

薄層舗装下の床版防水層に作用するせん断応力の解析的検討

西日本高速道路(株) 正会員 ○松井 隆行

(株)富士技建

正会員

武藤 和好

(株)富士技建

竹内 収

はじめに

既設の長大橋梁等における死荷重軽減対策として薄層舗装の採用事例があるが、舗装厚が小さい橋梁床版に車両の制動荷重が作用したとき、通常の舗装厚に比べて、床版防水層に発生するせん断応力が増加することが予想される。本文では、せん断接着試験結果から得られた防水層のばね定数を用い、舗装厚に応じたせん断応力の状況および薄層舗装下の防水層が保有すべきせん断強度について解析的に検討した結果を報告する。

1. 検討の概要と手順

構造解析による検討の流れを図1に示す。構造解析は舗装および床版を3次元要素、防水層は両者をつなぐばね要素にモデル化した線形有限要素解析とした。防水層のばね定数は、構造物施工管理要領^[1]に基づき作製した供試体によるせん断接着試験における荷重と変位の関係を求め、構造解析におけるその関係が試験結果と一致するように収束計算により求めた。このせん断ばね定数を用いて、舗装厚と温度を変化させたときの輪荷重近傍のせん断応力のピーク値の変化状況を求め、この変化度合をもとに防水層の保有すべきせん断強度を検討した。

写真1はせん断接着試験の状況で、これを解析用にモデル化したのが図2である。防水層のせん断ばね定数に適切な初期値を設定して解析を実行し、解析で得られる荷重と変位の関係が性能試験で用いられる3種類の温度での試験結果とそれぞれ一致するようにばね定数を逐次変更しながら解析を繰り返し、十分な精度で収束が得られたものを各温度におけるせん断ばね定数とした。せん断接着試験における荷重－変位関係の一例を図3に、ばね定数の算定結果を表1に示す。なお、舗装のヤング係数は既往の研究^[2]に示されている分析結果を参考にして温度別に設定し、ポアソン比は通常用いられる0.35とした。コンクリートのヤング係数とポアソン比は、道路橋示方書における設計基準強度 30N/mm^2 の数値を用いた。

2. 防水層のせん断ばね定数の算定

写真1はせん断接着試験の状況で、これを解析用にモデル化したのが図2である。防水層のせん断ばね定数に適切な初期値を設定して解析を実行し、解析で得られる荷重と変位の関係が性能試験で用いられる3種類の温度での試験結果とそれぞれ一致するようにばね定数を逐次変更しながら解析を繰り返し、十分な精度で収束が得られたものを各温度におけるせん断ばね定数とした。せん断接着試験における荷重－変位関係の一例を図3に、ばね定数の算定結果を表1に示す。なお、舗装のヤング係数は既往の研究^[2]に示されている分析結果を参考にして温度別に設定し、ポアソン比は通常用いられる0.35とした。コンクリートのヤング係数とポアソン比は、道路橋示方書における設計基準強度 30N/mm^2 の数値を用いた。

