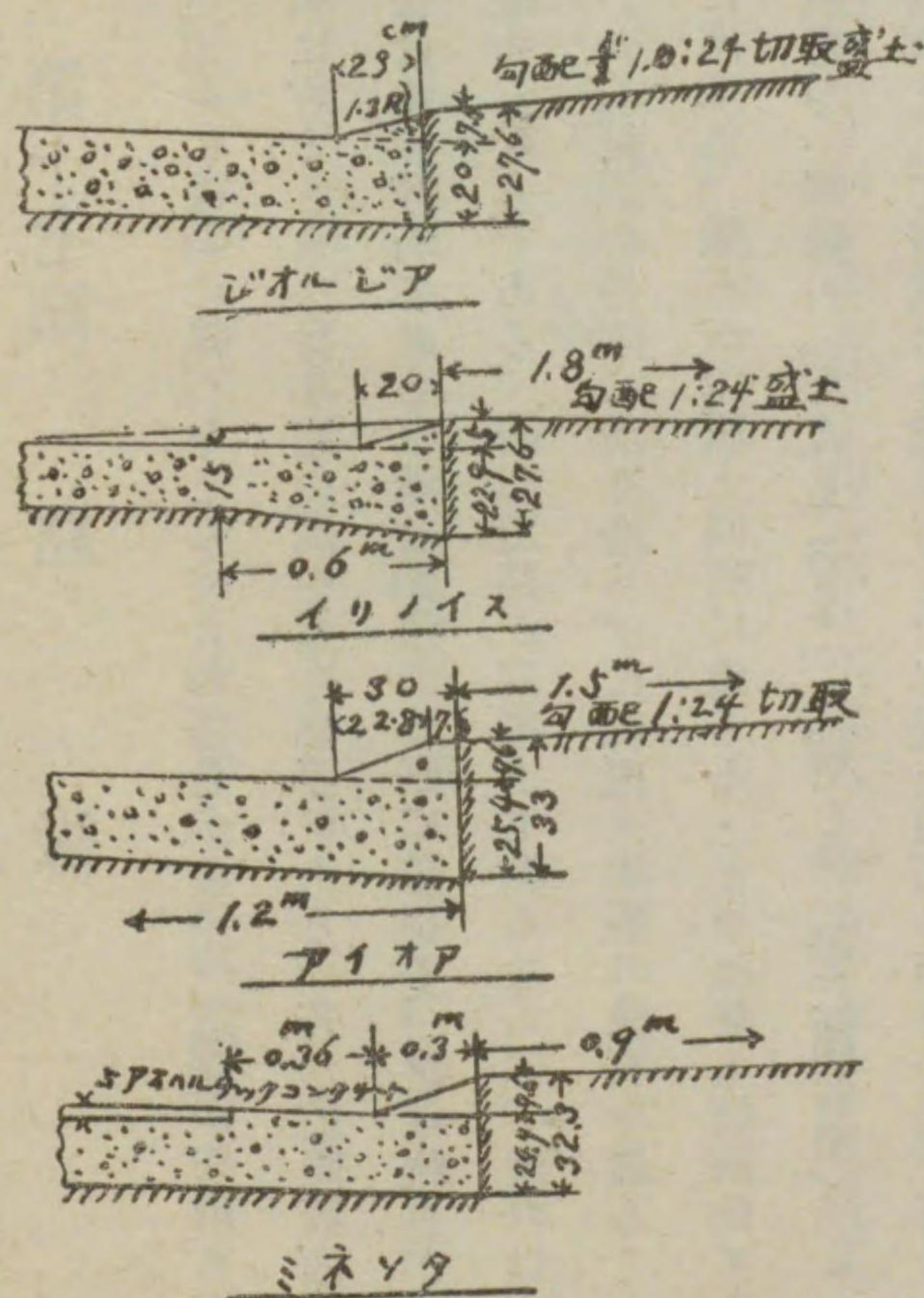


第二圖

土などは砂などの様に浸蝕されぬから必要でない。之が先鞭を付けたのはアイオア州で、之は土壤の悪るかつた爲めであつた。此の縁石を作るには舗装を終つた後直に縁型板を必要なだけ引上げて同配合の混凝土を打足し、浮木を用ひて所要の断面形に仕立てるのである(第三圖参照)。

第十八節 收縮 接合

此の接合に關しては之を設くる必要の無いと云ふ意見もあれば、又設けなければならぬといふ意見もあり又之を設くるとしても其の方法等に種々の意見もある。依て之は別項混凝土道路の伸縮接合問題と其の設計に於て詳記することとした。米國でも伸縮接合を絶対に最初から使用しない所もある。設くとすれば此の接合をどの位の距離に置くかといふに十米乃至十五米を可とする説もあれば、六十米乃至九十米を可とする説もある、獨逸の例では八米乃至十米位にしておるが米國では九十米といふやうなのがある。瑞西のジエネヴァに作つた混凝土道路には十米毎に横接合を設けてある。接合の方向は路線に垂直にするの



第三圖

が通例であるが、英國では之を斜めの方向にする様な例もある。一例は十八米乃至二十四米毎に路線の方向に約六十六度傾斜せしめる。之は車輪が同時に此接合に當ることを防ぐ目的で、其の繼目には瀝青コムパウンドを八厘の厚に流し込んで居る。

接合の標準幅は〇、六厘位にする。タールフェルトから造れる接合填充物を混凝土を打つ前に其の位置に置くこともある。又充分油を塗つた鉄板を混凝土が硬まるまで接合中に挿入して置いて後ち之を取り除いて、接合はタール又は熱いアスファルトで填充することもある。

接合の端の所で混凝土が抜け落ちるのを防止しやうとする結果種々の接合保護法を案出された。金屬保護板も案出され、カーンアーマー接手などは市場で販賣せられて居るが、鐵は混凝土と同じ割合に磨滅しないから充分のものは云へない。

第十九節 養生法

混凝土が出来上つたら寒暖に應じて充分の養生法を必要とする。混凝土が凝結を終つて後(セメントに注水後約十時間)表面に撒水して常に水分を保たしめて、二十四時間内に礪土、粘土、砂その他其の附近で容易に得らる、材料で五厘乃至十二厘厚に表面を被ふて、少くとも十日間は此等の土砂に充分の水を保たしめる様にす。又混凝土の表面に浅き數多に區分した土堰を造りて之に數日間水を湛えしめる。

養生法に關し米國のスマス氏の意見は大に参考となるから掲記した。

混凝土道路の壽命を長くする爲めには其の道路築造法と相俟て養生法の如何と云ふことを最も緊要な作業の一に看做さなければならぬ。

混凝土道路の路面最終仕上げ直後(三十分以上経過しない様にして)充分の重さある粗麻布バールを打込たての混凝土面上に被せておかなければならぬ。此の被せ物には軽く切らさぬ様に撒水を續けてやる。

此バールバールの大きさは幅一、八米とし長さは路面幅員よりも一、二米長くして使ふと便利である。夏期炎天下、降雨中、殊に乾燥時などに在りて打込、仕上を行つたらば直後混凝土面に粗布ゴックを被せて保護をしておかなければならぬ。

バールバールを被せてから二十四時間を経過したらば此バールバールを取除き次の路面撒布材の一を布くか乃至は養生法を行ふのである。即ち

- 1、鹽化カルシウムを撒布すること。
- 2、貯水法を施すこと。
- 3、霧を吹かせること。
- 4、土砂を布くこと。

鹽化カルシウムを用ひて養生を施すには乾燥している剝片狀鹽化カルシウムを混凝土面に撒布すると、此鹽化カルシウムが大氣中から水分を吸収して鋪道混凝土が最終凝結に達するまで濕氣状態を持續させるもので、其の使用量は一平方米に付一、二疋を用ふる。土砂撒布料や水乃至は此兩者が適當に得られない地方などには實際的な方法である。

貯水法で養生をするには鋪道兩縁と土堤を築き横方向の長さは各々約八米位に堤を築き斯して出來た堤の中へ水

を湛えること恰かも池を設けた如くする。

此貯水状態を十日間乃至十四日間其儘として置き、次に此堤を取り壊ち混凝土を乾燥させる。かくして三週間後には輕量車の交通を許し四週間後には一般交通を許可する。此方法は土砂撒布材が些くて水が澤山利用される地方に用ふることを勧めるものであつて、取扱ふ土砂の量の少い場合にのみ經濟的である。

霧を吹かせて養生を行ふには、一列のバールバールを設置して充分に水を噴霧器に供給してやらなければならぬ。斯して霧吹を十日間か十四日間繼續させるもので、流れた水は側溝を設けて夫へ導かせる様にしなければならぬ。此方法は頗る良好成績を擧げさせるが、然し冗水を多量に要する缺點がある。

土砂を路面に蒔いて養生を行ふにはバールバールを除いてから直後に土砂を厚さ五糎か乃至は其の以上に路面に隙間なく布く。鋪道混凝土の末端面も亦土砂を被せておかなければならない。土砂は砂を混へた粘土質のものでなければならぬが芝土なれば尙良いが然し軽い砂は用ひぬ様にしなければならぬ。

此土砂に十日間撒水するか噴霧器で霧を吹かせる。此路面撒布材は絶えず濕潤状態にしておく爲めに水を澤山使用しなければならぬ。

日々混合機が道路幅員五米乃至六米で長さ一二〇米乃至一五〇米位を施工する丈けの混凝土をこしらえられるものとする此撒水に三人の工夫が掛り切りに附いていなければならぬ。

此方法は一番多く行はれてゐる方法で又一番經濟的方法であると思はる。十日間撒水を行つたらば撒水を中止し土砂は二週間後全部取除いて混凝土面を乾燥せしめる。

施工してから三週間後軽量車交通を許しても大丈夫である。又四週間後全交通を許すことが出来る。混凝土道路を開始してから十日間を経て重要な交接箇所上は交通を許す様にする事は良法である。即ち此等交接箇所上にはプランキングを敷き新規打込混凝土上に土砂を厚く布いて保護をしておく。

尙第六章第五節三種の養生法に依る混凝土舗装の耐力比較を参照。

第二十節 維持修繕

不斷の監視は修理の費用を減ずる。道路に龜裂又は凹みなどが出来たならば直に填充するが良い。龜裂の箇所は奇麗に掃除して華氏二百二十五度の重タールを充たす様にする。數分時其儘放置してから粗砂を龜裂の上に即ちタールの中にシヨベルで撒布する。タールの代りに又アスファルトも用ゆる。

溝孔の出来た場合の修繕に應急處理を行つた方法として手早くて且つ成績良好であつた一例は英國のサウザークで行つた方法で、 76 釐 \times 12 釐厚さ一〇 釐の混凝土製版を作り、此版を其破壊した孔に埋める爲に道路の其の破壊箇所を版の大きさに切取つてから其版を挿入し鐵筋の眞上に置き急硬セメントを富配合にしてモルタルで埋込むのである。

第二十一節 供用開始期

混凝土舗装施工後幾月でその上に貨物を通し得るかは一概には言へないが、最も良好な條件の下にあつても三週間場合によりては二個月目に供用開始を許すこともある。

第二十二節 構造上の諸問題に關するライト氏の意見

道路構造の大なる問題とする點は、地盤の耐力の變化に關せず又通過貨物の集中性に關らず平滑な路面を保持せしむる事である。

今日のター・マカダム道路は、能く排水され一樣に硬き基礎の上に置かれたときは成功して居る。基礎の弱きものは重荷重の通過の影響より表面に沈下の傾向を及ぼす。漸次夫れが地壺の形になる事がある。混凝土基礎上に此の材料を使用したときには、其の表面材料は皺波状位になることがあるも、混凝土自身は何等の異状は無い。一度夫等の欠點が道路面に表はれたならば、其の後の破損は甚しくなり修繕に經費を要し通行者に不便を與ふる。

夫等の困難に打勝つべき材料として、混凝土は卓越のもので、他の材料の追従を許さぬものである。混凝土道路は基礎の薄弱な處に築設するに適し且つ材料夫れ自身は、皺状になるべき傾向に抵抗する充分強きものである。

混凝土道路といふものは、平滑な連続版として、よく構築せられたときには實に理想的のものに近きものと稱して過言でない。

●●●●●

●●●●● 混凝土道路には其の伸縮を許す爲めに伸縮接合を設けねばならぬ事は遺憾の點である。道路の中央部に

縦接合をする事は満足の結果を得られて居る。然し横接合は屢々施工上の手數と經費の多くを要する場合がある。種々の考案はせられ、種々の實驗は遣られた。然し此の接合に關する問題の眞の解決はまだ見出されないと云ふて良い簡單に今日廣く使用せらる、普通の横街頭接合に關しての不利益の點を擧ぐると

(一)接合材料が接合を閉づるに不十分なる弾性的のものであるときは、水の入る事がある。此の水の入る結果として力が必要な所で基礎を弱くする事がある。

(二)良き基礎上でさへ版の間に互の垂直動が或る擴がりにより起る事がある。

(三)重き車輛が接合を横断して通過するときに衝撃に歸する激動が混凝土を破碎せしめる傾向がある。

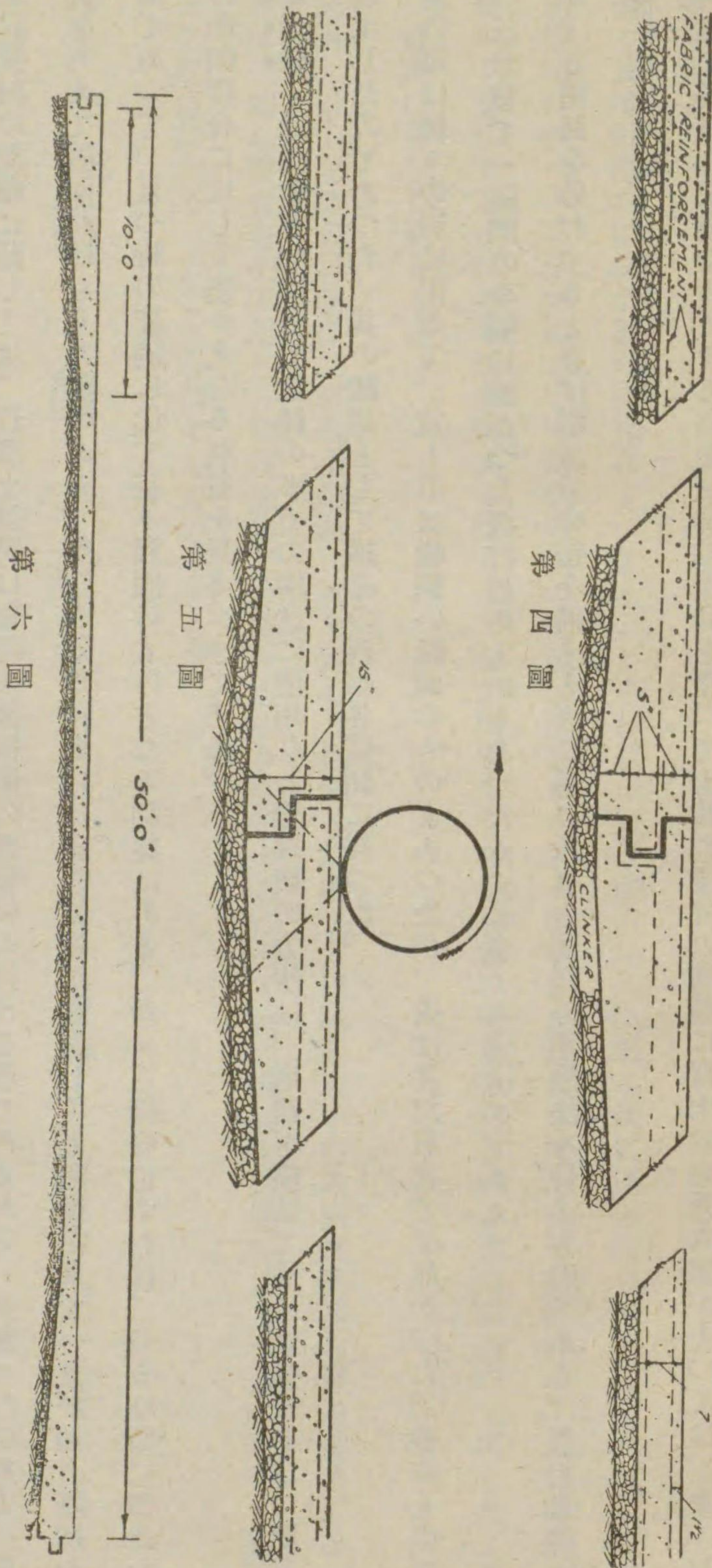
(四)車輛が版の端まで行つたときには荷重を集中せしむる性質がある。

接合が損じ表面の整一を欠く様ときには道路を横切りて別々の隆起を生ずる様になる。

考案せられたる接合の型 叙上の欠點を除く爲めに抱合接合の或型が望ましくある。第四圖に示した接合の型は剪力に抵抗するに充分なる溝核を造る爲めに漸次版の深さを増して造つたものである。此の場合に下層の補強は夫を強める爲めに溝核の處まで持ち來る。夫れ以下の補強は必要としない。接合の形は種々に出來又寸法も種々に變へらる。然し茲に示したものは満足の結果を得たものである。

此の接合にすると、水は地盤まで滲透が出来ない。即ち接合材料の水平層の一は常に壓力を受けて居るからである版の間には餘計な垂直動も起らない。然し接合は或程度まで動く様になつてなければならぬ。接合を横切つて通る荷重は漸次に一の版から他の版に移るべきで、第二の版に載りかけても尙最初の版にも荷重の一部の影響が残る様にしたならば、接合の表面に於ける衝動が消えて行く。

此の接合で構築された道路の長さは恰も連続版で造つたもの・様である。而して尙龜裂の傾向をも防ぐ。道路の幅が九米又は夫れ以上あるならば、道路の中心に沿ふて縦接合を以て構築するが良い。



上記と同様の方法で造つた混凝土の小さい溝は、經驗上版との連接で剪力を受ける。然し設計上例外の力を持たしたものは此の力に耐ゆるべきである。

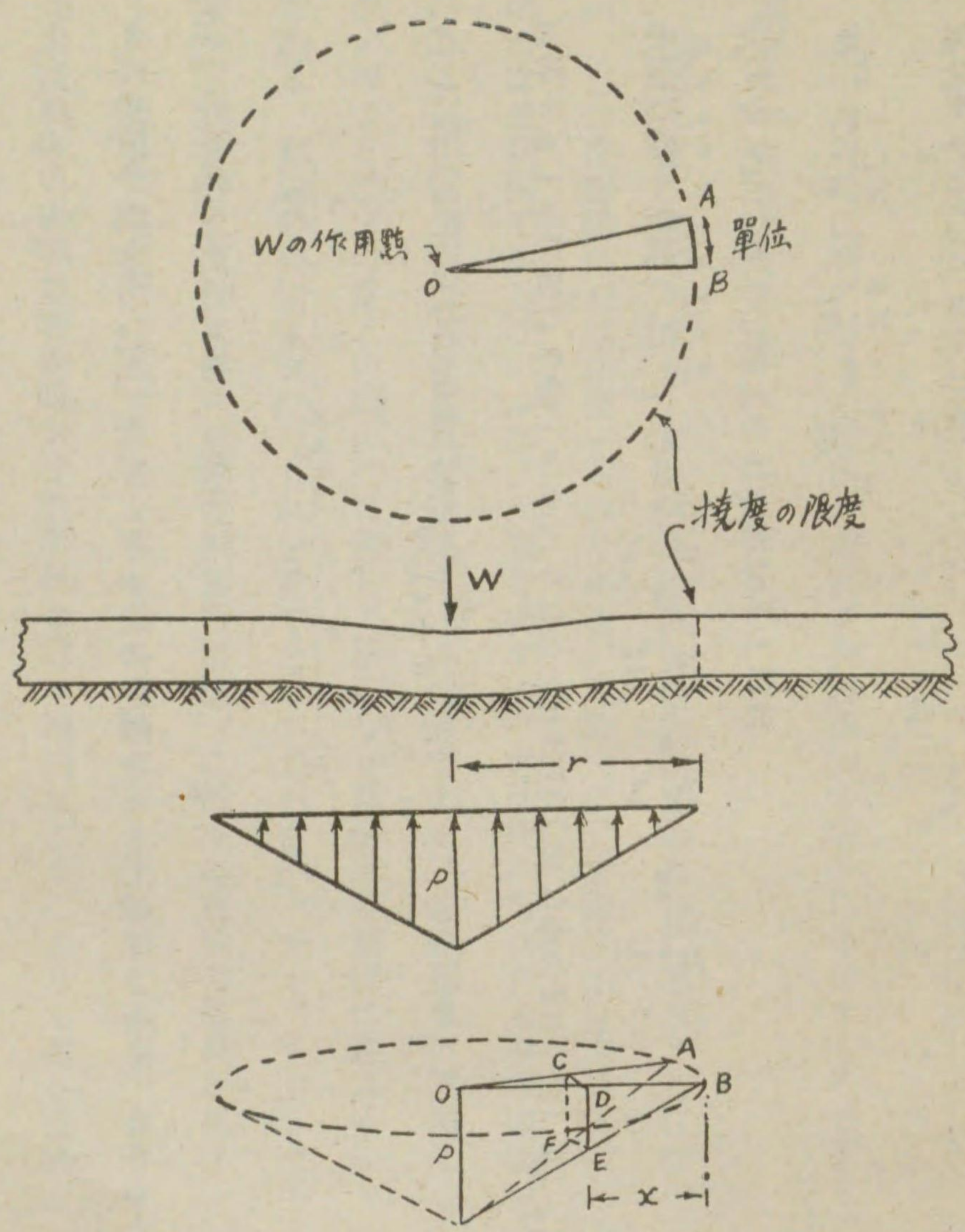
より強くて構造もより簡単な接合は第五圖に示したものである。一の弱みは貨車が設計では充分都合の良い様にした方向に近づいてくれなければならぬ事である。此の關係から道路の他の半に於ては之と反對の方法にして構築する。貨車は正しき方向に近づく様にすれば此の接合で得る利點は最初に述べた型と略同様である。貨車が道路の爲

