

コンクリート舗装の龜裂及破壊に就て

大 石 義 郎

最近セメント・コンクリート道路の隆盛に伴つて、之れが龜裂や破壊の問題が大分喧しくなつて來た。私共が居る浦和の現場は東都に近いので、一寸纏つた量の舗装も施工されて居る爲めか随分と見學に來て下さる方が多い。其内コンクリート道路に實際經驗を持たれて居る人の十人が八人位ひなは、先づ此現場の龜裂はどうかと云ふ質問を發せられるが此一事を以てしても、本問題が今如何に多くの人達に關心を有たれて居るかゞ窺ひ知れる。

人に依つては龜裂破壊はコンクリート道路に付きもので、出来無いのが寧ろ不思議だ位ひに考へ、別に氣にも留めず、平然として居る人がまゝあるが、然し之れは考へ違ひも甚しいと思ふ。事實、今日迄龜裂皆無のコンクリート道を施工し得た現場は何處にも無つた。又其れを望む事は誠に無理な注文であらうが、要は龜裂破壊の性質と發生個數の多寡の問題である。現場の實際に即した立場から細心の注意と研究とを重ねて設計し、猶施工に際しては其折々の状況を斟酌して適切な手段工法を採用した後に其れでも猶現はれた龜裂破壊ならば、人事を盡した後の出來事で詮方が無い、又恕さる可きであらう、が之れとは凡そ反對に、全く現場の状況に即さない机上で立案された設計を遵奉して、盲目的に施工した後に現れる様な龜裂破壊は當然の報ひであり、技術者として恥すべき收獲であらう。實際龜裂破壊が一旦發生すれば最後其れ

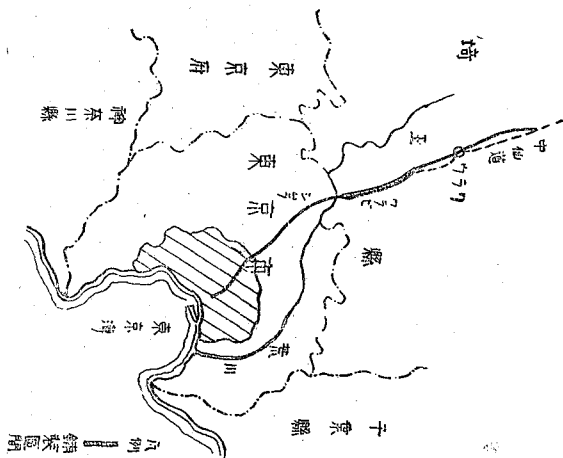
差で、最早如何とも出来ないのみならず、總て其部分が弱點となつて漸次コンクリート道が破壊して行く事を思へば、出來得る限り其發生を少からしめる様な方法を未然に研究して對策を講ずるより外無い。

由來雜誌刊行物等に發表される工事報告の類には好成績であつた方面の記事のみ多くて、不成功や失敗の跡等に関する報告を見出す事は誠に寥寥として稀であるが、吾れ吾れ技術者が望むのは寧ろ後者であつて、是程参考になる好資料は無いと自分は常日頃から考へて居る一人なのである。自分が此處に本文を草した意圖の一部も同感の士の多い事を思つてに外ならないので、之れが多少とも此方面の今後の参考ともなり、刺戟ともなれば此上ない事だ。本文は昭和六年度に内務省直轄で起工された中仙道浦和附近の改良工事に於て、44軒間のコンクリート道を施工したが、施工後二回に亘つて水道を種々調査研究した材料中から龜裂破壊に関する問題のみを採つて草したものである。淺學卑才、而も經驗に乏しい自分を省みず鳥滯しくも大膽な斷定を試みた個所も隨所に現れる。御叱正が得らるれば幸甚である。

本文の内容を示せば

1. 調査現場の案内(第一圖)
2. 交通調査
3. 鋪裝の構造
 - (a) 全區間を通じての共通點
 - (b) 〃 相違點
4. 龜裂と破壊の區別
5. 龜裂に就て

- (a) 發生の方向と位置
- (b) 一床版内の發生個數
- (c) 發生狀態圖
- (d) 發生時期
- (e) 發生時の長さ
- (f) 發生原因
 - (i) 施工に未熟練であつた事
 - (ii) 施工時期の遅つた事
 - (iii) 上下兩層のセメント量の相違が甚しかつた事
 - (iv) 目地に合釘を使用した事
 - (v) 路盤が不良であつた事
 - (g) 鐵網挿入の有無と龜裂に就て
- 6. 龜裂は如何にしたらば防ぎ得たらうか
 - (a) 路盤土質の選擇
 - (b) 上下兩層のコンクリートの配合を接近させる事
 - (c) 合釘無用の事
 - (d) 施工時期を考慮する事
- 7. 破壤に就て
- 8. 前同二回の調査を比較して
 - (a) 龜裂破壤の床版數
 - (b) " " の發生時期



第一圖

(c) 龜裂破壊の生長

9. 調査を行ふ方法と時期其他に就て

1. 調査現場の案内

- (a) 施工者=内務省(失業救済事業として起工された國の直轄である。)
- (b) 施工期=鋪装工事は昭和六年十一月に始まり七年八月に終る。
- (c) 區間=埼玉縣北足立郡戸田村大字下戸田より同郡六辻村大字根岸に至る 4436 m 間である。東京からドライブして来れば、板橋區志村地区内に新に出来た幅員 25 m のアスファルト道を經て、荒川に之れも新しく竣功した戸田橋を渡り埼玉線に入り、同橋の取付道路 600 m (アスファルト) を走ると本路線の起點に到る。終點は戸田村、鷺町、六辻村を經て再び舊中仙道と合する處である。(六辻村巡察駐在所あり。)
- (d) 幅員=道路幅員は 15 m, 内 10 m が車道で、本調査のコンクリート鋪装である。
- (e) 調査床版數=施工床版全部に亘つて施行したのであつて其數量は第一表に示す通りである。

