

プレストレストコンクリート舗装に関する実験的研究

正員 近藤 泰夫*
 正員 岡田 清**
 准員 武田 昭彦***
 准員 坂村 果****

EXPERIMENTAL STUDIES ON PRESTRESSED CONCRETE PAVEMENT

Dr. Eng., Yasuo Kondo, C.E. Member
Dr. Eng., Kiyoshi Okada, C.E. Member
Akihiko Takeda, C.E. Assoc. Member
Akira Sakamura, C.E. Assoc. Member

Synopsis :

A prestressed concrete pavement slab of $10 \times 300 \times 1200$ cm was fabricated to obtain detailed informations useful for building the prestressed pavements in fields.

The slab was prestressed up to 17 kg/cm^2 only in longitudinal direction by four high strength bars of diameter 17.4 mm.

The stress distributions in the slab after the transfer of prestress were measured by SR-4 gauges and Whittemore strain-meter and compared with the theoretical analysis. A small scale of loading test was also carried out. The subgrade friction test was made by using the precast slabs of $8 \times 80 \times 80$ cm and the theoretical consideration of the effect of subgrade friction on the loss of prestress was presented.

1. 緒言

近年プレストレストコンクリートは種々の土木、建築構造物に利用され、コンクリート工学に画期的な発展をもたらした。プレストレストコンクリートを道路あるいは飛行場の舗装に適用することは、欧米各国でぽつぽつ始められているが、構造物の特殊性からいまだ試験舗装の域を出ていない状態である。

プレストレストコンクリート舗装の利点とされるころは、舗装床版の目地数を減少させ、また版のひびわれ発生を防止できる点で、このため目地作成の手間ははぶかれ、車両通過の際の衝撃も著しく減少し、ひびわれの防止によつて舗装の寿命を延長し保守費が節約できる。従つて最初の建設費が多少高くてもその全寿命期間を考えると、かえつて経済的となる場合もある。反面、プレストレストコンクリート舗装では地下埋設物の検査補修がきわめて困難であり、曲線部の施工が技術的にむづかしい等の欠点もあるが、これらの点も漸次改良され、諸種の実験、研究的裏付けによつて広く実用化される日も遠くないものと考えられる。

以下に述べる実験的研究は、実際現場に施工するに先立ち、京都大学内に作成したプレストレストコンクリート試験舗装について行つた各種測定並びにこれらに対する検討であるが、プレストレストコンクリート舗装としてはむしろ短い床版長なので、プレストレスを高張力鋼棒によつて導入した。これは、これまでの諸外国には全く例を見ない工法である。実測はプレストレス導入時の床版内のひずみ分布、小規模な載荷試験、さらにはプレキャスト版による路盤摩擦試験について行い、路盤摩擦に対する理論的考察を行つたものである。

2. 試験床版の設計及び施工

試験床版の寸法は 3×12 m、厚さ 10 cm で、当初は縦横両方向にプレストレスを導入する予定であつたが、横方向（幅員方向）は計算上不要であり、厚さに対してプレストレスの偏心量が大きくなるので取り止めた。動荷重は 2.5 t（ただし衝撃を含む）とし、使用コンクリートの 4 週強度は圧縮 400 kg/cm^2 、曲げ 70 kg/cm^2 として設計を行い、プレストレスは住友電工製の $\phi 17.4$ mm PC 用鋼棒を緊張材として導入した。

1) 緊張材本数の決定

-
- * 工学博士，京大教授，工学部土木工学教室
 - ** 工学博士，京大助教授，工学部土木工学教室
 - *** 京大講師，工学部土木工学教室
 - **** 京大大学院，工学部土木工学教室

必要なプレストレスの大きさを決定するために 動荷重と温度変化、収縮あるいは床版上下面の温度差の組合せにより床版内にひき起される最大引張応力を算定する。Westergaard の式によると版の下面における最大引張応力は、版の中央に載荷した場合

$$\sigma_1 = 0.316 \frac{P}{d^2} \left(4 \log \frac{l}{b} + 1.069 \right) \dots \dots \dots (1)$$

で与えられる。ただし式中

$$\begin{aligned} d &: \text{床版厚} \\ b &= \sqrt{1.6 a^2 + d^2} - 0.675 d \\ a &: \text{荷重接触面積等価円の半径} \\ l &= \sqrt[4]{\frac{E d^3}{12(1-\mu^2)k}} \end{aligned}$$

