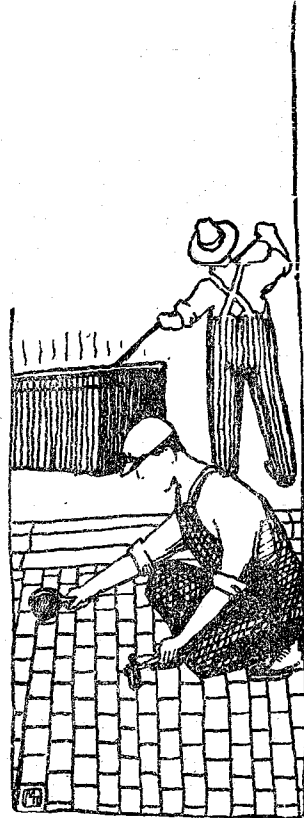


研

究

鋪裝の合理的設計と

科學的選定に就て



内務技師 藤井眞透

鋪裝は、力學的構造物でなくてはならぬ、單に材料の加

二 材料の選定

工及びその羅列であつてはならぬ、それで鋪裝設計に當り
ては僕は次の事項を考へたい。

一 力學的計算

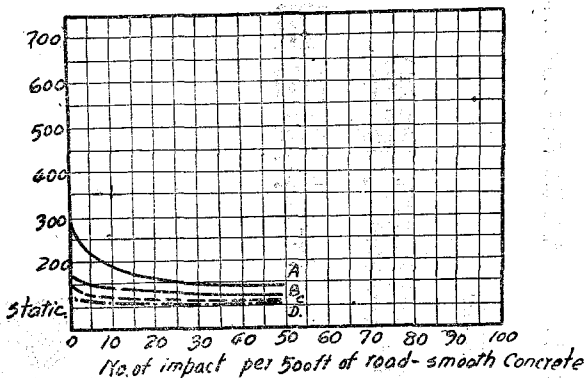
然し鋪裝の如く、之に加はる外力がリミットはあるが變化多くその構造が極めて複雑なるものにありては、到底完全に之を解く事が出来ない。然し之が出来なければ鋪裝は

單に材料の變形に過ぎずその進歩は、遂にある範圍を出でない、

舗装のヘテロゼニアスストラクチュアのもの別にして

今ホモゼニアスなる殊に
 アイソトロピック且つエ
 ラスチックソリッドのも
 のとして即ちブレンコ
 ンクリート舗装の如きも
 のを考へて力學計算より
 その厚及その配合もしく
 は強度をきめたいと思ふ。
 然し舗装に加はる外力
 は荷重の外にアトモスフ
 エリックアクションによ
 るインターナルストレ
 スを生ずるか現代舗装の技術に於ては之を考へに入るゝほど
 レフラインされて居ない。

Influence of tires on vertical impact reactions on smooth Concrete road



Truck 2-ton. Tire rated sizes dual speed 12 m. p. h.

- A = worn out solid tires.*
- B = new solid tires.*
- C = new cushion tires*
- D = pneumatic tires.*

Fig. 1

てやると、スタチックロードの三百パーセントのインパクトロードを損傷せるソリッドタイヤは與へてる、石塊舗装

從つて之を後日に譲りて單に荷重によるストレスを考へたい、荷重をマツク級の貨物自動車二噸積みのものは自重六千四百封度之に積載量二噸として一萬四百封度その後車輪の一つに加はる荷重を二千六百七十三封度とする。
 米國道路局と米國ゴム協會とが連合して、ヂエームス、エ、ブカナン及テイ、ダブルユ、リートの行つた道路面に及ぼす、荷重のインパクトテストの結果によれば十二哩の速度でアールリングトンにて試験した時、コンクリート舗装にあり得る様なオブスタクルを置い

では六百パーセントに達してゐる。此際コンクリート道路は
 プロファイロメーターによるラフネスが長百呎に付二、五吋
 石塊は一八、二吋である。従つて表面のラフネスが如何にイ
 ンパクトに影響するかを知る事が出来る今之を参考して
 靜荷重の三倍とし前記の車輪荷重の三倍即ち八千〇十九封
 度を受くるとする。安全率を考へて一萬封度とする。

此荷重を受けて生ずるストレスは今年初めイリノイ大學
 の力學のウエスターガート教授が式をだしてゐる。

之に當りてはサブグレードの性質を定める。
 サブグレードソイルは荷重を受くれば、デフレクション
 を起す

Reaction of subgrade at a point per unit area

$$= \text{Coeff}(K) \times \text{deflection}(Z)$$

K = stiffness of Subgrade #/sq" per inch deflection.

$$= \#/\text{in}^2$$

Modulus of Subgrade reaction.