第一表

横目地間隔	床版數	小計	總計
無 鐵 網	590	590	841
11 m	64	251	
有 鐵 網	187		
14 m			

(f) 調査期 = 昭和七年十月一日と翌八年二月十八日。

2. 交通調査

最近施行した交通調査(八年四月一日より三日間)に依れば一日平均の交通量は

貨物自動車(積載量 1.5—2.5 ton)	630 臺
乗用自動車	250 "
自轉車自動自轉車及リヤカー	3000 "
荷車及牛馬車	45 "
歩行者	500 人

先づ現在は中交通程度の道路と見る可きであるが、本路線が最近延長されて浦和町に連絡し(八年四月より)、鑿て九年三月には大宮町迄開通される豫定であるから、交通量は速かに増加すべく猶本線に依つて東京の中心に通ずる志村坂橋間の改良鋪装が完成される際には(九年度竣功豫定)、東京大宮間の交通運輸は自動車に依るを便宜としやうから、本線は益々主要なる路線となり、二三年後の交通量は驚く可き激増を來す事は想像に難くない。

3. 鋪装の構造

本文に直接關係ある事項に就てのみ記述する。

(a) 全區間を通じての共通點

(i) 幅員は 10

m, 横斷勾配は

$1/50$ の拋物曲線

形である。

(ii) 中央に繼目

地を設けた (但し目地の構造に就ては同一で無い。)

(iii) 上層の構造が同一である。即ちコンクリートの

配合は 1:1:2, 粗骨材には安山岩碎石の 25—5mm

を用ひ、其厚さは 5cm である。

(iv) 下層のコンクリートは配合 1:3:6 で、粗骨材

には洗砂利の 30—5mm を用ひた。(厚さは同一で

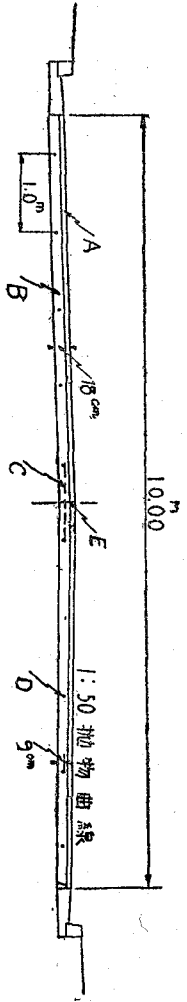
無い。)

(v) 縦目地及横目地の部分には合釘用鐵棒 (dowel-

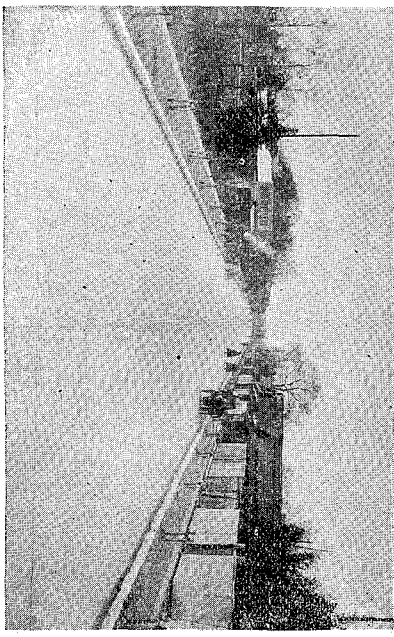
bar, 16mmφ 長 1.5m) を、何れも 1.0m 間隔に、

鋪裝全厚の中央に挿入した。鐵棒の長さの半分には滑動用に資するためアスファトを塗布した。

第 2 圖



第 3 圖



(b) 全層間を通じての相違點

(i) 市街の部分

分は、歩車道

の高低區別を

附し、幅員 50

cm の街渠 (L

型、1:3:6 場

所打コンクリート) を鋪裝と突付目地 (butt joint)

で接して施工した。郊外の部分には鋪裝側邊部に交

通によるコンクリートの欠落 (spalling) を防ぐ目的

で、クリソカー (厚×幅×長=5×10×24.5 cm) を

嵌め込んである。

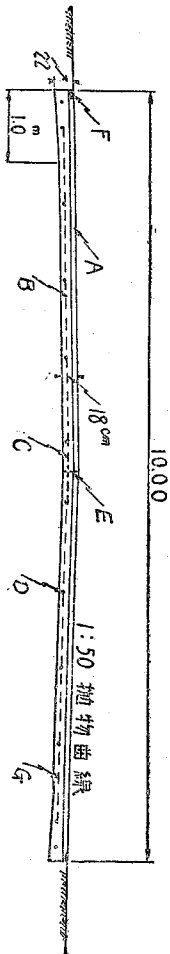
(ii) 鋪裝厚は街渠のある部分は各部同厚の 18cm (内

下層は 13 cm) 然らざる部分は、側邊増厚型 (thick-

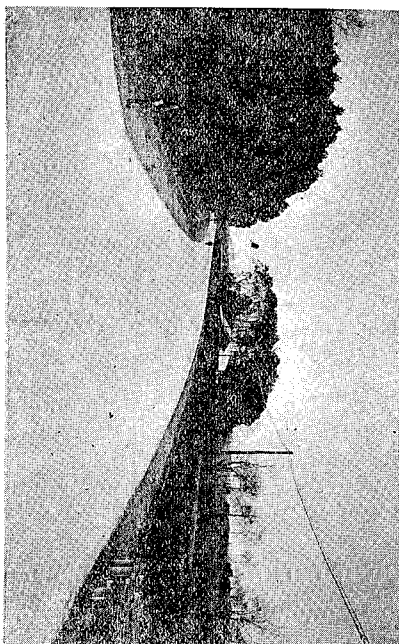
ened edge type) の 22—18—22 (cm) で、此内上

層は一樣に 5 cm 厚である。

第 4 圖



第 5 圖



(iii) 縦目地は一部は 1 cm 幅として、之れにエラスサイトを挿入、又はアスファルト注入の伸張目地 (expansion joint) とし、一部は突付目地とした。

(iv) 舗装の一部 (全面積の約 30 %) には鐵網 (網目は 144 × 208 mm, 鐵筋は 5.5 mmφ, 鐵網重量は一平方米當り 2.38 kg) を舗装全厚の中央部に挿入した。