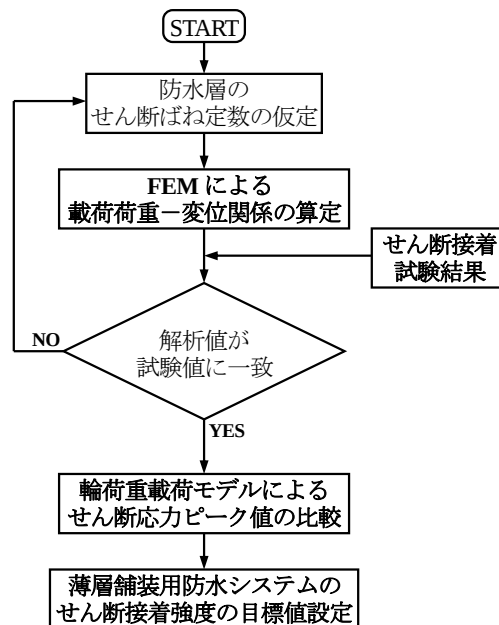


図1 検討の流れ

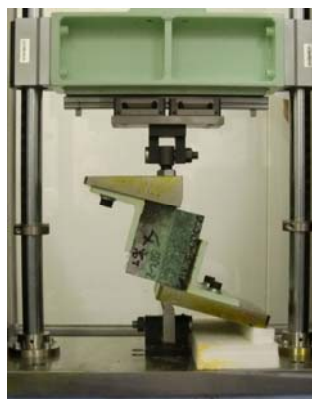


写真1 せん断試験状況

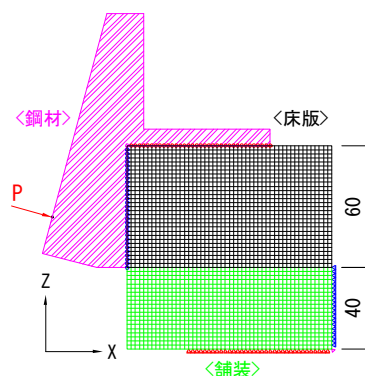


図2 せん断試験のモデル化

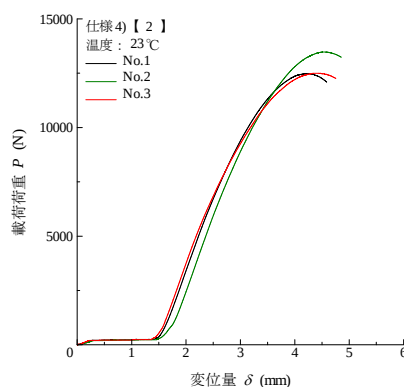


図3 荷重－変位関係の例（23℃）

表1 せん断ばね定数の収束結果

試験温度	せん断ばね定数 (N/mm/mm^2)
-10℃	2.55
23℃	0.779
50℃	0.134

キーワード 床版防水, 薄層舗装, せん断応力, 線形有限要素解析

連絡先 〒530-0003 大阪市北区堂島 1-6-20 西日本高速道路(株) 技術環境部 TEL 06-6344-7392

3. 輪荷重近傍に発生するせん断応力のピーク値の算定

橋梁床版の防水層に発生するせん断応力を把握するために、モデル境界部の舗装と床版のずれ変形の影響が小さくなる程度の寸法を有し、舗装、床版および防水層で構成されるモデルを用いて、舗装厚の変化による発生せん断応力の違いを確認した。モデルは図4の通りで中央の載荷荷重は、道路橋示方書に規定される輪荷重1個の鉛直方向の分布荷重、およびこれと大きさの等しい制動荷重を水平方向の分布荷重として同時に載荷するもので、制動荷重の載荷方向はX軸の正方向である。なお、床版の剛性あるいは支持条件の影響の小さい結果となるように、床版下面の全節点の全ての並進変位を拘束した。舗装下面と床版上面のX方向の変位差の一例を図5に示す。この変位差にせん断ばね定数を乗じると、その位置の床版防水層のせん断応力となる。舗装厚と温度別のせん断応力の一覧は表2の通りで、舗装厚が80mmから50mmに、あるいは80mmから25mmに減少すると、せん断応力のピーク値は1.3倍以上、あるいは2倍以上にそれぞれ増加することが分かる。

4. せん断接着強度の目標値

解析結果から、薄層舗装下に適用される防水層には通常よりも大きなせん断強度が求められることが分かる。そこで、構造物施工管理要領におけるせん断接着強度の基準値が標準的な舗装厚に関する規定であるとして、薄層舗装下におけるせん断接着強度の基準値の目標を検討した。このとき、例えば舗装厚の設計値が50mmであっても実橋でこれを下回る厚さで施工されるケースを想定に入れ、舗装厚が80mmから25mmに減少するときのせん断応力の増加する比率を用い、現行の基準値をこの比率の分だけ割り増すことにより薄層舗装下の床版防水に必要なせん断強度を求めた。実際の床版における舗装やコンクリートの物性値が解析に用いた物性値と異なること、防水層のせん断ばね定数の収束計算が供試体3体の平均値とのキャリブレーションに基づいていることから、実橋におけるせん断応力の比率と表2の値との差異を考慮に入れることとし、コンクリート標準示方書におけるコンクリートの安全係数(材料係数)1.3を参考に30%の安全率を含めて算定すると表3の最下行の目標値が得られた。

おわりに

道路橋床版の長期耐久性を確保するためには、舗装厚に応じたせん断接着強度を有することをあらかじめ確認しておくとともに、室内試験値が再現できるような防水層および舗装の確実な現地施工が実施されることが強く望まれる。

参考文献 [1] NEXCO 東日本・中日本・西日本：構造物施工管理要領，2013年7月。

[2] 堀内ほか：アスファルト混合物の弾性係数の範囲に関する一考察，土木学会論文集 E1(舗装工学)，Vol.68，No.3，2012年。

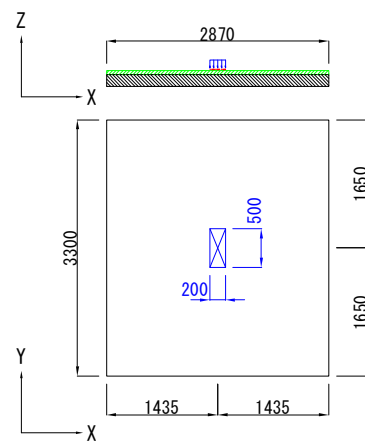


図4 輪荷重近傍の応力解析モデル

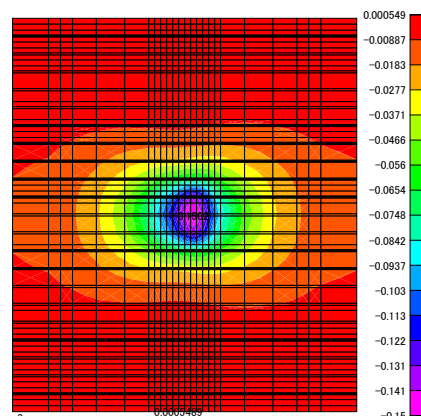


図5 舗装と床版のX方向変位差の例(80mm厚・23℃)

表2 舗装厚・温度別のせん断応力とその比率

項目	舗装厚	温度		
		-10℃	23℃	50℃
$\tau_{\max}$ (N/mm ²)	80mm	0.0972	0.1186	0.0875
	50mm	0.1319	0.1619	0.1206
	25mm	0.2017	0.2458	0.1882
$\tau_{\max}$ の比率	50mm/80mm	1.357	1.365	1.379
	25mm/80mm	2.076	2.072	2.151

表3 薄層舗装下におけるせん断接着強度の目標値

	試験温度			備考
	-10℃	23℃	50℃	
標準舗装厚の基準値 (N/mm ²)	0.80	0.15	0.01	①
$\tau_{\max}$ の比率 (25mm/80mm)	2.076	2.072	2.151	②
安全率	1.3	1.3	1.3	③
薄層舗装用の目標値 (N/mm ²)	2.16	0.41	0.028	=①×②×③