である。いまコンクリートの弾性係数 E 、ポアソン比 μ の値をそれぞれ $350\,000 \text{ kg/cm}^2$ 、 0.15 とし、路盤支持力係数 $k=5 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ とすると、 $a=16.5 \text{ cm}$ のとき (1) 式の値は $\sigma_1=23.6 \text{ kg/cm}^2$ となる。

次に床版が一樣な温度変化を受けた場合、路盤との摩擦による最大応力は

$$\sigma_2 = \frac{1}{2} L w F \dots \dots \dots (2)$$

で与えられる。ただし式中

$$\begin{aligned} L &: \text{床版長} \\ w &: \text{床版の単位重量} \\ F &: \text{床版と路盤との間の平均摩擦係数} \end{aligned}$$

であり、 $F=0.5$ とすると (2) 式の値は $\sigma_2=0.72 \text{ kg/cm}^2$ となる。

さらに床版上下面の温度差による反り応力は

$$\sigma_3 = \frac{E t e}{2(1-\mu)} \dots \dots \dots (3)$$

で与えられる。ただし式中

$$\begin{aligned} t &: \text{床版上下面の温度差} \\ e &: \text{温度膨脹係数} \end{aligned}$$

であり、 $t=15^\circ\text{C}$ 、 $e=10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ とすると (3) 式の値は $\sigma_3=30.9 \text{ kg/cm}^2$ となる。従つて最大応力はこれらを加算して $\sigma=\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3=55.2 \text{ kg/cm}^2$ となる。

一方、Arlington の実験公式によれば、保護のない隅角部に対して最大引張応力は

$$\sigma = \frac{4.2 P}{d^2} \left(1 - \frac{\sqrt{\frac{a}{l}}}{0.925 + 0.22 \frac{a}{l}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

で与えられ、各数値を代入して $\sigma=44.3 \text{ kg/cm}^2$ がえられ、また Sheets の公式によれば、保護のない隅角部に対して最大引張応力は

$$\sigma = \frac{2.4 WC}{d^2} \dots \dots \dots (5)$$

で与えられ、(4) 式の P に対し静荷重として $W=P/1.2$ 、 $C=0.9$ ($k=5 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ のとき) とすると $\sigma=45 \text{ kg/cm}^2$ となる。

以上の諸公式による応力のうち、Westergaard の公式を用いたものが最も大きい、版の温度応力は急激に生じるものではないから最大 50 kg/cm^2 にとつておけば十分と考えられる。

許容曲げ引張応力として 35 kg/cm^2 を用いると、導入すべきプレストレスは約 15 kg/cm^2 であり、 $\phi 17.4 \text{ mm}$ の PC 用高張力鋼棒は有効 12.5 t を導入できるから、幅員 3 m に対して 4 本使用すればよいことになる。

2) コンクリートの配合及び施工

コンクリートに使用したセメントは、大阪窯業セメント大阪工場製高級ポルトランドセメントで、骨材は砂、砂利とも野州川産である。示方配合は表-1 に示すとおりで、試験練りコンクリートの 4 週強度は設計強度とほとんど一致したが、現場練りはスランプが 5 cm となり、強度、弾性係数とも幾分低かつた。

コンクリートの打設に先立ち路盤を 1.7 t ローラーで締め固め、平板載荷試験によつて路盤支持力係数を実測

表-1 試験舗装コンクリートの示方配合

骨材最大寸法	スランプ	単位セメント量	単位水量	水セメント比	単位砂量	単位砂利量
25 mm	3 cm	465 kg	178 kg	38%	629 kg	1 088 kg

し、 $k=4.5 \text{ kg/cm}^2/\text{cm}$ なる値をえた。この上に砂利、砂を約 5 cm 敷き、さらにクラフトペーパーを敷いてその上にコンクリートを打設した。型ワクは木製型ワクとし、鋼棒は住友電工製の $\phi 17.4 \text{ mm}$ の高張力鋼棒で、とくに 12 m の長尺物を試作し、シースは直径 25.4 mm で床版端の碇着板は $10 \times 12 \times 1.9 \text{ cm}$ の鉄板を使用した。