力は解拆に依る一般方法で計算の出来ないものである。かかる問題は稀には構造物の技術上の設計に起るものであるけれども、これ迄はまだ多くの注意を拂はれなかつたのである。然し道路構造に於て混凝土版の使用が多くなるに従つて、此の研究も必要な事になつて來た。

かゝる問題が起つた場合の解法としては、實驗上の結果を基礎とした實驗解法か、或は或限定された假定のもとに於ける精密さで理論的近似値を求むる事かであつた。かゝる近似法は實驗方法で得た結果を照査する上には大に價値のあるものとして役立つ。新しい状態のものが起つたときは、其の以前の經驗といふものは何等の手引をもなさないが兎も角或状況のもとでは、技術者が幾分信頼し得る單なる杖や柱となつたものである。

次の解法は版が或荷重のもとに撓度を起したときに、支持媒介物の反力の強度は、荷重の作用線からの距離に反比例に變化するとの假定に基いたものである。換言すれば反力の壓力圖式は逆圓錐の形(第七圖参照)を取るといふことである。其の頂點は載る荷重の作用線上にある。而して其の外周邊は版の撓度の限界を示すのである。全反力(勿論全荷重に等しいものである)は夫れ故に圓錐の容積の三つの寸法で表はさる、事になる。而して或點に於ける反力の強度は其の點に於ける圓錐の垂直距で表はさる。

- 今 W = 車輪荷重
- t = 版の厚さ
- r = 撓度の面積の半径
- ϕ = 反力の最大強度



第七圖

f = 最大許容張力
 I = 慣率
 r = 版の厚さの半 = $t/2$ とすれば

壓力の圓錐の容積は全上向反力で表はさる、故に

$$W = \frac{1}{3} \pi r^2 \phi$$

而して $\phi = \frac{3W}{\pi r^2}$

今單位セクトル OAB を考へる。之が AB で支持されて、車輪荷重の正しき割合を O に傳送する版木と見らる、のである。版の全抵抗力は各單位セクトル

の抵抗力の和であつて、全彎曲率は各單位セクトルに於ける彎曲率の和である。故に單位セクトルに於ける彎曲率を求むる事が必要である。

起る或點のどこにか其の點の近傍に張力が起る。而して版の極強は全く夫等の應力に抵抗する混凝土の能力に依るのである。故に混凝土の骨材の粒度率、混合法、打ち方等を確實にすることが非常に必要である、即ち混凝土の張力を出来るだけ高める事を必要とするのである。fの値といふものは或る特別の場合には其の状態に應じて定めなければならぬが、一般には毎平方呎二〇〇封度(毎平方呎一四疋)の値とするが安全である。

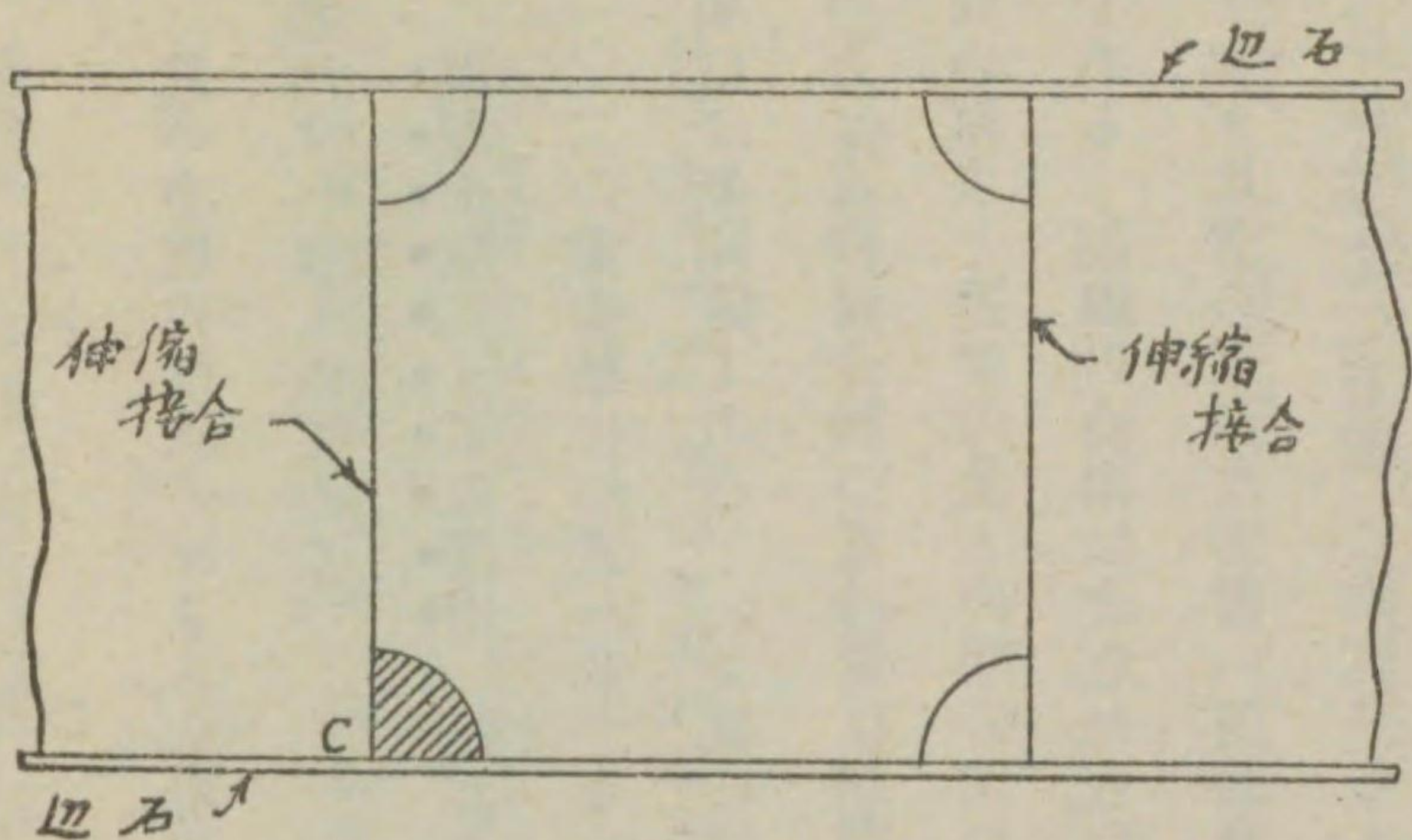
連続道路版 混凝土道路版を取扱ふに於て、之に用ふる公式に夫々修正を加ふる必要はある。先づ連続版(第八圖参照)の場合を考ふるに、夫は横の伸縮

接合を用ひずに構成されたものとする。版の中心のAに荷重があるとすると、状態は前解法に假定したものと同様とする。此の場合は版の厚さは方程式(1)

に示された公式に依りて計算して良い。然し荷重を版の縁Bに適用したとすると、抵抗の面積は單に半圓となつて全圓では無い。單位セクトルに於ける荷重は夫の爲め倍加さる。而して版の厚さの公式は次の如くなる。

$$t = \sqrt{\frac{0.48(2W)}{f}} = \sqrt{\frac{0.96W}{f}} \dots\dots\dots(2)$$

夫れ故に理論的に版は中心の部分より縁でより厚くなければならぬ事になる。米國では此の規則によりて多く實行されて居る。然し英國では一般に一樣の厚さの版を採用して居る。一樣の厚さの版とすれば、其の厚さは最も薄



第九圖

弱なる部分のものを採らなければならぬから、此の場合は公式(2)を適用する。

今之が説明として版が16,500磅(7484kg)の最大輪荷重を支持するものとする。之は又運輸局の標準車輛の最重の一個の荷重である。許容張力を毎平方呎に付200磅(90.7kg)と假定すると。

$$t = \sqrt{\frac{0.48 \times 16,500}{200}} = 91\text{吋}(22.9\text{寸})$$

之は又一般に實際使用さるよりも寧ろより重き版である。然し其處に少くとも理論値と實際値との間に或一致のある事を示しておる。

伸縮接合を有する道路版 横の伸縮接合を有する道路版の場合にはもとの公式に尙より以上の修正を要する。第九圖はかゝる版を示したもので、最も弱き點は各分格の四隅なる事は明らかである。其の點即ちc點に於ける荷重に對しては抵抗面積は四分の一圓に減少する。即ち單位セクトルの荷重は四倍大になる。従て公式は次の如き形にならねばならぬ。

$$t = \sqrt{\frac{0.48(4W)}{f}} = \sqrt{\frac{1.92W}{f}} \dots\dots\dots(3)$$

一樣の版の場合には、其の厚さは此の公式で決定されねばならぬ。

前示の例の如く車輪荷重を16,500磅(7484kg)應力を毎平方呎に付200封度(14疋)と取るときには、厚さは12½吋(31.7寸)となる。

●●●●● 合釘接合 横接合を有する版でも、合釘接合にしてあれば、事實上連続版と同意義に扱ひうる。即ち分格の處はひつついたものと見て、接合の一侧に於ける荷重は局部的に他側の版に傳送さる。隅の弱點は夫れにより除かる。故に版の厚さは(2)の方程式で決定さるゝことになつて、混凝土は著しく節約さるゝことになる。

かゝる接合の設計は、最大垂直剪力を傳ふるに適するばかりでなく、水平動の自由をも許さなければならぬから大なる注意を必要とする。此の問題に對する論述は本題の目的でないから茲には省略する。

第二節 混凝土道路に於ける應力

(英國、スミス氏述)

縁が梁で支えらるゝ、混凝土床版と異なりて混凝土道路は種々の場所異なるが、或る程度の彈性ある基礎上に其の下面の全體を載せてあるものである。

彈性支持に於ける床版の應力の數學的理論は混凝土道路に於る應力を計算する單なる論理的方法である。特に地盤が粘土や泥炭や其の他の底土の上に在る新道路の長き距離の如く基礎が性質殆んど一樣であるときは特にそう感ずるのである。混凝土道路に此理論を適用することはイリノイス大學のエッチ・エム・ウエスターガード博士によりて充分に研究されたのである。同氏は便宜に設計に使用せられたる多くの公式を示された。プロフェスサー・ウエスターガード氏の成績の次の大要は問題の數學的瞥見に有益なるものとして使用せらるる。

基礎に對する毎單位面積の反力は、其の剛性の測定である。而して撓度は剛性に關係するから毎平方吋毎封度の或る吋數として壓力を示す、即ち夫が基礎反力係數として示して毎平方吋封度で計る。此の k は地盤の支壓力の試験から求めらるる。 k に對する假定の値が著しき差があつても版の應力の計算上の値には僅少の影響しかない。

基礎と混凝土版との剛性の比は關係剛性半徑と稱する量で示さるる。此の直線寸法 l は

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)k}}$$

式中、 E は混凝土の彈性係數、 μ は横伸張の縦收縮にまでのポアソン比でウエスターガード氏は0.15の値と假定して居る。版の厚 h の種々の値及び地盤反力の係數 k の種々の値に對する此の剛性半徑 l の値は $E = 3,000,000 \text{ #/sq. in.}$ として上記公式から計算したものは第一表に與へられてある。

第一表

版の厚(吋)	關係剛性の半徑 l (吋)		
	$k=50 \text{ #/sq. in.}$	$k=100 \text{ #/sq. in.}$	$k=200 \text{ #/sq. in.}$
4	23.91	20.11	16.92
5	28.28	23.78	20.00
6	32.40	27.26	22.92
7	36.49	30.60	25.73
8	40.23	33.83	28.44
9	43.94	36.95	31.07
10	47.55	40.00	33.62
11	51.08	42.94	36.11
12	54.52	45.84	38.56

隅の方に於ける荷重に歸する應力を決定するに k を消去した簡単な公式を導く事が出来る。若しも輪荷重が丁度版の隅に置かるゝ事を確かめたときは隅の部分は一樣の力の版木として働くべく考へられ得る(第十圖参照)而して隅より直角の二等分線に沿ふて計られた距離 r に於ての彎曲率は幅 $2r$ の斷面上に一樣に分配せらるべく假定され得るのであるから P_r である。か様にして毎呎幅の力率は $P/2$ である。而して版の斷面係數は $h^3/6$ であるから頂部に於け

る應張力夫が隅部の破壊を生ぜしむべき傾向を有する所で

$$f = \frac{P \times 6}{2h^2} = \frac{3P}{h^2} \text{ である。}$$

然し實際にタイヤと版との間の接觸の面積以上に輪荷重が分布する關係より a 及び a_1 は零にならぬ。而してより精密な應力の近似數を求めねばならぬ。

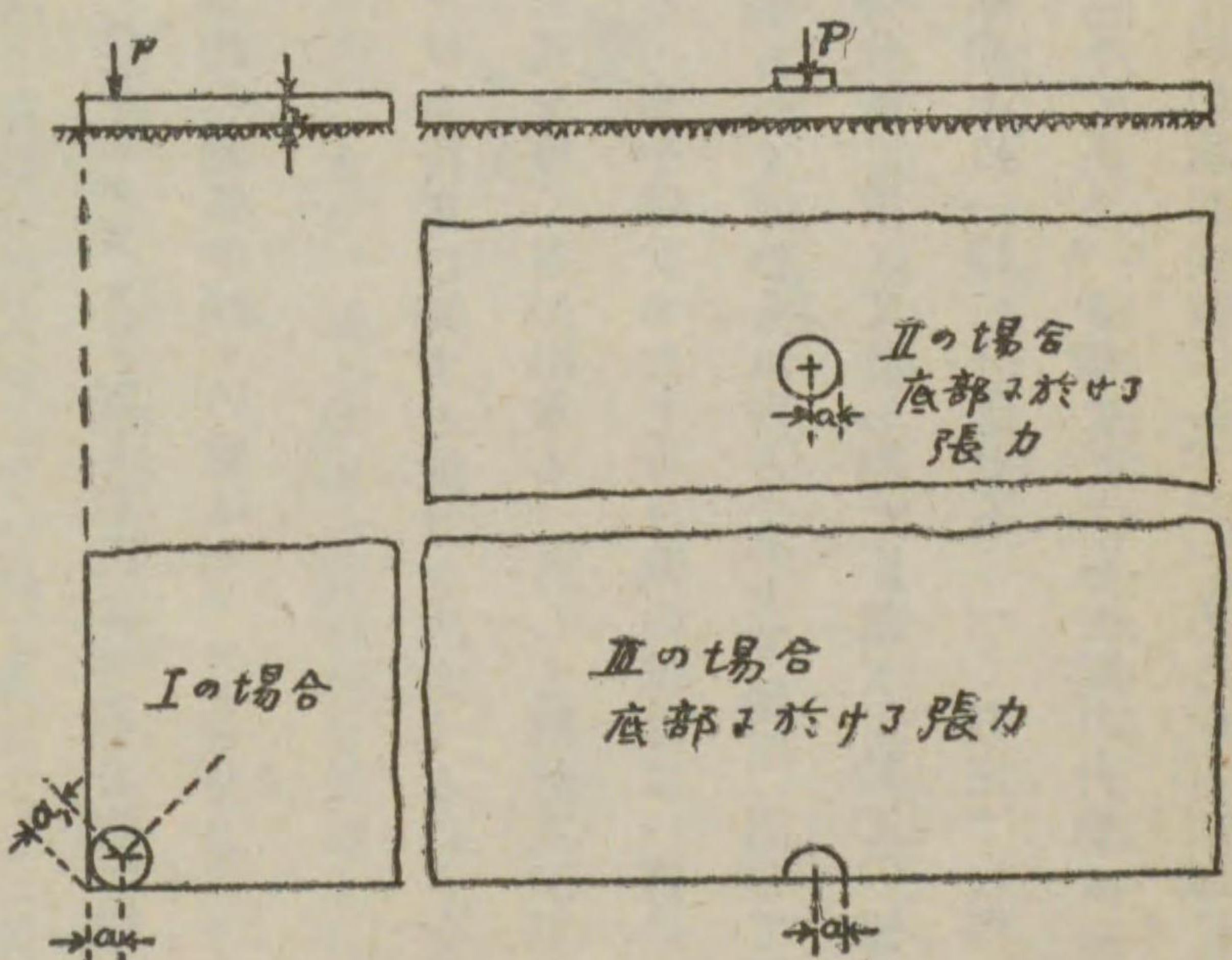
ウエスターガード教授によれば

$$M = -\frac{P}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{a_1}{l} \right)^{0.6} \right\} \text{ 及び } f_c = \frac{3P}{h^2} \left\{ 1 - \left(\frac{a_1}{l} \right)^{0.6} \right\}$$

1に對して既に與へられた値を代入すると後の公式は次の如くなる。

$$f_c = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{E \mu^3}{12(1-\mu^2)k} \right)^{-0.15} \right] a_1^{0.6}$$

$a_1 = 0$ のときは f_c の値は裏に示した如く $3P/h^2$ となる。第二表は $E = 3,000,000$ 封度 $P = 10,000$ 封度及び $\mu = 0.15$ に對する f_c の精細な應力の數値を示す。表は三つの變數即ち厚さ h と基面反力の係數 k と縁から荷重の中心迄の距離 a の關係を示してある。又表は距離 a の變化の影響は $a=0$ の初めの近似數によりて見出さる。値に比して三〇パーセントよりより多くの減少となることを表はしてある。係數 k 變化の影響は50から200封度/吋³であるが其の影響



第十圖

は格別大きくないのである。

第二の場合に於て内部の點に於ける輪荷重の夫は事

實小面積内に集中の事に歸着してある様である。彈性

の理論は版の理論に就て二の様式を示すもので、其の

一は版の普通理論と稱すべきもので、他の一は特別理

論と稱すべきもので、其の差は桁に於ける比論で説明

する事が出来る。桁の解折に於て横断面は平面で彎曲

する間、中立軸に垂直にあることを一般に假定してお

る。普通の比例に在る桁では集中荷重のすぐ近傍に局

部的應力が關係するにあらざれば、此の假定は満足な

る結果を導びくものである。後の場合は平面の横断面

の假定は廢棄せねばならぬ。而して特別な理論即ち垂

直應力に歸する變形を計算に取らなければならぬ。

版の普通の理論に於ては版に垂直に版を通して引き

たる直線は中立面に直線と垂直の儘であることを假定す

るのが相當である。道路に於ける場合の如き割合の版

第二表

第十圖の一の場合に於ける荷重状態 h, k 及び a の種々の値に對して計算した毎平方吋に付封度の應力

版の厚さ h (吋)	施工基面反 力の係數 k (封度/吋 ³)	版の應力(封度/吋 ²)			
		$a=0$	$a=2$ 吋	$a=4$ 吋	$a=6$ 吋
6	50	833	641	541	461
	100	833	619	509	420
	200	833	596	474	375
7	50	612	480	412	357
	100	612	466	390	339
	200	612	450	366	288
8	50	469	378	325	285
	100	469	363	309	265
	200	469	352	291	242
9	50	370	299	262	233
	100	370	291	250	217
	200	370	282	237	201
10	50	300	245	216	193
	100	300	239	207	182
	200	300	232	197	169
11	50	248	204	182	164
	100	248	200	175	154
	200	248	194	167	144
12	50	208	173	155	140
	100	208	169	149	138
	200	208	165	143	124

に對しては此の假定に基く理論は集中荷重の極近傍を除けば總ての點に於ける應力の決定に満足の結果が得らるる。而して又總ての點に於ける撓度に對し満足なる決定を與へる。集中荷重の適用點に於て此の普通の理論は彎曲率の圖表に荷重自身の點に於て無限の値で尖頭を示すのである。力が版の頂部に適用せられたときに底部に於ける應張力は實際に無限では無い。

或るものは版の厚さの影響は力率圖表に於ける尖頭の處を圓く周すことに等しくあると云ふ。どの廣がりに迄圖表を圓く周さるゝかを見る爲には荷重の極近くに来て適用する事としての版を通じて引かれた直線は、直線の儘であるといふ假定を廢棄する必要はある。而して特別な理論が必要になる。此の特別な理論は唯二つの假定に止まる。一はフツク氏の法則の適用である。定数は彈率 E とポアソン比 ν とである。他のものは材料が總ての點に於て幾何學上連關を保つ事である。桁の場合に於ける如く普通の理論は特別の理論よりもより多く簡單である。而して現在の如き集中荷重の圓圍に局部的影響を以て扱ふ處の特別の場合の外に使用せらるる。

特別の理論の結果を次の方法で普通理論の項で表すのが便利である。荷重 P をして半徑 a を有する小圓の面積上に一樣に分配せられたるものとす。圓の中心の下で版の底部で此荷重によりて生ずる張力を f で示す。此の應力は頂部に近い垂直應力のあるものが益々必要になる程半徑 a が小なるときを除いては精密な應力である。後の取り除けは輪荷重の護謨タイヤーに適用する場合の如きは考慮するを要しない。普通の理論を用ひて又同じ中心の圓の面積上で但し半徑は b としたもので、其の面積上に分配される荷重を假定して同じ場所に於て同じ應力を見出し得る、或るものは此の同等の半徑 b は眞の半徑 a と厚さ h とのみの項で充分の近似數を表し得ると云ふことを見出した。

h, a 、及び b の間の關係を求むる爲めに數字的計算はエーナダイ氏の解法と一致したもので計算された。荷重 P の中心は圓版の中心に在るべき時であると假定した。版は放射及び切線彎曲率の和は、縁の各點では零であるべき方法で、其の縁に於て支へられてあるとして、 h, a 及び b の間の關係は次の如くである。

$$b = \sqrt{1.6a^2 \times h^2 - 0.675h}$$

但し ν は 1.724 h より小とす。

a の大なる値に對しては $b=a$ を使用する。即ち普通の理論は更正なしに用ひらるゝのである。普通の理論によりて或るものは精密な應力に對して次の近似式を見出した。

$$f_1 = \frac{3(1+\nu)P}{2\pi h^2} \left(\log_e \frac{1}{a} + 0.6159 \right)$$

$E=3,000,000 \text{ #/sq. in.}$ $\nu=0.15$ とし而して f は初めに示した方程式から代入すると此の公式は次の如き形となる。

$$f_1 = 0.3162 \frac{P}{h^2} \left\{ \log_{10}(h^2) - 4.1 \log_{10} a - \log_{10} b + 6.478 \right\}$$

