

Trans.
コンクリート舗装床版の設計
其他に關して

中 島 時 雄

コンクリート舗装は歐米殊に米國に於て非常な發達をしたのであるが我國に於ても最近漸次此種の舗装が行はれるやうになつて來た、従つて現在に於ては多くは外國の例を參考にしてゐるのであつて未だ我國獨特の方法が餘り行はれてはゐないが、今後は漸次其氣候や交通に適當した工法が行はれることが極めて望ましい事である。之れが爲には今後各地に行はるる工事に關する資料を出来る丈多く發表してお互に研究して行く事が最も良い方法であると思ふ。例へば此舗装に關して最も問題となる目地の工法や表面仕上げの方法等は研究改善の餘地のある事柄である事と思ふ。然るに現在に於ては前述の如く外國の例をなるべく多く知つて置く事及び其實績を調査することが最も參考となるのであるから、少しく舊聞に屬することもあるが主として米國に於けるコンクリート道路の設計と其實例に關し少しは

かり書いて見度いと思ふ。尤も此處に全部を言ひ盡すことは不可能であるから、最も重要なことではあるがコンクリート其ものの品質に關することや、其他一般コンクリート工事に共通の事柄は之を省略し、鋪裝床版の設計及び鋪裝施行上の特殊の點に關することに止めて置く。

一 鋪裝床版の設計

設計の様式

米國に於てはここ數年間に於てコンクリート鋪裝の設計に種々なる變化をなした。即ち Cross Section の如きは全然正反對の變化をなし、以前にスラブの中央を厚くするものが正しいと考へられたものが、現在は兩端に近き部分を厚くし其以外は均一厚とする設計が専ら用ひられるやうになつた。

鋪裝の設計に當つては橋梁其他の構造物と同じく其受くる stress の智識を要すること勿論で Framed Structure に於ては stress analysis は比較的簡單で又確實であるがコン

クリート道路のスラブに於ては不定なる諸力を考へなければならぬので非常に困難である、然し乍ら其 stress の種類を知る事は比較的容易であつて、而も設計や施工に當つて常に念頭に置かなければならない事柄なのである。スラブの受くる力の種類を分拆するに路盤に沿ふて slide シスラブを bend し又 warp せんとするもの、direct tension 及び Compression 又は direct stress と bending stress との Combination 及び表面を磨耗せんとする shear 等である。

鐵筋補強

鐵筋の量、質、及び位置に就ては種々なる説があるが、諸種の條件に依つて異なるのである、又鐵筋補強の必要と否とに關しては相反する兩説があるが歸着するところは經濟的問題である。

鐵筋補強の最も適當なる場合は、路盤軟弱なる箇處に於てスラブを補強するものである、英國に於てもまた米國に於ても鐵筋挿入の諸型式及び方法に對する意見は極めて多種多様である。一般に mesh は bar よりも其間隔密であ

つて有效と見做されてゐる。

鐵筋挿入の目的が補強材としてよりも龜裂が生じた場合にスラブを緊結する目的の場合には mesh よりも bar の方が適當である、龜裂が生じた場合は mesh reinforcement は bar よりも早く錆び易い缺點がある、往々にして shear bars を paint し grease して鋪裝終端を可動性にする場合もある。

米國に於ける實例

Concrete pavement の設計に際しては三つの要素を考へなければならぬ、即ち、交通、地質及び氣象であつて、此三つの條件の種々な Combination に依つて多くの Standard Design が作られてゐる Concrete pavement は他の構造物と同じく Local Condition に適するやうに設計しなければならぬこと勿論で、厚さ、鐵筋の量及び其位置、Transverse Joint, Longitudinal Joint, Dowels は種々なる條件に依つて左右されるのであつて一定の公式に依つて算出することは不可能である、熟練なる技術的判斷及び經驗は

極めて必要な事は言を俟たない。

尚 Concrete slab の設計は今尙發達の過程にあるのであつて今後研究の餘地ある事は勿論である。従つて以下述ぶるところの方法は全く合理的のものとは云へないが最近數年間の充分なる Highway research の應用に依つて Concrete pavement design に関する考に非常な進歩を見た事は認めなければならぬ。

設計の理論

H.M. Westerguard は 1925 年に均一厚の concrete pavement の三つの點（内部と隅角と縁邊）に荷重が乗つた場合に生ずる stress の theoretical analysis を發表してゐる。(Proc. Am. Concrete Institute 1925 Vol. 22)、彼の計算せる表に依つて算出せる一例を示せば 8' 厚の Concrete paveme t で wheel load 10,000 lbs の場合次の如き stress を受くることとなる。但し Concrete の品質路盤の状態及び荷重の加へられる面積に關しては勿論或假定を置いたものである。

Load at	Resultant Fibre Stress
1. Interior	186 lb per sq. in
2. Corner	252 lb per sq. in
3. Edge	273 lb per sq. in

があるのである。

此 Corner Theory には次の假定を行つてゐる (Subgrade Support in Pavement Design, Clifford Older. E.N.R. Vol 86, No.5)

之に依つて見るも、又實際の Road test に依つて見るも Thickened-edge type が最も經濟的な cross section なる事がわかる。

1. Corner は Slab の他の部分より弱點となる故に Corner のみを考ふ。

Coner Theory,

Concrete slab は temperature

effect に依つて warp し従つ

て一日の中 8—12 時間は最良

の地盤に於ても edge に於て

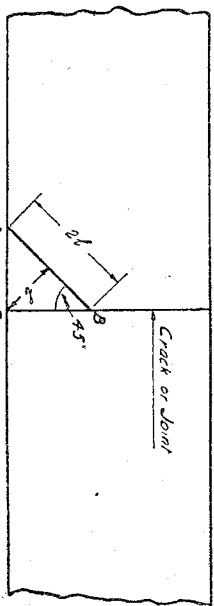
unnsupport の状態に在ることが試験の結果判明した。而し

て少くとも粘土質踏盤に於ては一年の或季節に於て支持力

が極めて少くなることを考慮し荷進んで春の雪どけの際低

温度の水が踏盤に飽和し crack の擴大する事を考慮すれば

舗装の縁端を unnsupported cantilever として設計する必要



第 一 圖

1. Crack を防止する爲には slab のすべての部分を Corner strength を基として設計す。
2. 經濟上の見地より 鐵筋を補強材として使用せず。

4. subgrade soil の支持力の確實なる測定が出来ざる限り Corner の support を無視す。

5. Bitumen を填充する expansion joint を用ひず、dowel pin 又は tongue and groove joint を密閉隔て用ふる場合は joint 又は corner crack の一方に乘つた

荷重は両側に等分に分配されるものと仮定す。

$$y = \frac{D}{2}$$

6. Expansion joint が密に設けられない場合従つて crack contraction joint が密に設けられない場合従つて crack

M = AB に於ける Bending moment = $\frac{Wl}{2}$

I = AB に於ける moment of Iner-

が廣くなり勝つ時は max. wheel load の全量が一つの corner に

$$I_{na} = \frac{27D^3}{12} = \frac{ID^3}{6}$$

依つて支持されるものと考ふ。

而して $\frac{t_c}{y} = \frac{M}{I}$

今 $W = \text{Max. Wheel Load (e 點$

に加へられたものは兩方の

$$\therefore t_c = \frac{My}{I} = \frac{Wl}{2} \times \frac{D}{2} \times \frac{6}{ID^3}$$

slab に均等に分配されるも

$$= \frac{1.5W}{D^2}$$

のとす)

