

[51] 鋼繊維補強コンクリート舗装版の温度応力の調査

荒牧 英城 (建設省中部地方建設局)

正会員 ○ 国分 修一 (大林道路 技術研究所)

井上 正寛 (大林道路 名古屋支店)

1. はしがき

鋼繊維補強コンクリート(以下SFRCと略す)の実用化のための研究は、昭和49年以来、我国でも活発に実施され、道路舗装の分野においても、歴青系舗装材料に多々見られている走行車輛によるわだち堀れ対策として、あるいは摩耗対策として、その適用が試みられている。しかし、試験施工は既に十数例を挙げることができるものの、舗装版の実際の動き、特に気温、天候に強く影響を受けて変化する版の動きを調査した例は極めて少ないのが現状である。この気温、天候などの変化によって生ずる応力は、交通荷重によって生ずる応力と同様に、舗装版を設計する際には非常に重要な要素となり、正確に見積もる必要がある。

今回、名古屋地方において実際に施工されたSFRC版の気温などの変化による水平変位および垂直変位の変化を調査する機会を得た。本報告は、それらの調査結果に基づき、舗装版に生じたと思われる温度応力を推ししめたもので、普通コンクリート舗装およびSFRC舗装の比較を行なったものである。なお、今回調査した時期は冬期間の24時間である。

2. 試験舗装の概要

試験舗装の平面は図-1に示すとおりである。

SFRCは版厚25cm、版長30mで、幅員が7mおよび4mの2種で合計990m²である。普通コンクリートは版厚30cm、版長10mである。また試験舗装の構成は、図-2に示すようで、舗装版の下に厚さ4cmのアスファルト層、10cmの路盤層、110cmの盛土層がある。今回、調査の対象にした舗装版は、図-1に示す④および⑤の2枚の版である。

3. 調査の概要

舗装版の温度変化と温度変化等起因する舗装版の水平変位および垂直変位を調査するために、④および⑤の舗装版には、舗装の際に温度計と $\phi 19 \times 400$ mmのバーが埋込まれている。舗装版の水平変位および垂直変位の測定位置は図-2に示すとおりであり、測定要領を示すと図-3のとおりである。バーの近傍に固定点として $\phi 25 \times 2000$ mmの鋼棒を打ち込み、そこを基準として、変位を最小目盛1/100mmのダイヤルゲージで測定したのである。温度計は舗装版の中央付近に図-4に示す深さに埋込んだ。今回

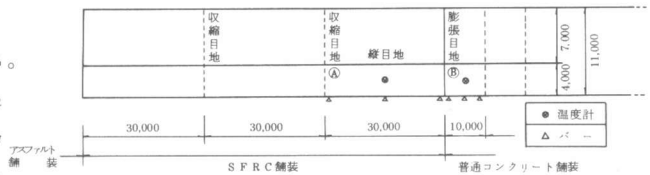


図-1 試験舗装平面図

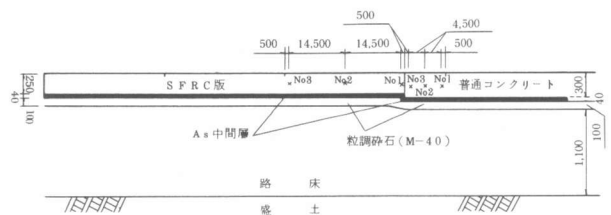


図-2 舗装構成と変位測定位置

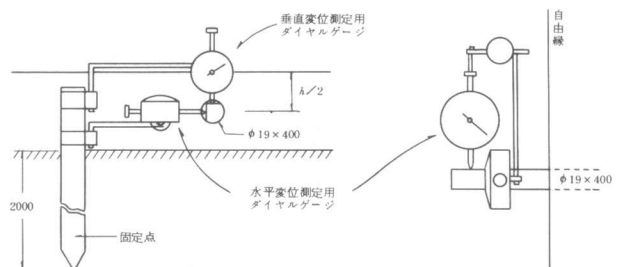


図-3 コンクリート版変位の測定

の調査では、得られた変位の結果を次のようにまとめ、(1)そり拘束応力と(2)摩擦応力を推定した。

(1) そり拘束応力

そり拘束応力は、完全に拘束された場合のそり拘束応力にそり拘束係数を乗じて求めた。すなわち、舗装版の垂直変位の測定結果(図-5)から舗装版の実際のそり量($\Delta R'$)を求め、また舗装版の自由そり量(ΔR)を図-6を参考に式(3)で求め、そり拘束応力を式(1)で求めたのである。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_i &= \alpha \cdot E \cdot \theta' \cdot C_w / 2 (1 - \mu) \\ \sigma_e &= \alpha \cdot E \cdot \theta' \cdot C_w / 2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$C_w = (\Delta R - \Delta R') / \Delta R \quad (2)$$

$$\Delta R = \frac{1 + \alpha \theta_1}{\alpha (\theta_1 - \theta_2)} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0.25 \alpha^2 (L/h)^2 (\theta_1 - \theta_2)^2}} \right) h \quad (3)$$

