

高強度繊維補強コンクリートを用いた超薄層ホワイトトッピングの力学的挙動

石川工業高等専門学校 正会員 西澤辰男
太平洋セメント 正会員 小幡浩之
土木研究所 正会員 佐々木徹
東京都立大学 正会員 國府勝郎

まえがき

高強度繊維補強コンクリート¹⁾を用いた超薄層ホワイトトッピング (High Strength Concrete-Whitetopping: HSC-WT) は、厚さわずか 30mm の高強度繊維補強コンクリートパネルをアスファルト舗装の上に敷いた構造を持つ。このような舗装構造の力学的挙動について、走行載荷試験および動的 3 次元有限要素法によって調べた。

走行載荷試験

土木研究所の線形走行路載荷試験装置に、図-1 に示すような HSC-WT の試験舗装を建設し、5tf 輪荷重を 20 万回走行させた。HSC パネルの寸法は 1m×1.7m×30mm であり、アスファルト舗装との間はグラウトした。各 Section の構造の違いは、目地の補強とグラウトの種類である。目地の補強としては、幅 400mm、長さ 1700mm の鉄製あるいは HSC 製の板をパネルの下に目地を挟んで接着した。HSC パネル下面にひずみゲージを設置し、定期的に車輪荷重による動ひずみを計測した。さらに、輪荷重の走行に伴うパネルのひび割れ状況、打音によるパネルとグラウトの接着状況を調べた。その結果、以下の事柄が判明した。(1) パネルのひずみ挙動にはアスファルト層の粘弾性効果が現れている、(2) 10 万回ごろより、Section D において目地周辺から円弧状にひび割れが生じた、(3) 実験早期から目地周辺よりはがれが生じていた。

3DFEM 解析

HSC-WT の構造解析を行うために、本研究では、3 次元有限要素プログラム Pave3D²⁾を基本としたモデルを開発した。ホワイトトッピング構造においては、アスファルト層の構造寄与分、特にその粘弾性効果を考慮する必要がある。本研究においてはアスファルト層の材料もモデルとして Burger モデルを採用した。図-2 に示すような要素分割を用い、表-1 に示す材料パラメータを設定して計算を行った。アスファルト層の粘弾性パラメータについては表-2 のような 3 種類を仮定した。計算ひずみと実測ひずみを比較することにより、粘弾性パラメータの値を決定することにした。HSC パネルとグラウトとの接着は境界面要素でモデル化した。その際、水平方向のばね定数を小さくし、鉛直方向のばね定数を大きくした。これによって水平方向にはすべりが生ずることになる。