3. プレストレス導入による床版のひずみ分布

プレストレスはコンクリートの材令が 4 週に達したとき Simplex ジャッキにより導入したが、このときの版に生ずるひずみは Whittemore ひずみ計及び電気抵抗線ひずみ計によつて測定した。前者に用いる標点用ピンは、コンクリートの打設時にあらかじめ埋め込んでおいたもので、後者に用いるゲージ (K-8) は、測定の前口に表面にはり付けた。両者の測定位置は 図-1 に示すとおりで、各位置において縦横両方向のひずみを測定し、Whittemore ひずみ計による測定は長さ方向の中心線に対して対称の位置にある 2 測点のひずみを平均した。測定は 図-1 の C のみが導入された場合と、4 本とも全部導入された場合との 2 回行い、測定値を理論値と比較検討した。

図-1 ひずみ測定位置

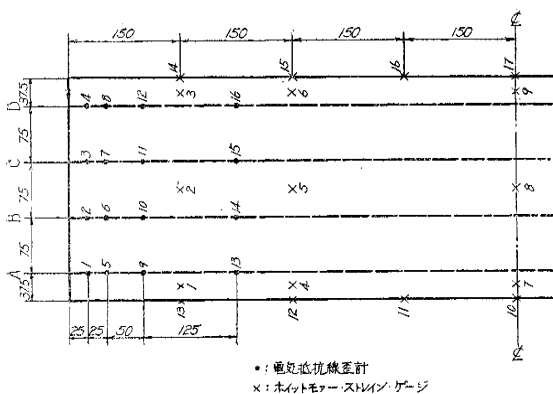
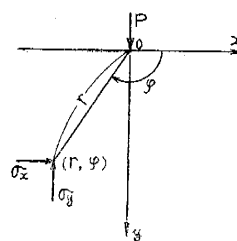


図-2 版縁端部の集中荷重



いま、図-2 のように半無限大床版に集中荷重 P が縁端に直角に作用する場合を考えると、Airy の応力函数は次式で与えられる。

$$F_1 = \frac{P}{d\pi} r \varphi \cos \varphi = \frac{P}{d\pi} x \tan^{-1} \frac{y}{x} \dots \dots \dots (6)$$

ただし d = 床版厚さである。この場合版内の任意の点の応力度はそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{2P}{d\pi} \frac{\sin \varphi}{r} \cos^2 \varphi = -\frac{2P}{d\pi} \frac{x^2 y}{(x^2 + y^2)^2} \\ \sigma_y &= -\frac{2P}{d\pi} \frac{\sin \varphi}{r} \sin^2 \varphi = -\frac{2P}{d\pi} \frac{y^3}{(x^2 + y^2)^2} \\ \tau_{xy} &= -\frac{2P}{d\pi} \frac{\sin \varphi}{r} \sin \varphi \cos \varphi = -\frac{2P}{d\pi} \frac{xy^2}{(x^2 + y^2)^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

で与えられるから、荷重の数が増しても各荷重による応力度を重ねていけば全応力度が求められる。(7) 式を試験床版に適用すれば、定着板による荷重分布と両側縁で版が終つている条件は入っていないが、載荷点から近い範囲では近似的な応力値を与えると考えられる。

Guyon は はりの一端に集中荷重が作用した場合のほり内の応力分布を表示しているが¹⁾、これを試験床版に適用すれば両側縁の境界条件が満たされ、(7) 式によるよりも理論的に正しい値がえられる。従つてこの両者を導入応力の理論値とし、これらを次式に代入してえられたひずみの理論値と実測ひずみとを比較して表-2 のような結果をえた。

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{1}{E} (\sigma_x - \mu \sigma_y) \\ \epsilon_y &= \frac{1}{E} (\sigma_y - \mu \sigma_x) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

ただし ϵ_x, ϵ_y : それぞれ横, 縦方向のひずみ

σ_x, σ_y : それぞれ横, 縦方向の応力

E : コンクリートの弾性係数 (実測により $270\,000\text{ kg/cm}^2$)

μ : コンクリートのポアソン比 (0.15 と仮定)

表-2の結果から次のようなことが考察される。すなわち鋼棒を1本だけ緊張した場合、その線上では実測縦ひずみは理論値とほぼ一致しているが、その他の部分ではおおむね実測値の方が大きい値を示しており、いずれの測点でも圧縮応力が生じていて、床版長の中央部では約 2.7 kg/cm^2 の圧縮応力が生じている。また、この場合の横ひずみの実測値は Guyon の表から求めた理論値と類似した値を示し、(7)式による理論値とはあまりよく合っていない。横ひずみの実測値はその絶対値が小さく、理論値との比較が実際上困難である。