σ_i, σ_e : 中央および縁部のそり拘束応力 C_w : そり拘束係数
 α : 温度膨張係数 E : 弾性係数 μ : ポアソン比 θ' : 舗装版上下面の温度差
 θ_1 : 版上面の基準時刻と測定時刻の温度差
 θ_2 : 版下面の基準時刻と測定時刻の温度差 L : 舗装版長
 h : 舗装版厚

(2) 摩擦応力

摩擦応力は、図-2に示す位置で測定した水平変位から、図-7に示す一連の図解法によって求めることにした。図-7(a)は舗装版の変位と摩擦係数の関係図で、碎石路盤に対する既応の研究結果から代表的に選んだものである。(b)は15:00を基準にして9:00の舗装版の変位を計った例である。舗装版の両端は普通コンクリートで約0.4mm, SFRCで約0.8~1.1mmだけ収縮している。この場合、舗装版の変位によって各々の位置に生ずる摩擦力は式(4)で求められ、(c)のようになる。

$$F = f \cdot w \cdot h \cdot b \quad (4)$$

F : 摩擦力 f : 摩擦係数 w : 単位体積重量 h : 舗装版厚
 b : 舗装版の幅

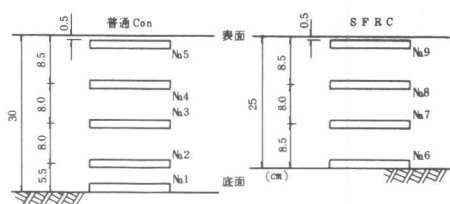
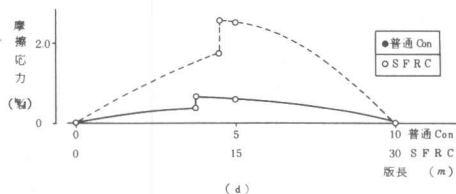


図-4 温度計埋込み位置

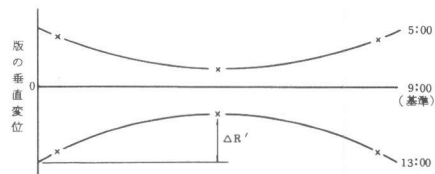


図-5 舗装版の垂直変位

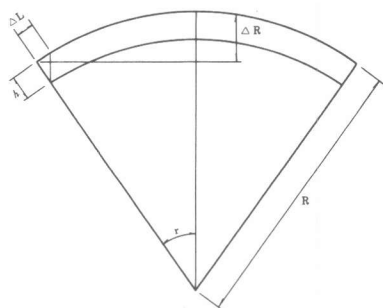
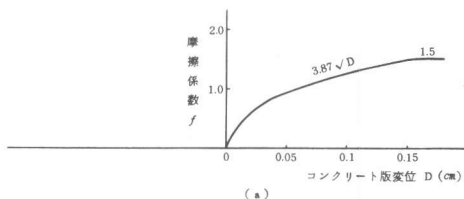
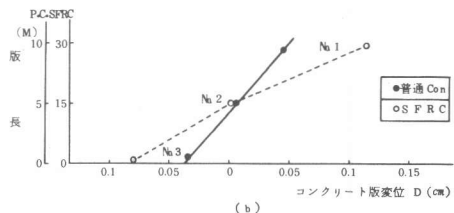


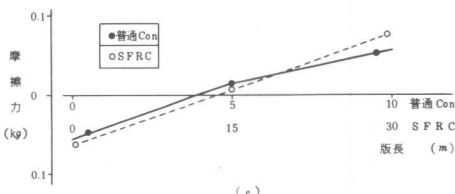
図-6 舗装版の自由そり量



(a)



(b)



(c)

図-7 摩擦応力を求める参考図

舗装版のある点に加えられる全摩擦力は、版端からその点までの摩擦力を積分して求めることができる。従って摩擦応力は全摩擦力を舗装版の断面積で割って求めることができ、その分布は(d)図のようになる。

4. 調査の結果

(1) 舗装版の温度

普通コンクリートおよびSFR C舗装版の昼夜の温度変化を測定した結果は図-8のようであった。明らかに朝9:00頃に舗装版内の温度はほぼ同じになり、昼13:00頃に舗装版上下面の温度差は最大となる。このような温度分布は、鋼繊維の有無には関係ないようで、両者ともほぼ同様に変化している。しかし、温度差の大きさの程度となると多少の差が認められ、普通コンクリートで $0.27^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 、SFR Cで $0.34^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ となっている。この結果は、SFR Cの使用が必ずしも温度応力の緩和に役立っていない事を示すものであろうが、調査はまだ1回だけでもあるし、舗装厚の減少もまだ期待できるので結論はまだ早いように思われる。