此の公式を特別の理論と一致せしむる爲めの更正是、單に眞半徑 a を同等半徑 b に依つて置き換えれば良い。か様にして夫は次の公式となるが $1.724h$ より小なる a に終りの方程式に置き換えたものである。

$$f_1 = 0.3162 \frac{P}{h^2} \left\{ \log_{10}(h^2) - 4.1 \log_{10} \left(\sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h \right) - \log_{10} b + 6.478 \right\}$$

第三表に與へられた應力は此の公式の $P=10,000 \text{ 重量}$ に相當するものとして計算したものである。第二表の如くに

此の表も三つの變數の影響を示すもので即ち厚さ h 施工基面反力の係數 k 及び α に就ての影響を示すものである。第二表に於ける如く第三表に於ても h の變化の影響に比して α の變化の影響の大なる事を示して居る。

縁に於ける輪荷重の其三の場合の取扱に於ては前の場合に於ける如く同方法に於て同等半徑 b を眞半徑 a の代りに入れて、同じ公式に依り得ることを假定する。此の假定は垂直剪力に歸する力の分配に於て二つの場合類似の土地に於て正しいのである。普通理論によりて得た如く圓の中心のもこて縁の底に沿ふ應張力 t に對する公式に α の代りに同等半徑 b を入ることによつて $E=3,000,000$ 磅/吋²(毎平方吋)及び $\mu=0.15$ として次の様に示さるることになる。

$$f_e = 0.572 \frac{P}{h^2} \left\{ \log_{10}(h^2) - 4 \log_{10}(\sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h) - \log_{10}k + 5.767 \right\}$$

此の公式によりて計算した應力は $P=10,000$ 封度で第四表に示してある。三つの變數 h 、 k 、及び α の影響は前二表に於けると同じ方法で示されてあつて、 α の變化は h の夫れよりもより大に重要なことは同じ様であるもの、様である。

h の値は公式で與へられたものと同大の版の試験で見出した撓度との比較によりて決定せられ得る。若し P が第十圖に示す三つの場合に於て働く單なる荷重で而して Z は撓度であるならば

$$1. \text{の場合} \text{は} \text{---} Z_e = \left(\frac{1}{1 - 0.88 \frac{\alpha}{l}} \right) \frac{P}{k l^2} \text{ (隅に於て)}$$

2. の場合は --- 荷重の中心の下での撓度は次の値から極僅かに違ふ $\alpha=0$ の時正しい。

第三表

版の厚さ h (吋)	施工基面反力 の係數 k (封度/吋 ³)	版の應力 (封度/吋 ²)				
		$\alpha=0$	$\alpha=2$ 吋	$\alpha=4$ 吋	$\alpha=6$ 吋	$\alpha=8$ 吋
4	50	1,231	1,058	848	693	558
	100	1,172	998	788	634	528
	200	1,112	939	729	574	469
5	50	763	694	580	487	415
	100	725	656	542	449	377
	200	687	617	504	411	339
6	50	523	487	421	361	313
	100	497	461	411	335	287
	200	470	435	368	308	260
7	50	380	360	319	279	245
	100	361	341	300	260	226
	200	341	321	280	240	206
8	50	288	276	250	222	182
	100	278	261	235	207	167
	200	258	246	220	192	167
9	50	226	218	200	180	162
	100	214	206	188	169	150
	200	202	194	177	157	138
10	50	181	176	164	149	136
	100	172	167	154	140	126
	200	162	157	145	130	116

第十圖の二の場合に於ける如き荷重状態で h 、 k 及び α の種々の値に對して計算した毎平方吋に付封度の應力

$P=10,300$ # $E=3,000,000$ #/吋² $\mu=0.15$

第四表

版の厚さ h (吋)	施工基面反力 の係數 k (封度/吋 ³)	版の應力 (封度/吋 ²)				
		$\alpha=0$	$\alpha=2$ 吋	$\alpha=4$ 吋	$\alpha=6$ 吋	$\alpha=8$ 吋
6	50	833	769	649	541	453
	100	785	721	601	493	406
	200	738	673	553	445	358
7	50	604	568	494	422	360
	100	569	533	459	386	325
	200	534	498	424	351	290
8	50	457	436	388	337	283
	100	430	409	361	311	266
	200	404	382	334	284	239
9	50	358	344	312	276	243
	100	337	323	291	255	222
	200	315	301	269	233	200
10	50	270	278	256	230	204
	100	253	261	239	212	187
	200	235	244	221	195	170
11	50	221	215	199	180	160
	100	207	201	185	165	146
	200	196	192	180	165	150
12	50	184	189	168	153	138
	100	172	168	156	142	126

第十圖の三の場合に於ける如き荷重状態で h 、 k 及び α の種々の値に對して計算した毎平方吋に付封度の應力

$P=10,000$ # $E=3,000,000$ #/吋² $\mu=0.15$

$$Z_1 = \frac{P}{8kL^2}$$

三の場合——縁に於て集中荷重Pの作用點に於ける撓度は近似的に次の通りである。

$$Z_0 = \frac{1}{\sqrt{6}} (1 + 0.4\mu) \frac{P}{kL^2} \quad \text{或は若も } \mu = 0.15 \text{ ならば } Z_0 = 0.433 \frac{P}{kL^2}$$

$$\text{各の場合に於て } kL^2 = \sqrt{\frac{EIk}{12(1-\mu^2)}}$$

●●●●●
表の使用法 若し道路の或型が貨物の與へられた型に對して満足なるべきことが試験や實驗で證せられたならば、夫に相當する正しき應力が決定せられ實用應力として採用さるゝのである。

表は二つの間に答へ得るもので、若し輪荷重が與へられたる方法で増加するならば如何なる増加厚を必要とするか而して最も重き車輪の或るものを除いたならば如何に厚さが減じ得るかと云ふ事である。後者は道路築設の經費配當に關して之に使用する貨物の種々の種類を定むるに必要なものである。

叙上の假定は次の如き事を考慮外にしてある。

- (1) 温度の變化
- (2) 縁から中央に至るに従ひ厚さの漸減
- (3) 施工基面反力に於ける局部場所の硬軟
- (4) 施工基面反力の水平分力
- (5) 版及び施工基面の惰率の項で表はされたる力學的結果

第三節 混凝土道路の補強

(英國、コンクリート、エンド、コンストラクショナル、エンジニア記者述)

鐵筋混凝土を構築物に使用することは甚だ簡單になつた、而して設計者は各種の表や式から必要な智識を得るこゝの便宜が出來た。混凝土道路に應用する補強問題に至りては尙然か便宜な事には行かぬのである。

夫は氣温の影響と下層の性質との二つの重要な考慮を要する點があるからである。氣温の大なる變化の少ない位置にて極めて確實なる支持點を有する處に構成さるゝ混凝土床を設計するに考ふべき因子よりも、尙遙により多く複雑で異なる種々な因子に對面しなければならぬ。

理想的の混凝土道路の一としては、一の長き版で構築せらるゝものであらう。此の主旨で殆んど成功せるものと云ふべきものは、

デユンフェルラインのカンモア街路。一九一七年に築設した、一五糎厚で下層の分は古き道路の底層で能く固結したものである。底より五糎の所にB、R、C、商品第九號で補強した。

サザンプトンのドツク道路。一九一七年に築設した。一五糎厚で下層は堅き心ある灰で、底から五糎の所にB、R、C、商品第九號で補強した。

ダブリンのサクビレー町。底から三、八糎の所に補強した。

バス・の・ロ・ワ・ー・ブリス・トル道路。一九二一年に築設した、一五糎厚で混凝土の下層で底から五糎の處に補強した
一五糎厚の混凝土の底部のみ補強したもの。此の例は一五糎の混凝土で底にてのみ補強せらるれば充分なること
を示したものである。例へばチルビユリー其の他の多くの場所では、道路面は立派であるが、然し大なる龜裂が起つ
た。夫は混凝土の深さか、補強材の量か、充分でないから見なければならぬ。尤も此の場合は前示の例の下層の良
き場合とは異なりて、悪しき下層や處女地に遣つたからである。此の方法で遣つた多くの道路を試験して見たのに、
重い貨物の通過する場合には處女地の如き所に不十分な結果を見る外、混凝土を一五糎にして底部にて補強すれば充
分である事を知つた。

一五糎厚の混凝土の上部及底部に補強したもの。之は餘り使用されなかつた。道路築設に當りて、かゝる薄き版に
二層の補強を爲すことは容易でないのである。

一七、八糎厚の混凝土の上部に補強したもの。チルビユリーでの僅かの區域から判定すると、此の設計は嘗て知られ
たものよりも大なる可能性のあるもので、一九一六年に能く固まつた下層上に築設せられたもので、尙優秀なる状態
にある。土地は沖積層の所であるから、固き下層を設けたのであるが、重き貨物を通して嚴重に試験した。動荷重よ
り生ずる危険よりも、下層自身の動きは混凝土に一層悪影響を及ぼす様で、かゝる事の起るのを見た。そこで上部の
補強は底部の補強よりも尙必要なるべきを認めたのである。

合衆國では道路工事の約八〇パーセントは此の悪い處女地の上に造られて一般に上部の補強を遣つたもので、今尙
盛んに然かせられて居る。之で見ると米國よりは記者の國たる英國では牽引する荷車の荷重が重すぎる様である。

て判然とした龜裂がある。

ノーザンプトン地方のダベントリー側道も亦粘土盤の上に造られたもので、此の場合は隣接凹凸部の縁は混凝土版
の上に約〇、九米間四五、七糎幅で載つてあつて、夫れにて支えらるゝのである。

又ケント方面にも澤山の側道が造られてあるが、其の總てが優秀の成績を示して居る様であるが竣工後日尙淺き爲
め必要な報告を爲すに至らない。オクスフォードの地方道路も同様であり、ヨークシャにも多くの實例はあるが、
何れも未だ數年の後でなければ必要な成績を見る事は出来ない。

然らば吾人は舊來の實例に就ては何を學んだかといふに、夫で新規な工事に必要な基礎智識を得たのである。結局
地盤の事、貨物の重量等の如き種々の因子に關し充分の試験をして、我々のより以上の此の道路に對する充分の智識
を得るべき事の必要を感じる事である。

グレートブリテンでの有益な試験として記者の知つて居るのは、ミッドレセックスの州技師のドライランド氏のせら
れた、ハーネット側道に關して種々の幅の小片のものを造つての試験で、上部に於ける周圍の補強を底部のものと繋
いだものと、上部補強のみものと比較したり、又補強を用ひないものと比較したりした。ケントでも同様の試験を
したもので、最も多く一般に使用した砂利は大き五、三糎から一、九糎までのものであつた。

米國の公道調査委員の手で長距離の間で試験する稱讚すべき企劃を爲した。一寸其の報告もあつたが、尙續いて遣
らなければ充分の結果を見られないのである。

(1) いつても充分重い車輪荷重の通る處は破損が起つた。夫は長期間と云ふよりは重荷重の通る瞬間に夫に應じて起

一七、八糲厚の混凝土の底部に補強したもの。此のものに關しては多數の例があるから試験の結果を見るに都合良
いが、不幸にして唯チェスターに於けるものを除いては早く出來た例は無い。チェスターのフォアゲート街では一九一
五年に築設したもので、實に満足の成績を得たものである。此の道路は築設後十年間は何等の修繕をも要しなかつた。
而して尙甚だしき重量貨物の通行に關せず今後幾年も此儘維持し得る見込のものである。

此の式の道路の多數が一九二四年以降に於て築設せられて、總ての一般の目的には満足を示して居る事である。而
して伸縮接合を設けたるものには龜裂も比較的少ない。

二〇糲厚の混凝土の底部に補強したもの。新らしき幹線道路には此の設計が廣く採用せられて、伸縮接合か交互の
凹凸構造を採用したものは必ず好結果を得る事である。新らしきケムブリツヂ道路では兩方の型のあるのが見られる
而して伸縮接合を有して居る方が、より良い事は疑もないことである。

二〇糲厚の混凝土の上部に補強したもの。ステインスの方に延びて居るグレート・ウエスト道路はつの断面から
成つて、最初のもは二〇糲厚の混凝土で上部に補強を有せるもので、次のものは同じ厚で交互の凹凸構造にしたも
のである。後者の方が特別に良き様である。各断面の基礎は粘土層の上に在る灰である。此の断面は一九二五年に貨
物の通過をさしたものである。

二〇糲厚の混凝土に二重に補強したもの。レイゲートドルキング道路は夫の大部分は四年以前に造られたものであ
るが、此の型の良實例であつて砂交りの粘土層の上に造られたものである。

キングストンの側道も粘土層に造られた他の一例である。兩方の場合の構造の式は交互凹凸式で、其の中央を横切

る事である。依て混凝土道路は最大荷重は假令屢々通行しないにしても即ち偶に通るにしても、其の最大荷重に
對して設計せねばならぬ。又基礎の非常に良好なる場合の外英國の如くに幹線道路は二〇糲厚の混凝土にして良き
重き補強を用ふるが良い。

(2) 良い砂の基礎であると混凝土平板は縁では一糲、中央では一七糲が満足の結果を來す様である。然し同様の事情
の下に粘土の基礎であると夫が壊れる。つまり荷重に抵抗の爲めの補強は善良な基礎には其の必要はないが、貧弱
な基礎には之を必要とする。

(3) 中央での厚さの増加（ニユカッスル、チニーマウス間の道路及びマンチェスター道路の一部）は著しく縦の龜裂
を減ずる。然し横の龜裂も少々は減ずる。記者の意見はかゝる目的の爲めには、上部の補強を増すのが經濟的であ
り又確實である様に思はる。其の爲めに増補した補強は一度起つた龜裂も増さない様に能く保持するものである
邊緣よりも頂冠で厚さを増すのは一般に平坦な基礎の場合であるが、かゝる場合は其の排水に宜しからず、幾分か
反りを持たしむる方が良い。若し水が版下に集まると其の龜裂が大きくなる事は慥かである。混凝土が古い道路を
基礎として置かるゝときは、其の基礎は一般に充分堅まつてあるものであるから。平礎版でもよくて、排水も悪く
ない場合が多い。

(4) 補強は二つの目的に役立つ様である。即ち龜裂の現出を妨げ又龜裂が起つたにしても能く結合して居る事である
補強があれば必ず龜裂の起らぬとは定まらぬ様である。畢竟するに補強と混凝土其のものと、基礎層との關係を適
當に定めて設計することである。良好な設計で、良好な混凝土で、良好なる工事をするにすれば、道路は永年

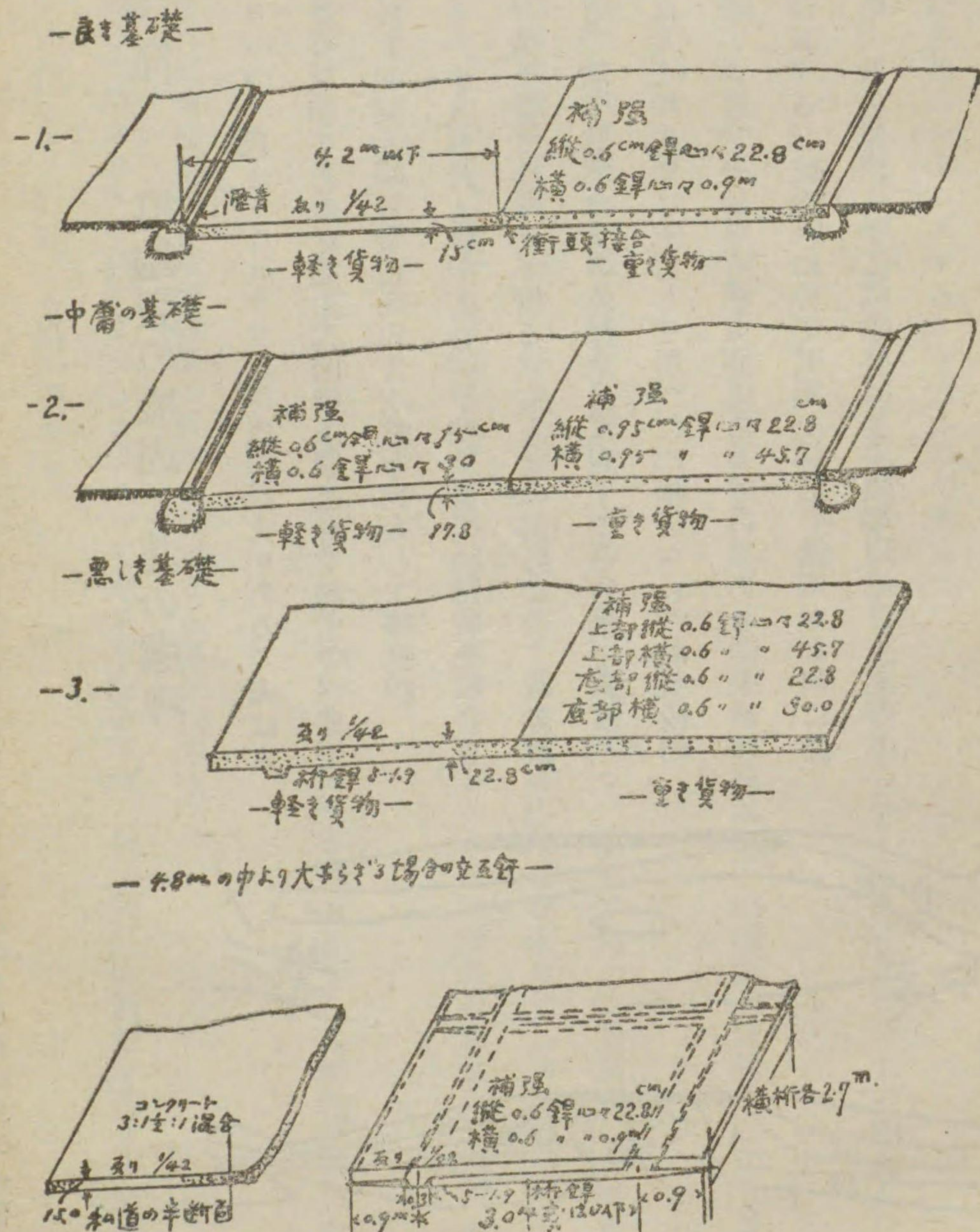
龜裂なしに重き荷重に耐え得ることになるのである。過去数年間の混凝土道路の改良も全く此のこゝを實現さしておつたのである。吾人は此の龜裂は上部の補強で妨げ得らるゝといふ事は斷言出來ぬ。然し上部補強は龜裂を能く保持して行く事は確實であつて、之れさへあれば實際には差し支へは無い。而して底部補強は版の下方の張力龜裂を防ぐ事に慥かに有効であるべきである。

- (5) 好ましからざる底部の状態の場合に經費を投じて夫を改めて行くよりも、鋼材の補強を用ひ混凝土の厚さを適當にする方寧ろ經濟であつて、有効である。記者の意見も同様の結論である。一時は甚だ不良な地盤の所には重き補強を遣るが良いと思ふて居たが、寧ろ永遠の保存の爲めには二重の補強を必要とする。
- (6) 下層の状態を可とする所に置かれた弱い平版を有する一五米長さの補強版は、縦の龜裂を抑制する合理的方法である。此の事は記者自身の嘗てよりの經驗と一致して居る。長期間構造の此の型式を合衆國で採用された事は記者は其の意を強ふするに足る事である。

- (7) 縦平面の中央の接合の代りとしては現在の經驗では、一七、八種又は其の以上の深さのものには挾接溝接合となすが良いとせられて居る。然し一五種の厚さでは之を設くる餘地が乏しい。而して完全な基礎でなければ小徑の縦桿の多くを使用する事を推奨して居る様である。

- 結論 補強材使用に關して試験經驗から得た結果を示せば
- (1) 輕き貨物が通過して基礎良好なる場合は、幅九米或は其の以下の場合には補強の必要を認められない。然し尙大なる場合には其の必要がある。

- (2) 重き貨物が通過して基礎良好なる場合は、總ての大きさのものに上部の補強を必要とする
- (3) 中庸の基礎の場合は上部の周圍の補強材を結合したり又は輕き上部の補強材と中庸の底部の補強材とを交互に結合するこゝである。
- (4) 悪しき基礎の場合は九米以上のものには二重の補強を爲すが良い九米以下のものならば底部の補強だけでも良い。