(v) 横目地間隔は無鐵網の部分では 10 m, 有鐵網では一部 11 m, 一部 14 m である。

次の符號は第 2 及第 4 圖中の説明である。

- A.....1:1:2 碎石コンクリート (5 cm)
- B.....1:3:6 砂利コンクリート (13 cm)
- C.....合釘用鐵棒 (16 mmφ 1.5 m)
- D..... ” ”
- E.....中央縱伸張目地 (1 cm)
- F.....クリンカー
- G.....鐵網

4. 龜裂 (Crack) と破壊 (Breaking) との區分

龜裂と破壊とを其發生原因に依り區別して取り扱ふ事は、此種問題の調査研究上重要な事と思ふので、此項で先づ其説

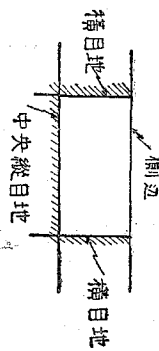
明をして置かう。

龜裂破壊何れもコンクリートの内應力の不足に基因して生じたヒビである事には變りはないが、龜裂は氣温、温度の變化に誘はれて、床版が伸縮膨脹を行ふ際に其運動を阻止する様な或種の原因があつて、異常な内應力の發生を促し、遂ひに床版にヒビをえらしめたのが龜裂であり、破壊は重に交通荷重や、其反覆による床版コンクリート材の疲勞（所謂 fatigue of material）、又其他偶發的（accidental）な衝擊力（impact）に起因して床版にヒビが發生したものを云ふのである。以上は兩者の區別の説明であるが、最初に龜裂として發生し、其後破壊の原因によつて其成長を促されたものもあれば、破壊で發生し龜裂で助成されるものもあり、又場合によつては兩者の原因を同時に受けて發生するものもあるから、餘程慎重に凡ゆる角度から觀察探究した上でないと、此兩者の何れであるかを區別する事が難しい場合がある。本現場に於ては純然たる破壊と判斷し得たもの以外は全體龜裂と見做される傾向が多分にあつたので、凡て龜裂の内にに入れて取扱ふ事にした。

5. 龜裂に就て

(a) 發生の方向と位置

龜裂は概ね縦目地の部分から略々其れに直角に發生し、或ものは中途で止み、或ものは床版を全く貫いて其側邊に迄達して居る。最も多く發生して居る箇所は、床版横目地間の中央部附近である。又之れに較べて其數は少いが、横目地の部分から略直角に發生して居るものもあるが、此等は現在の處床版を貫いて他の横目地迄達して居るものは一つ

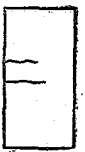


も無い、凡て中途で止つて居る。前者を横龜裂 (transverse crack) 後者を縦龜裂 (longitudinal crack) と云ふ。横龜裂と縦龜裂の發生數を第二表に掲げたが、縦龜裂 13 個は全部無鐵網床版に發生したもので有鐵網床版には無かつた。

第二表

横龜裂數	300	$\frac{300}{313} = 96\%$
縦 "	13	$\frac{13}{313} = 4\%$
計	313	100%

A グラス

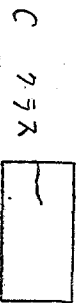


A₁

A₂

A₃

B グラス



D₁

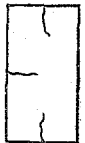
D₂

D₃

(b) 一床版内の發生個數

一床版内に一個の龜裂が最も多く、二個三個となるに従つて其數を減じて居る。發生の最も多いのが四個龜裂で、之れは唯一個を數えた。有鐵網床版に於ては二個龜裂が最多である。

D グラス



E グラス



F グラス



第三表

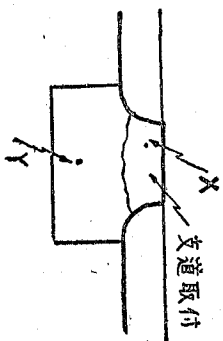
	無 鐵 網	有 鐵 網	
		11m	14 m
龜裂一個の床版	169, $\left(\frac{169}{193} = 88\%\right)$	3	18, $\left(\frac{18}{23} = 78\%\right)$
” 二個 ”	18, $\left(\frac{18}{193} = 9\%\right)$	0	5, $\left(\frac{5}{23} = 22\%\right)$
” 三個 ”	5, $\left(\frac{5}{193} = 3\%\right)$	0	0
” 四個 ”	1, $\left(\frac{1}{193} = 1\%\text{未滿}\right)$	0	0
計	193	3	23
合 計	219		

(C) 發生狀態圖

龜裂發生の凡ゆる狀態を圖示すれば第6圖の如きものである。

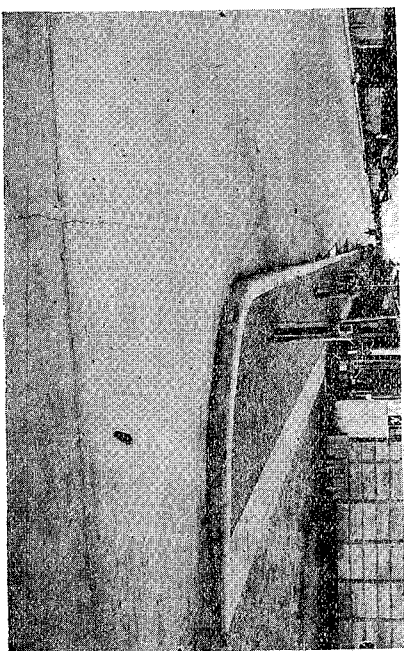
G 及 H クラスに示したものは、床版の龜裂として此處で取扱ふ事は妥當で無いかも知れないが、本問題を論する序に一言述べて置かう。此れは龜裂の發生した位置に突付け構造の目地で宜しいから、豫め設置して