$l = \text{荷重の點より critical section$

$$\text{or } D = \sqrt{\frac{1.5W}{t_c}}$$

ion に到る距離

AB = 2l = critical section (slab の

wheel load が一つの corner のみにて支へられるものと仮定すれば。

edge に對し 45° の方向)

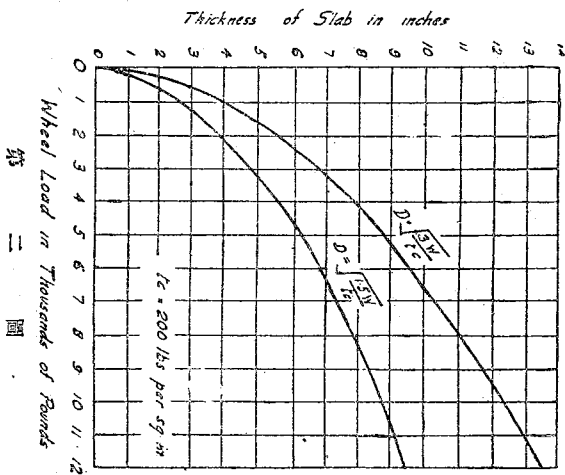
$$t_c = \frac{3W}{D^2}$$

$t_c = \text{slab の top に於ける allowable$

tensile stress

D = slab の厚さ。

従つて $D = \sqrt{\frac{3W}{t_c}}$



第二圖は concrete の safe working stress を 200lbs/sq.in

として此兩式に依つて slab の厚さを算出せるものである。

コンクリート床版の反り (Warping)

concrete は温度及び湿度に依り其長さに變化を來すから

slab の上面と下面に於ける其状態が異なる

場合は slab が warp する、夜に於

ては表面は底面よりも冷却し従つて底

面よりも収縮するから slab の縁端は

subgrade より離れて上に反れる事とな

る、日中に於ては其反對の現象を呈す

Bureau of Public Road に於ては此

warping に對する試験をした、其の結果

果に依ると日中に於ては slab の兩端

は下へ反り路盤に對する壓力は $6^{1/2}/60^{1/2}$ に達す。又夜に

於ては縁端は約 0.3in. も上昇し路盤と完全に分離す。スラ

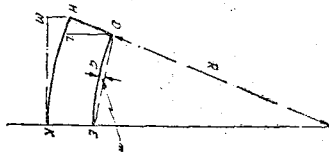
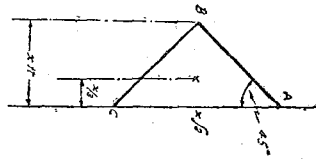
ブが反る事は鋪裝に對して重大なる影響のある事は勿論で

あつて、交通荷重は之を舊狀に復さんが爲に大なる stress

を生ぜしむるのである。

次の式は温度の差に依つて warp せる slab の corner を

舊狀に復せんとする爲に生ずる stress を計算するものである。



第三圖

moment of Inertia

とすれば

$$M = \frac{x^2 \sqrt{2}}{2} \cdot \frac{w \cdot x}{8} \cdot 1.2 = 2 \sqrt{2} \cdot w \cdot x^3 \text{ in-lb}$$

ABC …… スラブの隅角

w = スラブ一平方呎の重量

t₀ = スラブの自重に依つて生ずるコン

クリートの應張力

D = スラブの厚 (吋)

I = スラブの AC 斷面に於ける mom-

ent of Inertia

$y = \frac{D}{2}$

M = スラブの自重に依る AC に於ける

$$I = x\sqrt{\frac{M}{2}} \quad D^3 \quad (\text{吋單位})$$

$$\frac{t_c}{y} = \frac{M}{I}$$

$$\therefore t_c = \frac{2\sqrt{\frac{M}{2}} \cdot \frac{w \cdot x^3 \cdot D}{2}}{D^3 \cdot \frac{2}{D}} = \frac{w \cdot x^2}{D}$$

$$\text{今 } w = 96 \text{ lbs/sq.ft}$$

$$x = 5 \text{ ft}$$

$D = 8 \text{ inch}$ と假定すれば

$$t_c = \frac{96 \times 25}{64} = 37 \text{ lbs/sq.in}$$

$$R = \frac{DE^2 + FG^2}{2FG} = \frac{DE^2}{2FG} \quad \text{approx.}$$

$$= \frac{DE^2}{8FG}$$

然るに

$$\frac{R}{DE} = \frac{DH}{HL} \quad \therefore R = \frac{DE \cdot DH}{HL}$$

$$\text{従つて } \frac{DE^2}{8FG} = \frac{DE \cdot DH}{HL}$$

$$\therefore HL = \frac{8FG \cdot DH}{DE}$$

8 inch 厚の slab が 0.055 inch だけ上に反れた場合を考ふれば、

$$HM = 0.055 \text{ inch}$$

$$FG = 0.01375 \text{ inch}$$

$$\therefore HL = \frac{8 \times 8 \times 0.01375}{60} = 0.0148 \text{ inch}$$

然し HL は slab の 5 ft extension であるから unit ex-

tension 即ち strain は $\frac{0.0148}{60}$ となり、

$$E_c = 3,000,000 \text{ lb/sq.in} \quad \text{と假定すれば}$$

$$t'_c = \frac{0.0148 \times 3,000,000}{60} = 740 \text{ lb/sq.in}$$

$$\therefore \text{total stress in concrete} = 740 + 37$$

$$= 777 \text{ lb/sq.in}$$

traffic に依つて舊狀に復せんとする場合にはかくの如き tensile stress が concrete に生ずるのである。

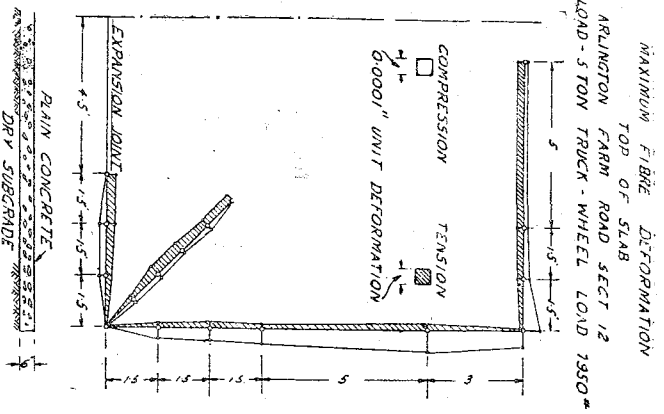
二 横斷形狀に就て

Arlington 試験道路に於ける測定

Arlington に於ける 試験道路
 Bates や Pitsburg に於ける
 ものと異り 鋪装破壊の試験を目
 的とするものでなく、種々な厚
 さの鋪装が Heavy vehicle の荷
 重を受くる場合の stress の測
 定に依つて max. deformation
 を測定せんとするものであつ
 た。かくして uniform thickness
 の slab に起る max. stress を
 plot することが出来た。