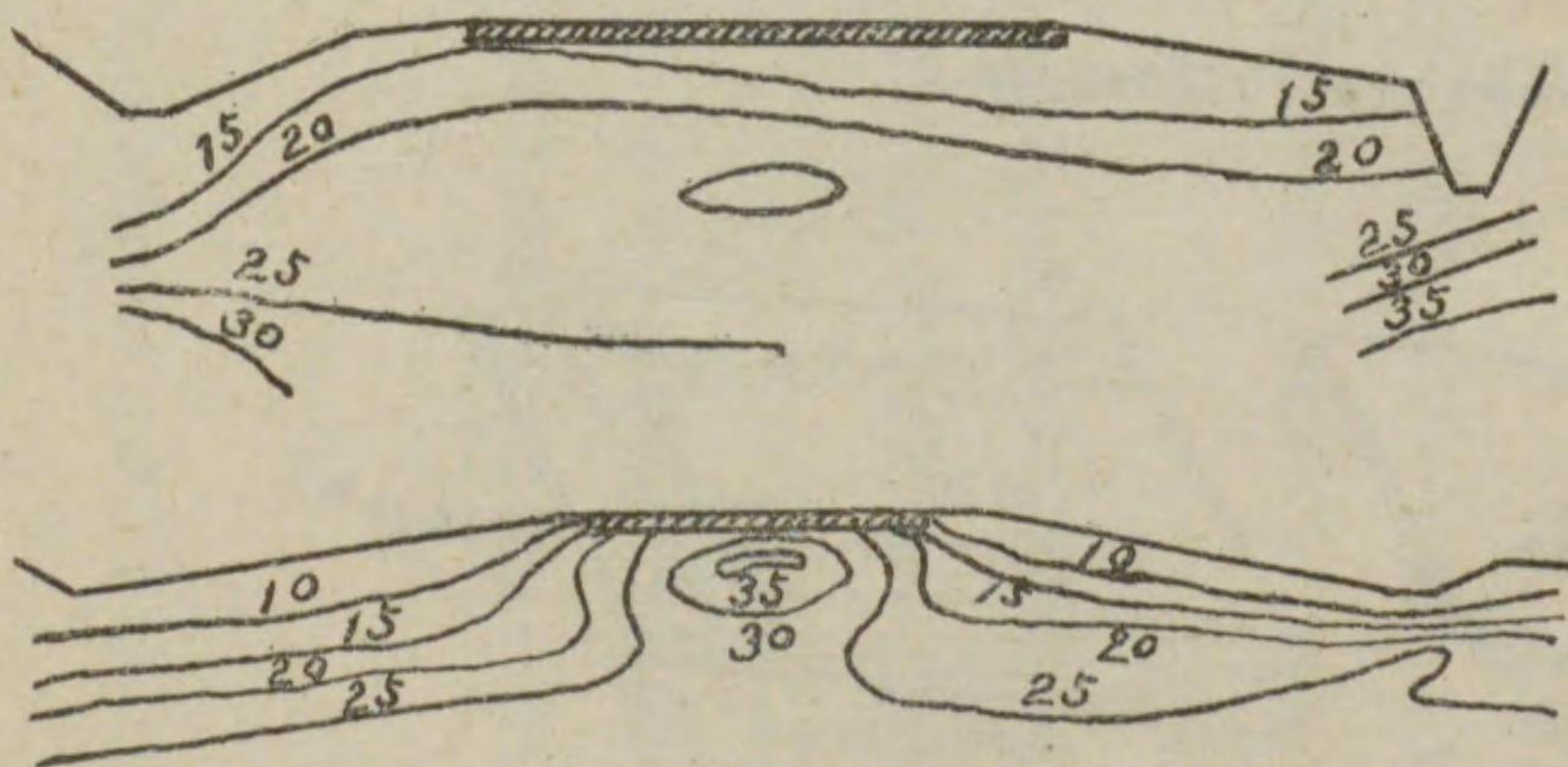
第十一圖

種々の場合に對する標準設計を示すことは現在の状態ではまだ公然と出来兼ねるが、圖示のものは唯其の一例に過ぎない。

第四節 縦龜裂の原因と其の處理

此の事に就てホーゲントーグラードとテールツァギー氏の研究がある。夫はカリホルニア州の乾燥季に於ける實驗であるが第十二圖の上圖は砂及粘土の混成土質、下圖は粘土層の土壤に於て混凝土鋪裝築造後の含水量を調査して等濕線 (Lines of equal moisture content) を入れたものである。砂粘土質では鋪裝全幅に亘つて濕度は餘り變らないが、粘土質では處々で變る。從て此の部分に於て收縮又は膨脹が起り縦龜裂を生ずる。圖の數字は土の乾燥重量に對する百分率である。鋪裝築造前では、等濕線は凡そ地表面に並行して居つたに相違ない。鋪裝後何故かういふ不均一が起るかといふに、夫は専ら壓力關係によるのである。土砂の含水量は壓力が加はるに従ひ減ずる。乾燥季に於て混凝土鋪裝の縁端が如何に路盤の支持を失ふかがよく分る。此の原因による縦龜裂は多く縁端附近に生ずるのである。

路盤の支持力其他路盤等の處理といふ事に就ては次の如く述べてある。



第十二圖

a、路盤支持力の大小、性質、均一等は土質により著しく違ふ。(路盤支持力の性質といふのは結局土がしつかり荷重を支へて居るか又は荷重と共にイールドするかを云ふのである)。

b、路盤支持力の性質が粘土であるか、細土であるか、雲母であるか、珪藻であるかにより又其の土の組織及び存在状態等に依り夫々異なる。

c、土質の同じ路盤の支持力の大小は土の凝集力と内部摩擦抵抗、荷重分布面積及び上部鋪裝の重量等により異なる。

d、良好な支持には凝集力又は内部摩擦抵抗又は其の雙方が大である事を要する。總じて粘土は凝集力が大であり種々の粒度より成る砂は内部摩擦抵抗が大であり、粘土と砂とを混じたら或る程度迄兩者を兼有せしめる事が出来る。

e、内部摩擦抵抗が大であればある程、路盤支持力は荷重を廣い面積に分布するとか又は鋪裝の重量を増加するとかして之を改善する事が出来る。

f、路盤支持力を増せば基礎の厚さを減じ又破壊に對する安全率を増すことが出来るが、必ずしも剛性鋪裝の縦横龜裂を防ぐことが出来ぬ。

g、路盤支持力が均一となれば剛性鋪裝の縦横龜裂の發生を制限する事が出来る。

h、側溝又は深渠は多孔質の土地より水を排除することによつて地下水位を下げ、切盛個所の崩壊を防ぎ、路盤支持力を増し、又霜による持上り作用を大に減ずる事が出来る。

i、路盤處理の本來の目的は其の支持力を増加するにあるが、或る場合にはそれと同時に支持の均一性をも改善す

ることが出来る。

j、支持力を増すには凝集力の大なる土には砂を、粒状質の土には粘土を、又シルトには砂及び粘土を加へる。加ふべき粒状物はポルトランドセメント又は石灰の如く粒度の小なるものから砂、砂利の如く粒度の大なるものに及ぶのであるが、含水量を減ずるには粒度の大なるものを用ひなければならぬ。含水量を制限すれば土は凝集力を失はない。故に粒土に加ふる粒状物は細粗合せ用ひ、凝集力を保存すると共に内部摩擦抵抗を増加した方がよい。

k、ベース、コースは剛性舗装に於て縦龜裂の發生を或る程度迄緩減するが、中央に継手のある場合には餘り利益はない。

l、支持力が内部摩擦抵抗のため不足する場合には舗装の桁強度が望ましい。

m、支持力缺乏の原因が凝集力にある場合には桁強度は必要で無い。

n、桁強度は良好の砂粘土質の路盤上に敷設する磨滅層には餘り必要で無い。

o、剛性舗装の厚さを増せば破壊度数は減するが、支持の不均一による横龜裂の發生を大して防ぐ事が出来ぬ。

p、龜裂防止方法及び鐵筋挿入は龜裂の悪影響を除外することが出来る。そしてこれ以上龜裂の入りぬといふスラブの最終の大きさを豫定し得るから、スラブの切斷分離を防ぐことが出来る。

q、公道設計には地下水位、各種土質の物理性を記入した路盤實測縱斷圖を作ることが必要である。

決論として舗道の各部—路盤とベース、コースと磨滅層との三つ—は各々特殊の任務を有し、何れも等しく重要であり其の一つが不完全であれば全體の破壊となるから、夫々の任務に従ひ充分の注意を以て施工しなければならぬ。

第五章

混凝土道路の伸縮接合問題と其の設計

第一節 英國、グラント氏の意見

混凝土道路の設計に當りては其の材料の性質に就て充分の理解を持つて居ることが必要であるが、殊に其の伸張収縮に就ては特に詳しく考へなければならぬ。總ての舗装技術にしても其の初期に於ては頼るべき前例、又は實驗成績と云ふものが乏しい爲めに道路技術者中にも其の混凝土道の先達をした頃は此の新材料の使用から完全な成功が得られなかつた爲めと縦横に龜裂の入ることが多かつた爲に可なり躊躇氣味であり又なるべく之が使用を避けて居る者が多かつた。而して鐵筋混凝土舗装の經驗からして混凝土舗装には當然に伸縮接合を造ることが必要であることを覺つたのであつた。

永久道比較論 茲に軌道と舗道とを比較して見ると、軌道には其の軌條がある長さ迄は一本にロールして造られるものであるが然し温度の變化から來る軌條の伸長による持ち上りを避ける爲めには適當な位置に伸縮接合を造るの必要がある。而して鐵道の軌條に於て太陽の直射を受ける部分は其の斷面の約半分であり而して混凝土舗道に於ても其の斷面の半分は太陽熱の直射を受け熱を加へられるに拘らず其處に何等の伸縮接合のことを考慮せず一面の床版として混凝土を打込む場合がかなり多い様である。

混凝土車道の場合も全く軌道等の如きものと同様に考ふべきものであつて、殊に其の路面に及ぼす應力は軌道の場
合よりも大なりと云ふことさえ考へられるのである。例へば道路にありては車輛の全重量を唯一對の車にて支へるト
レーラーの如きものがありドライビング車輪としても汽車の如く二對三對になつて居るものに比し道路用の車輛の一
對となつて居るものは車輪道路面間の摩擦は頗る大なるを要することとなる。尙軌條は跳ね返る様な所謂回復性をも
つて居るが混凝土道には此の特性がないから如何なる伸縮接合を作るとも其所に槌打作用ハンマーアクションを起し之れによる應
力を分散することが出来ない。

伸張の原因と接合の必要 伸張は イ、温度の昇騰と ロ、降雨湿度等の關係よりする混凝土中の含湿度の變化に
よつて起る。而して之と反對に混凝土の收縮は温度の低下と混凝土の乾燥によりて生ずるのである。此のことを考へ
るならば、混凝土道路に伸縮接合を造ることの必要なことは誰でも首肯する所であつて、混凝土道路の現状を仔細に
觀察するなれば又當然な事柄なるのであろう。混凝土道路には大體に於て一定の間隔に龜裂の入るものであつて、
之は混凝土打設後の收縮及び氣候温度の變化による伸縮によりて起るものであつて極めて暑氣高き日に於ては混凝土
が膨脹して膨れ上ることも吾々の時々見受ける所である。

既に知る如く英國交通省に於ては一九二五年の道路改良令中第六節に混凝土道路試験に關する規定を定め一九二六
—七年の年報には「或る路線の混凝土道路の長い間の觀察によりて道路は其の路面構造及び其の路盤共に氣象の關係
によりて常に伸縮移動を續けて居ることを確かめたのである」とさへ云つて居るのである。

伸張の範圍 茲に混凝土の伸張の範圍を確めるの要が生じて來る。混凝土は華氏九十一度（英國にての氣温變化の
範圍）の氣温變化に就て一吋につき〇、〇〇〇五吋即ち一哩に付二呎六四の伸張をすることは實驗によりて證明せら
れて居る（英國土木學會誌二二五卷三〇頁フアーバーの記事参照）。而して之に吸水による伸張が加はるものと見れば
良いのである。然しながら此の吸水による伸張率は其の混凝土の組成及び吸水率及び降雨量等によりて確然たる數的
計算を爲すことが困難であるから、一般には暑中急雨があつた時に於て最も大なる伸張が起きるものと考へるの外は
ない。而して温度降下、水分蒸發による收縮は上記の伸張と同量と見るのが至當であらう。鐵筋挿入によりて伸張收
縮率が減ぜられることは既に發表されて居るところであるが然し之は直接温度湿度の昇降による伸張收縮に比較して
は極めて小さい影響であるから考へる必要のないものである。

伸縮接合の現状 茲に英國の道路に於て從來使用されたる伸縮接合に就て一應の説明をすることが必要であらうと
思ふ。

混凝土道路の初期にありては一定の間隔にスプルース (Spruce) 材の細い板を混凝土の中に繼目として狭んで居たが
此の方法は忽ちにして廢止された。尙混凝土を衝き合せに接ぐことは其の力が弱いと云ふことから核劔にして之は縦
横の接合に用ひたものであつた。

現在用ひられて居る伸縮接合は一般に次の二種である。イ、二つの版の接合には多少の間隔を明け其所には鐵筋を
挿入することの有無に拘らず木の板或は瀝青トロを流し込んだもの。ロ、混凝土を小間一つ置きに打つて行き、之が
硬化してから其の間の小間を打つて行く、鐵筋の有無に關らず、接合はイと同様にする。

カリホルニア道路調査會の實驗によれば、混凝土鋪裝に鐵網を入れたものは其の接合に於て壞れたが四分の三吋長

二十四吋の鋼釘のタボを接合に入れ一方には骨鞘を入れて混凝土の伸縮に應ずる様にしておいたら此の缺陷は救ふことが出来た。

縦の伸縮接合は英國に於ても多數實驗された。そして夫は道路の中心に置かれてある。道路が縦に二列に舗設される場合には其所に當然に一つの接合が出来るが、夫を明確に接合として拵へる場合と二列の混凝土を中心にて接合する場合とがある。然しながら道路幅が三十呎の場合は温度の變化により最大伸縮は〇、一八吋であるが、此の道路の兩側が芝生の路肩である等の場合に果して之れ丈の伸縮を見込みての伸縮目筋を造る必要があるか否かは疑問にして、若し道路の兩側が混凝土造の側溝或は歩道であるが如き場合に於ては此の伸縮は伸縮接合にて調節しない場合は舗装面を害するか或は側溝、歩道等を害する事は一目瞭然ではあるが、道側の中心に伸縮接合を造ることは此の部分が交通の最も頻繁なる場所であるだけに交通の障害となることが大であるから、伸縮接合は道路の兩側に置くが至當であると信ずる。此の伸縮接合に使用する瀝青材も此の用途に用ふる爲に完全なる性質を有つたものではないから舗道が膨脹する場合には舗床版には此の目地に沿ひて龜裂を生ずる、而して龜裂が次第に床版の繼手の部分を毀損して行くものであるから、かゝる損傷箇所は切り取りて新に之が補修をしなければならぬ。

伸張を弱める力 前述の如く混凝土舗装は一哩に付き二呎六四だけ伸張するものであるが、之は唯混凝土が完全に自由に伸び得る立場にある時の理論的計算によつた數字であつて、實際にはかゝる自由なる伸張はしない、即ち混凝土版と路盤の間の摩擦が此の伸張を妨げるのみならず混凝土自體も幾分壓縮される性質を有つて居るのである。

床版の横方向の力率即ち床版に縦の方向の龜裂を生ずることは路盤の形が大に關係がある。路盤に反り即ち膨らみ

の付いて居る場合は床版の伸縮によりて展び曲りするものである。

設計に取り入るべき觀察點 舗装混凝土打の小間は之を連續的に打つても一小間置きに打つても各小間の間に少くも十分の一吋の幅を取つて置かなければならぬ。此小間の長さは其の小間の伸張の度に依りて支配せられ又其の面の仕上げをするに使用する搗棒の長さによりて支配される。若し前者の理由によれば十分の一吋の間隙を二つの小間に明けるとすれば其の小間の長さは十五呎位となる、而して搗棒の長さは最大十五呎位であるから此の十五呎は適當な寸法となる様である。

英國の實例によれば混凝土道路に起る横斷龜裂は最大三十呎間に起る様であるから若し伸縮接合を造るなれば、これ以下の接合は道路の中心線に直角でも亦ある角度をなして入れても宜しく、若し前者の如くすれば舗版の伸縮は直接接合に入れたる材料の彈性によりて受けられることとなり、後者の場合は材料の彈性で受くる外に接合の面と面とがすれて其の伸縮を調節することとなる。此の様な場合には各小間をつなぐ鐵筋等は用ふべきでないことは云ふまでもない。

要するに此の伸縮接合といふものは其の構造が極めて六つかしく混凝土と同じ様な強さ、磨滅度を有し、然も非常な弾力をもつた材料を探し求めて之を其の接合に挿入するの外は完全なるものを造ることは困難である。私の實驗によれば各小間を互違に打設して行けば混凝土打後直に起る收縮は次の小間を打つ時に埋めて行くことの出来る利益があり、一列に片端より打つて行く方法に比して收縮による龜裂の半分は減ずることが出来る理である。而して次の小間を打つ時に生ずる小なる收縮龜裂は後に起る伸張時の爲めの伸縮目筋として働くに適當な幅のものが出来るのである。

結論 要するに大ざつばに混凝土道に伸縮接合を造ると云ふことは之を技術的に見て成功する方法でない事は云ふ迄もない。道路に起る伸張収縮は單に議論上の問題でないのであるから之は合理的手段によりて夫によりて生ずる悪結果を防ぐ様にしなければならぬ、而して問題は今日まで此の伸縮接合に適當な方法が発見されてないことに歸すべきであるが、之に適法が案出すれば夫は直に標準型伸縮接合として採用されべきであらう。

伸縮接合を必要とする混凝土道路の設計に就て注意すべき諸項を列挙すれば次の様になる。

- a、接合は十五呎以下に置くべきものである。
- b、接合は舗裝の全幅員に亘つて居なければならぬ。
- c、側溝、歩車道境界石等の接合は舗道の接合と一致させて置かなければならぬ。
- d、伸縮接合は道路の方向と直角でも又或る角度を有たせてもよい。
- e、伸縮接合に挿入する材料は之に接する混凝土より磨滅抵抗の少ないものではない。
- f、接合に接する混凝土の端は破碎を防ぐ爲に面取りをして置かなければならぬ。
- g、舗裝版の下面に路盤の磨滅は極めて小となる様注意すること。
- h、鐵筋は伸縮接合の處へは入れないこと。(一九二九年六月七日のザ、サーペーヤーにて發表)

第二節 英國、クリフ氏の反對意見

私はグラトン氏の論文、混凝土道路の伸縮接合問題と其の設計を非常なる興味を以て讀んだ。此の問題は現下混凝土道が月に日に方々で用ひられる様になつて來たと共に其の伸縮接合に賛成する意見と共に反對する意見も次々と出て來る様である、而して私は取りあえず筆を呵して私の反對意見を述べて見やうと思ふ。

近年十五呎乃至二十呎置きに伸縮接合を置いた混凝土道路の舗裝されたもの、累計はかなりの延長となつて居る。そして此の道路をかなりの速力で自動車を驅る時には頗る不快な感を起させるものである。混凝土道の龜裂は連續的に混凝土を打設した時に於て起るものではなく混凝土を小さい區分の小間に分ちて打つた場合にも同様に起る。而して其の伸縮接合の處に於て多く破壊が起ることは人皆首肯して居る所であるから混凝土道を連續式に打つことは必ずしもよくないとは云へないのではないかと思ふと共に人工的に伸縮接合を造るよりも天然力による龜裂を俟ちて之を伸縮接合に轉用することが自然であり又利益ではないかと考へられる。

著者は温度の變化華氏九十一度に對し鐵筋混凝土の膨脹は一時に付き〇、〇〇〇五即ち一哩に付き二呎六四であると言つて居るが、夫は要するに唯大體のことを示したに過ぎなくて實際は骨材の性質、空隙の多寡、配合水の量等の諸項によりて多少の變化のあることは云ふまでもないことである。

又著者は軌道と舗道との比較をして居るが、軌道にありては軌條の全面が太陽熱に曝され尙其の熱傳導度が非常に高くこれを以て僅かに上面のみが太陽熱に曝され熱傳導度低尙其の厚さに於て著しく異なる此の兩者を比較することとは決して妥當でない。

混凝土版床膨脹を考ふる上に於ては混凝土の熱傳導度のことは當然に考へなければならぬ。此の傳導度の低い混凝土

土にありては太陽熱に曝さる、路面の部分は高熱となつても路盤に接する下面に近くは其の温度遙かに低く従つて版の上面下面の熱膨脹の度も亦著しく異なるのであるから此の版の熱變形による應力は平面的膨脹によるものよりも上面の膨脹の差によりて起るもの、方が著しいと云ふことを考へなければならぬ。

又著者は混凝土版の下面と路盤の間の摩擦の問題を提出して居るが之れ又大に考慮しなければならぬものと思ふ。混凝土版に起ることは否み得ぬ。そして此の移動は混凝土盤と路盤の間の摩擦係數によりて左右されることも亦云ふまでもないが、此の摩擦力が伸張により移動せんとする力より大なれば混凝土版には滑動する前に忽ち龜裂を生ずることは云ふまでもない、そして之は鋪道に多數の伸縮接合を造り小區分に分轄して混凝土打を行つたにしても遁れ得ない處である。

吾々は近來屢軌道が銲接され其所には全然伸縮接合を持たないもの、あるのを見て居るが、鋼の伸張率と混凝土の伸張率とは略同様なものであり、尙此所に鋼と混凝土の熱傳導度を考ふれば尙一層接合無しの鋪裝が用ひられ得る事が考へられるのである。

從來伸縮接合の多くを入れた混凝土道も夫が蜿々とうねり、波狀に凸凹し、伸縮接合にて混凝土が破壊して居る實例の數多くを吾々は見て居るのであつてまだ此の伸縮接合と云ふことは未解決の問題として残つて居るのである。而して尙連續式の混凝土打に於ても一日の仕事の終了を直線的に正しく切つて打ち上げて置くが利益か、自然の儘に残して置いて翌日の仕事を之に續けて初めるべきかと云ふことも其の利害相半ばし決し兼ねて居るのである。要するに如何なる工法を採るにしても混凝土鋪裝には龜裂は入るものと考へ、龜裂したる鋪裝は直ちに適當の材料を以て被覆

修理することマカダム鋪裝の如くするのが必要であり又最も賢明なる方法であらう。若し茲に被覆材料として熱不傳導性のものが得らる、なれば之は最も都合がよいであらう。(一九二九年六月十四日のザ、サーペーヤーにて發表)