第 7 圖



G クラス

第 8 圖



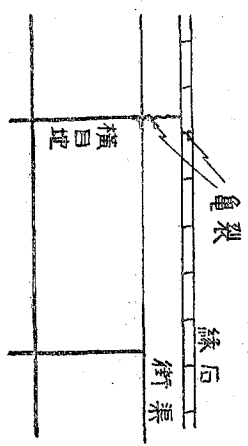
第 9 圖



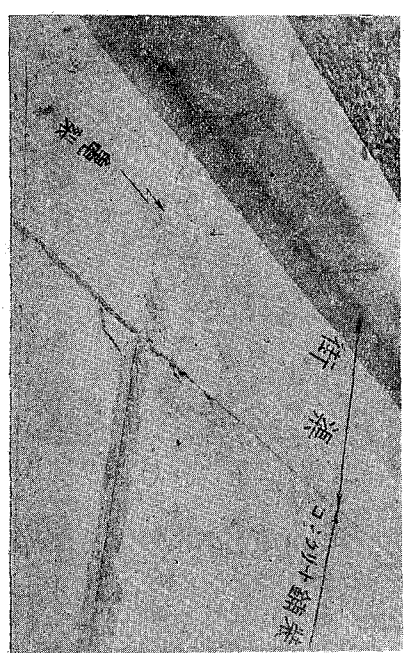
円 トラス

置かないと、施工後遅かれ早かれ、圖の如き龜裂が入るものである。Gの場合にはコンクリート床版が不整形なため X 部分と Y 部分が同一程度の伸縮運動をなさず、大體に於て龜裂の入つて居る線を境として別個に運動をした結果と考へられる。第 7 及 8 圖を参照。又之れと同じ理由で、人孔を設けた床版内には第 9 圖で見える如く放射状によく龜裂が入る。斯る處には鐵筋鐵網の類を挿入して補強をするか、豫め適當位地に白地を設けて置く可きである。

第 10 圖 平 面 圖



第 11 圖

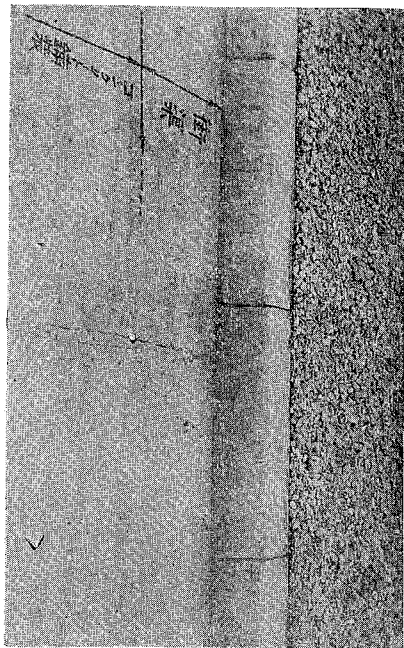


縦 断 面 圖

且クラスの龜裂は街渠に出來たものである。床版と街

第 12 圖

渠の接觸面は普通突付目地の構造であるため、床版の伸縮運動は直ちに街渠にも影響して、其運動を共にしなければならぬ程度接觸面の摩擦力は大であるがため、第 11 圖に見る様な龜裂が街渠及其縁石の目地部分に入る。(目地モルタルの密着強い時は、工場製作の縁石其物を破壊する様な例も屢、見受ける。)従て第 12 圖で示す様に横目地部分に相當する街渠の部分には目地を設け、猶其目地に最も近い縁石の目地は空目地にして置く工法を採るのである。



(d) 發生時期

發生の早いものは、鋪裝後四週間を出でずに起つたが、之れはコンクリートの硬化に伴ふ收縮 (Shrinkage) が原因で發生したもので個数は僅かであつた。鋪裝が四季の何れの季節に施工されたかに依つて、發生時期にも影響あるものと思はれるが、本現場の施工は冬期が大部分であつた。第一圖の調査が施工終了後の秋で、第二圖が翌年の二月であつたから、最初の圖では施工床版の大部分が冬を一度、二回目は二度越してゐて、龜裂發生の床版数は後者が前者の三倍強にも達してゐる。コンクリート鋪裝の龜裂は施工後二年目位ひの冬期に多いと言はれてゐるが、之れを裏書し

てゐる様である。そして春秋の候には概して其發生は止つて居る。猶此項に就ては7. (b) に於て詳述する筈である。

(e) 發生時の長さ

本現場に於ては約 30 cm より短い龜裂を見出した事が無い。之れを以て見れば、發生瞬間時の最小長は先づ 30 cm と思はれる。發生時の最大長に就ては判然としない。第一回調査時に於て、約 60 個の龜裂を見出したが、此内約半數の 34 個は其後約 170 日を経過した第二回目の調査時には、最小 10 cm より最大は、床版 (5 m 幅) の全幅を貫いた 460 cm の成長を示してゐた。縦龜裂は一般に其發達程度微々たるもので、一旦發生した後は寧ろ停止状態で、床版を縦に貫通したものは未だ無い。

(f) 發生原因

本現場に發生した原因の主なるものを擧げて見ると大體四つある。以下順を逐ふて述べてやう。

(i) 施工に未熟練であつた事

内務省直轄施工の道路工事最初の年で、係員始め現場員は道路工事其者に對して全くの素人であつて、従て鋪装工事も少くとも最初の一、二ヶ月は無我夢中の内に作業を進めて行つた様な状態であつた上に、慣れない年度一杯の竣工と云ふ事が常に係員の心理状態に影響し、不斷の氣忙しさは仕事の上にも多分に反影してゐた事は争はれない。周到なる注意と熟練なる技術を必要とする鋪装工事は、斯ふした状況の下では其完全を期する事は到底無理である。然も、嚴冬に遭遇し、施工に一層の困難を加えたのであつた。先づコンクリートの配合殊に水の使用量が各バッチ一定しなかつた。其結果練上りコンクリートに硬軟種々あつて、其質を同じくしなかつた。又施工時間が相當長び

いた爲め、セメントの硬化時間が来ても猶仕上の終らなかつた事が往々あつた。それに搦固めの要領も不充分であつたと思はれる。

然し係員の倦まざる研究心と眞摯なる作業振りとは、總て工事に慣れるに従ひ施工上にも其効果を現して來た。試みに施工當初の十二月と、一月を比較して見ると、十二月施工床版で龜裂の入つたもの 112 床版、一月では 46、然るに漸く施工にも熟練して來た二月に入つては、非常に減つて 24 と云ふ數を示してゐる。此等は他の項でも説明する種々なる原因に由る事勿論であるが、施工の不熟練といふ事にも其責任の一半があると思ふ。