表-2 ひずみの実測値と理論値との比較

(1) 電気抵抗線ひずみ計による結果

測点番号	Cのみ導入されたとき			全部導入されたとき		
	実測値	(7)式による理論値	Guyonによる理論値	実測値	(7)式による理論値	Guyonによる理論値
1	10 (0)	2.1 (2.8)	0.9 (- 6.0)	130 (-18)	126.5 (- 4.0)	131 (-52.6)
2	20 (0)	1.7 (10.1)	0.7 (1.5)	135 (-20)	126.0 (5.0)	129 (-40.1)
3	80 (-15)	120.0 (-18.1)	125.0 (-25.8)	100 (-18)	126.0 (5.0)	129 (-40.1)
4	15 (- 5)	1.7 (10.1)	2.1 (- 6.1)	138 (-25)	126.5 (- 4.0)	131 (-52.6)
5	10 (0)	2.3 (4.9)	-1.3 (10.7)	85 (-13)	72.2 (9.3)	74.1 (-19.9)
6	20 (0)	6.3 (11.3)	4.7 (4.5)	80 (-18)	76.4 (18.2)	73.6 (-16.9)
7	55 (- 5)	61.5 (- 9.2)	61.7 (-17.4)	100 (-10)	76.4 (18.2)	73.6 (-16.9)
8	20 (0)	6.3 (11.3)	7.6 (- 8.5)	93 (-15)	72.2 (9.3)	74.1 (-19.9)
9	20 (-)	4.4 (5.5)	1.6 (4.6)	80 (-)	53.0 (9.0)	61.9 (- 8.0)
10	20 (0)	13.8 (4.6)	11.8 (- 0.9)	75 (-18)	64.0 (9.9) ⁶	62.2 (-10.3)
11	40 (-)	32.1 (- 4.8)	32.3 (-11.4)	80 (-)	64.0 (9.9)	62.2 (-10.3)
12	30 (-10)	13.8 (4.6)	17.4 (- 7.5)	90 (-10)	53.0 (9.0)	61.9 (- 8.0)
13	20 (0)	7.0 (1.7)	6.1 (- 1.8)	70 (- 5)	42.4 (0.9)	61.9 (- 9.6)
14	20 (-10)	13.4 (- 0.8)	13.0 (- 3.3)	63 (-20)	50.0 (2.4)	61.7 (- 9.4)
15	- (-20)	16.3 (- 2.4)	21.4 (- 4.8)	- (-15)	50.0 (2.4)	61.7 (- 9.4)
16	25 (0)	13.4 (- 0.8)	23.3 (- 3.2)	78 (-20)	42.4 (0.9)	61.9 (- 9.6)

(2) Whittemore ひずみ計による結果

測点番号	Cのみ導入されたとき			全部導入されたとき		
	実測値	(7)式による理論値	Guyonによる理論値	実測値	(7)式による理論値	Guyonによる理論値
1	15 (0)	5.7 (4.2)	3.9 (- 0.3)	60 (5)	38.7 (9.0)	61.8 (- 9.5)
2	20 (-10)	19.9 (- 2.3)	19.9 (- 6.9)	70 (- 5)	59.2 (6.7)	61.8 (- 9.9)
3	15 (- 5)	12.2 (1.9)	20.4 (- 3.9)	60 (5)	38.7 (9.0)	61.8 (- 9.5)
4	10 (0)	8.4 (0.6)	5.4 (- 1.2)	50 (0)	37.6 (- 0.2)	61.8 (- 9.3)
5	10 (0)	12.8 (- 1.7)	15.8 (- 2.9)	50 (-10)	46.6 (- 4.5)	61.8 (- 9.3)
6	15 (- 5)	11.2 (- 0.8)	25.2 (- 3.5)	50 (0)	37.6 (- 0.2)	61.8 (- 9.3)
7	10 (0)	8.3 (- 0.6)	7.2 (- 0.3)	50 (0)	34.2 (- 3.0)	61.8 (- 9.0)
8	10 (0)	9.9 (- 1.4)	12.5 (- 1.8)	50 (-10)	38.0 (- 5.0)	61.8 (- 9.0)
9	10 (0)	9.3 (- 1.2)	20.1 (- 1.6)	50 (0)	34.2 (- 3.0)	61.8 (- 9.0)
10	10	6.8	5.0	50	33.9	61.9
11	10	6.6	4.5	55	34.4	61.9
12	10	5.9	3.9	47.5	36.6	61.9
13	15	3.0	3.5	62.5	38.0	61.9
14	15	10.0	19.6	62.5	38.0	61.9
15	10	10.5	26.5	47.5	36.6	61.9
16	10	9.5	25.1	55	34.4	61.9
17	10	9.4	21.2	50	33.9	61.9