第三節 英國の一技手の希望と意見

之は英國の一技手が以上の兩氏の意見を見てサーペーヤーの編輯長に宛てたる文である。

混凝土道路の伸縮接合問題及び之を反駁せられたる論文は最も興味を以て見た。然しながら此の問題の理論に深く通曉しない、又此の種の工事に餘り経験を有しない若い技術家に取りては之等の論文は唯此の構造の最善の形を考へる者に大なる混雜を齎らしたに過ぎないのを遺憾とする。今後鐵筋混凝土道路が益々増加するとせば一日も早く一層正確にして信賴され得る構造を發表されることを希望に堪へない。同一の路盤に於て伸縮接合を有するものと有しないものと二様の鐵筋混凝土道路を造られ、夫に就ての結果を發表せられたならば吾人を利することの大なるべきかと思はるる。

最も満足なる結論に到達する迄は混凝土道路は構造上問題を起し易き人工的伸縮接合等を造るよりも鋪道を天然の力に委して、出來た龜裂は表面から處理して之を填充して行くのが賢明な方法と思はるる。

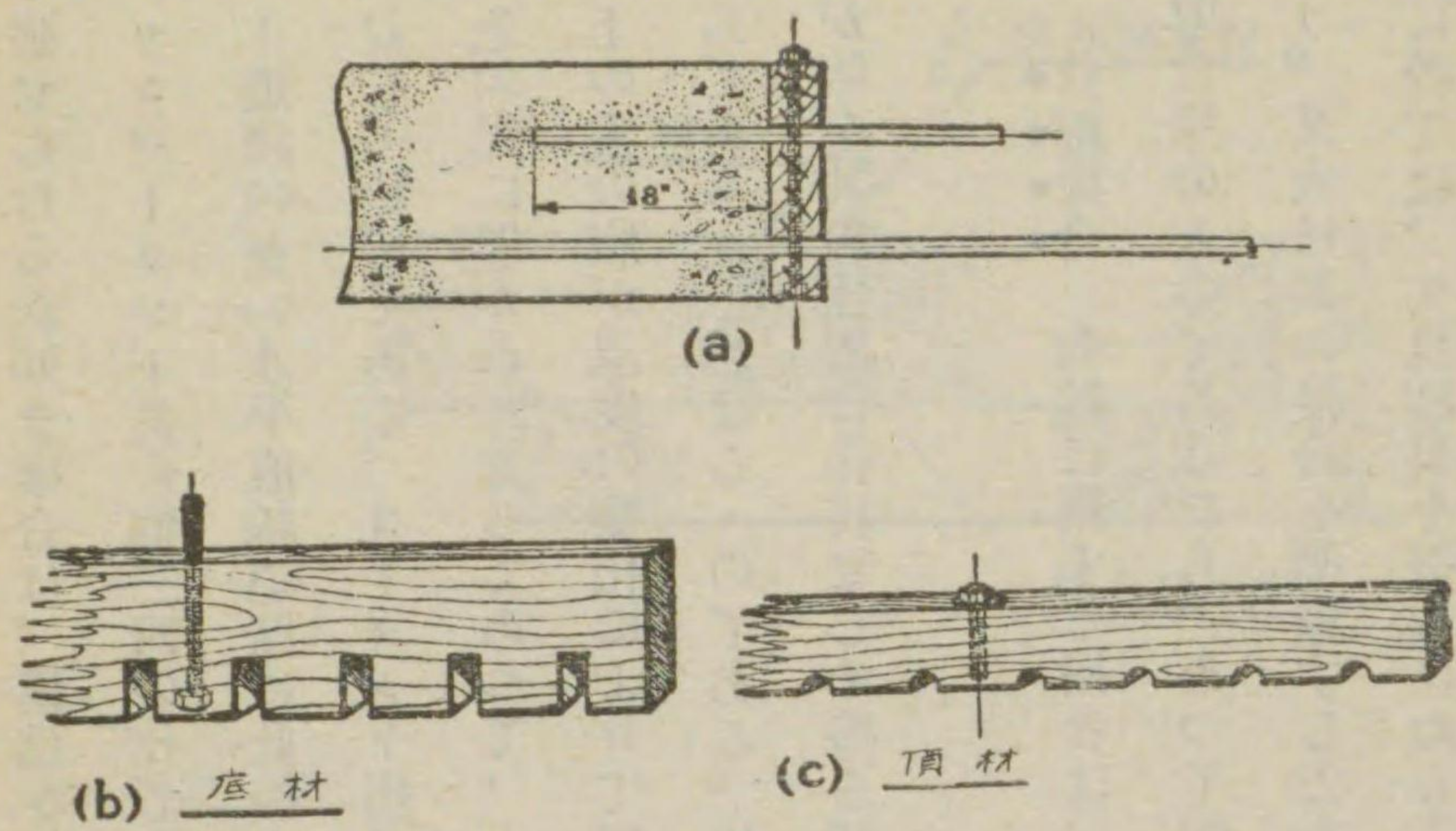
(一九二九年六月二十一日のザ、サーペーヤーにて發表)

第四節 英國、スミス氏の意見

鐵道線でさへ鋼の收縮の爲めに接合箇所にある間隙を置いて居る。其收縮係數の同様なる混凝土に對しても亦同様の方法で取扱はねばならぬ。

鋼の收縮係數は0.000030—0.000039で、混凝土の收縮係數は0.00005—0.000055である。道路面に於ける溫度の變化の差の甚だ少ない處では、長い連續的のものを造つても別に惡結果を持たないのである。裂罅が出来ても夫を直すのは接合箇所を造るよりも容易であると考えて連續的版の道を構成する投師も少くない。假令ひ裂罅が構造上の特徴として避け得られぬものにして見ても、夫は甚だ見苦しきものであるから、かゝる事の無き様に設計實行するのが技師の義務であるべきである。なぜ多くの道路に於て、技師は收縮接合を造る事を好まぬのであるか。之をおろそかにする爲めに路面の水平差に歸する擦剝も少くない様である。又多年の間混凝土床に不良な接合をして居つた事もあり、又貨車の迅速通過を許した事もあつたが、かゝるものは數箇月間重量貨車が通過すると直ちに薄弱な箇所が出来て良くなかつた。近時技能も進んだ爲め混凝土道路の接合に就ても大に考慮を要するに至つて其の熟練も積み、其の方法も工夫して善良な接合を爲すに至つた。

連續構成の接合 (A) 平面の衝頭接合 混凝土が一部分仕上げて其日を終り、翌朝夫れに續き先方に延長施工する事がある。此場合に版の連續が實際の收縮接合を有せず仕上げらるゝことがある。かゝる平面の衝頭接合は露出しな部分ならば良い。



第十三圖

(B) 補強接合 施工の位置が充分確固たらざる様な性質の土地ならば本接合を可とするものであつて、此の場合は接合箇所を通じて底部に補強鐵筋を置いて、其の接合箇所を通じて其の兩側に十八吋(四十六糎)より小ならざる釘又は網目のものを挿入する(第十三圖参照)のである。底部材(b)は釘が其材

の切り込み個所の上面に接する様に置き、夫に頂部材(c)を縦ボルト又は鉄止めとする。翌朝仕事を續けるときに此材を除却することは左程困難なことではないから、之を取つて仕事を續ける。露出個所に於ては此接合は充分良好なものとは認め難い。縦の裂罅は時々二重の補強材の各端の所に起るものである。

交互突出し接合 接合箇所を通じて二重の補強材を使用するときは、前法に準じて之を爲すもので此方法はサレー州會で用ひらるゝ法である。ミッドルセツキス州會の混凝土道路では、補強は僅に二吋(五糎)接合に止めて平面衝頭接合を使用して居るが、良好の結果である。接合箇所を通して二重補強を用ふることは、基礎の非常に悪しき所等の或る特殊の場合の外は一般に必要なきもの、様である。種々の條件の元に於て接合の形式も種々の實例はあるが、何れも大同小異で特に之が優秀といふ様なものは無い。或る距離間に開口が作られたならば、夫を瀝青で充たすことがあるが、其

●●●●●●●●●●
 収縮接合間の距離

此の距離を計算するに用ゐられて居る公式はある。色々批評はされて居るが然し安全なもの

を見て良からうと思はる。即ちdはコンクリートの厚さ、Lは版の長さ、Sは混凝土の破砕應張力、fは版と補充物との摩擦係数とすれば

$$L = \frac{S \times 12 \times d}{f \times w}$$

今 $d = 8\text{吋}$, $f = 2$, $S = 100$ (十四日目に於けるもの)

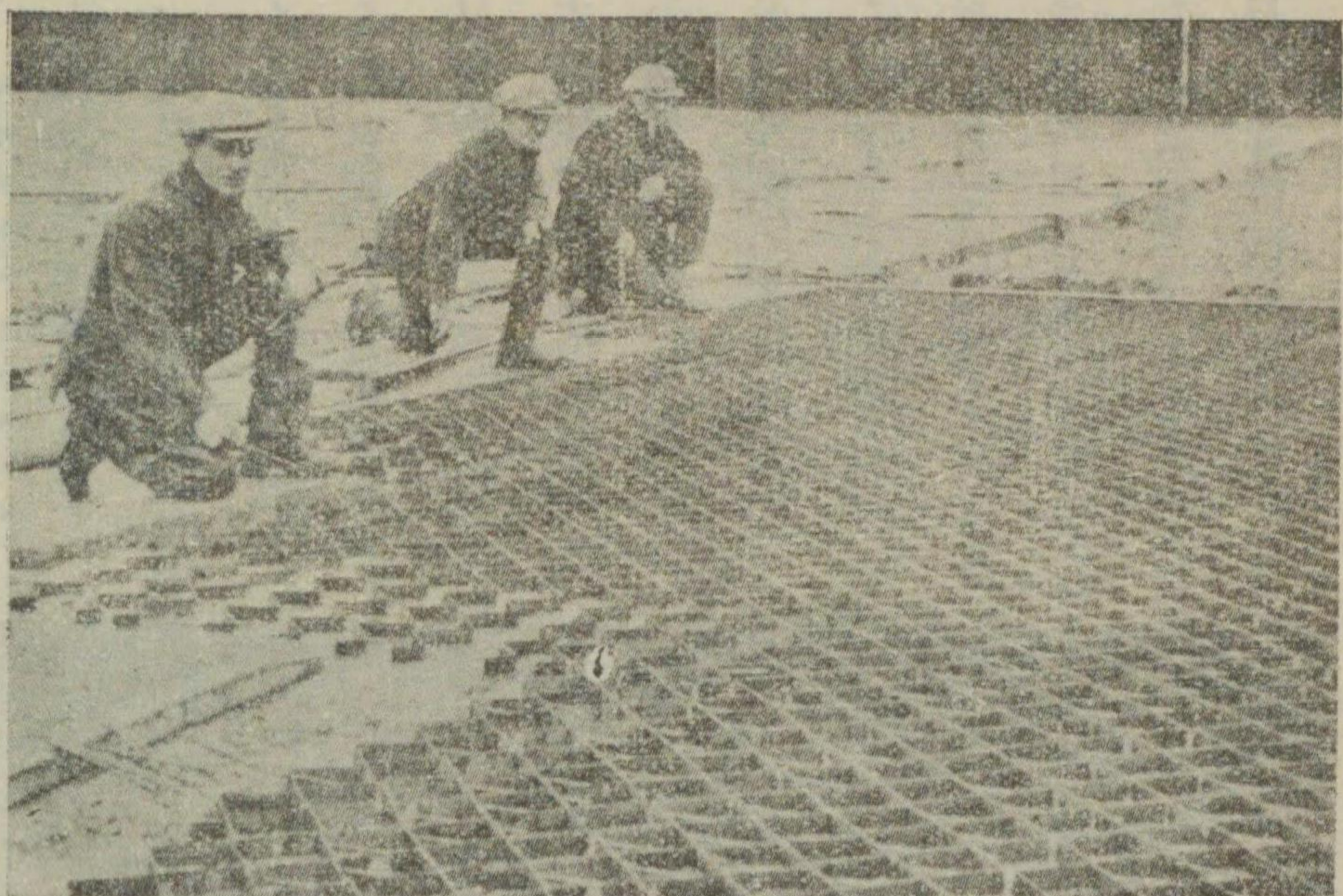
$$w = 100 \text{ (8吋厚に對して) とすれば}$$

$$L = \frac{100 \times 12 \times 8}{2 \times 100} = 48\text{呎}$$

混凝土の張力を助ける爲めに鋼の補強材を使用するときは版の長さを尙長くしても良い。然し現在では先づ六十呎(十八米)位を長い距離として居る。

●●●●●●●●●●
 柔軟な土地上に設くる接合 泥炭沼の様な悪しき地盤には、

動荷重が版に漸次力を傳へる様に接合を充分強固にして置かねばならぬ。之は前にも再三述べた様に接合個所を通して二重の



第十九圖 鋼製表面の目網

補強材を設けるが良い。然し尙善良な方法としてキルダー州の州技師の採用した方法は第十八圖に示す如きもので、接合個所に於て長さ三呎(〇、九米)の一寸(二、五種)徑鋼釘を版の中立軸に一寸(〇、三米)毎に入る、ことである。

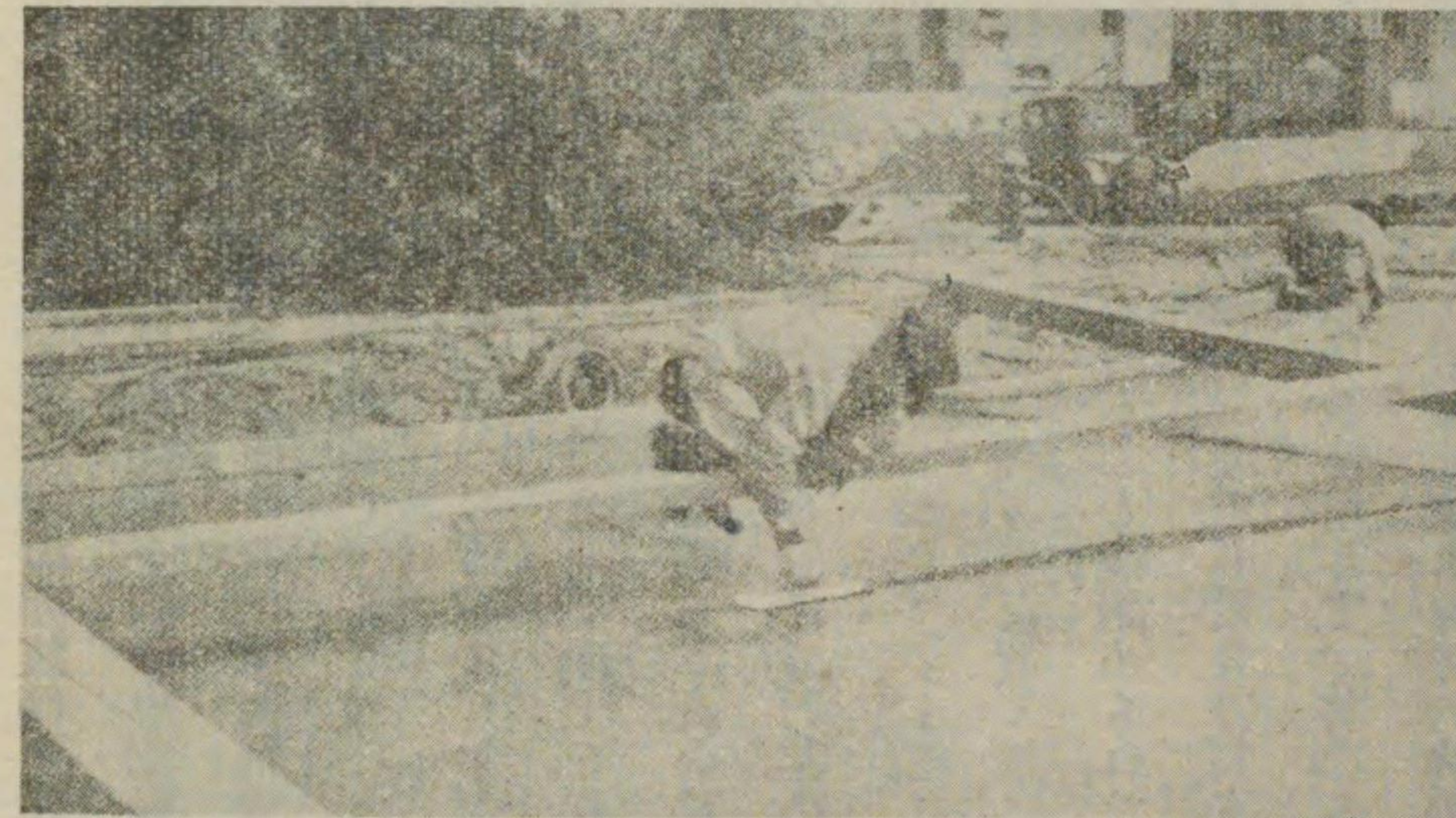
今各接合個所に十七本の釘を入れる、とすれば、夫れが表面から上下部補強材間四吋半(一一、四種)の處に置かる。而して釘は最初其の長さの半ばだけタールを塗つた褐色の紙で包んで端には紙の下に帽をかぶせて結附する。帽は約三吋(七、六種)長のもので、古い自轉車のフレームから切つたもので、半ば瀝青で填める。此帽を附する目的は釘の端に對して新らしき混凝土の撞くのを防ぐ爲めであつて、瀝青は混凝土を打つたとき釘頭が直下に壓さるゝことを防ぐに充分なもので、然も其の後に起る収縮作用を妨げぬものである。此の接合にカレンダーのレジラといふものを使用せらるゝが、之は釘の距離に應じて水平に切つた穴を有するもので、其の穴を通してレジラに對して釘の紙が上になるまで押して置くのである。此接合個所の混凝土を爲すにはレジラに對して混凝土の四吋半(一一、四種)だけのものを最初に置いて、次に釘を通して次に釘の頭部に残りの混凝土を置く様にする。かくして接合を終るのである。

●●●●●●●●●●
 專賣品 ある專賣品を使用するところは近頃有益のあることに認められた。ベトナツクなども其の一種で、サットンで試みられたものである。其の方法はベトナツク鐵筋混凝土で接合の長さ全部に四吋(十種)の幅で二吋(五種)の深さのものを作る。混凝土の骨材には砂と大小三種の鐵屑を使用して、其の各種共同量に使用する。其の骨材の細粒のものは他の骨材に比して路面の角などを餘計に丸めても差し支えなく、尙強壓力に耐へて路面の破壊を減少するものであるといふことである。

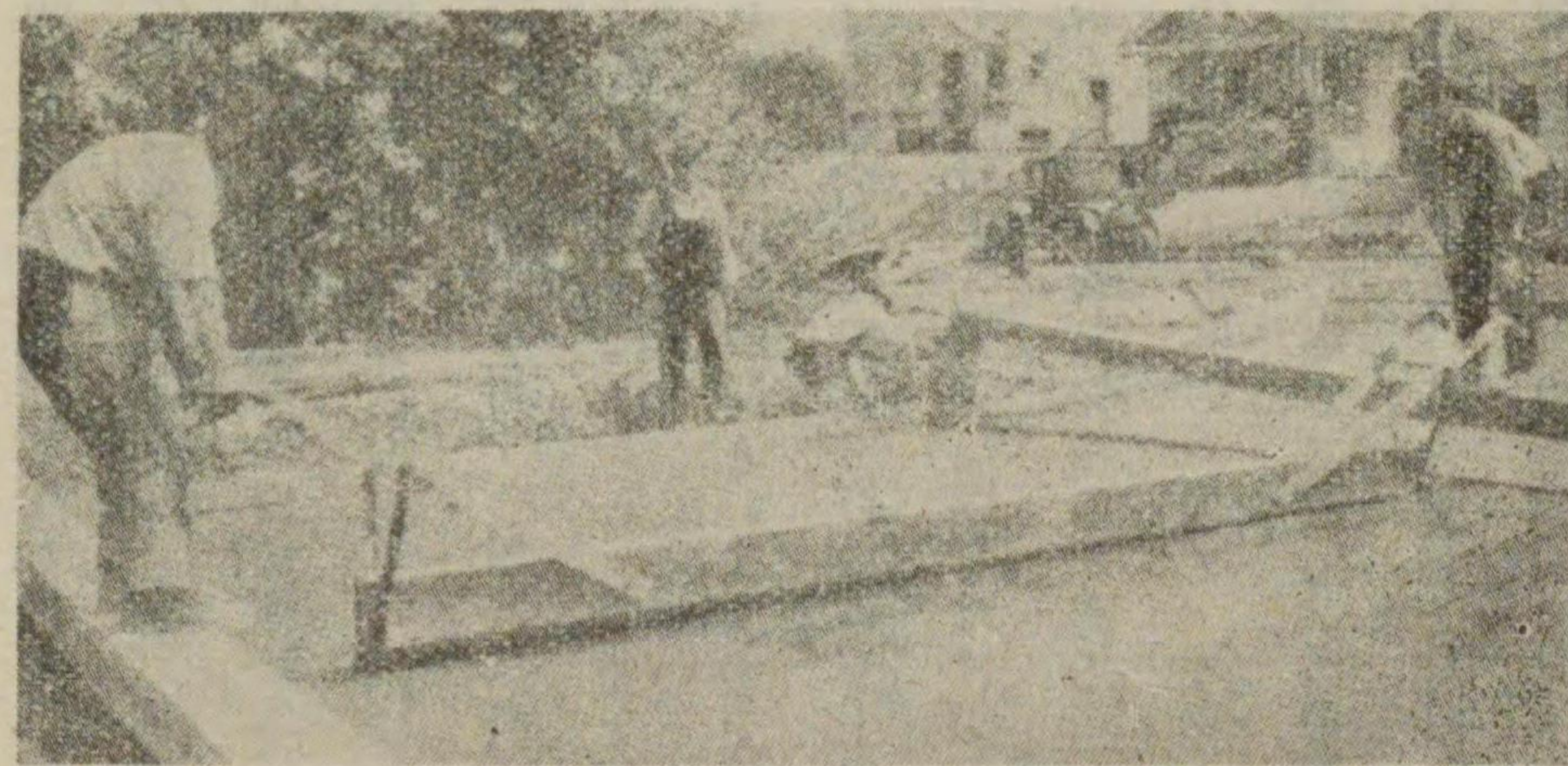
又鋼の表面網目のものをセレンシイ其の他の個所で、試用された(第十九圖参照)。之は鋼の細長片板をジグザグ状に