(ii) 施工時期の悪つた事

一年を通じて、四季夫々に相當量の施工をして居らないので充分なる事は云へないが、一般にコンクリート施工には鋪裝に限らず、凡て嚴冬季は良くない。本現場に於てはかゝる時期に最大量を施工してゐるので龜裂破壊の大半は 12 月より翌年 2 月に亘る施工の床版に多かつた。

次表は無織網床版に於て、施工期と龜裂發生床版數とを比較したものであるが、酷暑時に龜裂が相當多くあつたのは養生の不充分（被覆席類に撒水の不足等）に起因したものでないかと思はれる。表中×印の%は施工床版僅に 3 個であるから問題外とした。□印は施工をして居らない月を示す。

第 四 表

施 工 月	A 施工床版數	B 龜裂床版數	$\frac{B}{A}$ %
12-1-2	384	146	38%

3-4-5	53	3	6%
6-7-8	150	41	27%
9-10-11	3	3	x
計	590	193	33%

養生法に就て一言すると本現場に於ては、席一枚乃至二枚を被覆し、時々撒水を行つたが、之れは寒氣に對する防護には不充分であつた。斯る場合には、日中暖い時を見て、其日の夕頃迄には乾燥して任舞ふ程度に下の席に撒水し、夕方になり、猶其上に一枚乃至二枚の相當質の良い（分厚い）藁席を被ふて低温の大氣から防護してやる方法を面倒でも採る可きである。

又近頃乳劑散布の養生法が採用されてゐるが、現場に依つては往々乳劑散布のみで養生足れりとしてゐる處もあるが、コンクリート内の水分の蒸發はアスファルト皮膚で防げても、寒氣に對する防護には全然なつて居らないから、猶其上に藁席又は適當の被覆を施す必要がある。

(iii) 上下兩層のセメント量の相違が甚しかつ事

硬化時の收縮 (shrinkage) 及氣温濕度の變化に伴ふ膨脹 (expansion) 收縮 (contraction) の程度は、セメント量の多いコンクリートが少いものよりも大であるといふ事は、今日では周知の事柄である。

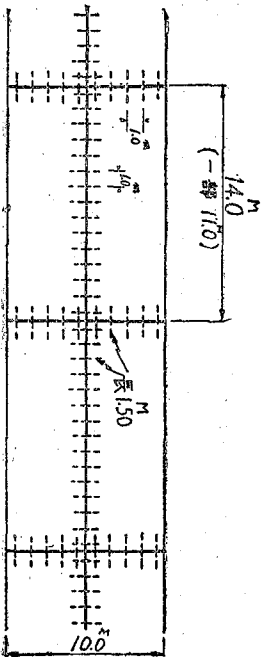
本鋪装は上層が1:1:2、下層が1:3:6で、上層は下層に比し遙に富配合であつた。斯る性質の合はないコンクリート層が背中はせに存在してゐる以上、膨脹收縮の起る度毎に調合の合はぬのは當然の理であつて、兩層相互に異常な内應力の發生を餘儀無くされて龜裂發生の一原因となつたものであらうと考へる。膠石鋪装に龜裂が非常に

大つた事實を目撃し、又諸所の現場からも良く其話を聞くが其、原因の一つも此處に在るのではなからうか。本現場に續いて今年度施工したコンクリート舗装の上層には 1:1.5:3 を、下層には前同様 1:3:6 を採用した、即ち前年度の 1:1:2 よりも貧配合にして、幾らか 1:3:6 の下層配合に近づけた。此結果の成績は今後の調査に俟たねば判からないが前年度よりも此程の原因になる龜裂は少くなし得るであらうと信ずる。

(iv) 目地に合釘 (Dowel) を使用した事

本舗装に於ては前にも述べた通り縦又横兩目地の部分に悉く合釘を挿入したが、此爲め龜裂發生をより多くした形跡が明に認められる。各床版はコンクリートの性質養生の相違、陽光の強弱、温度の多少、地下水の関係、路盤との摩擦抵抗の大小等々種々なる條件が各床版に依つて相違するので、同程度の伸縮を行ふ事は極めて稀であり、其處に各床版独自の伸縮率が生れるわけである。従て斯様な事を考へると床版は理想としては各箇が自由に伸縮運動を行ふ様施工されて居るべきであるが、本舗装は圖示する様に、合釘により各床版が縫ひ付けられて全く拘束状態に置かれて居るので、独自の伸縮の自由が奪はれた結果コンクリート内には無理な應力を發生せしめ、此處に龜裂となつて現はれたのである。

床版の三縁邊に懸る交通荷重の負擔を少くしやるとして試みた工法が反つて悪い結果を齎した



第 13 圖

事になつた。此事實を見て今年度は合釘を全く使用せずに施工したが其結果、面白い比較が出来やうと今より樂しみにしてゐる。

(V) 路盤が不良であつた事

龜裂發生の一原因として路盤の不良も亦見逃し得ない。一般に郊外に相當する部分は盛土高の多い關係で前述した鐵網を挿入したが、そうでない部分は普通の無鐵網床版とした。鐵網の有無による比較研究は別項に譲り、此處では無鐵網床版に於て其舊路盤の種類と龜裂との關係を討究して見やう。大體に於て舊路盤を分類すると、道路、宅地、田地、畑地、水路の五種類となる。龜裂は在來道路であつた箇所及び宅地に最も少く、田、畑地に相當多く、水路跡を埋めた箇所が最大の割合を示してゐる。水路と云つても本現場のは幅 4~5 m 程度の用懸水路であつたが、永年の流水で其附近の地盤は軟弱になつてゐたので、充分埋めて輾壓を施したにも不拘此結果を見たのである。鐵網でも挿入したれば幾分は防ぎ得たらうと思はれる。第五表は無鐵網床版を施工した箇所を道路、宅地、田地及水路に分類して其各々与其龜裂床版とを比較したものである。