第四圖は其代表的の一例を示
 せるものである。此 diagram で
 見る如く slab の edge に於け
 る tension は其 center に於け
 るよりも非常に大となり Bates
 や Pitsburg の試験の結果 Heavy

終 終



MAXIMUM FIBRE DEFORMATION
 TOP OF SLAB
 ARLINGTON FARM ROAD SECT 12
 LOAD - 5 TON TRUCK - WHEEL LOAD 1350
 MAXIMUM DEFORMATION IN TOP OF CONCRETE
 PAVEMENT UNDER TRAFFIC

第四圖

load を受へる爲に slab の edge
 を厚くする方がよいといふ結論
 を得たのと一致したのである、
 又面白いことは此 curve に依つ
 て見る如く非常に大なる tension
 が slab の edge に於て其底部
 に起ることである、尙 slab の
 edge に於ては其 top に於ても
 wheel load のかかる點より數尺
 又 corner に於ては其 top に於
 て起る。Illinois section (中央
 部に於ける厚を兩端の約 0.7 と
 するもの) の pavement に依る
 調査に依れば中央と兩端の str-
 ess が大差ないといふ結果を得
 た。(第五圖)

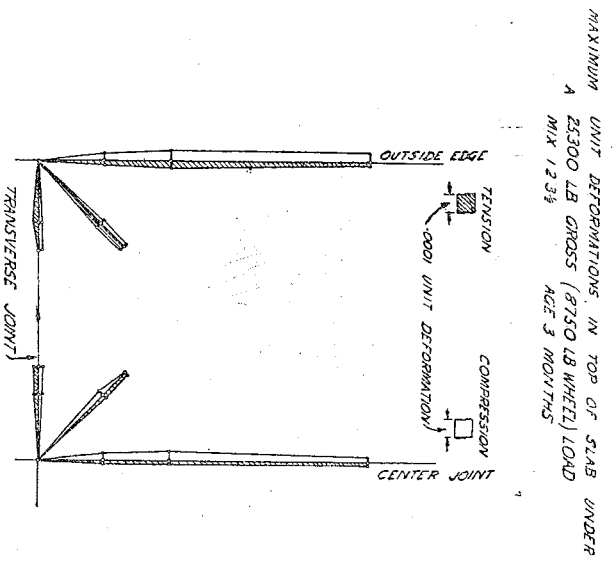
かくして center longitudinal

終 終

joint を設ける場合に於ては中央に於ける厚さは両端の約 0.7 とすべきであるといふ結論を得た。

試験の結果に依ると dry concrete に於ては repeated stress を加ふる場合 failure を起さざる爲には、其大いさは modulus of rupture の 50% を僅か越す程度でなければならぬ。之に依つて見るも concrete pavement の縁端は其縁端に荷重を受くる cantilever beam として設計し其 unit stress は modulus of rupture の 50% を越えないやうにすべきである。

STRESS DIAGRAM SECTION NO. 1



STRESS DIAGRAM FOR A THICKENED-EDGE PAVEMENT (COOK COUNTY)

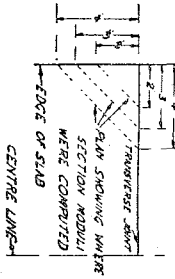
第 五 圖

横断形状の比較

既に述べた通り縁端の強度は大部分縁端の gross section に depend する。第六圖に於ては數種の横断形に於ける縁端の gross section を基として強度を比較せるものである、之等のものを比較研究すれば強度と經濟的關係を考慮して適當なる gross section を選ぶことが出来る。Section modulus は corner より 2, 3, 4 ft の點に於て pavement の edge に沿つて計算せるものである (corner cracking は通常此 Zone の中に起るから) 1921 年以後 concrete pavement design の傾向は U.S. Bureau

of Public Road に於て國
 庫補助道路改良計畫の爲に
 作成せる次の表に示すやう
 な thickened edge type を
 用ふるやうになつた。此表
 に依れば 1921 年以前には
 thin edge 又は uniform
 thickness design が用ひられ
 た。1921 年に於て始めて
 thickened edge section が用
 ひられ其後漸次廣く採用さ
 れるやうになつた。1925 年
 には 9—6—9 pavement (兩
 端 9' 中央 6') が最も多
 く用ひられ 8—6—8 のもの
 も相當用ひられた。尙 7in
 乃至 8in の uniform thick-

STATE	CROSS SECTIONS	SECTION MODULI				CONCRETE PER INCH			
		g'	1/2"	3"	1/2"	CU YRS	%		
ILLINOIS	CIRCULAR ARC GRAVING SUBGRADE	539	100	459	100	572	100	1859	100
INDIANA	PARABOLIC CROWN SUBGRADE CROWNED	277	82	446	91	554	97	2053	110
NEW YORK	PARABOLIC CROWN STRAIGHT LINE SLOPE	277	82	410	89	538	94	1906	103
NORTH CAR	PARABOLIC CURVES	340	100	507	110	657	115	2154	116
PENNA	CIRCULAR ARC	380	115	545	119	678	118	1955	105
VA	PARABOLIC CURVES	458	135	655	143	823	144	2172	114



STUDY OF STRENGTH AND ECONOMY
 OF STRONG CROSS-SECTION DESIGNS
 U.S. BUREAU OF PUBLIC ROADS
 DIVISION OF TESTS
 STUDY OF SECTION MODULI AT CORNER OF SLAB

短 橋

第 六 圖

ness のものも僅に用ひられ
 た。
 此表は 1926 年 4 月に作
 成されたもので 1917 年以
 來の concrete pavement の
 section の design の變化を
 明瞭に示すものである。

三 鋪裝の表面仕上 げに就て

鋪裝の破壊は荷重の衝撃
 に依ること極めて大であつ
 て衝撃は路面の凹凸に依る
 のであるから鋪裝の表面を
 出来るだけ平滑に仕上げる
 試みが競つて行はれるやう
 になつた。米國に於ても

大尺

surface finish の問題は著しく注意を惹くやうになり又暇して起るのである。施工上より起る失敗の原因は次の如く分
重になつた、以前は10
れに對し $\frac{1}{2}$ in 迄を
許可したが最近は 10b
に對し $\frac{1}{8}$ in 以下とい
ふやうな規定が多く用
ひられるやうになつた。

THE TREND OF CONCRETE PAVEMENT DESIGN BY YEARS.
(Tabulation by U.S. Bureau of Public Roads. Based on Federal-Aid
Projects.)

