

防水層性能評価に用いる鋼床版上 SFRC のひび割れ開閉量の算定

阪神高速道路株式会社 正会員○青木 康素, 正会員 足立 幸郎, 正会員 田畑 晶子
 鹿島道路株式会社 正会員 一瀬 八洋 大阪大学名誉教授 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

阪神高速で実施している鋼床版疲労対策工法の一つである鋼床版SFRC舗装では、SFRC上面に防水層を設ける構造となっている。防水層は、作業時間の制約などから施工性の良い加熱型As 塗膜防水が用いられているが、耐久性を含めた十分な研究はなされていない。そこで、本研究では、SFRC舗装の耐久性向上を目的として、防水層の要求性能を明らかにするとともに、新たに提案された防水メーカー5社の防水層を用いて、各種性能試験や数値解析を実施し、今後の実橋工事の基準となる性能照査方法ならびに照査値に関する検討を行った。本稿では、研究成果の内、阪神高速道路内の鋼床版桁諸元におけるSFRCのひび割れ開閉量について、数値解析による算定を行い、その結果を基に防水層のひび割れ開閉負荷抵抗性を照査する照査値を提案する。

2. FEA の概要

解析は微小変位理論による有限要素解析（以下、FEA）とし、SFRC舗装を適用した実績のある上下線一体の支間長83.5m+95m の鋼2 径間連続鋼床版箱桁橋を対象に実施した。ブラケット長は約3m, 横リブ間隔は約3mとした。また、一般部のデッキプレート厚は $t=12\text{mm}$ であるが、中間支点上においては $t=14\sim 16\text{mm}$ が用いられている。U リブサイズは一般部 $320\times 240\times 6\text{mm}$, 中間支点上 $320\times 240\times 8\text{mm}$ となっている。解析に用いる要素種別などは、土研の鋼床版SFRCに関する研究¹⁾において輪荷重走行試験をFEMにて再現した解析を参考にして決定した。また、橋梁全体を1つのモデルとすると解析に時間を要することから、支間部、交番部、中間支点上の3モデルに分けてそれぞれモデル化した。支間部モデルを参考として図-1に、用いた要素諸元を表-1に示す。阪神高速道路の鋼床版SFRC舗装は、SFRC厚45mm, 表層アスファルト舗装厚35mmで、その間に防水層を設ける仕様であるが、ひび割れ幅の算出では、防水層と表層はモデル化せずに解析を行った。輪荷重は、ダンプトラックを想定し、車輪配置に合わせ、図-2に示す荷重および配置のものを用いた。輪荷重には、衝撃係数0.4を考慮した。橋軸直角方向の載荷位置は、車線の中央および左側、右側走行を想定した3ケース、橋軸方向には、後輪軸が横リブ支間中央、後後輪が横リブ支間中央、横リブを後前輪と後後輪で挟み込む3ケースとした。L荷重は、支間中央部と中間支点上で橋梁建設設計時の活荷重による曲げモーメントと等価となるような、モーメント荷重と鉛直荷重を解析モデルの梁要素端部に載荷した。ひび割れは、既往の輪荷重走行試験のひび割れ状況を参考に、主桁腹板直上および横リブ直上に生じるものとした。主桁腹板直上および中間支点上のひび割れ開閉の概念を図-3、図-4に示

表-1 要素諸元（支間部モデル）

層の名称	要素種別	要素数	厚さ (mm)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
SFRC	ソリッド	46,536	45, 33	40,000	0.2
デッキプレート	ソリッド	37,968	12	200,000	0.3
主桁など	板・梁	104,778	-	200,000	0.3

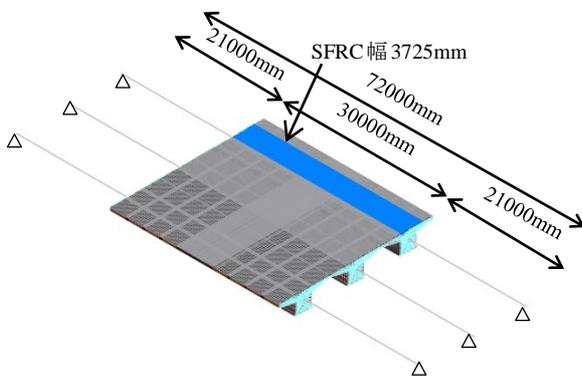


図-1 支間部モデル

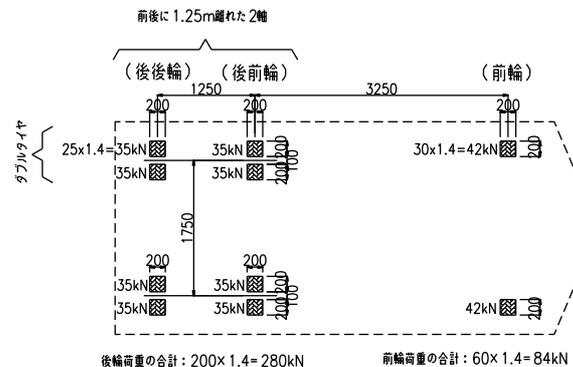


図-2 解析で載荷した輪荷重

キーワード 防水層, 鋼床版, SFRC, FEA, ひび割れ開閉量

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田 3-1-25 阪神高速道路(株)大阪管理部 TEL:06-6576-3881