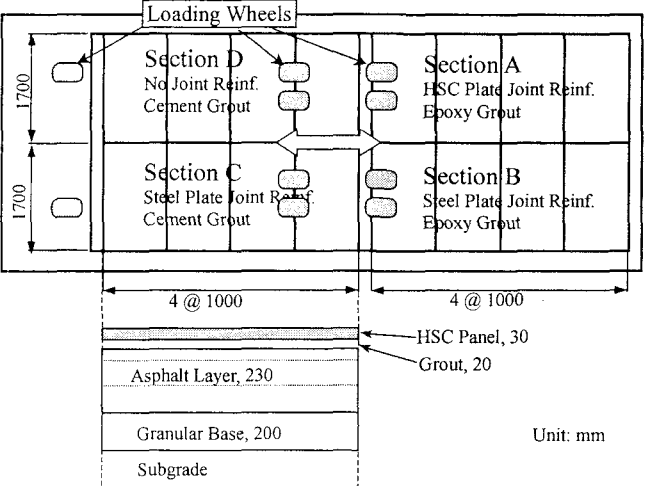


図-1 走行試験路の試験舗装

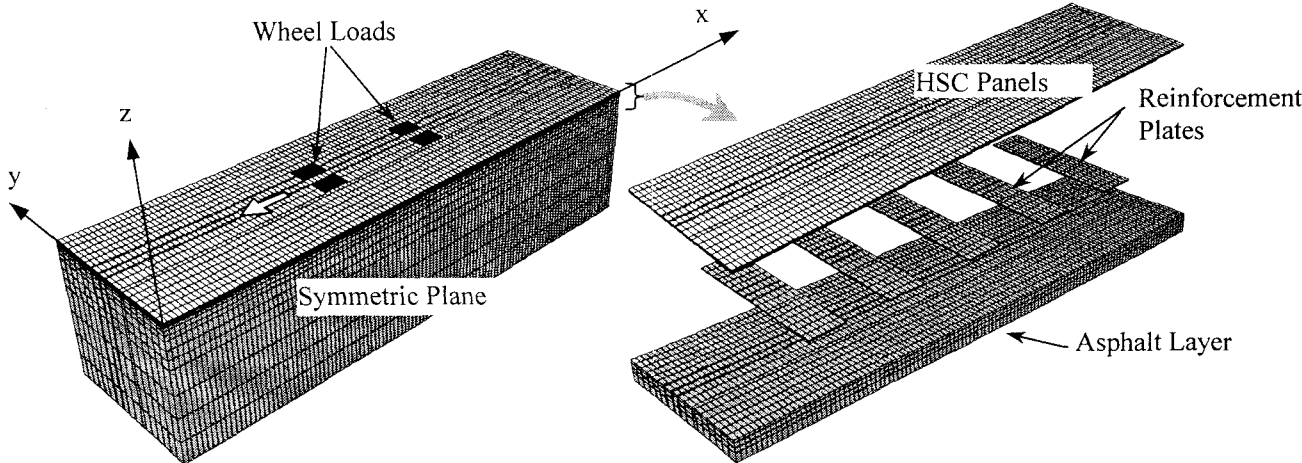


図-2 HSC-WT の 3DFEM モデル

表-1 構造要素の材料パラメータ

構造要素	弾性係数(MPa)	ポアソン比	単位体積重量 (kN/m ³)
HSC パネル	50000	0.2	2.4
目地補強版 (HSC)	50000	0.2	2.4
目地補強版(Steel)	210000	0.3	5.0
エポキシグラウト層	5000	0.2	2.3
セメントグラウト層	1000	0.2	2.3
粒状路盤層	300	0.35	1.8
路床層	30	0.35	1.6

表-2 アスファルト層の粘弾性パラメータ

粘弾性パラメータ	材料 0	材料 1	材料 2
E [MPa]	3500	7000	7000
η_G [MPa*sec]	--	10^5	10^4
E_1 [MPa]	--	7000	7000
η_{G1} [MPa*sec]	--	10^5	10^4
η_K, η_{K1} [MPa*sec]	--	10^8	10^8

E : 弾性係数, η : 粘性係数, G : せん断成分, K : 体積成分, 添え字無し: Maxwell 要素, 添え字 1: Voigt 要素

解析結果

図-3 は Section A および B のパネル中央部のひずみ経時変化を示し, Pavé3D による計算結果と実測結果を比較している. 材料 1 を用いた弾性解析 (A0, B0) では, 実測における車輪が通り過ぎた後のひずみの減少を表現できないが, 材料 2 を用いた粘弾性解析 (A2, B2) はそのようなひずみの経時変化をよく表現している.

次に, HSC パネル内の応力の経時変化をみたものが図-4 である. パネル中央における下面側の応力 (曲げ応力) である. パネルの形状が横長のため, x 方向の応力よりも y 方向の応力がかなり大きい. また, タンデム軸の前軸よりも後軸が作用したときの応力のほうが大きい. これは, 前軸によって生じた応力が緩和される前に後軸が作用するためである. パネルとグラウトとの間に隙間がなければ, パネルの応力は 5MPa 以下であり, HSC パネルの曲げ応力 20MPa よりも小さい.