Edge	Centre	NUMBER OF PROJECTS SUBMITTED BY THE 48 STATES BY YEARS.									
		1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	
5	5	2	1	3	1	2	1	10	4	3	
6	7	1	3	3	24	40	10	33	3		
7	7	1	14	17	31	80	70	47			
7 1/2	7 1/2	2	14	66	21	30	9	33			
8	8	4	17	17	90	85	61	51			
9	9	1	7	13	0	5	8	44			
10	10	1	5	5	5	2	2	1			
12	12	1	1	1	11	3	2	1			
5	7	4	10	7	4	3	25	1			
5	7	7	7	9	17	8	30	25			
6	6	1	1	92	60	56	77	18			
6	7	4	11	65	55	23	24	4			
7	7	1	1	1	2	2	4	1			
7	7	1	1	1	1	1	1	1			
7 1/2	7 1/2	1	1	1	1	1	1	1			
7 1/2	7 1/2	1	1	1	1	1	1	1			
8	8	1	1	1	1	1	1	1			
8	8	1	1	1	1	1	1	1			
8	8	1	1	1	1	1	1	1			
9	9	1	1	1	1	1	1	1			
9	9	1	1	1	1	1	1	1			
9	9	1	1	1	1	1	1	1			
10	10	1	1	1	1	1	1	1			
10	10	1	1	1	1	1	1	1			
12	12	1	1	1	1	1	1	1			
Total thin edge or uniform		18	72	268	340	251	306	126	114	108	
Total thickened edge		0	9	0	0	4	122	108	356	418	

而して外的影響に依る表面の凹凸は主として気温、湿度の變化、路盤の凹凸に基因する龜裂等に依つる前後に於て常に直線定期を以て検査する事は路面を平

- (b) 不均一なる骨材を使用する結果舗裝の磨滅が不平均となる。
- (c) 混合の不完全
- (d) 目筋の施工平滑ならざること。
- (e) 表面仕上げの不完全。

平滑なる表面を得る方法
コンクリートが凝結

1. 施工の不完全に依るもの

2. 外的の影響

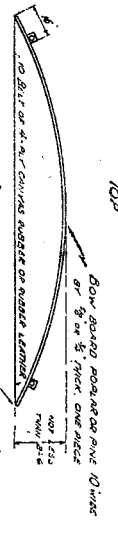
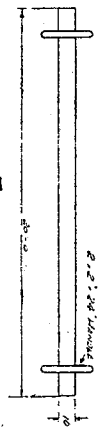
表面凹凸の原因は次の二つに大別すること
が出来る。

滑に仕上げの上に必要な事である。

次に表面仕上げには種々な方法が用ひられてゐる。次に二三の例を擧ぐ。

(A) ローラーとベルトを具備する finishing machine を用ふる方法

ローラーは餘り重きものならざるを要す、餘り重いローラーを用ふる時は路面の crown を押しつぶし既定の路面を構成し難い、外國の例を見ると一呎當り 12—15 封度と指定するのが多いやうである。中にはローラーの使用を省略して machine のみにて仕上げの事を推奨するものもある。Finishing machine を用ふる一つの利點は hand finishing よりも dry な concrete を使用する事を得、従つて強度の強い concrete を得ることである。また machine finishing は hand finishing



BOW BELT FINISHER
REQUIRED LENGTH 2 FT GREATER THAN AVERAGE WIDTH

第七圖

いのである。

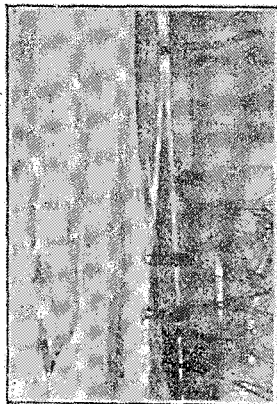
よりも均一なる concrete を得る。筒 machine を用ひず hand screed を以て搗固めローラーとベルトを以て仕上げの事を推奨する者もある。熟練なる工夫はかなり重い screed を用ひ finishing machine と同じ程度に仕上げることが出来る、何れの方法に於ても board belt を用ふる時は最もよい仕上げを得る。又 bow belt (第七圖) も相當の効果を擧げ得る、適當なる belting は水分を取去るのみならず clay, loam, laitance 等を取り去り表面の scaling を防ぐのであつて、鏝を以て餘りに平滑に仕上げるとは却つて結果が良くなくなる方法ではある。

(b) Longitudinal float を以て表面仕上げをする方法

之は 1925 年以來英國に於て用ひられて好結果を得てゐる、longitudinal float は transverse waves 即ち corrugati-

on を除く目的で使用される、此結果縦の wave が出来るが traffic に平行するから路面に及ぼす悪影響は少い。此 floating は二つの橋を架して行ふ方法と長い把手を以て道路の両側から行ふ場合とある。Longitudinal floating は鍍仕上げに比して勞力費を省く事を得、又鋪裝の riding quantity を改良する事が出来るのである。之は lanchance や路面の凹凸を取除く効果があるが餘りに幾度も floating を行ふ時は却つて crown を平にする缺點がある。要するに表面仕上の如きは施工を極めて丁寧にしなければならないのであつて、完全なる示方書を用ひ仕上げ方法、尚進んでは仕上に用ふる器具をも指定すべきである。

をつけたものを用ふ。Pavement の high spot を發見したる時は其處を paint にて mark し置き、此 carborundum brick を以て摩削する。材齡 24 時間のコンクリートを $\frac{1}{2}$ inch 位削るのは左程困難ではないさうである。此の他最近は此種の器具で種々なものが考案され米國等に於ては相當に効果を擧げてゐる。



第八圖

Sealing

コンクリートの路面は往々にして sealing を起すことがある。之れは施行後最初の冬に起るのが普通であつて $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ in の薄片となつて剝れ粗骨材を露出する、而して普通は一層受け

凸凹を訂正する方法

られるが、二層又は其れ以上の層が漸次剝脱することがある。Sealing を起した面は外觀悪しきのみならず路面に凹凸を生じ摩擦を促進する。Sealing の原因は lanchance や

イリノイ州にて用ひてゐる方法に次の如きものがある。carborundum brick を二つの steel angle にて支へ木の把手

silt が表層に集つて生ずるものらしいが其直接の原因は餘りに wet な mix を用ふる場合、ローラー及びベルトを以

て餘りに表面仕上を過度に行ふ場合、及びコンクリートが凝結し始めてから表面仕上を續行する場合等に起るのであつて、鑢仕上等で餘りに外観のみに氣を付けて却つて失敗を起す場合が多いやうである。

四 目地に就て

コンクリート鋪裝に於て常に問題となるものは目地であつて、また目地は常に弱點となるのであるから、其施工に就ては最も研究を要するところである。目地の目的は鋪裝の膨脹收縮に依つて生ずる不規則な crack や膨れ上り (Blow up) を防ぐのであつて、其目的より膨脹目地、收縮目地、構造目地に分つ。