之は五十乃至二百封度毎立方吋の程度のものであり約四

倍のレラチブデフレンスあるが、ストレスには餘り差を
 生じない。今コンクリート道路の厚を均一なりとする。
 次にスラブのスティッフネスとサブグレードスティッフネスの
 比を考へる。

Radius of relative stiffness \equiv relative to that of

subgrade.

$$R = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\mu)K}}$$

E = modulus of elasticity of Concrete.

μ = poisson's ratio

スラブ、スティッフネス、大にしてサブグレード、スティ
 ッフネス小なればラチアス、オブ、レラチブスティッフネス大であ
 る。

又レラチブ、スティッフネスは $\frac{E}{K}$ 、一定なれば之も一定
 である。

ラチアス、オブ、レラチブスティッフネスの數値は前記の式
 を用ひ、コンクリートの厚さの異なるものについてKの値を
 五十、百、二百封度（毎立方吋）とし彈性率は三百萬封度

(每平方呎)ポアソンズ、レシオを〇、一五として計算すれば次の如し。

混凝土厚 K(五〇研立方呎)	百研立方呎	二百研立方呎
四吋	二三・九一	二〇・一一
五吋	二八・二八	二三・七八
六吋	三二・四〇	二七・二六
七吋	三六・四〇	三〇・六〇
八吋	四〇・二三	三三・八三
九吋	四三・九四	三六・九五
十吋	四七・五五	四〇・〇〇
十一吋	五一・〇八	四二・九四
十二吋	五四・五二	四五・八四

此の表により最小十六吋、最大五十五吋平均三十六吋である。

次にコンクリート道路はアトモス、フェリック、アクションによるマテリアル、プロバのデフターメーションのためデヨイントを必要とする。

従て之に荷重の加はる、コンディションは第二圖の通り三つある。

第一場合 デヨイントのコーナーに於ける荷重によりて起るストレスはカンチ、レバー、アクションで表面にテンションを起す。

第二場合 スラブの中央部で、エッチより充分離れてる場合には荷重の中央のスラブ、ボットムにテンション起る。

第三場合 荷重がスラブのエッジで、然もコーナーより離れたる點では荷重はセミ、サークルに廣がり、スラブ、ボットムにテンション起る。

第一の場合のテンサイラストレスを求むれば次の如し、レザルチング、プレツシアはコーナー、アングルの二等分線上にありとする。

隅より二等分線に沿ひダイヤゴナル、レングスXに於ては、

B.M. — Px. for Cantilever beam

此のモーメントは、その断面幅の x 間に、均一に分布

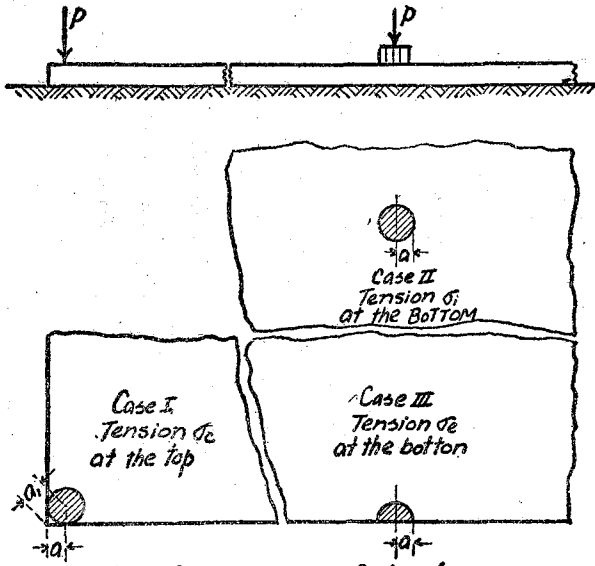


Fig. 2. Three cases of loading.

從つて B.M. per Unit width of cross section = $\frac{P}{2}$,
 故に Tensile stress at top $\sigma_t = \frac{3P}{h^2}$

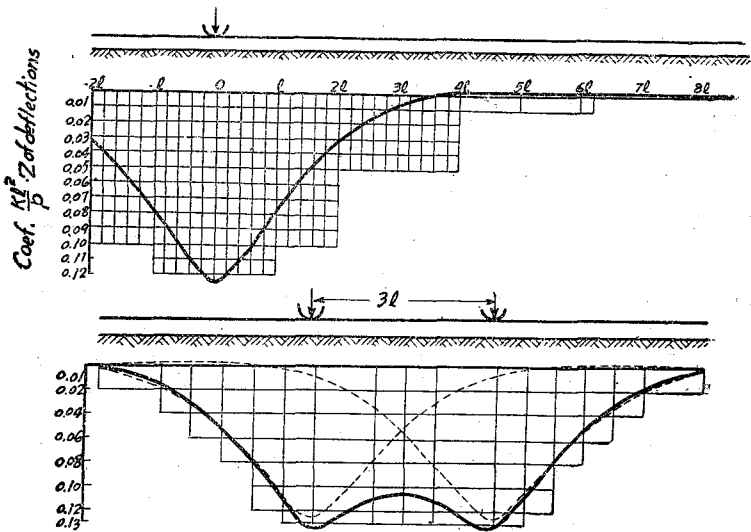


Fig. 3. Deflection Curve for
 ----- each load separately
 ————— both load combined