曲げたもので、接合個所の如き破損し易い所では混凝土に入れるもので、片板はお互に隣りあつて置いて結合する。而して出来上つた表面は小平方形の網目混凝土の連続した形になるものである。

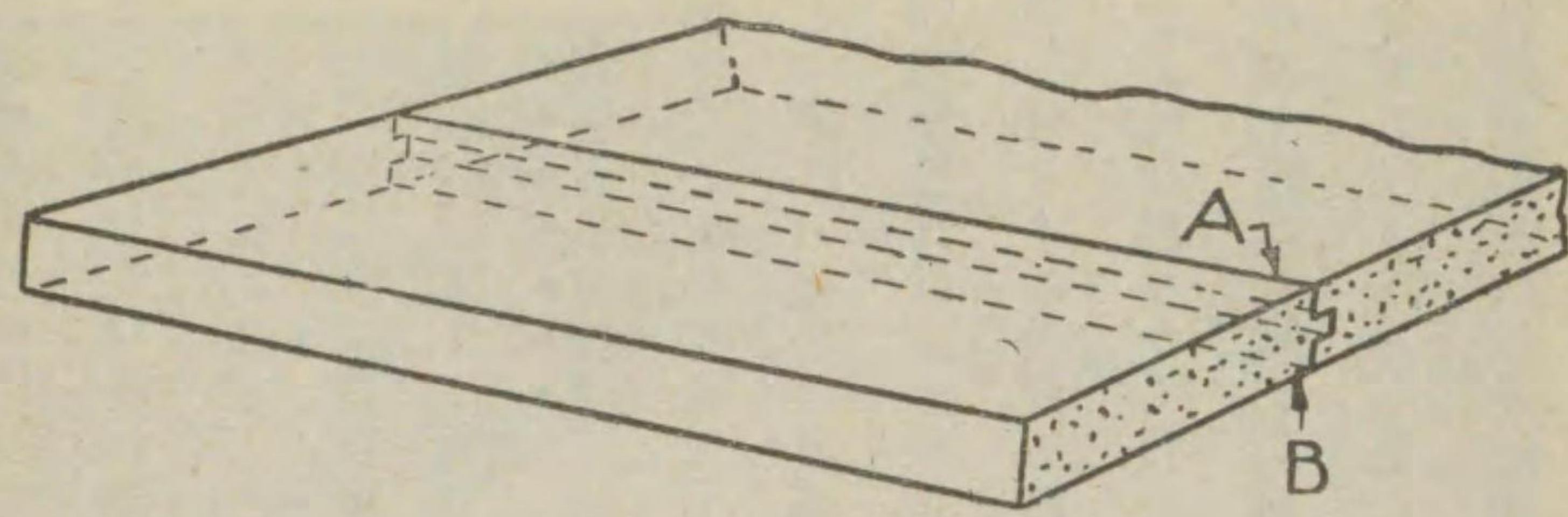
ダミ接合 之は所謂一種の假接合であつて、餘り使用せられ無い接合であるが、其効力のこゝに就ても屢々技師の仲間で議論のあるものである。此接合に對する理想としては、長く連續して作られた道路が何日か裂罅が起るとしても長期間裂罅なしにあるものとして居る。裂罅があつたとしても夫が或る一定の直線になると、或る一定の直線の收縮接合を使用した場合の様に修理は容易である。又ダミ接合と普通の收縮接合とを結合し



第二十圖 木鏝で既成接合填充材を置く圖



第二十一圖



第二十二圖



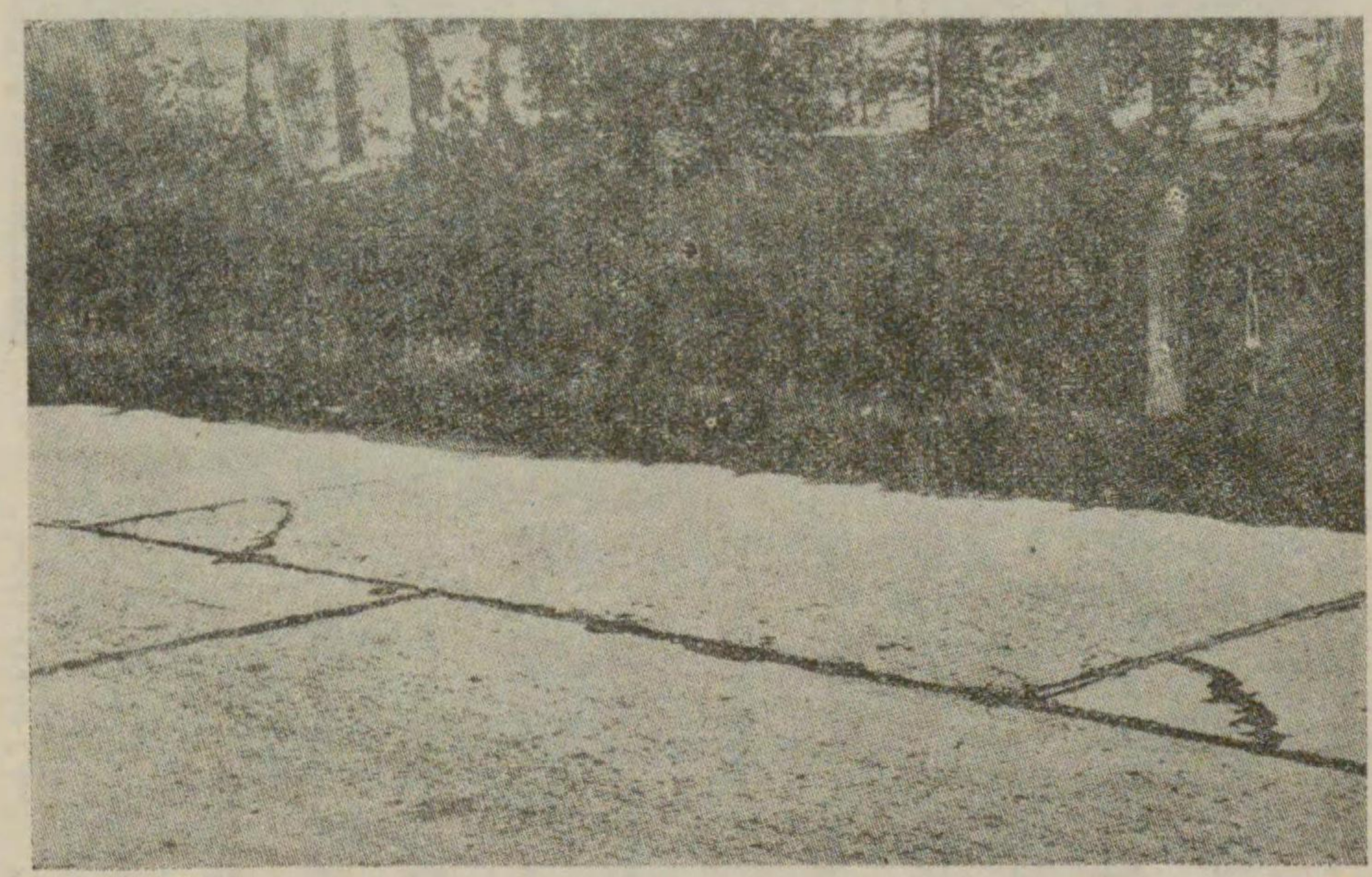
第二十三圖 斜置交列接合に對する區間の裂罅を示す圖

合を使用した。最初には六米毎及九米毎に設けたものであつたが、裂罅は九米のものにあつたからとて同技師は目下は皆六米毎に設けて居る。

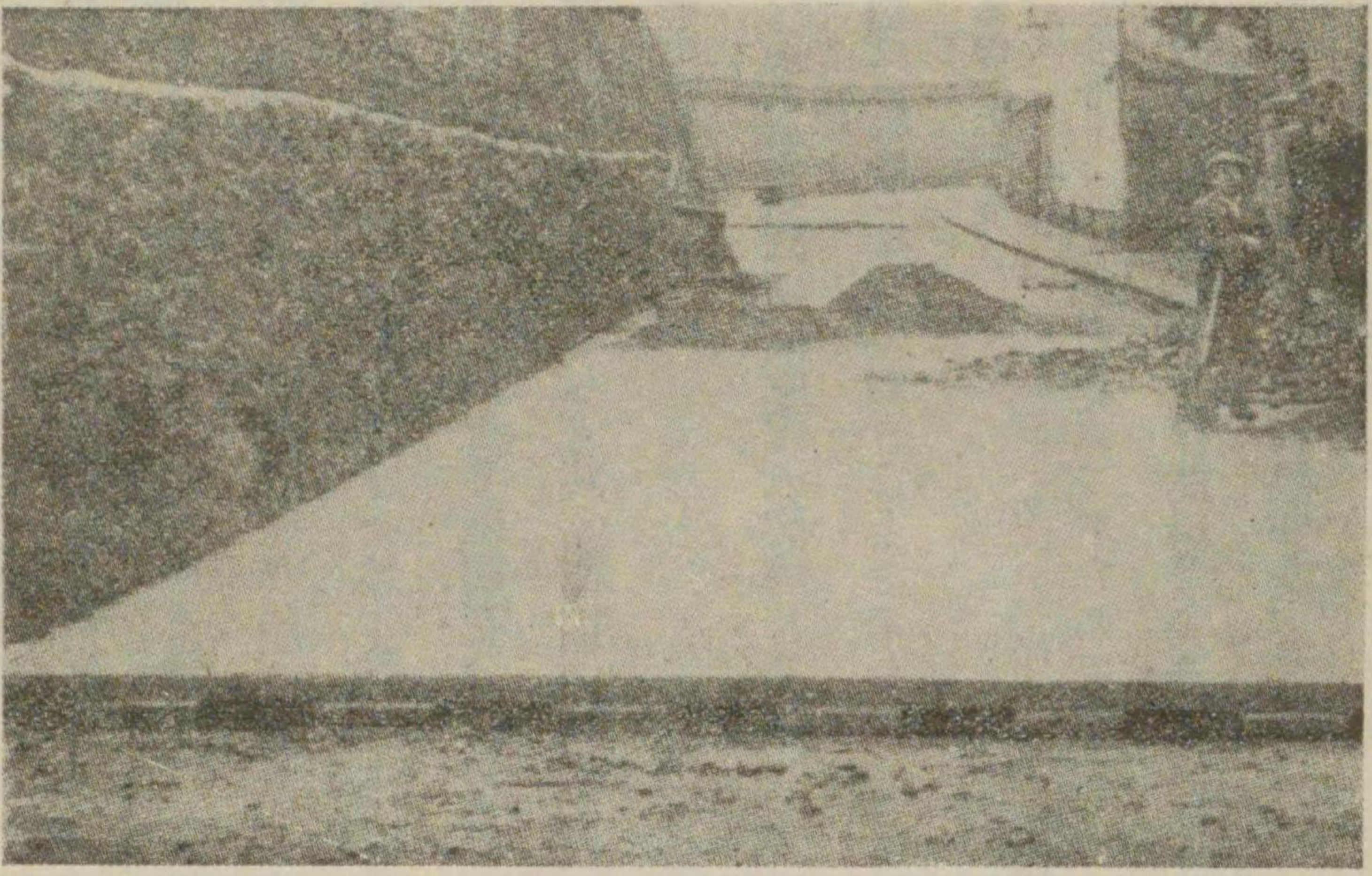
てやる事にすれば、或る場合には構成が容易なるべき利益がある事を考へて居るものもある。普通の接合の間隔を十八米とするも二十七米毎に此ダミ接合を二つ使用しても安全率は變らないとして居るシヤトルの市技師は鋼の値は高價であるからとて鐵筋の補強なしに廣く此ダミ接

幅員九米の道路を作るときは、全幅は一作業で仕上げる。此場合には中央の接合に長一、八米のT鐵を立翁で五纏の深さ迄混凝土中に打ち込むことにする。混凝土の幅は二十四米になると既成填充材をば第二十圖に示したる様な縁取器や木鋸で溝に押し入れる様にする。此ダミの縦接合にはT鐵は木片に固定さして第二十一圖に示す様に両端の人で押し入れるのである。此場合のT鐵には道路の反りに應じた反りを附することが必要である。

斜置及交列接合 本接合を試みないものは接合の問題を論ずる價値のないものともせられて居るもので、多數試みられた結果を見ると、道路の接合は其道路が一時に全幅を築造せらるゝ如き場合即ち連續築造又は交互築造の場合には直角から十度乃至三十度の角を爲すを可とする。此方法によると貨物が徐々に通過する道路の縁に僅かの角を爲すから良いのである。記者はなぜテムス築堤の北側の混凝土断面に隅の裂罅があるかと云ふ事を考えたのは、夫は縦接合が尖端と溝とを有して夫れて其の角度の爲めに一部の力は隣接に傳達せらるゝからであらうと思はるる即ち第二十二圖に示す様にAの荷重が一部Bに伝えられて版が聯鎖で弱い場所に強めらるゝから



第二十四圖 鋭角の接合の薄弱なる事を示す圖



第二十五圖 聯鎖接合の型を示す圖

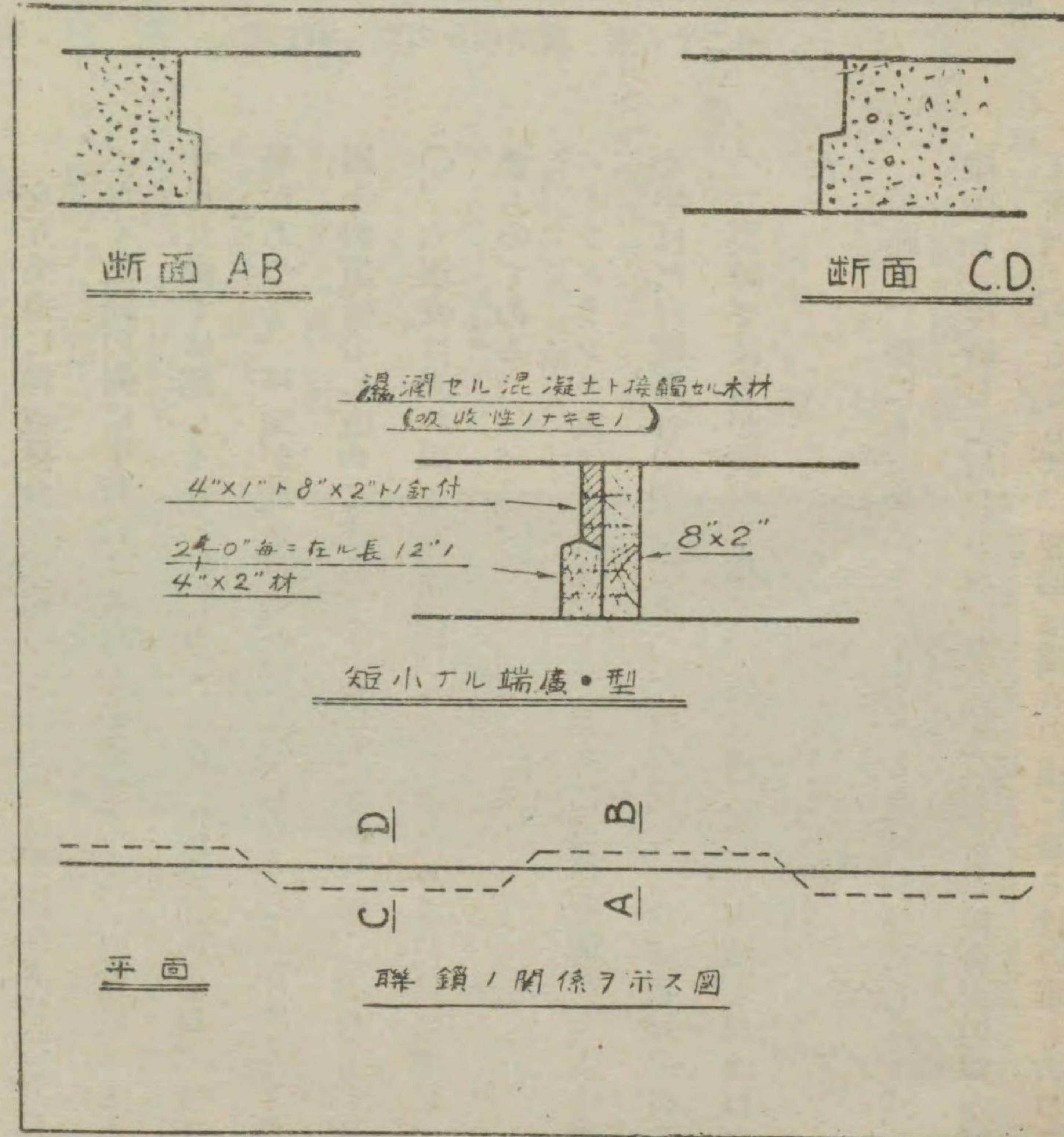
であらうと思はるる。交互築造に斜置接合が採用さるゝときは搦固が斜置接合に直角でなく道路の側に平行にする事が必要である。直角にする事は一寸見た處では悪くない様に見えるが、接合間の中央で低下する事があつて、路面が波を打つた様な形になることがある。若し搦固を斜置接合に直角にすることを望む場合には、其反りが僅かに〇、六纏或は夫れ以下でも搦棒で正しき反りを付ける事にすべきものである。イングラント及アイルランドで記者は道路を横斷して全部でなく半ばだけ縦接合の遣つてあつたのを見た。之は道路の縁を横切つた裂罅で接合が廣がる様で、餘り感心した方法と思はれなかつた。

道路が二條にも三條にも作らるゝときは斜置接合は尖端と溝の縦接合と接續して用ひらるゝ事がある。若し接合が道路を横切つて交列にあるならば、裂罅は圖示の様に擴る様の事もあつて漸次に次の區間まで割れて行くこともあるのである(第二十三圖参照)。

工事を容易に進め行くには一區間の長さに一組の緯線を入れて行くこと
 良い。其長さは十五米乃至十八米と
 する。其位にしたときは尖端と溝の
 接合を使用して一區間の往き歸りを
 一と仕事となし得らるる。然し縦接
 合の充分の深さの瀝青で區間を分け
 る様ときは必ずしも其の様には行
 かぬのである。

第二十四圖は隅の處の裂罅から鋭
 角に於ける接合の弱きことを示した
 ものである。

ウォルカー氏の設計されたお互持
 ちの良い接合は非常に簡單なもので
 重襲接合の經費以上に經費を要せぬ
 もので、鋼釘を使用しないが接合個



第二十六圖 聯鎖接合ノ型圖

所の力の強いもので、短區間の接合に用ひて良いものである。第二十五圖第二十六圖の寫眞と圖は一般の原則を示したもので、混凝土の聯鎖齒を有して居つて、其齒は頂部と底部とに交互に混凝土版の深さの半あるものである。記者の各所で此接合を使用して居るのを見たが何れも満足な結果を示して居る様である。

第五節 混凝土道路の接合用附着鋼釘の合理的設計

(米國イリノイス大學エドワード、バウエル氏述)

合衆國道路局の最近の報告によると混凝土鋪裝に鋼釘を用ふることを勧告して居る。混凝土鋪裝の多くの面積には鋼釘を用ひずに遣つて居るのが多い様である。又夫に就ての設計の考も持て居らぬ處もある。本編は混凝土鋪裝には鋼釘を必要とすること、其の使用の設計につき述ぶるのである。

鋼釘の目的 鋼釘は混凝土鋪裝に於て種々の版を結合し又は版に裂罅を生じたときに、版の其の部分と結合するに使用せらるる。此の鋼釘は針として又は針金の網目として使用せらるる。針は構造接合を横切つて直角に用ひらるる。所謂縦の隠し接合である。針金網目の方は版に使用せられて、縦又は横の或る接合を横切つて擴がつて居らぬ。此針は時々針金網目の代りに版にも使用せらるる。

どうして連結釘が接合を横切らずに縦構造接合に鋪裝さる、かと云ふことであるが、夏の時季には二個の版が膨脹する。其の膨脹は中央接合から離るる。冬には夫等の版が收縮する。然し收縮は各版の中心線に收縮する。冬では接合は塵埃で填まる。膨脹は翌年構造接合から離れて二つの版を離して押す。之がもとて二つの版の間は多年の後には

著しく擴がるものである。又針金網目を設けない版にも同様のこじがあつて版が直に裂罅を生ずる。裂罅が出来るにつれ夫が漸次見えぬ様になるが、裂罅に沿ふたる縁は直に缺けて來て夫れから破碎が初まつてくる。

かゝる破損が即ち鋪裝の荷重を支持する積が減るのであるから、裂罅の出來たときは、一方に於ては版の接觸を防ぎ、他方に於ては裂罅を防ぐ工夫をしなければならぬ。版の最も薄弱なる部分は、裂罅と接合個所又は接合個所と版縁、裂罅と版縁等の隅の處である。若し裂罅の何れかの側の版の部分が固く結合してをるならば、或る荷重の半ばは裂罅の一方の版に推しつけられて、他方の版に移動さるゝことになる。裂罅が一方から他方に荷重を移動し難い程開いたならば、版は全く半ぶんの強さしかないことになる。

此の裂罅の生ずるのを防ぐ様に版の各部分を保持する爲め混凝土中に充分の鋼材を置く事を必要とする。餘り移動の大ならざる様の所にでも、充分の準備をして置くことが必要である。

定數 鐵筋混凝土の設計には次に示す様な定數を採用する。

鋼の抗張力 每平方吋に付一六、〇〇〇封度(每平方糎一、二二〇砵)

鋼と混凝土との間の粘着力 每平方吋に付八〇封度(每平方糎五、六砵)

混凝土の重さ 每立方呎に付一五〇封度(每立方米に付二、四五〇砵)