路盤の摩摻と應力

コンクリート鋪裝は其含濕度及び温度の變化に依つて伸縮して之に依つて生ずる應力はコンクリートと路盤の摩摻に依つて抵抗される。鋪裝が氣温の上昇を受け又路盤が濕氣を帯ぶる場合は膨脹を起す、其結果此の力に抵抗する爲

に路盤と鋪裝との間に摩擦力を生じ、之がコンクリート鋪裝に對する外力となり應力を生ぜしむ。而して此の摩擦抵抗がコンクリートの應力強度よりも大となれば鋪裝の破壊を生ず、又此の逆の場合として氣温下降し鋪裝が乾燥すればコンクリートは收縮し、スラブの兩端は中央に近づかんとする。而して摩擦力が之に抵抗しコンクリートは tension を受ける、而してコンクリートは耐伸強度小であるから路盤面の凹凸大にして摩擦抵抗大なる時は僅な收縮に依つても鋪裝に龜裂を生じ易い、かくの如く路盤を平滑に仕上げたる事はコンクリート鋪裝に於ては極めて重要な事である。

次に摩擦力を考ふるに當つては種々なる路盤に於ける其最大値を知る事が最も重要である、何となれば最大摩擦力が最大應力を生ぜしむるからである。而して路盤の施工に相當の注意を拂へば、此摩擦力は或程度迄減する事が出来る。試験の結果に依ると此摩擦係數の値は路盤の状態其他に依つて異なるが大體 0 乃至 2 の範圍である。横斷龜裂の生ずる距離は此摩擦係數に依つて異なるのであつて、

f = 摩擦係數

d = 横斷龜裂間の距離 (呎)

w = 床版一呎當りの重量

t_c = コンクリートの耐伸強度 (封度/平方吋)

D = スラップの厚 (吋)

とすれば

$$f \cdot w \cdot d = t_c \times 12 \times D$$

今 $f = 0.5$, $w = 75 \text{ lbs}$, $t_c = 100 \text{ lbs/sq.in}$, $D = 6 \text{ in}$

とすれば $d = 192 \text{ ft}$ となる。

若し摩擦係數が 2 なれば龜裂の距離は 48 ft となる、荷路盤の状態に依つては f の値が更に大となる事も考へなければならぬ。コンクリート鋪裝厚を必要以上に増しても事實上龜裂の距離を減じない。厚さを増す事に依つて生ずる強度の増加は其爲に生ずる摩擦力の増加と大體相殺するのである。

然し乍らコンクリート鋪裝の線端を厚くする事は重い交通荷重に依つて生ずる龜裂を防止するのに、効果がある事

は前に述べたところである。

鐵筋灌強と目地

コンクリート道路に鐵筋を挿入して補強する事の得點に就ては今尙未定の状態にあるのであるが、理論上より云へばコンクリートの耐伸力を増加するやうに鐵筋を配置すれば、コンクリートの龜裂を減少するのに效力のある事は明らかである。

然し乍ら往々にして次の點が没却され易い爲に鐵筋の効力が過信されるのである。今コンクリート及び鐵筋の彈性係數を夫々 3,000,000 及び 30,000,000 lbs/sq.in とし、接手に於ける鐵筋の抵抗が充分なりとす、此場合コンクリートが 6,10 lbs/sq.in の應力を受けるとすれば鐵筋は 6,000 lbs/sq.in 丈の應力を受ける事となり、鐵筋は crack を防ぐ爲に其全能力を發揮する事が出来ないのである、然し鐵筋を挿入すればコンクリートに龜裂が入つても其龜裂が擴大するのを防ぐに役立つのである。

H. Ethinge Breed 氏は鐵筋使用の利點に關し次の諸點を

挙げた。

B=鋪装幅員

(a) 鐵筋はコンクリートの硬化期間に於ける應力に對する抵抗を助け slab の integrity を保つに効力がある。

t_c = コンクリートの許容耐伸強度

(b) 全幅に鐵筋を用ふれば縦の龜裂を減す。

t_s = 鐵筋の " " "

(c) 適當量を使用すれば slab の長さを 50 ft 乃至 100 ft に増加する事が出来る。

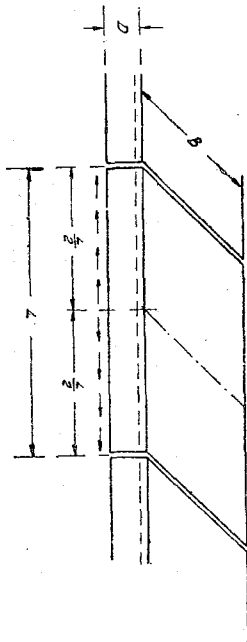
f = スラブと路盤との摩擦係數

(d) 鐵筋は施工當初より 28 日間に於ける鋪裝の強度を支へ slab の integrity を増す。

W = コンクリートスラブ一平方呎當りの重量

次に述ぶるところは、縱鐵筋の割合及び横目地の間隔を adjust して中間の龜裂を防止せんとする方法を示すものである。

E_c = コンクリートの彈性係數



數 " "

E_s = 鐵筋の " "

とすれば

コンクリートに龜裂の生じ

ない爲には

$$\frac{W.B.L.f}{2} = 12 BDt_c$$

$$+ \frac{A_s t_c E_s}{E_c} \dots \dots \dots (A)$$

著しき龜裂の生じない爲には

$$\frac{W.B.L.f}{2} = A_s t_c \dots \dots \dots (B)$$

今 $t_c = 30$ lbs/sq.in (10日間に於ける許容應力)

- D = 鋪裝厚
- L = 横目地の間隔 (呎)
- A_s = 鐵筋の斷面積

$$E_s = 30,000,000 \text{ lbs./sq.in}$$

$$E_c = 3,000,000 \text{ "}$$

$$f = 2.0$$

$$D = 6 \text{ in}$$

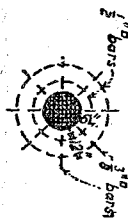
$$w = 7.5 \text{ lbs./sq.ft}$$

$$B = 18 \text{ ft}$$

$$t_s = 25,000 \text{ lbs./sq.in}$$

とすれば

第十圖



Reinforcing
at manhole.