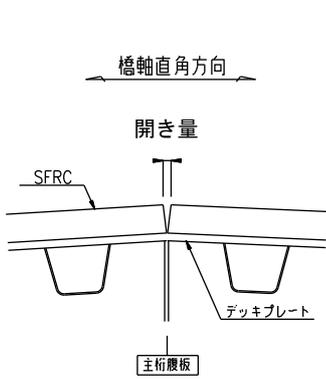


図-3 主桁上のひび割れ概念図

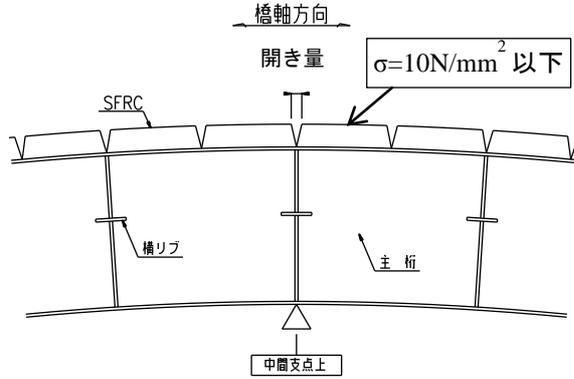


図-4 中間支点上のひび割れ開閉の概念図

す。解析上は、SFRCに幅1mmのスリットを設け、鋼床版や橋梁全体が変形することによるスリットの開き量をひび割れの開閉量とした。なお、中間支点上に生じるひび割れの本数や間隔については、SFRC表面の発生応力がひび割れ発生応力(10N/mm²)以下となるようにスリットを設けた。

3. FEAの結果

主桁腹板直上および横リブ直上の解析結果を表-2、表-3に示す。主桁腹板直上のひび割れの開閉量は0.100mm、横リブ直上のひび割れ開閉量は0.104mmとなり、同程度の値となった。ただし、主桁上は輪荷重による影響がほとんどで、L荷重による影響が小さいことから、車両(軸重)が通過するたびに、ひび割れが開閉することとなる。一方、中間支点上は、L荷重による影響が大きいことから、渋滞などにより、車両が満載となった場合にひび割れの開閉量が最大となると考えられる。

4. ひび割れ開閉負荷抵抗性の照査値の提案

最大ひび割れ開閉量は0.104mmであるが、解析で設定した鋼床版桁構造、SFRCの剛性、載荷した輪荷重、メッシュサイズ、断面力の仮定方法等について、多種多様な桁構造や支間、剛性、死活荷重、メッシュ分割方法によりひび割れ幅が変化することが想定されるため、安全を見て照査値検討では解析値を50%増しとした。したがって、ひび割れ振幅は0.156mm(=0.104×1.5)の約半分の±0.08mmとした。初期ひび割れ幅は、本解析で求められないことから、既往の研究で、輪荷重走行試験後の横リブ上の残留ひび割れ幅が0.04mm前後²⁾であること、土木研究所における輪荷重走行試験³⁾の主桁上の残留ひび割れ幅が0.05~0.10mmであることから、この残留ひび割れ幅の最大値0.10mmに振幅0.08mmを加えた値0.18mmを初期ひび割れ幅とした。

5. まとめ

- (1) 鋼床版上SFRCにおけるひび割れの最大開き量をFEA検討した結果、本研究の解析上の仮定においては、主桁上で0.100mm、中間支点上で0.104mmである。
- (2) SFRC上防水層について、ひび割れ開閉負荷試験に用いる開閉量を「0.18mm±0.08mm」と提案した。

【参考文献】1)鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究(その4)報告書,平成23年2月,土木研究所,鹿島道路,大成ロテック, 2)小野秀一,牛越裕幸,下里哲弘,稲葉尚文,富田芳男:鋼繊維補強コンクリートを敷設した鋼床版の水浸輪荷重疲労試験,土木学会第62回年次学術講演会,平成19年9月,pp.57-58, 3)鋼床版橋梁の疲労耐久性向上技術に関する共同研究所(その2・3・4)報告書 共同研究報告書 第395号,土木研究所,横河ブリッジ,NIPPO,鹿島道路,大成ロテック,2009.10

表-2 主桁腹板直上のひび割れ開き量

		橋軸方向の載荷ケース(mm)			最大値(mm)	
		橋軸直角方向の載荷ケース	後輪軸横リブ支間中央	後後輪横リブ支間中央		横リブまたぐ
輪荷重(支間部モデル)	左側載荷		0.094	0.078	0.094	
	車線中央載荷		0.069	0.068		
	右側載荷		0.054	0.051		
L荷重(支間部モデル)			0.006		0.006	
輪荷重最大+L荷重			0.100	0.084	0.047	0.100

表-3 中間支点上のひび割れ開き量

		橋軸方向の載荷ケース(mm)			最大値(mm)	
		橋軸直角方向の載荷ケース	後輪軸横リブ支間中央	後後輪横リブ支間中央		横リブまたぐ
輪荷重(交番部モデル)	左側載荷		0.022	0.025	0.031	
	車線中央載荷		0.024	0.028		
	右側載荷		0.024	0.028		
L荷重(中間支点上モデル)			0.073		0.073	
輪荷重最大+L荷重			0.097	0.101	0.104	0.104