版と地盤との間の摩擦係數は、其の盤の滑度如何に大なる關係を有するものであるから一定しない。種々の場合を考察して記者は2/3の係數を選んだ。而して之は實際使用されておる最小の値の様である。

縦接合の繫釘 此釘を使用する目的は擴がらんとする版を結合する爲めである。かくする爲に釘は混凝土の收縮に

て版が引かるゝに對し充分の大きさと長さがなければならぬ。

例へば幅三十六呎(一〇、八米)厚八吋(二十糎)の鋪裝が第二十七圖の如く二つの版に分たるゝとする。基礎より上に動かさるゝべき鋪裝の一呎の混凝土の重量は

$$18 \times \frac{8}{12} \times 1 \times 150 \text{ 封度} = 1800 \text{ 封度}$$

基礎上混凝土を動かすに必要な引く力は

$$\frac{2}{3} \times 1800 \text{ 封度} = 1200 \text{ 封度}$$

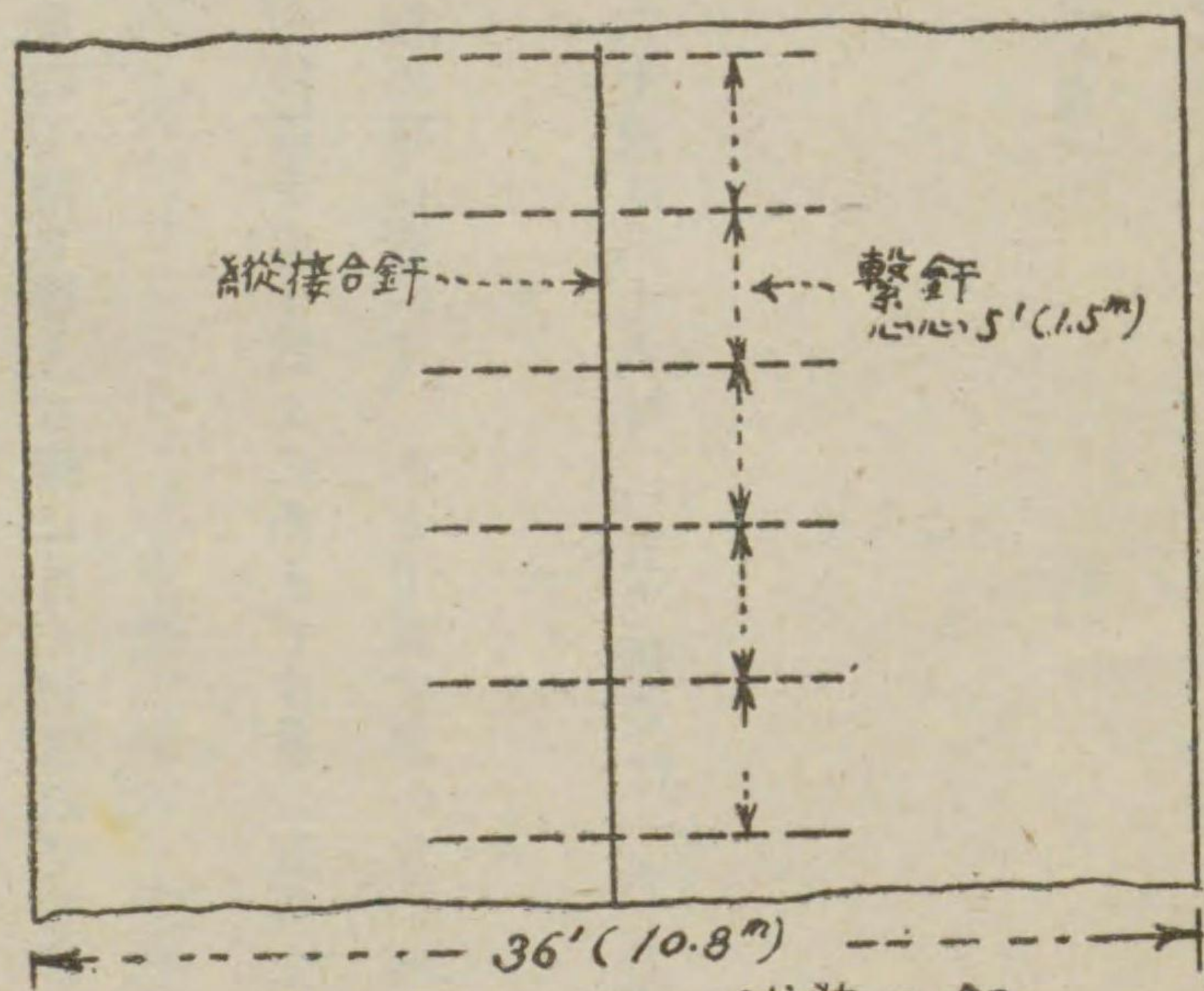
釘は一般に五呎(一、五米)の間隔に置く(實際に總ての變形版は二呎半毎の間隔に鑿穿してあるから五呎の間隔が必要になるのである)から各釘の引く力は

$$5 \times 1200 = 6,000 \text{ 封度}$$

鋼釘の必要な面積は

$$\frac{6000}{16000} \text{ 平方吋} = 0.375 \text{ 平方吋}$$

八分の五吋(一、六糎)角釘は〇、三九〇六平方吋の斷面積を持つてつて、必要な斷面積を有する最小標準釘とな



二版の鋪裝の釘
第二十七圖

るのである。

釘は摺動を防ぐに充分な長さだけ接合個所の両側の混凝土中に在らねばならぬ。

釘の混凝土と接する表面の各平方吋は八十封度を引くのに持ち堪へねばならぬ。此の八分の五吋角釘の長さは表面積に二、五平方吋即ち全力は

$$2.5 \times 80 = 200 \text{ 封度 } \text{である。}$$

六千封度で引かる、に對し其の長さは接合個所の各側に於て此分量にて持ち堪える様に旨く包まれてなければならぬ。

接合の両側に於ける混凝土が同時に打たる、ときに釘を置いて其の位置を直す爲めにあとで少量の混凝土を加へて全幅員を完成する様にする。一側づ、遣つて行く様ときは釘は餘程正確に置いて、あとで直す事のない様にしなければならぬ。

釘の長さは其の構造如何により異なるべきは勿論であるが、大體六十或は六十六吋(一五二糎或は一六七糎)とする
公式 釘の面積を求むる公式は

$$A = \frac{wt s W_c}{f_t}$$

式中 A = 釘の面積(平方吋)

wt = 鋪裝の幅の半(呎)

t = 鋪裝の厚さ(呎)

s = 釘の間隔(呎)

W_c = 混凝土の毎立方呎に對する重さ

c = 混凝土と基礎との間の摩擦係數

f_t = 鋼の毎平方吋に對する許容抗張力(封度)

釘の長さを求むる公式は

$$L = \frac{2cwt s W_c}{f_b \phi}$$

式中 L = 釘の長さ(呎)

ϕ = 釘の圓周長(吋)

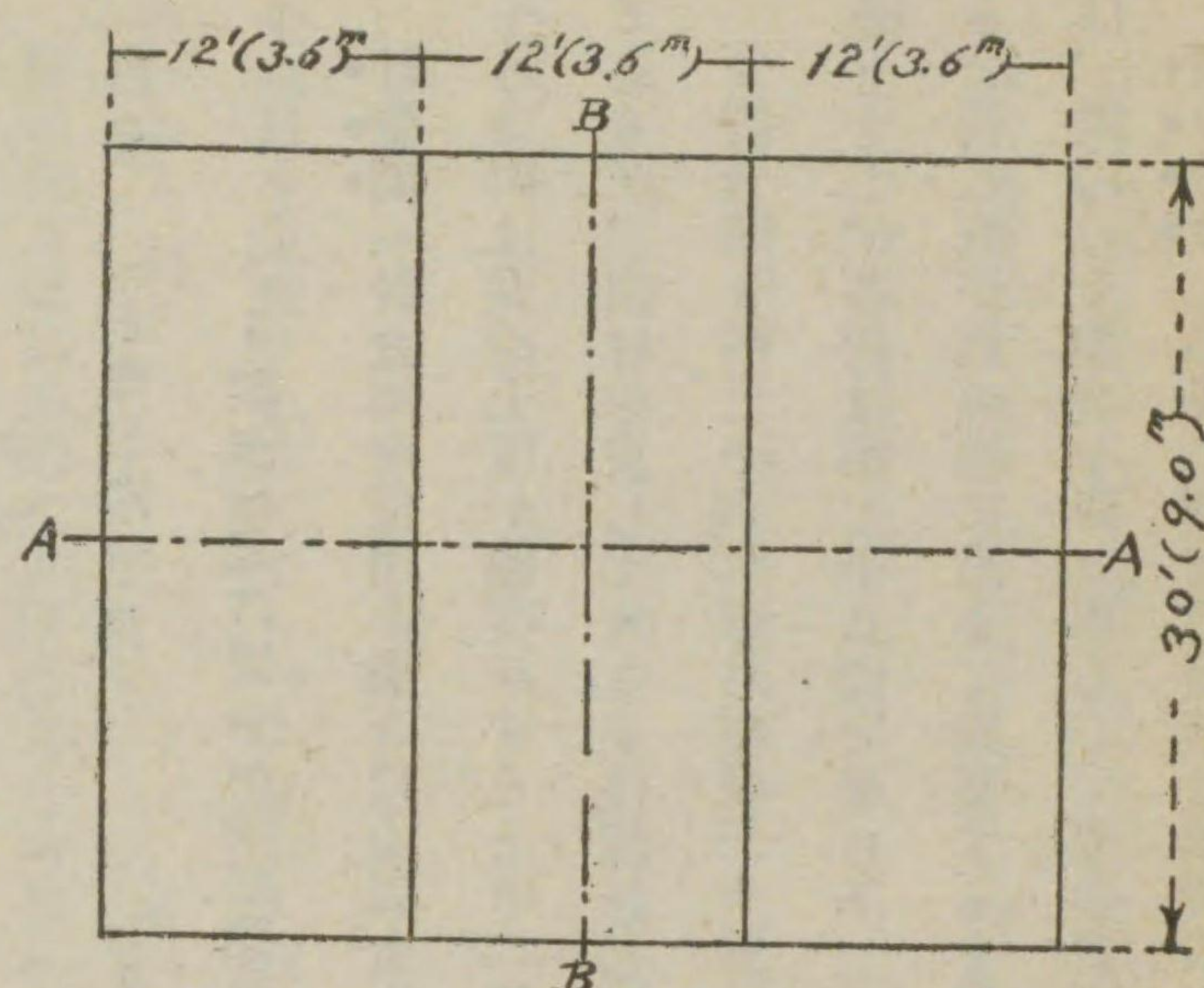
f_b = 毎平方吋に對する許容附着力(封度)

釘金網 釘金網を使用の場合にも以上と同じ様に一般の計算を應用する。

釘金網は混凝土版が龜裂をするときに其の版の一部を保持する爲めに使用せらるる。此の龜裂は全く不規則のものであるが、鋼材を正しく入る、様設計したものならば、其の断面等も正しくある。

今接合間を幅三十六呎厚八吋長三十呎(幅一〇、八米厚二〇糎長九米)の鋪裝と考ふるに、版が縦に三つの版に分たる、とし、各版は第二十八圖の通り十二呎(三、六米)の幅とする。中央部の正しき断面は A A 及び B B 線の断面とする。若し版が此の線に沿ふて龜裂するとすると、鋼材は最大應力を有つことになる。此の場合に横の釘金があるときは、縦に行く龜裂を防ぎ得るし、縦の釘金があるときは、横の龜裂を防ぎ得る。

横の釘金 必要な鋼材の面積は繫釘に對する如き同じ方法で示さるる。此の場合に中央單位の各側の断面は其の中



第二十八圖

央のものに連結さる。かくして横の針金の設計を考慮する。

鋼材の面積は幅一呎の小片のものとする

$$A = \frac{18 \times \frac{8}{12} \times 1 \times 150 \times \frac{2}{3}}{16000} \text{ 平方呎} = 0.075 \text{ 平方呎}$$

四番線を六吋(十五糎)毎に置くと毎呎に〇、〇八〇平方吋のものになる。又七番線を四吋(十糎)毎に置くと〇、〇七四平方吋のものになる。一般に六吋(十五糎)間隔のものを使用せらるる。

縦の針金 縦の針金に對しては設計單位の長さは接合間の間隔の二分の一とする。此場合に於て其の距離は十五呎(四、五米)である。必要な鋼材の面積は

$$A = \frac{15 \times \frac{8}{12} \times 1 \times 150 \times \frac{2}{3}}{16000} \text{ 平方呎} = 0.067 \text{ 平方呎}$$

五番線を六吋(十五糎)毎に置くと毎呎に〇、〇六七平方吋のものになる。又七番線を四吋(十糎)毎に置くと〇、〇七四吋のものになる。

縦と横との針金に對する必要の差は針金の同重量のものを兩方向に使用してよい程僅かな差である。即ち四番線を六吋(十五糎)の間隔に置くか、又七番線を四吋(十糎)の間隔に置くか、何れかを取るべきである。初めのものは百平

方呎分五七、八封度(一平方米分二、九呎)の重さが必要で次のものは百平方呎分五二、六封度(一平方米分二、六呎)の重さが必要とするのである。

第六節 英國、ダヴィス氏の意見

軌近混凝土道路が多く築造せらる、に至つて伸縮接合の問題は種々の意見に別れて居る。或技術者は伸縮無しに道路を造るべき事を云つて居る。或技術者は必要だといふ事で經驗上此接合を設けた方が維持に良いと云ふて居る。英國での最も多くの技術者は必要だと云ふ方の意見で、近來築設せらる、混凝土道路の多くは種々の種類の伸縮接合を設けるのである。實際に於ては其の接合間隔はまち／＼になつてある。而して急硬せしむる事は遣つて居らぬ。以下述ぶる處のものは、種々の實行せられた結果から見た考である。

- 版の水平動 混凝土版に於ける水平動は次の三因子から生ずるものである。
 - (一) 混凝土に於ける膠質素より水を失ふに依る凝結期間の收縮。
 - (二) 温度の變化による交互の膨脹、收縮。
 - (三) 湿度の變化による交互の膨脹、收縮。
- 混凝土の硬化期間の收縮による動は嘗て英國で遣つた試験に詳細のものがある、又英國でも嘗てオズカー、フェバー氏の遣つた試験成績がある。

夫等の實驗は收縮の係數は 0.00068 の如き高きものである事を示した。即ち十米長き版で五、七呎の收縮を示すも

のである。

此の動は混凝土が作られた後少くとも十二ヶ月間は漸減しつつも續けて行く、而して最初の四週間に於ける收縮は唯全收縮量の約二分の一である。

温度の變化に歸する膨脹係數は、實驗から華氏一度に付約0.000005なる事を見出された。温度の帯に於ける最大最小温度の差といふものは概略華氏一〇〇度である。此變化の最大係數は0.0005である。即ち毎十米に七耗である交互の濕潤、乾燥により惹起せらる、長さの變化といふものは他の二つの場合に比較して小であつて殆んど考慮する必要はない。起り得べき動の最大量は夫れ故に版の長毎十米に對して五、七耗の收縮及び七耗の膨脹である。膨脹は壓力を生ずるが混凝土は壓力に對して強いものであるから一般に悪影響なしに之に抵抗する。收縮は之に反して張力を生ずるが、混凝土は張力に弱くて唯一部だけは抵抗する。而して夫等を防ぐ爲めの方法を講じなければ龜裂が生ずる。

龜裂の發生

夫等の龜裂の發生は最初に混凝土の張力に關し起るもので、次に版と其の版が載りある地盤との間の摩擦から來るものである。混凝土の抗張力が強ければ強い程壓縮力に耐へべき力がある。而して龜裂を減ずる。又地盤と版との間の摩擦が小なれば小なる程其の水平動は自由になる。而してより小なる張力が生ずる。

技術者は夫れ故に二つの反對應力に出遇ふ。一は版の張力を増すには補強材を使用すれば良い。(混凝土の混合を富配合にする事は其の結果として收縮係數を増加する事によりて平衡する事になるから宜しくない)又一は膨脹接合をより密接に置く事によりて地盤との摩擦を減じ得る。

接合に關してどういふ方針で遣つたら良いかといふ事は意見が一致して居らぬ。然し接合構造の實際から見ても尙非常に有効なといふ點に達して居らぬ。だから今の處安全な結合として出来るだけ離して置くといふ方が良い様に思はる。實際の經驗からして版は金網の補強にして一八乃至三〇米毎に置くのが良い事とする。網の主針金は縦の方向になる様にする。二層補強は良い。然し若し一層であるならば版の表面から約五種の頂部に置く様にする。

縦接合 長さに於ける交互の接合に記載した現象は、又幅に於ける交互に適用する。然し路版の幅としては一般に其の長さに比して小なるものであるから、同じ豫防は必要でない。經驗によると中央縦接合なしに構成された版は殆んど常に道路の頂冠部に沿ふて龜裂をするやうである。特に横接合を密にしたときに生ずる様である。

夫れ故に頂冠に沿ふての構造接合を設くる事は良い。而して之は道路の半ばづ、混凝土を施工して行くならば最も便利に設けらる。其の間に平らな衝頭接合にする。又溝に沿ふての膨脹接合は不必要のものである。即ち硬化するに従ひ版は常に邊石から收縮するからであつて、而して或る將來の膨脹に對し許すべき充分の廣さの自然の接合を形成して居るからである。

膨脹接合の様式 接合に就ては種々の様式が案出せられてある。而して實地に於ても試験せられた。然しまだ此の接合の問題はまだ満足な解決に到達して居らぬ。最も簡單なる様式は普通衝頭接合である。(第二十九圖)夫は廣く道路工事に使用せらる。特に構造法の交互間隔を採用する場合に使用せらる。

硬い地盤の上に施工して軽い荷物の通る處では、此の接合は他の接合より實際良い接合である。然し混凝土の其の縁の處が削取られ壞れて弱い。之を防ぐには瀝青の填充材を屢々使用せらる。其の方法は混凝土の施工が進んで行

くとき其の界の間に濕つた状態の薄板の形で使用せらるゝ事もあれば又溶融點迄熱した糊状態のものにして、あとから接合の所に注ぐ事もある。各方法には二つの異論がある。一は夫は暑い天氣のときは填充材は液状になる傾向があつて接合から流るゝと。二は僅かの瀝青コンパウンドは版の縁を支へるべき充分の強さと接合の開閉に對し許すべき充分の弾性を有すること、であると。二つの夫等の要求を完成すべき填充コンパウンドを發見することの研究は絶えず續けられておることであるから、結局は或る理想に近いものを見出さるゝに到る事は疑のない事である。

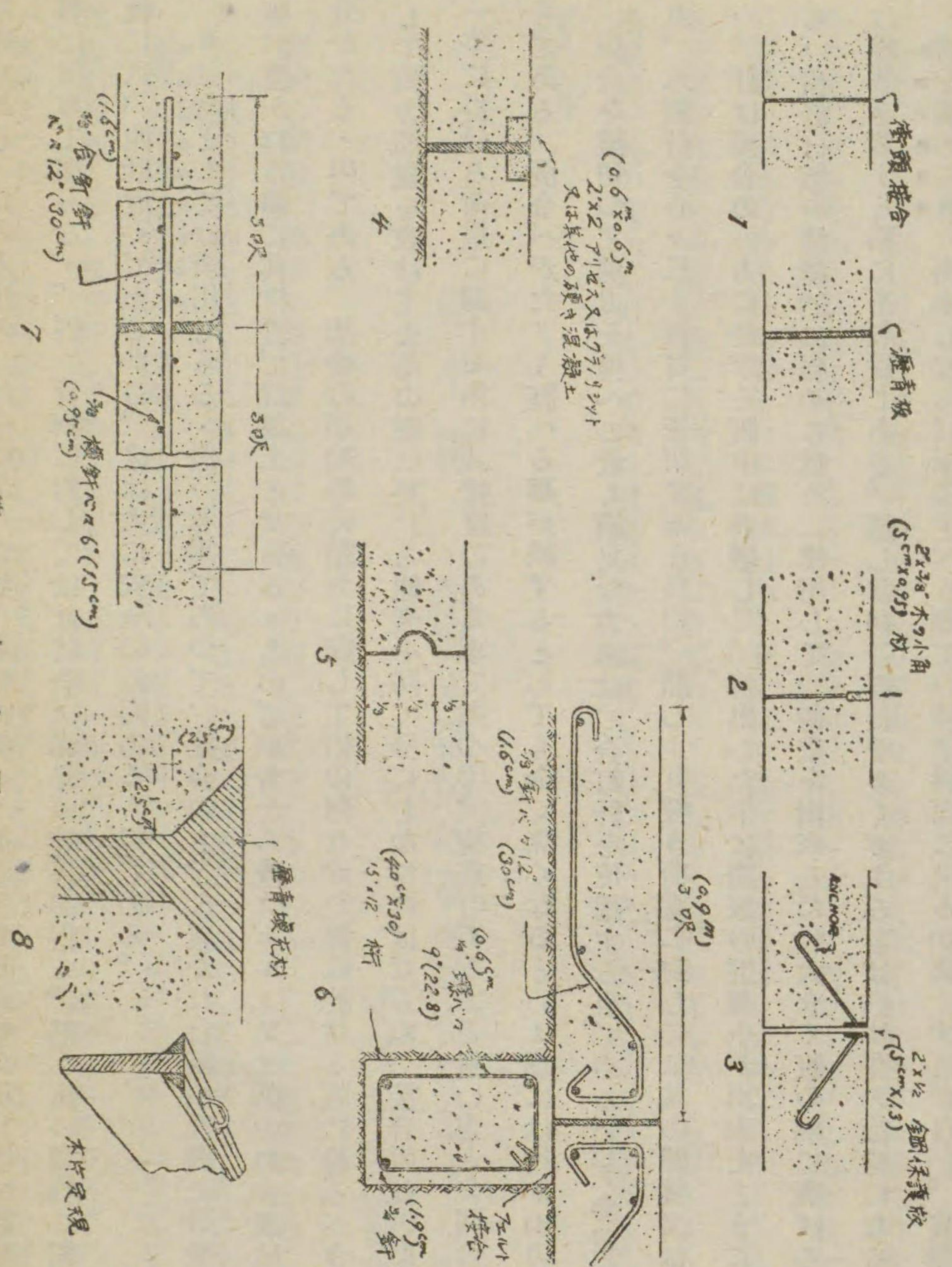
接合の側のより多くの側面支持に備ふる爲め、瀝青填充材の代りに硬木の棧(2)を用ふる事も試験された。二、三の場合には此の方法も好結果であつた。然し木は接合の動きに供ふべき充分の弾性材料ではなかつた。木は混凝土よりもより軟らかで、より多く速に損傷して裂片に破壊することのあるのを見出した。