横目地の間隔は次表の如くなる。

縦 鉄 筋 の 量	横目地の所要間隔	
	A の場合	B の場合
Plain concrete	28.8	23.8
4 - $\frac{3}{4}$ 丸鉄 ($A_s = 1.76 \text{ sq.in}$)	29.2	32.6
8 - $\frac{3}{4}$ 丸鉄 ($A_s = 5.52 \text{ sq.in}$)	29.6	65.2
12 - $\frac{3}{4}$ 丸鉄 ($A_s = 5.28 \text{ sq.in}$)	30.0	97.8

Manhole Reinforcement,

コンクリート道路に於て manhole 附近に放射状の龜裂

が生ずることは屢々實見するところである。之は此部分の路盤鞏固めやコンクリートの tamping の不完全に依る場合もあるが鋪裝の伸縮に對し manhole が anchor となるのに原因することが多いやうである。

此故に manhole の周圍には expansion joint を設け其周圍には第十圖に示す如く鐵筋を挿入して補強するを可とす。

縦 目 地

床版の兩端又は底面の溫度の差大なる場合又は含濕量の差大なる場合は床版が路盤上より反り上る傾向を有することとは前にも述べた通りである。又路盤の收縮例へば兩端に於ける路盤の沈下又は霜の作用に依る路心の膨れ上りに依つて、支持點が不均一となる。即ち鋪裝床版が兩端よりも中心に於て支へらるゝ場合又は其逆の状態となることがある。而してかかる状態に於て重交通の通過する場合は鋪裝床版が非常に大なる bending stress を受ける。第十一圖は此二つの場合を解説したものである。適當なる數値を代入

すれば 18 ft の slab に於て 5 ton 車が兩端に通行する場合の中央の厚さは約 12 in を要することとなる。

此計算に依つて明らかなるが如く路盤軟弱なる場合又は霜の作用を受ける場合 longitudinal crack を防止する爲には slab の厚さが非常に大となり非常な不經濟となるのである。longitudinal crack は事實は diagonal crack となつて表はれるのであるが之は longitudinal joint を設置する事に依つて防止することが出来る。然し乍ら中央に longitudinal joint を設置する場合は荷重が joint の兩端に平均に分布されるやうな工法としなければならぬ。tongue and groove joint (駄柄目地) は此目的に對して効果がある。米國に於ては荷重に依る中央と兩端に於ける vertical

moment が大なる爲に頑丈な dowel construction が用ひられる。又 center joint は擴がるのを防がなければならぬ。

次に必要なる鐵筋量の計算法を述ぶ。鐵骨は充分なる bond を得る爲には其直徑の少くとも 40 倍丈を埋め込まなければならぬ。

Dowels

f = 床版と路盤との間の摩

擦係數

t_s = 鋼の耐伸強度

A_s = 床版の長 1ft 當りに使

用さるゝ鋼の斷面積

W = 床版 1sft の重量

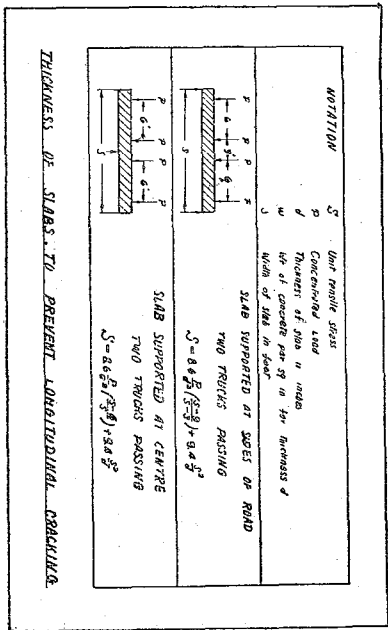
とし tension が全部鐵筋に依

つて支へられるものとすれば

$$A_s t_s = W \cdot f \cdot \frac{l}{2}$$

若し $l = 18 \text{ ft}$

$$W = 100 \text{ lbs}$$



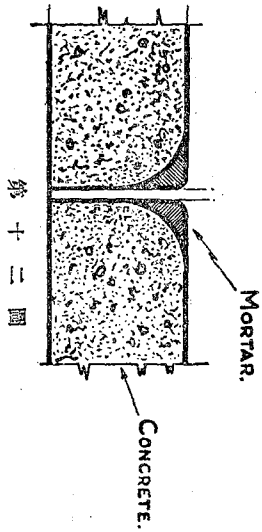
第一圖

$t_s = 25,000 \text{ lbs/sq.in}$ とすれば

$$A_s = \frac{100 \times 2 \times 3}{25,000} = 0.072 \text{ sq.in}$$

コンクリート鋼装に steel を挿入する場合の最も有效なるものは構造目地に於ける dowel として用ふる場合である、横目地の場合は steel は concrete と bond してはならない。dowel bar の間隔は wheel load を受ける場合の elastic curve より考ふれば密にする方がよい。例へば 6 inch slab 上に 5 ton truck が 8 ft 幅に乗つた場合を考ふるに其間隔は其幅の半分即ち 4 ft より大とならざるを可とす。

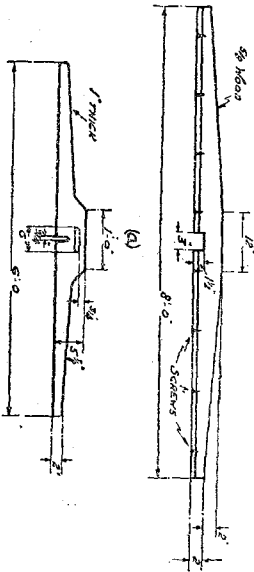
目地の設置



第十二圖



第十三圖



(b)

第十四圖

目地の必要なることは既に述べた通りである。また工事が連続的に施行されざる限り施工上の目地即ち構造目地の出来ることは免れない。而して目地は弱点となるのであるからかゝる joint は収縮目地又は膨脹目地の位置と出来るだけ合致せしむべきである。目地の施工は最も困難であつて熟練工を要するのであるが所謂熟練なる左官は却つて目地の施工に不適當なる場合がある。壁や床の施工と車馬の交通を受ける鋼装の其れとは非常に異なるのであつて、外観及び綺麗に仕上つても何の効果も無い場合が多い。所謂左官屋式

に仕上げると往々にして第十二圖に示すが如く目地の角にモルタルを使用する。かゝる joint は plastered joint と云ひ交通に依り破壊され易いのである。

目地の施工

目地の施工に要する器具は中央に溝のある軽い直線定規、隅角用鋸、木鋸、其他種々なるものを用ひる。コンクリート鋪装の施工に當り最も普通の方法は横の型枠を用ふる方法である。型枠は hard wood 又は steel 製とし joint の幅と同様の厚さを有し、形状は第十三圖に示す如く引き抜く時の便宜上小なる把手を有するものを可とす。コンクリートが充分硬化しない前隅角用鋸を以て半徑 $\frac{1}{4}$ in の丸味を附す、目地の兩側は正しく平端に仕上げなければならぬ。之が爲第十圖に示すが如き溝のある定期を用ふる可とす。又目地の施工に當つては仕上鋪装面に立入らないやうに足場を架し其上にて行はなければならぬ、目地の定期を引抜いた後は直ちに其間隙に瀝青目地材を充分に填充する。又目地材に precast の製品を使用する事もある。

此場合は型枠の代りに之を挿入してコンクリートを打つ事も出来る。

粘土質の如き悪い地盤に於ては joint を堅固に施工する爲に double reinforcement が屢々用ひられるが次の如き方法が用ひられた例がある。膨脹目地に於ては 1 inch steel bar 長 3 ft を 1 ft 間隔に slab の neutral axis に挿入す。bar の半分丈は tar paper にて包み一端には tar paper の下に cap をかぶせる (長約 3 inch), cap は自轉車の frame を切つて作つたもので瀝青を以て填充する。此 cap の目的は bar の end に fresh concrete が附着して concrete の expansion に抵抗するのを防ぐのである。