荷重とサブグレード、リアクションとのインフリュエンスを考ふれば(1)の式を入れて式は非常に複雑となる。

$$b^2 = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)K} \right)^{0.6} \right] \times \left[\frac{0.6}{a_1} \right]^{-0.16}$$

此の際チフレクションは、

$$Z = (1.1 - 0.88 \frac{a_1}{1}) \frac{P}{KI^2}$$

今以上の式を用ひて荷重を10,000封度、Eを31,000,000封度(平方吋)を0.15として、コンクリアル、バリュウを算出すれば次の如し。

厚時	K	a=0'	a=2'	a=4'	a=6'	11"	10"	9"	8"
6"	50#/cu-in	833	641	541	461	200	200	200	200
100		833	619	509	420	50	50	50	50
200		833	596	474	375	100	100	100	100
50"		612	480	412	357	200	200	200	200
100		612	466	390	329	208	208	208	208
200		612	450	366	298	208	208	208	208

第二の場合と同様にして次の式を得

$$Z = 0.3162 \frac{P}{h^2} \left[10^5 (h^2) - 410^5 \left(\sqrt{1.62 + h^2} \right) \right]$$

$$Z_1 = \frac{P}{8KI^2} \left[-0.657h - \log_{10} K + 0.478 \right]$$

之を前記同様のニユメリアル・ソリウを求むれば次の如

Slab 厚(吋)	K	Stress #/cu" a=0	a=2"	a=4"	a=6"	a=8"	9"	10"
4"	50	1281	1058	848	693	588	500	200
4"	100	1172	998	788	634	528	450	200
4"	200	1112	939	729	574	469	400	200
5"	50	763	694	580	487	415	350	200
5"	100	725	656	542	449	377	320	200
5"	200	687	617	504	411	339	290	200
6"	50	523	487	421	361	313	270	200
6"	100	497	461	395	335	287	250	200
6"	200	470	435	368	308	260	230	200
7"	50	380	360	319	279	245	215	200
7"	100	361	341	300	260	226	195	200

第三の場合に同様に次の式を得

$$Z_2 = 0.572 \frac{P}{h^2} \left[\log_{10} (h^2) - \log_{10} K + 5.767 \right]$$

$$Z_3 = \frac{1}{6} \frac{P}{(1+0.4h)^2} \frac{P}{KI^2}$$

Where $P = 0.15$

之を前記同様ニユメリアル・ソリウを出せば次の如し。

Slab 厚(吋)	K	Stress #/sq	11"						
			50	235	229	210	194	174	
			100	221	215	199	180	160	
6"	50	833	200	207	201	185	165	145	
			100	196	192	180	165	150	
100		785	50	184	180	168	153	138	
200		735	100	172	168	156	142	126	
7"	50	604	200	172	168	156	142	126	
			100	569	533	459	386	325	
200		534	200	498	424	351	290		
8"	50	457	50	436	388	337	293		
			100	430	409	361	311	266	
200		404	200	382	334	284	239		
9"	50	358	50	344	321	276	243		
			100	337	323	291	255	222	
200		315	200	301	269	233	200		
10"	50	287	50	278	259	230	204		
			100	270	261	239	212	187	
200		253	200	244	221	195	170		

以上の計算は、荷重只一個が働く場合であつて、道路面

に於ては、常に車輛の走行する場合は二つ以上の車輛荷重が近接してゐる、従つて此の複荷重によるストレスは單獨荷重の場合のストレスが互に影響して、單獨の場合よりも大きくなるのが常であるが、之は車輪間の間隔によりて一定しない。

第三圖に之を示すものは、二車輪の間隔がラヂアス・オブレラチブ・スチツフネスの三倍の場合を示す。

今茲にシングルロードの場合を考へて、

$$P=10,000 \text{ * including impact}$$

$$K= 50 \text{ * per sq. inch per inch}$$

2 inch

Pavement thickness 6"

とすれば

Case I. $\Sigma c = 641 \#/\square'$

Case II. $\Sigma i = 487 \#/\square'$

Case III. $\Sigma e = 769 \#/\square'$

エッチ及びコーナーを通常の施行の如く厚くする。即ち

今八吋とすれば次の如し。

Case I. $\Sigma c = 373 \#/\square'$ thickness 8 inches.