第 五 表

	A	B	$\frac{B}{A} \%$	D
	路盤の切又は盛土平均厚 20 cm	施工床版數	龜裂床版數	
道	76	3	4%	$3 \times \frac{251}{76} = 10$ $\frac{10}{417} = 2\%$
宅	105	9	9%	$9 \times \frac{251}{105} = 22$ $\frac{22}{417} = 6$

田	地	處	50—60 cm	126	53	42 "	53 × $\frac{251}{126}$	= 106	$\frac{106}{417}$	= 25
畑	地	"	"	251	106	42 "	106 × $\frac{251}{251}$	= 106	$\frac{106}{417}$	= 25
水	路	"	"	32	22	69 "	22 × $\frac{251}{32}$	= 173	$\frac{173}{417}$	= 42
計				590	193			417		100%

第五表 D 欄に於ては此等五種類の地盤に各々同数宛の床版を施工したとすれば龜裂が発生する床版数の割合は各々 2.5, 25, 25, 42 となつたらうとの豫想を示した。

以上で龜裂發生の主なる原因に就ての記述を終つた。

(g) 鐵網挿入の有無と龜裂に就て

鐵網を挿入した床版には、龜裂の發生が割合に少つた。特に横目地を 11 m 間隔にしたものは施工床版数の僅か 3% に過ぎぬ好成绩を示した。有鐵網の場合には一床版内の發生個數も多くて二個で、三個四個といふのは無かつた。又龜裂の長さは一般に短くて、發生後の成長も遅々たるものである。第六表に鐵網挿入の有無と龜裂發生床版數との比較を示す。

第 六 表

無	鐵	網	横目地間隔	施工床版數	龜裂床版數	龜裂發生割合
			10 m	590	193	$\frac{193}{590} \times 100\%$
						33%

有 線 網	11 m		14 m	
	64	3	187	23
	5%		12%	

鐵網を用いた箇所は、そうでない箇所と比較して路盤が頗る不良状態にあつたので、挿入しても表に示す様な龜裂の發生を見てゐる、若し假りに挿入しなかつたならば一寸想像出來ない數に上つた事と思ふ。

鐵網を挿入すれば横目地間隔は大體 15-18 m 迄は擴大しても良いと歐米の技術者は稱してゐるが、少くとも本鋪裝の様な構造のコンクリート道に於て、18 m は勿論 15 m も無理の様である。先づ 12 m 前後の處では無いかと思はれる。

6. 龜裂は如何にしたらば防ぎ得たらうか

本現場に於て發生した龜裂の原因に就ては縷々説明した通りであるが、結果から考察して若し斯くしたならば、龜裂は大いに軽減し得たであらうと思はれる主なるものを擧げて見やう。

(a) 路盤土質の選擇

作業を急いだ關係上、地盤の土質としては不適當な灰白色の粘土を多く交へたもの、又置葦等の根株を交へた河原の堆積土等を盛土に使用せざるを得なかつた箇所が相當あつたが、工期と經濟さへ許せば、此の様な不良土は排すべきであつた。

(b) 上下雨層のコンクリートの配合を接近させる事

鐵輪帶車輛の交通による鋪裝面の摩滅を慮つて、上層には 1:1:2 といふ富配合の碎石コンクリートを採用した事は前に述べたが、交通開始後の現況（荷車、馬車一日平均 45 臺）を観察し、又將來の交通車輛の變遷推移を考へると斯くの如き富配合のコンクリートの必要は更に無つた様に思ふ。之れは 1:1.5:3 程度で充分であつたと思はれる。又斯くした方が下層の 1:3:6 コンクリートにも近くなり、兩層のコンクリート相互の性質をより接近させ得て、龜裂を少なくし得たであらう。或現場に於て碎石鋪裝（上層の配合 1:1.8、下層は 1:3:6 コンクリート）に連続して同性質の路盤上に、條件を同一にして上層に 1:2:4、下層に 1:3:6 コンクリートを施工した處前者に相當多くの龜裂を見たのに、後者には今日迄龜裂が絶無であるといふ事は今論じて來た理由で説明がつくと思ふ。二層式にするために此様な問題が起つて來る若し日本でもアメリカの様に一層式コンクリート（配合は多く 1:2:3）を採用したならば此程の心配は無くなるわけである。

(6) 合釘無用の事

目地に合釘を使用した事は、龜裂發生を反つて助長した結果になり明に失敗であつたと思ふ。合釘の使用目的は軟弱路盤のために床版が勝手に不同沈下をする事を防ぐと共に、相隣る床版相互が荷重に對して協同負擔を約束せしめるにあつたが、思はぬ結果を招いてしまった。元來合釘を使用する場合には、其部のコンクリートの搦固めは、合釘の存在に邪魔されて決して充分に行はれ得ないのであるから、床版内に於て常にコンクリートが粗鬆に出來上るのは此部分であると云つても過言ではないのである。これでは何の爲めに合釘を使用したのか分らなくなる。或現場で連繫用鐵棒 (tie bar) (16 mm ϕ , 幅 1.5 m) 長を使用した時、鐵棒の半分を先づ片側鋪裝床版の 1:3:6 下層コンクリー

ト内に埋め込んだ。施工後約3週間を経て試みに突出してゐる部分を握つて、引張つて見た處、餘り力を要せず引き抜き得た鐵棒が可なりにあつたと云ふ事である。

コンクリートが粗鬆で附着力が弱かつたのである。之れを以てしても1:3:6の様な負配合のものに合釘鐵棒を使用する事は考へものである、少くとも1:2:4以上の配合に於て始めて有効に働くのでは無いであらうか。

(d) 施工時期を考慮する事

施工時期の大部分が折悪しく最悪の嚴寒中であつたのは種々の事情で已むを得なかつたが、今後は出來得る限り之れを避けたい。養生法も唯費用の高むのを恐れて不充分になり勝ちなものであるが、之れも大いに注意すべき事で、充分なる養生は何を措いても肝要である。殊に嚴寒の作業に於ては猶更である。