目地の方向

一般に目地は道路の方向又は之と直角の方向に設置するが斜の方向に用ふるもの (Diagonal joint) 又は圓形のもの (Circular joint) や千鳥形のもの (Staggered joint) も用ひられる場合があるが、其得失に就ては次に論ずる事とする。

斜形目地 (Diagonal joint)

此利點とする點は一車軸の二車輪が同時に目地に乘らず
従つて衝撃を減するといふにあるが、隅角に弱點を生じ結
局 straight joint に比して寧ろ
劣る結果となる。(第十五圖)に
於て A の部分は B の部分や直
角の隅に比して非常に弱點とな
る。

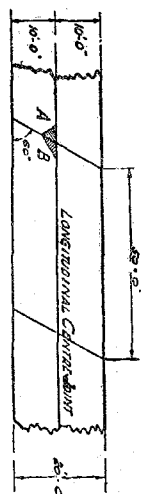
圓形目地 (Circular joint)

上記斜形目地は外觀良好なら
ざるを以て圓形のものも試みら
れたが斜の場合と同様の缺點を
免れない。即ち第十六圖の C 點
は弱點となり、工費も亦大であ
る。

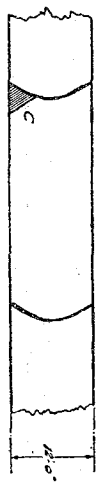
Staggered joint

或る者は縦目地と横目地の交叉する點が特に弱點となる

から第十七圖の如く目地を喰違はせることに依つて之を防



第十五圖



第十六圖



第十七圖

裂を生ずる事となる。

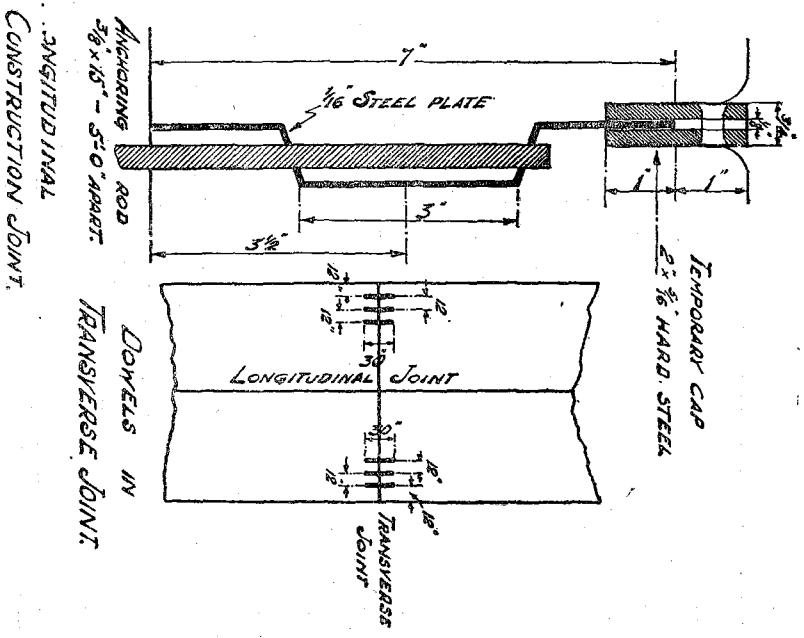
目地施工様式の實例

New Jersey, 1922 縦目地に sheet steel buckle plate を

が縦目地が單なる butt joint にし
て填充材を用ひざる場合には此
方法は思はしくないのである。
即ち第十七圖に於て D, G, 及び S
が合する點に於ては D は左に動
かんとし G は右に動かんとし
S は固定することとなるから縦
目地に flexible filler が用ひら
れざる限り著しき摩擦力が PD
と KS 又は GR と SL の間に
生ず、之が爲 S や U に於て龜

用ひ、其頭部は鋪裝面より 1 inch 下に置く。plate は垂直に設置し pin を以て路盤に固定す、尚 removable cap を頭部へ置き幅 $\frac{3}{4}$ inch の溝を作り仕上げたる後 cap を取除き瀝青を以て填充する。自地は第十八圖に示す如く keyed joint であつて 1921 年には flat plate を用ひてゐたのを改良したものである。横目地と縦目地が cross せる點の内側の隅を lock す、而して横目地の dowel は圖に示す如く外側の隅を lock す。dowel の片側は tar paper を以て二重に包み slide するやうに紙

摺 擦



LONGITUDINAL
CONSTRUCTION JOINT.
第十八圖

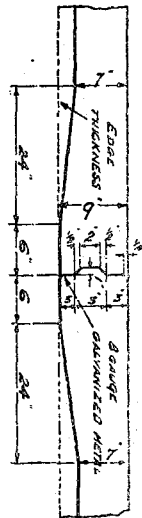
の管に入れ込む、横目地の填充材は既注型とす。
Ohio 1924——收縮目地は 300 ft 毎に設置す。第十九圖に示す如く vertical slip を防ぐ爲に lock out construction とし edge 附近に於て slab の厚さを増す。圖は横の收縮目地の構造を示すものである。
tongue and groove metal strip を以て joint を作り且つ edge を厚くすることに依つて joint の兩側を正しく平坦にし又 edge が破壊するのを防ぐ目的を達す、尙此工法に依つて鋪裝面の平滑の度を増す事を得た。

Arizona, 1526——膨脹自地の間隔は 33 ft 乃至 40 ft 自

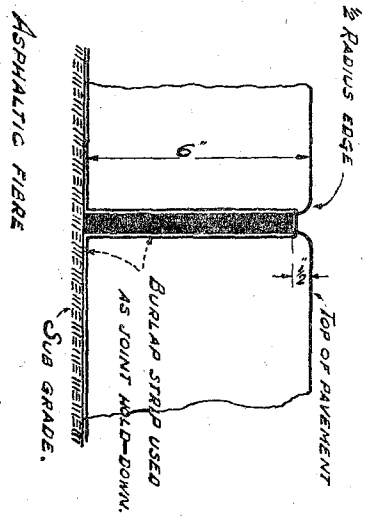
花崗岩の cube を用ふる方法

地塊充填材の移動又は脱出等を防ぐ爲に充填材を麻布を以て蔽ひ充填材押し出されるよりも寧ろ之を固定せしむる事に努む、布の幅は自地材の高さの 5 乃至 6 倍とし長さは鋪裝幅と同一にする。

之を以て joint を蔽ひ兩端はコンクリート下面に敷込む。施工に當つては最初自地の兩側に少量のコンクリートを打ち、布の弛むのを防止す。此方法は比較的成功した core を取つた結果を見るに 100% の効果あり、布に依つて joint の下部又は其間隙にコンクリートが入り膨脹自地の作用を不完全にするのを防止するに効果のある事が判明した。