Case II. $\Sigma i = 487 \#/\square'$ " 6 "

Case III. $\Sigma e = 457 \#/\square'$ " 8 "

モヂユラス、オブ、ラブチュアを前記のストレスを受くる

に安全なるものとすれば、之によりてヒーブメントのデサ

インを了るものとす。

コンクリートの配合はモヂユラス、オブ、ラブチュアを耐

壓強度に換算してアブラムの水比説及粒度率説を應用して

經濟的配合を作る事を得る。

假りに一、一、五—三、三の配合を以て作れるコンクリー

トは

次の如きモヂユラス、オブ、ラブチュアを示した

7 days 580 #/□'

14 days 680 #/□'

21 days 740 #/□'

28 days 770 #/□'

然し現場作業のタンピングの状態程度を考へて安全率を

少くも一、二乃至三を必要とする。かくの如くしてスラブ

設計を了る已にかゝる力學的根據を得て、之に應ずる設計

をたて材料を選定した以上、次に考ふべきは、その耐久性

である。

耐久性は即、當初の性質強度の持続力の時間的關係であ

る。道路の如きはレビテッドロードによる磨損を受くる

ものなるが故に之と同様なるローリングストックの影響を

考ふる。

ドローリーハードネスの如きスキツピングアクションによ

るものは餘りにスモールスケールにして路面構造物に於ける(ヘテロゼニアス)のものには到底レイする事は出来ない。

従つてローリングストックによるダイレクトテストを必要とする。

前に米國に於けるアーリンクトンの如き英國のテツデングトンの如きモデルロードテストが必要である。

然しモデルテストである以上、ストレスの測定は多くは出来ない。従つて材料學的に之を考へるには次の條件を必要とする。

- 一 モデルベープメントの作成は必ず現場作業と同一の條件即ち同一の輻壓の設備をする。
- 二 車輪の回轉速度は自由に變更し得る。
- 三 車輪にかゝる荷重は現在及豫想し得べき將來の荷重を有せしめること。
- 四 車輪はスチールタイヤ、空氣及ソリッドタイヤを設備せしめる。

五 車輪は向背何れの方向にも運轉し得らるゝこと。

六 車輪運轉の結果その凹凸の状態を擴大して縦横とも記録すべき設備を有すること。

七 凸凹の状態を記録すると同時にその凸凹を緊計してラフネスデグリーを示すべきナンバーを表示すること。

之によりてスチールタイヤ、空氣タイヤソリッドタイヤが各各特異の速度で走つてゐる時の路面に及ぼす影響など見ることが出来る。

今通行量を左の路線について調べてみた。

路線	歩行者 <small>(幅一尺ニ付重 量噸)</small>	車輛 <small>(幅一尺ニ付重 量噸)</small>	車輛 <small>(幅一尺ニ付重 量噸)</small>	車輛 <small>(幅一尺ニ付重 量噸)</small>
青極街道	一一・四	一一・八	〇	九九・〇
甲州街道	一三・五	六八・〇	〇	九二五・〇
千住街道	二・八	三二・〇	〇	三七八・〇
日比谷芝通	二〇・八	三七二・〇	〇	二五九七・〇
日比谷數寄屋橋通	三三・五	二八三・〇	〇	一〇〇二・〇

最下の路面磨損係數による重量噸は通行する車輛をその

輪帶の種類別に分ち、鐵輪帶空氣タイヤソリッドタイヤの三種につきその路面磨損に及ぼす影響モデルロードテストにて定め得べき係数を豫定したるものを各車輪の總重量に乘じたる路面磨損に有効なる重量噸(エツフクチブロード)を示す之によりて各裝鋪すべき路線の鋪裝の種類を選定す

トラツプ岩に就て

内務技師 高田昭

道路鋪裝用石材にトラツプ岩といふ名稱で呼ばれてゐる火成岩があるが、如何なる性質又は種類の岩石を包括するかと手許にある文献に就て調べたことがあるから、其の結果を紹介しようと思ふ。

トラツプなる語は英語では「Trap」獨逸語では「Trapp」と書いてゐるが本來は瑞典語「Trapp」から出たもので「Trappa」といふのは階段(Stair)の意である。又英國では「Greenstone」或は「Whinstone」とも呼んでゐる(1)(2)(3)(4)。即階段

る基準とし得らるゝと思ふ。

此モデルロードテストは大阪市に一つあるが内務省でも先にのべたる條件を考へて土木試験所に設置せらるゝ豫定である。

ケル氏(5)によれば瑞典の或る地方の「海岸には眼を驚すばかりに高く聳立する階段狀斷崖がある。熔岩流は水平狀に廣く分布し恰も人工になる城壁の如く、百層に近い熔岩流が水平に重疊し其の終端は垂直に切斷され、且上層は下層より短く切れて居るから其處に宏大な階段を現出する」