注: 各数値の単位は 10^{-6} で () 内は横ひずみ ϵ_{xy} を示す。

鋼棒を4本とも緊張した場合、実測縦ひずみは床版端から 25 cm 離れた測点において両方の理論値とよく一致し、床版長の中央に近づくに従って実測値の方が大きい値を示す傾向があり、中央部では約 20 kg/cm^2 の圧縮応力が与えられていることがわかる。これは後に述べる路盤摩擦による抵抗に一部起因するものと考えられる。横ひずみは1本のみ緊張した場合と同様 Guyon の表から求めた理論値に近い値を示すが、絶対値が小さくて比較が困難である。

全般的にみて縦方向にはほぼ所期のプレストレスが導入されることが確認され、実測ひずみは Guyon の表によつて求めた理論値とよく一致している。鋼棒 1 本のみ緊張した場合、及び 4 本とも緊張した場合の Guyon による理論的ひずみ分布と実測値とを 図-3、及び 図-4 に示す。

図-3 鋼棒 1 本のみ緊張した場合の縦ひずみ理論値と実測値 (括弧内) の比較

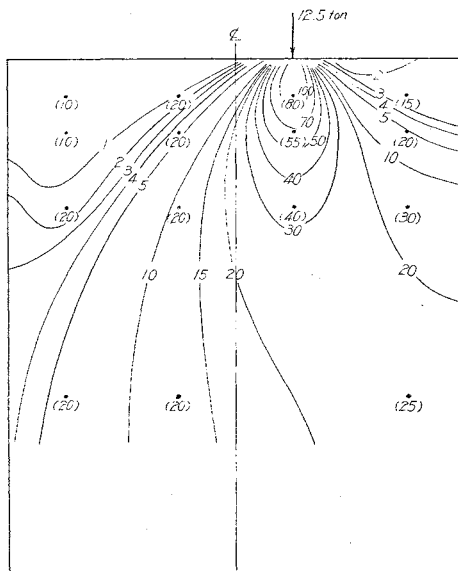
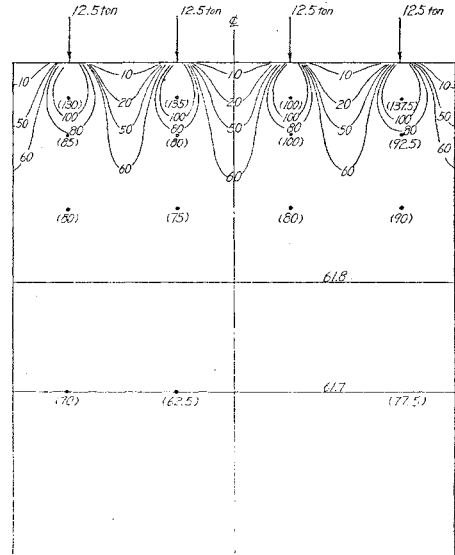


図-4 鋼棒 4 本とも緊張した場合の縦ひずみ理論値と実測値 (括弧内) の比較



4. 路盤摩擦に対する考察

普通のコンクリート舗装では、床版の様な温度降下あるいは乾燥による収縮が路盤摩擦によつて拘束される結果生じる引張応力は他の原因によつてひき起される応力に比較してあまり大きくないが、プレストレストコンクリート舗装のような長大な構造物ではこれがかなり大きくなり、とくにプレストレス導入時の摩擦抵抗による損失応力は短時間に生じるから、見のがせない値となることが予想される。このためプレストレストコンクリート舗装の施工に当つては、路盤と床版との間の摩擦を減少させるようとくに考慮が払われるから、路盤上に敷かれる砂層の厚さ、粒度、乾湿状態、あるいは路盤紙の有無によつて、路盤摩擦がいかに変化するかわかる必要がある。