7. 破 壊 に 就 て

本鋪裝に於て明かに破壊と見た床版は9個であつた。之れを龜裂の193床版に比すると極めて少い。發生箇所は二種あつた。其一つは用悪水路用コンクリート管理設個所である。第14圖に見る様に床版下約40cmの處へ、コンクリート管(徑45—90cmのものを使用)を布設したが、管の沈下を惧れて其受臺及び基礎工は頗る頑丈に施工した。

猶其附近の盛土地盤も搗固め及輾壓を充分に施しはしたが、管の布設構造に比較すれば軟弱で自然沈下は免れなかつたと見えて、交通開始後五ヶ月を経ぬ内に破壊を來した、恐らく交通荷重が圖の如く懸つて、床版は大なる抗曲力を受けた爲めに此結果を見たものと思はれる。此種の破壊は6個を數えた。斯る破壊を發生せしめぬために其後は暗渠の眞上に相

當する個所に丁度目地位置が来る様考慮して施工する事にした。

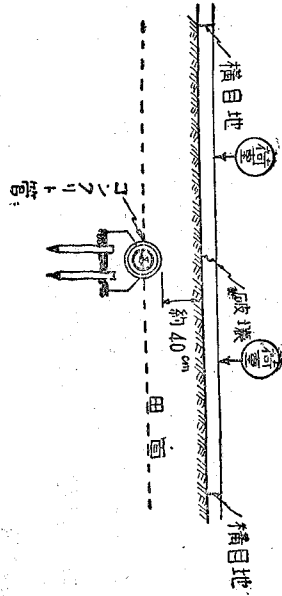
破壊の其工は橋梁取付路盤の軟弱に原因したものである。即ち橋梁新設後埋戻した土が軟弱なため、荷重を受けた床版が版木式桁(Cantilever)として働いた結果破壊を來したものである、之れは3個であつた。斯かる個所はそのまま交通に供用して地盤が相當沈下して固まる迄鋪裝を俟つより外完全なる施工は困難と思ふ。

一般にコンクリート鋪裝に於て起る破壊の型は第16圖のA及Bが多い。即ちAは横目地線から30—40cmの距離を置いて破壊線が発生するもので、Bは所謂隅角破壊で床版の最弱點部である隅角がやられるのであるが、本鋪裝に於ては幸ひ此種の破壊の発生を未だ見ない。

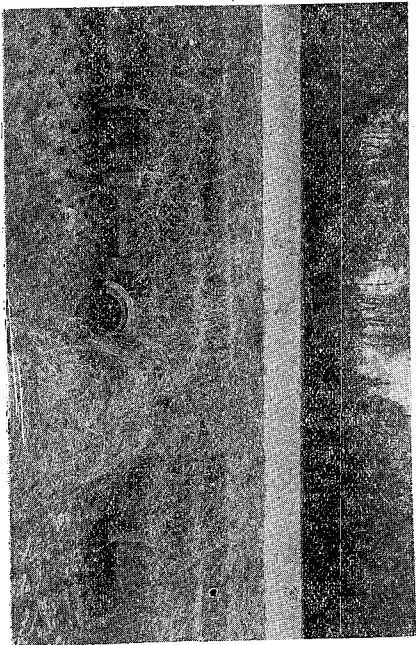
8. 前後二回の調査を比較して

二度の調査を比較研究して見ると、色々興味ある問題

第 14 圖



第 15 圖



に當面した。此項では其内の二三に就て論述して見度

A 第 16 圖 B

い。前後二回の調査期日は既に述べたが

第一回 昭和七年十月一日

第二回 同 八年二月十八日

(a) 龜裂破壊の床版數

第七表

	龜裂床版			破壊床版		
	無鐵網	有鐵網	計	無鐵網	有鐵網	計
第一回	51	8	59	4	3	7
第二回	142	18	160	0	2	2
計	193	26	219	4	5	9

第一回より第二回までの日數が僅か 140 日ではあつたが其間に冬季を越した關係で驚く可き數に上る龜裂の増加を見た。龜裂床版無鐵網箇所第二回目に於ける 142 個は、其内 138 個が二回目の調査の際新に發生してゐた床版數であつた、即ち新舊の龜裂が同一床版内に發生したものは僅かに 4 個に過ぎなかつた。之れを以て見れば、一度龜裂又は破壊を生じた床版は先づ其れによつて今後は龜裂又は破壊を來す様な無理な應力の發生原因が除かれた状態になる。換言すれば龜裂又は破壊に對して免疫性となつたとも言へやう。又一床版内發生個數に就ては、二回目も前回同様一床版内に二個乃至三個と云ふのも多少あつたが其等の發生は恐らく同時か、左も無くは短時日の間に起つたものと

想像される。

(b) 龜裂破壊の發生時期

發生の始めは何時か、發生の最盛期は？ 及び終熄時は？ 此等は凡て興味ある問題であると思ふが二回位ひの調査では充分なる研究は到底不可能であつた。之れは少くとも施工後直ちに調査を始め三年間位ひは絶えざる監視を續ける必要がある。今年施工した部分に對しては是非其之れを實行して見たいと思つてゐる。本調査の結果より得た第八表からは勿論此等の問題に關する全貌を窺ひ知るわけには行かなかつたが後述する數項に就てはやゝ明にする事を得た。

第 八 表

施工後調査時 迄の經過月數	施工月	施工床版數	龜裂及破壞個數			
			無鐵網		有鐵網	
			A	B	A	B
2	八月	43(0)	0	0	0	0
3	七〃	105(32)	0	0	0	0
4	六〃	34(0)	0	0	0	0
6	四〃	16(2)	0	0	0	0
6.5	八〃	43(0)	26	26	0	0
7	三〃	79(40)	0	26	2	2
7.5	七〃	105(33)	16	42	1	3
8	二〃	187(109)	5	47	2	5

8.5	六〃	34(0)	4	51	0	5
9	一〃	20(52)	12	63	6	11
10	十二〃	169(15)	95	158	1	12
10.5	四〃	16(2)	0	158	0	12
11	十一〃	3(0)	2	160	0	12
11.5	三〃	79(40)	4	164	5	17
12.5	二〃	137(109)	0	164	15	32
13.5	一〃	204(52)	30	194	6	33
14.5	十二〃	164(15)	85	279	3	41
15.5	十一〃	3(0)	2	281	0	41