試験せられた他の方法で餘り多く成功しなかつたものは3に示した如きもので。道路の反りに切つた軟鋼保護を用ふるのであつて、鈎の方法で混凝土に固着させたものである。此の場合には鋼は接合部分の兩側に在るから、貨物が當つて壓下さるゝ關係上混凝土の方が鋼よりも遙かに早く損傷する事になる。鋼よりもより軟かな金屬を使用する事に依り此の不均等の損傷を避ける事が出来るといふ事である。

叙上のものを變化させたものとして近來或は成功を以て試みられたものは、版の混凝土よりもより堅くより強靱な混凝土の填充材を以て接合の縁を保護する事である。(4参照)然し之として其の不均等損傷の程度は少ないにしても不均等損傷といふ事を免れぬ事は明かである。

震動の防禦 伸縮接合に關聯して最も大なる困難を感じるものは版の間の垂直動の防禦である。此の動の擴がり

地盤の安定如何に關係する。軟かな地盤に於ては夫が自然堅い地盤に於けるよりは夫は大である。然し各の場合に其の上



を荷重が通過するに版の僅かな沈下が生ずるものである。而して又車輛が一の版から次の版に通過するとき接合個所に僅かな撞き當りをなすものである。夫れが普通震動即ちがた〜震へるといふもので、之が損傷の大なる原因を爲すものである。

此の動を防ぐ方法としては接合の二面間に鍵の或形のを備へ

第二十九圖

る事である。此の方法の一は5に示した如きものである。而して定規漆喰の面にまで類似形の木の填充材を固着する事に依りて造らるゝ。軽い貨物に對しては此結合は満足の結果を得る。然し重い貨物に對しては混凝土の剪力は每平方糎に八、四疋近くであるから、之は大に安全の餘裕あるものである。

6は時としては使用せらるゝ、他の考案であつて、接合のもとに置かれた鐵筋混凝土の受臺桁の構成である。桁は主版が置かれる前に其位置で混凝土とせらるゝ、もので前者から或フェルト又は紙の如き或粘着性の無い材料の薄き層で分かつたのである。基礎の不均等の壓力に關しては桁の何れかの側に於ける版に起るべき剪力に對する傾向がある而して剪力補強を設けて夫等の點に於ける龜裂を防ぐ様にしなければならぬ。接合の此の型の不利益とする處は接合の一半に於ける荷重に歸する桁に或撓度のある事であつて、荷重のある方と無い方との間の水平に僅少の差を生ずるからである。例令へがたゞ震へる事が減ずるとしても全く無くなるといふ譯には行かぬのである。

接合を横切つて剪力を傳へる最も満足な方法は、合釘釘を使用する事である。(7参照)最も重き貨物に對しては一五、八糎釘を心々三十糎毎に使用すると良い。然しより輕き荷重に對しては其の間隙又は大きさを或比例に減じても良い。釘は接合の一方に於ける版中に埋置して、射出した半は隣版の混凝土が出来たときに粘着を防ぐ爲めに油を塗る。横釘は版を横斷的に強める爲めに使用して、荷重を出来るだけ大きく版の幅に廣げる目的である。接合の此の型は經費を要する點に不利益である。然し當初の經費を多く要する事は維持費の節約になる以上の利益はある。

稜を圓める事 出来るならば損傷すべき總ての稜は斜面にするか圓くするが良い。實際常にかゝる事をするのが容易でない。蜂窩の如くならぬ様完全な稜を造るには大なる注意を要する。而して脂肪で表面までよく加工する。稜を

型を造る最も良き方法は8の如く必要な反りを附する爲めに硬木を釘付した先の尖つた定規板を用ふる。接合の兩側の混凝土を遣つた後定規は引き去つて、其の接合個所に、瀝青填充材を以て表面まで平らに擦り上げる。

決論 此の短篇の記述には上述の如き種々の詳細なる構造を充分に示すといふ事の出来なかつたのは遺憾である。然し之で接合の事は困難な問題であるといふ事を示した積りで、又之が解決を見出す事を欲するのである。

混凝土道路の將來の成功といふ事は殆んど全く此の接合問題の満足の解決にあることは多言を要しない。之に關する研究や實驗の多數は既に各所で遣られた事である。然も尙今後の研究實驗も必要とするものである。茲には唯得た結果の一般の表示に止まつて餘り價値の無い叙述であつたが、之に依りて最後の解決を見出されんことを希望するのである。

第七節 混凝土鋪装はなぜ接合を要するか?

(米國シカゴの請負技師オルダー氏述)

固定の鋪装に於ける接合は二つの一般の目的に役立つものである。(一)所謂膨脹を防ぐ事(二)龜裂を抑制する事である。第三の目的も能く叶ふ事があつて、夫は免れない耐壓力に歸する削剝を防ぐ事である。

直接の平均温度應力 混凝土は温度一度毎の變化で何れの方向へも其の長さの0.000006倍伸縮すると云ふ假定は實質上正しきもの、様である。若し混凝土の圓筒體を造つて其の長さの伸長をある方法で妨げて置いたならば、温度の一度高まつたときには其長さに對し0.000006倍だけ壓さるゝ事が明らかである。若も混凝土の彈性係数を3,000,000

と取りて夫が伸張又は收縮から妨げらるゝときには、温度の一度の變化に於て其混凝土に $3,000,000 \times 0.000006$ 即ち
每平方吋に一八封度(每平方糎に一、二六疋)に等しき單位應力を起すことになる。

今便宜の爲めに一立方呎の混凝土の重量を一四四封度と假定するならば、伸縮すべき鋪裝版は地盤の摩擦が摩擦係
數に自由なる鋪裝縁に最も近き距離(呎)を乗じたものに等しい單位應力が混凝土の或點に起るといふことは容易に認
めらるる。ゴールドベツク氏は此地盤の摩擦係數は一、五から二、〇の値のものなる事を示して居る。今夫が二、〇な
るものと假定すれば温度の變化に歸する地盤の摩擦は版端又は版縁の間の半に影響する。每平方吋に於ける封度の應
力は、温度の變化が充分大なるときには呎に於ける版の幅又は長に等しくなる。

版に於ける摩擦力を求むる此の簡單なる規則は、平均状態のものに精密に適用せらるる。若も温度の一度の變化が
每平方吋に十八封度の伸張力を生ずるものとすれば、只十八分の一度が鋪裝の長又は幅の一呎の地盤摩擦に打勝つ爲
めに充分なる張力又は壓力に於ける應力を生ずるに必要なること、なる。日々の平均温度が十度の差を生ずるものと
見れば每平方吋に一八〇封度の應力を生ずることになりて版長一八〇呎のものは破壊せずに済む、而して冬から夏へ
の變化は一二〇度とすると、每平方吋に二、一六〇封度の應力があるから版長二、一六〇呎を要するといふ事になる。

此後平均温度に於ける變化に歸する應力と稱せらるゝものは大約叙上の方法で決定せらるゝのである。最大の温度
應力は横断面の一部に起ることが甚だ多いのである。又之が眞理であつて、平均温度の變化は露出せる頂表面の暖め
られたり冷されたりするに依るからであつて、唯數分間各朝及び夕には表面及び底部共同温度である。其の他の時に
は毎日十度から二十度の温度の差があるわけである。つまりかゝる關係から叙上の温度の變化に歸する應力も起つて

來ると考えらるゝのである。

彎曲及び温度の結合應力 温度應力が貨物の荷重に歸する彎曲應力に加へらるゝときには、混凝土の制限強度即ち
耐力を超過することがあり得る。故に混凝土の破壊龜裂の遲速は此の結合應力が制限強度を超過するその遲速如何に
よるものである。之が其の鋪裝の厚さが相當の割合にあればよい事になるのであるが、車輪荷重のみでは混凝土の耐
久範圍として破壊係數の二分の一として每平方吋に三〇〇封度(每平方糎に二一疋)を普通とする。版の中央の長さ
に於て地盤の摩擦は寒冷のときには接合間の距離の毎十呎に對し活荷重應力に迄約三、三分の一パーセントを加ふるこ
とになる。かくて最大貨物荷重が温度が下つて行くときに通行する事が屢々ある。此のときに或る厚さの餘裕がある
のでなければ横龜裂が生ずる事になる。

龜裂を抑制する許容應力 以上の記述に徴して横龜裂を抑制しやうと思ふならば、許容活荷重應力を接合間の距離
の各呎に對し每平方吋に付少くとも一封度(每平方糎に付〇、〇七疋)の耐久制限にしなければならぬ。平均又は合成
温度應力に對しかく用意しても不平均の應力分布又は不平均の地盤の支持に對し餘裕の安全率は無いわけである。

此の規則を許容應力に適用すると版の各十呎長の版厚に對し約四分の一吋を加ふべき事を知る。經濟的の接合間隔
は勿論接合の關係經費や繫鋼の増加厚及び面積にも關係する。一般に二五呎から三十呎の間としておる。

實用應力に對しては多くは破壊係數の二分の一よりも寧ろ三分の一を用ひて居る様で又版長に對しては少ない安全
率を適用して居るものと信ぜらるる。安全率を増加するならば隅の破壊を生ぜしめない事になるが、然し不平均の地
盤支持又は沈下等があるから龜裂をなくしないにしても大に減ずる事が出来る。或る接合間隙による横龜裂の抑制に

軸上に働く距離に關係するもので、若も合力が七吋厚の鋪裝の頂點下四分の三吋に作用するとしたならば、鋪裝が太陽の爲めにヒズムときには、頂面に於ける單位壓力は伸張接合間で每一〇〇呎に付約六二〇封度に之に伸張接合材料の單位抵抗力の每一〇〇封度の等量を加へたものである。全體で一〇〇呎離れた伸張接合に對しては每平方呎に約三七〇〇封度を示すもので、其の中道路状態のもとでの抵抗は每平方呎五〇〇封度とする。此の事が設計上の最初の注意と伸縮接合の間隙とを説明するものである。

低き抵抗の伸縮接合を以てしては約一〇〇呎の間隔に於てかゝる接合の間隙で削剝や膨脹を充分なくする事が出来ない様るとき、中間の接合をも設ける。而して其の接合の縁は頂表面の多き壓力を防ぐ爲めには縁器で接合縁を圓めて置く。或る場合には土の其の間隙に入り込むを防ぐ爲めに填隙材を使用することがある。之が後の厄介がなくて良い。

收縮接合の型 所謂ミセカケ接合の結果を考ふる事も必要の事である。若しか様の接合が鋪裝の厚さの半だけ明けであるならば、平均單位壓力は然らざる場合に起るべき倍の力となつてくる。若も刻み方や不注意な切り方がより深くなつたときには合力は其の割合に尙大となるべきである。

見えない下部分の壊れたり又は削剝したりする事によりて版の弱めらるゝに加へて特に寒冷期に過分の活荷重縁應力を救済する様な構造は、隣接せる鋪裝版を抱合せしむる様にする事であるが、餘り感心した方法でも無い。縦接合に對しては大に危険な方法であつて、ヒズミの爲めに樞絞作用を惹起する様の事もあつて宜しくない。

イリノイスの各所での觀察では、冬から春の間に十八呎の鋪裝の中央接合に於ける高まりは縁に於ける夫れに比して屢々一、二分の一吋以上も多く變化するのを見る。時としては二吋も又嚴寒期等にはより以上にも變化する。即ち抱合接合といふものも其の効は認め難くて終には破壊を起すものである。

若もタボの作用が縦接合にでも横接合にでも其の價値を認められぬとなれば、版縁は過大の活荷重應力を避けるものとして七分の十位の比に厚くすべきである。タボ接合も餘程考究して丁寧に遣つたものならば有効の事で、龜裂の心配も少なく見ゆる。又版の薄き中央部に起る破壊の危険を比較するに其の經費は知れたものである。

横接合に於て縁を厚くする事は避け難き摩擦牽引の礎着を多少増加する事になる。然し有効なるタボ的接合を設くる事にすれば縁を厚くする事よりも經費が安値である。

鋼繫材が流行したときには垂直削剝を惹起すべき車輪壓力の集中を防ぐ爲めに割れに接する鋪裝面上に割れ填充材を敷く必要を見たのである。護謨の繫材を用ひたときは鋪裝縁の鋼繫材の爲めに却て損害を受けた。實際に局部毎の損害は縁の破損の外は接合や割れ場所に多くて垂直壓力よりも寧ろ水平壓力によるものである。夫れ故に適當なる伸縮接合で相當の割合に水平壓力を減ずる様にし、圓くした縁を以つた接合で龜裂を減ずる様にしたならば、割れ填充材は接合から塵を排除するに必要な量に限つてよい。相接せる表面上に何等の敷き詰めをも要しない。従つて夫等の取り替へも要しない。

叙上の事が實際上の眞理であるならば次の如くに推定せらるる。

(一) 龜裂の實際の抑制は設計に於て適當な注意を採る事にすれば實行し得る。

(二) 若も許容活荷重應力が不變であつて、接合の間の距離が増加するに従ひ減ずるときには正しき結果が得らるゝ。

不確實の點は主として地盤の因子にあるのである。地盤の動きの爲に破壊を受ける様の事は經濟的の實行では無い。假令へ其の關係を定める事が困難であつても其の概略の事でも設計に加へねばならぬ。

(三) 中間龜裂の顯はる、如きものに就て有効タボ接合を確實にする爲めには鋼材の面積の版の寸法に比例した針金鋼又は溶接針のマットを混凝土中に挿入して龜裂の擴がるのを防ぐ。

(四) 平均の經費のもこで一五呎乃至三〇呎以内の接合距離では最も經濟的に龜裂の抑制をなし得るものである。

(五) 有効伸縮接合の間隙は每一〇〇呎長に付き集合して約一吋の伸張接合を爲すことによりて理論的にも確實に膨脹を避け得らるる。

(六) 削剝の危険は伸張接合間の距離及び其の接すべき抵抗に比例して増加する。此の距離は理論的安全には一〇〇呎に達し得て接すべき伸張接合の抵抗も少ない。然し尙其距離を接せしめ得れば其の方が良い。

(七) 總ての接合は削剝を減ずる爲めに縁取る事にする。

(八) 地盤は龜裂や接合に關係の無い様に保持して行くことにする。

(九) 過分の活荷重縁應力の危険に對しては總ての接合を有効なタボの方法にすれば良い。

(十) 破壊又は削剝により弱めらる、危険は横接合の其の形を撰まなければならぬ事であつて、横断面の限られた部分以上に膨脹壓力の不必要なる集中を惹起せしめない様にしなければならぬ。

(十一) 均等な装置、適當に構成されたタボ接合の間隙、活荷重に對する相當の餘裕と理論的比例を有する補強鋼等を以てする事は必要なる鋪裝の生命を實際に延ばし得る事の合理的な事であつて、然も夫が充分經濟的に完成せし

むる事が必要である。

第八節 米國、トレイノー氏の意見

ポルトランドセメント同業會が四ヶ年繼續事業として施行して居る混凝土鋪裝の現状調査から得た觀察の一部を發表したのである。

伸縮接合が鋪裝の缺陷の基となる場合の最大部分は施工時に於ける不注意の結果から來るもので、其の類別をすれば、

一、伸縮接合が完全に垂直に造られて居ないもの。

二、鋪裝の表面から底面迄完全に目筋が通つて居ないもの。

三、鋪裝面の端から端まで目筋が通つて居ないもの。

四、混凝土打の縦目と伸縮接合とが交叉して居る個所には伸縮接合の填充材が中斷されて居る場合が多く又之に他の剛性の物體の狭まれて居るもの。

又伸縮接合に瀝青材を填充する時に其の路端に當る小部分に瀝青材が廻らないで居る所があれば其處へは路肩の方から土が入つて來て接合に可壓縮性でない部分が出来て、之が鋪裝を害することがあるから、接合に瀝青を填充する場合は先づ接合内に害物の入つて居るのは完全に取除き、次に路肩の接合の線に當る處を鋪裝底面迄掘り下げ、混凝土横面より一吋(二、五糎)計り離して金屬性の枠板四、五吋(一〇糎乃至一二糎)のものを建て然る後瀝青を流し込み

枠板を取り外す、かくすれば接合の外に瀝青の保護塊が出来て路肩の方より横に接合の方へ害物の侵入するのを防ぐことが出来る。

又横の方向に造られて居る伸縮接合から縦の方向に龜裂の派生して居る場合、審さに其の原因を調べると伸縮接合の中に硬い石等が狭み込まれ、之が床版の伸張により其の局部に強い壓を加へ恰も石を割る場合の矢の如き作用を爲して鋪装を縦に裂くことがある。

又前の類別四の場合の如き伸縮接合の小局部に瀝青の填充されない部分があるときには之が破綻の基となることが多い。

第九節 ブラジルにての汎アメリカ第二回 道路會議の決議

一昨年六月十九日より七月三十日に亘りリオ、デ、ジャネロに開催あつた汎アメリカ第二回道路會議にての混凝土道路の接合に關しては次の如き決議があつた。

(一)不規則な縦龜裂は悪い印象を公衆に與へ且つ道路を弱めるから、縦接合を設けなければならぬ。二車線の場合は中央に設け、二車線より多ければ、縦接合の數を増す。接目には合釘、鐵桿等を用ひて兩側のスラブを堅固に接合し、此等を用ひない場合は、スラブの厚さを増して補強しなければならぬ。

(二)今日迄の經驗では横接合を設けるがよいか否か、接合の大きさ及び間隔を幾何に取つて良いかを隨に定めることが出来ぬ。接合を設けるにしても豫め氣候及び地方的情況を充分研究しなければならぬ。

第十節 我國の施工に就て

我國の實例としては其の多くは米國の道路を參酌して遣つて居るものであるから、總てが伸縮接合を設けてあるが夫が有利に働いて居るものが多くない。

以上英米等の種々の各意見又は施工の状態から見ても、混凝土道路の伸縮接合は頗るデリケートな作用をするものであつて、又其の伸縮に關しても上下面の溫度濕度の變化によりてさへ常に上下に彎曲を起したり、又夫れが荷重の位置によりても影響し、又路盤の沈下によりては拱に働いたり桁に働いたり、路盤摩擦にも關係して種々複雑極まりない因子の上に立つて居るものを、大氣の溫度の變化や混凝土の熱膨脹等のみの簡單な計算のもとに此の接合を決定することは頗る不十分な嫌ひはある。さりとて叙上の如き複雑なる因子を入れて之を計畫する事は亦頗る困難なるものである。而して又我國の状態として、其の接合間には泥土が入り小石が入りしてデリケートな作用を阻止する事實も避け得られない事である。

又一面米國の一部で唱ふる如く、混凝土道路には龜裂が入つても使用上差し支えがないし、又龜裂も或る程度で止まるといふこともあれば、我國の施工としては叙上の各項を參酌して或る程度に伸縮接合を設くるのは可なりとして此の接合を以て混凝土床版の龜裂を絶対に防止し得るものと考へないがよくて、接合を設くる目的は、龜裂の場所を

限定し、それをコントロールするにあると考へるべきである。但し第七章第一節記載のケープタウン大學のステワート教授の言なる適当な材料と熟練な職工を以て施工したならばセメントコンクリート道路に龜裂の起る理由は無いの言は充分に味ははなければならぬ。

(前編終)

昭和五年六月十日印刷
昭和五年六月十五日發行

(定價金三十錢)

發行者 大阪市東成區南島町一八八 楯川源三郎
發行人 大阪市東區今橋一丁目九番地
發行所 セメント界彙報發行所
大阪市西區靱下通二丁目
印刷所 生田印刷所

賣捌所

大阪市東區今橋一丁目九番地
日本ポルトランドセメント同業會
電話 本局二九三五番
振替口座大阪六五五九一番

廣 告

一、セメント界 温泉場と建築改造
彙報特別號 定價二十錢
送料一錢
一、同 コンクリート道路號 同(殘本ナシ)
一、同 欄干號 同(殘本ナシ)
一、同 耐火耐震宣傳號 同(殘本ナシ)
一、同 混凝土プール號 同
一、同 臨海工事號 同(殘本ナシ)
一、同 混凝土製品號 同(殘本ナシ)
一、同 混凝土誌上展覽會號 同
一、同 混凝土穀物倉庫號 同
一、同 温泉場號 同(殘本ナシ)
一、同 混凝土管號 同

一、同 農家用混凝土號 同
一、同 自動車車庫號 同
一、同 混凝土垣柱號 同
一、同 造園號、其ノ一、其ノ二 各同
一、同 帝都復興紀念號 同
コンクリート叢書
第一卷 經濟的な混凝土小橋 (定價三十錢) (送料共)
第二卷 鐵筋混凝土工の手引 (殘本ナシ)
第三卷 混凝土の新知识(材料篇) (殘本ナシ)
第四卷 混凝土の新知识(施工篇) (殘部僅少)
(但し第二卷及び第三、四卷の修正本を東京、四谷(大番十、帝國工業教育會より各單行本として發刊)
第五卷 混凝土の美化 (定價三十錢) (送料共)
第六卷 混凝土講習會講演集 (定價五十錢) (送料共)

579
35