いま、幅に対して長さの長い床版を考え、床版に長さの変化が生じても床版長の中央ではなんら移動が生じないと仮定すると、床版中央から距離 x なる点の摩擦抵抗応力は次式のようになる。

$$\sigma_x = F_x w \left(\frac{L}{2} - x \right) \dots \dots \dots (9)$$

ただし、式中 σ_x : 床版中央より距離 x なる点の摩擦抵抗応力

F_x : x 点と床版端間の平均摩擦係数

w : コンクリートの単位重量

L : 床版長

従つて床版中央における最大応力は、床版全体の平均摩擦係数を F とすると 2. の (2) 式で表わされる。

一般に、床版中の任意の点における摩擦係数は、床版の滑動が始まるまでの小範囲の移動に対しては実験的に次式で与えられる²⁾。

$$F_n' = u\sqrt{a'} \dots \dots \dots (10)$$

ただし式中 F_n' : 滑動が始まらないときの床版中の任意の点の摩擦係数

a' : 任意の点の移動量

u : 摩擦係数と移動量との間の関係により定まる常数

床版にある温度変化が起つたとき、床版中央から x だけ離れた点では (10) 式は

$$F_n' = u\sqrt{etx} \dots \dots \dots (11)$$

となる。ただし e はコンクリートの温度膨脹係数、 t は温度変化であり、摩擦抵抗応力によるひずみは小さいか

らこれを無視している。

従つて滑動が生じない間は床版全体の平均摩擦係数は(11)式の平均値をとり

$$F_n = \frac{2u}{3} \sqrt{\frac{etL}{2}} \dots\dots\dots (12)$$

となる。

また、床版長が大きく、中央から x_w なる距離の点から先が滑動を生じるときは、この点から床版端まで一定のすべり摩擦係数 F_s となつて x_w は

$$x_w = \frac{1}{et} \frac{F_s^2}{u^2} \dots\dots\dots (13)$$

で与えられ、床版長が $2x_w$ より大きいときの平均摩擦係数は次式で与えられる。

$$F_a = F_s \left(1 - \frac{2x_w}{3L}\right) \dots\dots\dots (14)$$

以上の式をプレストレストコンクリート舗装床版のプレストレス導入時の損失応力の算定に適用するためには、温度変化によるひずみのかわりにプレストレスによるひずみを代入すればよいから、導入応力を p 、コンクリートの弾性係数を E とすると、結局床版中央における最大損失応力は次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_c &= \frac{uwL}{3} \sqrt{\frac{pL}{2E}} && (L \leq 2x_w \text{ のとき}) \\ \sigma_c &= \frac{F_s w L}{2} \left(1 - \frac{2x_w}{3L}\right) && (L > 2x_w \text{ のとき}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

路盤の摩擦係数の値を種々の路盤状態について実験的に求めるため、大小2個のプレキャスト床版(80×80×8 cm, 80×40×8 cm)を用いて床版の移動量と摩擦力との関係を求め、滑動が始まるまでの u の値及びすべり摩擦係数 F_s についてそれぞれ表-3, 表-4 のような結果をえた。

表-3 u の値

路盤条件				砂層厚さ		
砂の乾燥	砂の粒度	路盤紙	床版大小	1 cm	3 cm	5 cm
乾	5 mm	なし	大	5	4~2.5	2~1.5
			小	5~4	4~3	4~3
	以下	あり	大	2.5~3	3~4	3~4
			小	5~4	3~2.5	2.5~2
	3 mm	なし	大	3~4	3~4	4
			小	4~2.5	4~3	1.5~1
以下	あり	大	5~4	4	3	
		小	4~3	2~1.5	2~1.5	
湿	5 mm	なし	大	5~4	4~2.5	2.5~1.5
			小	3.5~5	5	1.5
	以下	あり	大	2.5~3	4	4
			小	3~2	3~2	2~1.5
	3 mm	なし	大	3~2.5	3	2~3
			小	3~2	1.5~1	2~3
以下	あり	大	2~2.5	2~2.5	2~2.5	
		小	3~2.5	2.5~2	2.5~2	