表中、施工床版数の欄に於て括弧外の数字は總數で、括弧内のものは其有織網床版數である。
A は左端の月數を經過した其時始めて發生した個數で、B は累計である。

先づ表の説明をすると、

- (イ) 二回の調査を纏めて作ったものである。
- (ロ) 従前は床版を單位として龜裂破壊數を擧げて來たが今回は發生した全數を以てした。
- (ハ) 第二回目に於て發見した個數中には、第一回目からは除いてある。
- (ニ) 調査が四ヶ月半を隔て、二回であつたから、従つて施工月は二度宛表に現はれて來る。
- (ホ) 施工月は十一月より始まり翌年八月に亘つてゐる、然し五月は施工してゐない。

扱て本表から次の各項を拾ひ出す事が出来る。

(i) 八月施工の床版に於ては施工後二ヶ月間

七月	同	同	三ヶ月	同	六月	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同
七月	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同	同

夫々龜裂破壊の発生を見なかつた事が判る。他の十一、十二、一及二月施工のものに於ては、第一回の調査時に於て既に発生して居たので未發生の期間は知り得ない。

(ii) 最も發生の多いのは十二月のもので 170 床版に對して 184 個即ち殆んど一床版に一個宛の割合に現はれた事になる。次には八月の 26 個、一月の 54 個も相當な數であるが、二月が一月に次いで施工床版數が多いに不恰、龜裂破壊數が割合に少いのは鐵網使用床版の多かつた爲めであつた。之れに反し八月は無鉄網のみである事に注意すべきである。

十二、一、及二月は施工後第二回の調査時迄嚴寒の季節に二度遭つて居り、他の月は凡て一度である。此點からも前者に發生數が意外に多かつた事が首肯されやう。十二月の如きは、無鉄網床版に於て第一回には、95 であつたが、第二回には幾分減じて 85 になつてゐる、恐らく、此れが發生の最盛期では無いかと思はれる、次の冬季には最早之れ程迄には現はれまい。

(iii) 有鉄網床版は無鉄網版に比し、龜裂破壊の發生が少いと共に、其發生の始まるのが晚い事が窺ひ知れる。

(c) 龜裂破壊の成長

(i) 第一回の龜裂及び破壊は合せて 66 個あつた。其内 11 個が 5m (床版幅の長さ) に達してゐたから、55 個が猶成長の餘裕を存してゐた事になる。其 55 個の内第二回に 10cm 以上の成長を見たものが 34 個あつた。

(ii) 成長の最小長は 10cm で最大は此期間中に新に發生して全幅を貫いた 5m のものである後者は 7 個を算した。

第九表

施 工 月	施 工 床 版 數			計	龜裂破壞數
	無 鐵 網	有 鐵 網			
1	152	52		204	54
2	78	109		187	22
3	39	40		79	11
4	14	2		16	0
5	0	0		0	0
6	34	0		34	4
7	73	32		105	17
8	43	0		43	26
9	0	0		0	0
10	0	0		0	0
11	2	0		3	4
12	154	15		169	184
計	590	251		841	322

接 録

(iii) 5m に達したものを除いて140日間(此間嚴寒期に達つてゐる)に成長したもののみを取り出して其成長の平均長を算出すると約 90 cm である。

9. 調査に就て

(a) 調査時期

新しいコンクリート舗装の硬化時に起り易い収縮龜裂 (shrinkage crack) を検するためには、施工後一週日を経過した頃から注意して検する必要があるが、養生期間中は其表面に藁席土砂其他の被覆物が施してあるので、實際には困難な事であるから、先づ此期間を経過して其等を除去した施工後一ヶ月目から調査を開始すれば充分である。猶交通開始の直前には綿密なる調査を行ふ必要がある。然し一旦交通開始を行つた後は、表面に泥土塵埃等があつて、龜裂を探す事は困難である、さればと云ふて廣い面積を清掃撤水して探し出す事も容易の業では無いから、降雨中か又は其直後に、時を移さず調査するのが最も有効適切である。此場合にはコンクリート表面は美しく洗ひ出されて、如何に些細な龜裂でも明瞭に指摘し得られる。

(b) 内果調査隊の組織と其作業

人員は路線の延長と幅員の如何に依つて多少異なるが、

一 人 係……2人(白墨持参) 測 量 係……4人(巻尺二個持参二人一組となる)
 記 録 係……1人(野帳持参) 監 督……1人

マーク係が先發して龜裂破壊を發見し、白墨でマークして行けば、測量係は其跡を逐つて龜裂の位置、方向、及び長さ等を詳細に測つて、記録係に報告する。若し縱目地に依つて床版が二列以上に分たれてゐる時は、往行に定めたマーク係の分擔區を還行には相互に交換せしめて、探し落しを検せしめる様にする。監督は隨行しつゝ、其龜裂破壊の原因が何れにあつたかを調査判斷して野帳に書きこましめて置く。勿論原因の最後の決定に就ては、現場のみの判斷では不充分であるから、調査後凡ての條件を照合しつゝ、考慮研究し直す必要がある。

(c) 内 業

先づ野帳の記録を平面圖に書き入れる。次に其發生が何れに在つたか、慎重なる研究を行つた上判定する。かくして此調査が終れば、前回のものと比較研究も出來て將來の施工に對する貴重なる參考資料ともならう。

10. 終りに臨み

今やコンクリート舗装に於ける世界各国の技術者の惱みの種は、目地構造を如何にするかと龜裂破壊を如何にして防ぐかの問題である。之は前回(1930年)ワシントンで開かれた國際道路會議のコンクリート道路に關するレポートを見ても明な事であるが、次回(1934年)獨乙ミューンヘンの同會議の席上でも再び各國技術者が集つて其調査研究を提出して論される事になつてゐる、本邦でも藤井眞透博士が主査されてレポートを作製し同會議に提出する事になつてゐるが、四年議間に各國の研究が前回に較べて何れだけの進歩の跡を見せたか又どんな新工夫が案出されたか、慥に新界にとり興味ある問題ではなからうか。