(2) そり拘束応力

普通コンクリートおよびSFR C舗装版の垂直変位の測定結果を示すと図-9のようである。両者の結果は明らかで、舗装版は昼に凸型にそっており、夜から明け方にかけて逆に凹型にそっている。これらの結果に基づいて、前に述べた方法でそり変形をまとめると、表-1および図-10に示すようなそり拘束係数とそり拘束応力を得た。この結果、今回調査を実施したものについて、そり拘束係数は舗装版長10mの普通コンクリートではほぼ0.82程度で、舗装版長30mのSFR Cではほぼ0.99程度であるのがわかる。またこれらをセメントコンクリート舗装要綱の場合と比べると、普通コンクリートの場合では舗装要綱(温度差正:0.96, 温度差負:0.90)に対して幾分小さくなって

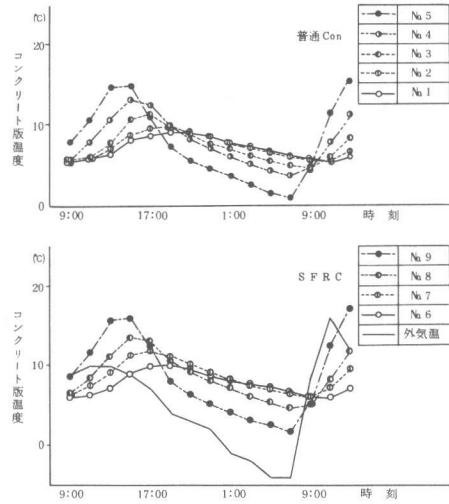


図-8 舗装版の温度

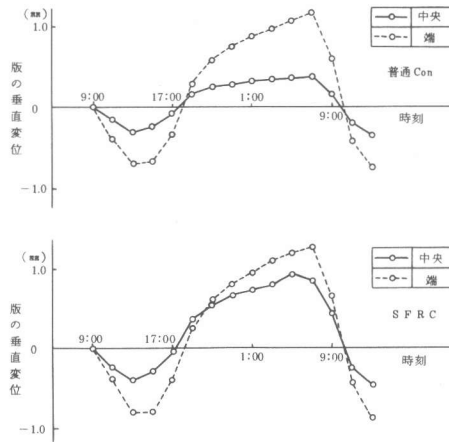


図-9 舗装版のそり変形

表-1 コンクリート版のそり拘束係数とそり応力

	普通 Con			SFR C		
	そり拘束係数	縁部そり応力	中央そり応力	そり拘束係数	縁部そり応力	中央そり応力
1980 2/22 9:00	—	0	0	—	0	0
11:00	0.79	3.4	4.2	0.99	4.0	4.9
13:00	0.84	8.1	10.1	0.98	7.9	10.0
15:00	0.79	6.3	7.9	0.97	5.7	7.2
17:00	-0.41	—	—	1.76	—	—
19:00	0.92	-5.9	-7.3	1.01	-6.3	-7.9
21:00	0.85	-7.4	-9.1	1.00	-7.8	-9.8
23:00	0.81	-7.7	-9.5	0.99	-8.7	-10.9
2/23 1:00	0.79	-8.3	-10.3	0.99	-9.2	-11.6
3:00	0.78	-9.0	-11.1	0.99	-9.6	-12.1
5:00	0.77	-9.4	-11.6	0.99	-9.9	-12.4
7:00	0.74	-8.9	-11.0	0.99	-9.9	-12.4
9:00	0.67	-3.6	-4.5	0.98	-4.4	-5.6
11:00	0.86	5.2	6.5	0.99	5.4	6.8
13:00	0.87	10.4	12.9	0.99	10.2	12.8
温度差(正)平均	0.83			0.98		
温度差(負)平均	0.81			0.99		
全平均	0.82	負号:圧縮応力		0.99	負号:圧縮応力	