走行試験においては, 目地付近からパネルとグラウトの間に隙間が生じていることが判明している. そこで, 計算モデルとして目地の両側 200mm までのパネルとグラウトの接着をなくすとともに, グラウトによる支持を弱くした場合の応力を図-5 に示す. この図では, 目地から異なった距離の着目点における応力の経時変化を示している. 目地に隙間がある場合, 目地縁部 (図中 1) の y 方向の応力は 12MPa と非常に大きなものになる. また, 隙間がある目地から 200mm の位置 (図中 2) においては x 方向の圧縮応力も比較的大きくなる. パネル下面で圧縮であればパネル表面で引張ということであり, この場合には表面でやや大きな引張応力が生じていることを意味している. 走行試験においても目地付近で横断ひび割れが見られたが, この引張応力が原因と考えられる.

まとめ

本研究においては, HSC-WT の力学的挙動において, アスファルト層の粘弾性効果, パネルとグラウト層との隙間が大きな影響を持つことが判明した. そのような隙間の発生原因について今後更に調査していく予定である. 参考文献: 1) 下山善秀, 鶴澤正美, 谷村充, 高強度コンクリート技術, 太平洋セメント研究報告, 第 140 号, 2001; 2) 西澤辰男, 村田芳樹, 國府勝郎, 交通荷重に対する薄層ホワイトトッピング構造の動的挙動, 土木学会論文集, No.725/V-5, 2003.

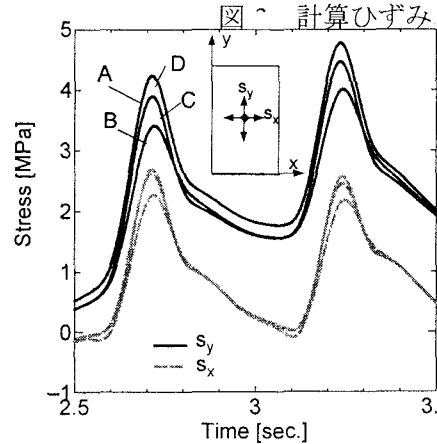
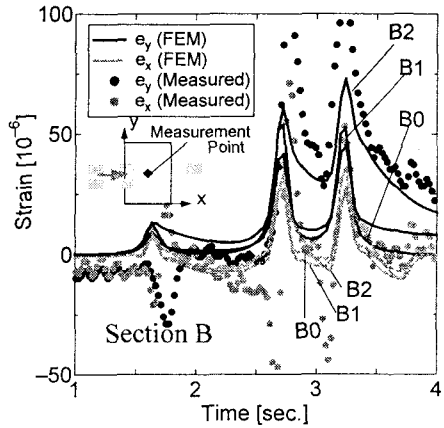
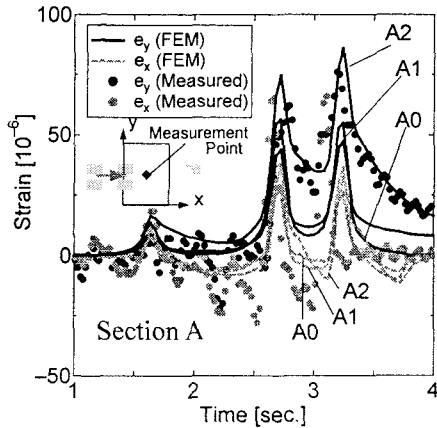


図-4 HSC パネルの曲げ応力

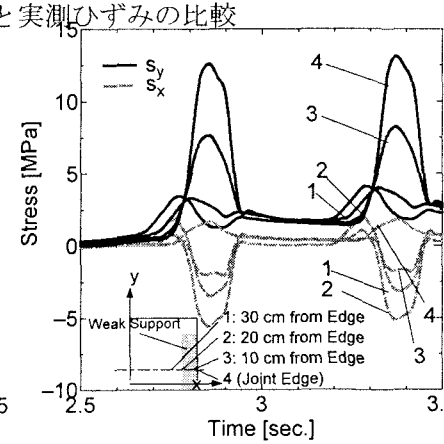


図-5 目地に隙間が生じた場合