表-4 すべり摩擦係数 F_s

路盤条件				砂層厚さ		
砂の乾燥	砂の粒度	路盤紙	床版大小	1 cm	3 cm	5 cm
乾	5 mm	なし	大	0.615	0.56	0.61
			小	0.67	0.60	0.595
	以下	あり	大	0.55	0.63	0.60
			小	0.65	0.59	0.58
	3 mm	なし	大	0.55	0.57	0.55
			小	0.54	0.64	0.55
以下	あり	大	0.57	0.48	0.54	
		小	0.63	0.62	0.62	
湿	5 mm	なし	大	0.59	0.51	0.56
			小	0.60	0.62	0.61
	以下	あり	大	0.54	0.47	0.47
			小	0.41	0.39	0.45
	3 mm	なし	大	0.52	0.68	0.57
			小	0.52	0.45	0.57
以下	あり	大	0.50	0.46	0.39	
		小	0.56	0.48	0.41	

表-3, 表-4 の結果を要約すると次のようになる。

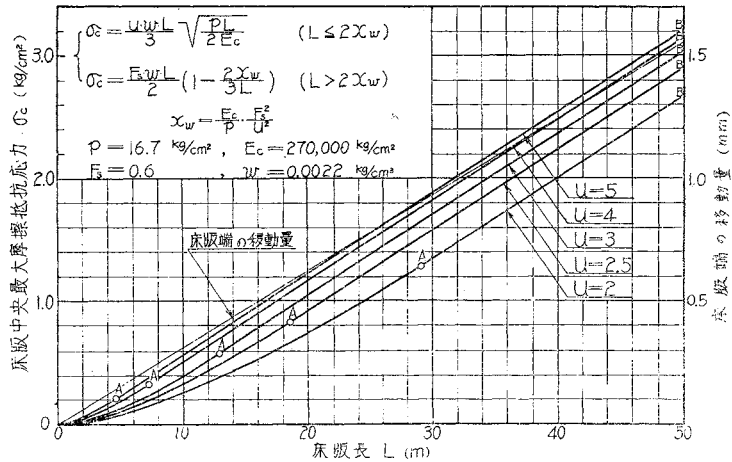
- 1) 路盤紙を敷いた方が一般に摩擦係数は小さく、とくに湿つた砂においてその影響が著しい。
- 2) 一般に湿つた砂の方が乾いた砂より摩擦係数が小さい。
- 3) 砂層の厚さ、砂の粒度、床版の大小については、この程度の相違によつては差異を生じない。

試験舗装床版では $p=16.7 \text{ kg/cm}^2$, $w=0.0022 \text{ kg/cm}^3$, $E=270000 \text{ kg/cm}^2$ であり、 $F_s=0.6$ として $u=2\sim5$ の範囲で床版長と最大摩擦損失応力及び床版端の移動量との関係を図示すると 図-5 のようになる。

図において曲線 OA, 直線 AB はそれぞれ(15)式の上式, 下式であり、 $L=2x_w$ において連続的に変つていく。

床版長が短い間は摩擦損失応力は大した値にならないが、これが長くなり、たとえば $L=100 \text{ m}$ となると約

図-5 床版長と最大摩擦抵抗応力及び床版端の移動量との関係



6 kg/cm² の損失応力となる。しかも摩擦抵抗力は実際は床版下面に働く偏心力であるから、摩擦損失応力が断面一様に生じたと考える値 σ_c に対して、床版下面で $4\sigma_c$ 、上面で $-2\sigma_c$ (圧縮) の応力が生じることになるから、所期のプレストレスを導入するためには路盤と床版との摩擦抵抗を減少させる考慮が いかほど大切であるかがわかる。プレストレス導入時のひずみ分布を測定したときに、床版中央に近づくにつれて実測値が理論値 (摩擦を考慮していない) より大きくなる傾向があるのもこの理由によるものと考えられる。

5. 載荷試験

実施舗装の載荷によるたわみあるいは路盤支持力係数の逆算を行うため、図-6 に示されるような床版隅角部において載荷試験を行つた。載荷方法は、床版をまたいで支持台間に渡されたレール上に鉄塊を積み重ねておき、レールと載荷面との間にジャッキと検定されたプルーフリングを入れて各荷重階においてダイヤルゲージによるたわみと、対角線上に直角な2方向にはられた電気抵抗線により表面のひずみとを測定した。表面のひずみは、載荷により対角線方向に引張、これと直角方向に圧縮が生じたが、荷重が小さく従つてひずみもあまり大きい値がえられなかつた。荷重-たわみ曲線を各測点について 図-7 に示す。