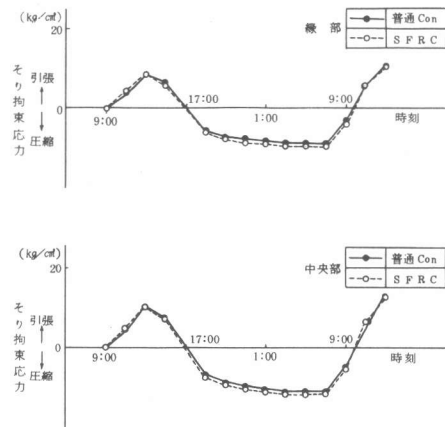


図-10 コンクリート版のそり応力

おり、温度差の正負の差も明らかでない結果となっている。S F R C の場合では、舗装要綱に目地間隔 30 m の場合がないのではっきりしないが、いずれにしても十分安全な舗装を考えるなら、普通コンクリートでは舗装要綱の値を用い、S F R C ではそり拘束係数を 1.00 の完全拘束状態に取るのがよいように思われる。舗装版下面におけるそり拘束応力は、図-10 から明らかなように 13:00 頃に引張が最大となり、5:00 頃に圧縮が最大となる。名古屋地方の冬期では、舗装版長 10 m の普通コンクリートおよび版長 30 m の S F R C とともに引張で約 10~15、圧縮で約 10 Kg/cm² のそり拘束応力が生じるものと推定された。

(3) 摩擦応力

普通コンクリートおよび S F R C 舗装版の水平変位の調査結果を示すと図-11 のようであった。同図では、朝 9:00 を基準としているので、昼 15:00 頃に舗装版は最も大きく伸びている結果となっている。舗装版の伸縮の大小は、版の材質や厚さに関係なくもっぱら版の長さに関係するところが大きく、舗装版長 30 m の S F R C では 10 m の普通コンクリートより約 3 倍程度大きい。これらの結果を前に述べた方法でまとめ、摩擦応力を算出すると表-2 および図-12 のようになる。摩擦応力は、朝 9:00 を基準に取るとほとんどの場合圧縮となる。従って名古屋地方冬期の摩擦応力の日振幅は、舗装版長 10 m の普通コンクリートの場合で約 1 Kg/cm²、30 m の S F R C の場合で約 3 Kg/cm² 程度と推定された。なお、舗装版の摩擦応力は版の水平変位に起因する応力であるので、本来は施工当日をすべての基準にして考えるべきと思われるが、今回の調査では材料のクリープおよび調査方法も含めてそれを考慮していない。

5. むすび

以上の調査結果により、名古屋地方における冬期には、普通コンクリートおよび S F R C とともに最大約 12 Kg/cm² 程度の引張のそり拘束応力が生じていることが推定された。また摩擦応力も普通コンクリートで最大約 1 Kg/cm²、S F R C で約 3 Kg/cm² の日振幅が生じていることが推定された。

今回報告した温度応力は、冬期の 24 時間に調査した結果であり、昼夜の温度差の激しい初夏や秋にはもっと大きな温度応力が生じるであろうと予想される。また、今回の調査結果から、その応力は輪荷重による応力よりも大きくなるであろうことも予想される。

参考文献

- 1) 岩間 滋 "コンクリート舗装の構造設計に関する実験的研究" 昭和 38 年
- 2) 建設工学研究振興会、福田 正 "槻木道路試験舗装報告書" 第一報 昭和 47 年

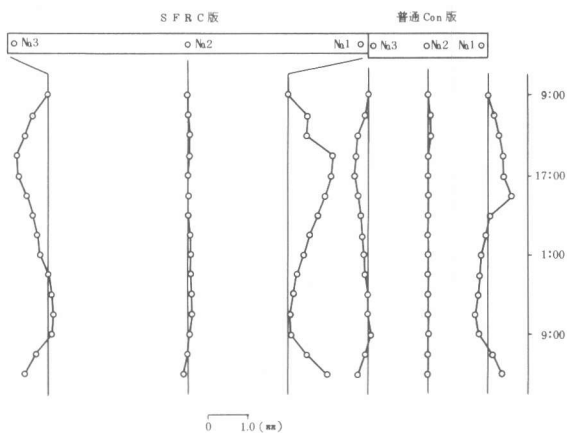


図-11 コンクリート版の水平変位

表-2 コンクリート版の摩擦応力

	摩擦応力 (kg/cm ²)			摩擦応力 (kg/cm ²)	
	普通 Con	S F R C		普通 Con	S F R C
1980 2/22 9:00	0	0	2/23 1:00	0.1	-0.5
11:00	-0.1	-0.7	3:00	0.1	-0.1
13:00	-0.3	-0.5	5:00	0.1	0
15:00	-0.5	-2.4	7:00	0.1	0.1
17:00	-0.2	-2.0	9:00	0.1	-0.2
19:00	-	-1.2	11:00	-0.1	-0.7
21:00	-0.1	0.9	13:00	0.3	-0.9
23:00	0	0.8			

(負号: 圧縮応力)

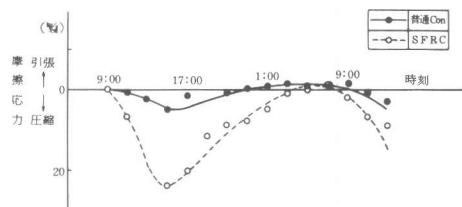


図-12 コンクリート版の摩擦応力