第十九圖



第二十圖

するを便とするが此方法は勿論一般には望めないことで

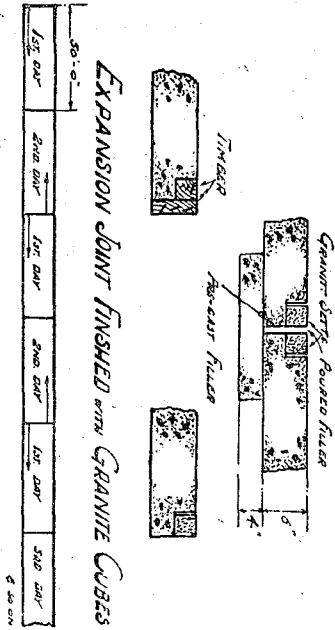
必要は比較的少ないが鐵車輪の交通の多い箇處では自地の隅角が破壊され易い。此缺陷を防止する爲に 3—4 inch の角の石材を用ひ、效果を擧げた箇處がある。コンクリート鋪裝厚 8 inch 以上あれば第廿一圖に示す如く 3 in 又は 4 in の角材を當てて之を引抜いて石材を挿入する事を得、鋪裝厚 8 inch 以下のものに在つては joint の下に豫め幅約 2 ft 厚 4 in 位のコンクリートを打つて置く方がよい。

石材を用ふる場合第廿一圖下部に示すが如く交互に slab を施工

ある。

Bearer Beam を用ふる方法

第廿二圖に示す如く joint の下に鐵筋コンクリートの桁を設置する方法を用いた例もある。最初此桁を置き其上に



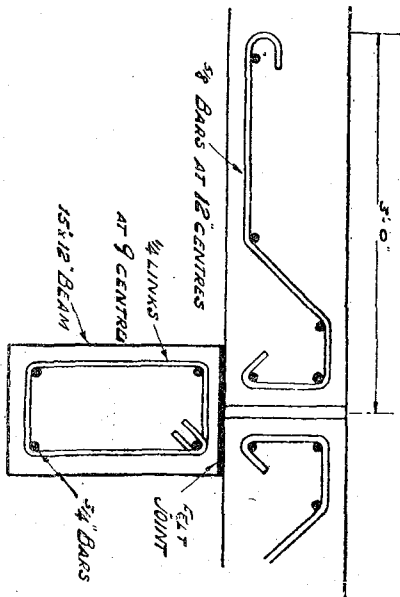
METHOD OF CONSTRUCTION USING GRANITE CUBES AT THE JOINTS

第 二十一 圖

鋪裝床版と縁を切る爲に asphalt felt の如きものを挿入す。此工法の缺點とするところは目地の半分に乘る荷重に依つて生ずる beam の deflection が他の部分に影響する

事である。

Interlocked joint —— 之は英國に於て用ひられたもので、
“Walker Weston Interlocked Joint” と云ふ特許の方法である。joint に沿ふ 12 inch の距離に於ては断面は CDEF と



第 二十二 圖

し其先の 12 inch に於ては section は ODGH に變化す。かくの如く 12 inch 毎に變化せしむる時は slab A と B とは垂直方向にも亦水平方向にも互に interlock され而も

slab の伸縮が自由となる、此工法は下部に適當な堰板を用ふれば容易に施工せられ、普通の butt joint に比して僅の工費を増すだけで、施行する事が出来る。

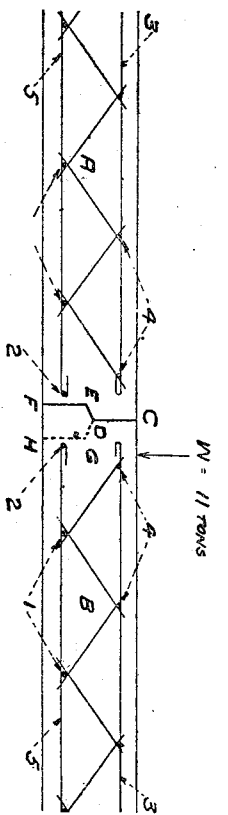
目地の修繕に就て

鋪裝が高温度を受くる時は目地材が溢出する、而して再び冷却する場合に之が舊狀に復することは難しい。之が爲其間際に泥土や塵埃

が入り込み漸次其效力を失ふから目地は時々掃除して目地填充材を補給しなければならぬ。要する

に目地の如きは如何に完全な構造としても維持修繕をせざるに放置することは最も危険である。これは勿論目地ばかりに限つたことではない、鋪裝の如く常に氣象の變化に曝され間斷なき交通荷重を受くる構造物に在つては僅な缺陷を放置するときは大なる破壊の因をなすものであつて、常に

維持修繕に留意を要することは、恰も靴の手入をよくすると否とに依つて其持ちの違ふのと同様である。目地又は龜裂を修繕するには先の尖つた pick 又は硬毛の brush にて充分掃除し、尙ほ間隙が狭く掃除し難き場合は aijet を用ふるを可とす。充分掃除したる後瀝青材を間隙内に填充し、表面に乾燥せる粗砂を撒布する、此場合古い目



第二十三圖

地材は表面より $\frac{1}{4}$ 乃至 $\frac{1}{2}$ in 丈取りき、新しい材料との結合を良好ならしむるを可とす。尙目地材は餘り多量に注入して目地の兩側に溢れないやろ細い出口より丁寧に注入するを要す。

目地内の瀝青材を去除く方法として petrol を用ふる事がある。これは先づ目地間隙内に petrol を注入し之に點化して瀝青材を除去するもので、其特點は作業敏速にして

コンクリートを破壊しない事である。また coating を取除く便利な方法は gasoline を充したる小なる罐を用ひ joint に注入する方法で、之を數回行へば古い瀝青材は全部取除くことが出来る。

又目地材填充の方法で Michigan に於て次の如きものが行はれ好成績を擧げてゐる、それは普通の罐の代りに圓錐

形の罐を用ふるもので、此方法に依る時は風の爲に注入を妨げられること少く、又材料の節約を計ることが出来る。此圓錐形罐を填充を行ふことが出来るといふことである、此圓錐形罐は容量 $2\frac{1}{2}$ ガロン位にして wire shut stf (栓) を具備し之に依つて流出量を調節することが出来る。一般に目地材の注入は低温度の時を避ける方がよい。(完)

セメントの化學的抵抗性にて就て

西 川 榮 三

第十三節 ホルトランド系セメント中の礬土(Al_2O_3)を礬化鐵(Fe_2O_3)にて置き換ふること…礬セメント

この方法は既に Michaelis によりて發見せられたるものにして、Erzement なる名稱のもとに知られて居る。キヌールセメントも又之に屬するもので、通常のホルトランドセメントに比して Al_2O_3 含有量少く Fe_2O_3 の含有量多

きものである。Richard Grim によれば、Erzement は Na_2SO_4 (10%溶液)、 $MgSO_4$ (10%溶液) $MgCl_2$ (10%溶液)、 H_2SO_4 (2%溶液) 等に對して抵抗性大である。然しながら、Erzement 中には $3CaO$ 、 Al_2O_3 を缺くを以つて、凝結、硬化おそき缺點あり、又亞麻仁油に對しては抵抗性が少い。