図-6 載荷試験位置

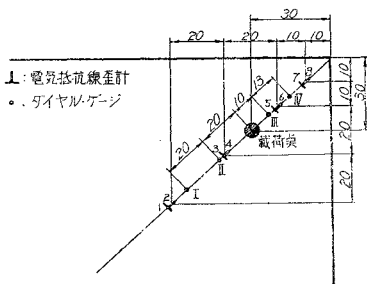
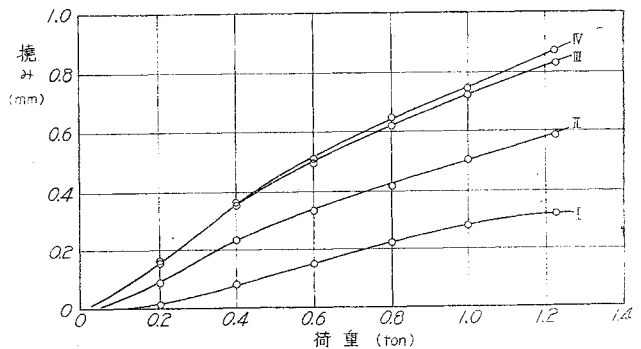


図-7 載荷試験における荷重たわみ曲線



隅角部に近い部分のたわみ量は、最小仕事の原理を利用した連続近似解法による精度の高い Ritz の近似式で与えられ、単一集中荷重に対しては近似的に

$$z_c = \frac{P}{k l^2} \left(1.1 - 0.88 \frac{a_1}{l} \right) \dots \dots \dots (16)$$

で与えられる。ただし式中

- z_c : 載荷点のたわみ
- P : 載荷重量
- k : 路盤支持力係数
- l : Westergaard の公式における l

a_1 : 床版縁端から載荷点までの距離

である。(16)式を書きかえて

$$\frac{P}{z_c} = \frac{k l^2}{1.1 - 0.88 \frac{a_1}{l}} = \left(\frac{1}{1.1 - \frac{0.88 a_1}{l}} \right) \cdot k \cdot \left(\frac{A}{k} \right)^{1/2} = k \left(\frac{A}{k} \right)^{3/4} \frac{1}{1.1 \left(\frac{A}{k} \right)^{1/4} - 0.88 a_1}$$

ただし $A = Ed^3/12(1-\mu^2)$ である。

いま簡単のため $P/z_c = H$ とおくと前式は

$$A^{3/4} k^{1/2} + 0.88 a_1 H k^{1/4} - 1.1 H A^{1/4} = 0$$

と書き改められ、 $k^{1/4} = X$ とおくと X に関する2次式となるから、各係数に数値を代入して $P = 1240 \text{ kg}$ において $z_c = 0.08 \text{ cm}$ なる結果を入れると

$$X = 1.39 \quad \therefore k = 3.72 \text{ (kg/cm}^2\text{/cm)}$$

がえられる。これは先に求めた実測値より小さいが、路盤上に敷いた砂利、砂によるものと考えられる。

6. 結 言

プレストレストコンクリート舗装を実際現場に施工するに先立ち、試験床版についてプレストレス導入の状況をしらべ、理論的に計算した値にほぼ近い応力が導入されていることがわかった。とくに路盤摩擦に対する考察によつて、種々の考慮を払つて路盤摩擦を減少させるよう工夫することがいかに肝要であるかがわかった。さらに長期にわたるコンクリートのクリープ、収縮によるプレストレスの減退について理論的考察を進めるとともに実験も準備されており、本格的な載荷試験も行う予定である。本実験によつてプレストレストコンクリート舗装施工上の一資料がえられたものと思う。

なお、本研究は文部省科学試験研究費補助による研究の一部として行われたものであり、実験に当り御協力をいただいた京都市建設局、日本道路KK及び大学院学生西林新蔵、オリエンタルコンクリートKK小林峰夫の両君に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Y. Guyon, "Prestressed concrete", p. 515, 1953.
- 2) J.D. Lindsay, "Design considerations for concrete pavement reinforcement for crack control", Journal of the A.C.I., Oct. 1956.

(昭. 32. 5. 4)