床版上面における断面修復材の基本配合の検討および硬化特性

㈱大林組　正会員　○富井　孝喜　㈱大林組　正会員　早川　智浩
㈱トクヤマ　正会員　古城　誠　㈱トクヤマエムテック　末益　大祐
㈱テクノ・ブリッド　フェロー会員　青木　茂　バルチップ㈱　正会員　室賀陽一郎

1．はじめに

道路橋の鉄筋コンクリート床版(以下､RC 床版)は、輪荷重による疲労劣化や凍害、融雪剤の影響による塩害等による劣化・損傷が多く確認されている。平成 27 年 7 月、東日本・中日本・西日本高速道路㈱より「床版上面における断面修復の性能照査項目」[1)]が示された。本規格は既設コンクリート床版と断面修復材の一体化を目的に寸法安定性の向上や静弾性係数の低減などを要求している。

筆者らは本規格の要求性能を満足できるセメント系断面修復材の開発を行っている。本報文では、床版上面における断面修復材の基本配合の検討および硬化特性を報告する。

2．基本配合の決定

材料の開発コンセプトを表-1 に示す。また､「床版上面における断面修復の性能照査項目」[1)]からの一部抜粋を表-2 に示す。薄層補修に対応するため最大粗骨材寸法は 13mm とし、PP 繊維は 2000dtex、繊維長は 24mm とした。また､コンクリート化したため、静弾性係数の増大が懸念されるが、細骨材の一部を軽量細骨材（以下 CB）で置換することにより抑制することができた。これらの検討の結果、得られた基本配合およびフレッシュ性状を表-3 に示す。スランプは 11cm と良好な流動性が得られ材料分離もなく施工性は問題無いと判断した。同配合で実施した曲げタフネス試験(JSCE -G552-2010)を図-1 に示す。曲げひび割れ発生後の荷重がコンクリートの引張強度時の荷重を超え、たわみの増加に伴い荷重も徐々に増加する傾向を示した。この結果から本配合はたわみ硬化特性が得られ、充分な靭性を有すると判断できたため、その他の硬化特性の把握を実施した。

表-1　開発コンセプト

コンセプト	目標
増厚材の要求性能を満足すること	可使時間 40 分以上 材齢 3H で 24N/mm^2 以上
静弾性係数は既設コンクリートと同程度とすること	30kN/mm^2 前後
寒冷地でも使用可能なこと	充分な凍結融解抵抗性を有すること
施工性が高い材料であること	打設し易い流動性

表-2　床版上面における断面修復の性能照査項目

試験項目	基準値	試験法
硬化時間	始発時間が 30 分以上	JIS A 1147
初期強度	2 時間：10N/mm^2 以上 4 時間：24N/mm^2 以上	JIS A 1108
静弾性係数	28 日：26.5±5kN/mm^2	JIS A 1149
寸法安定性	0.025%以下	試験法 439
凍結融解抵抗性	300 サイクル後の相対動弾性係数 60%以上かつ負荷後のコンクリートと断面修復材との付着強度が 1.5N/mm^2 以上	試験法 439

表-3　基本配合とフレッシュ性状

PP 繊維			配合				
繊度 dtex	繊維長 mm	混入率 vol%	W/B %	s/a %	単位量 kg/m^3 B	W	G
2000	24	2.5	37.3	55.2	520	194	748

フレッシュ性状		
スランプ cm	空気量 %	練上り温度 ℃
11.0	5.6	25.6

図-1 スランプ試験結果

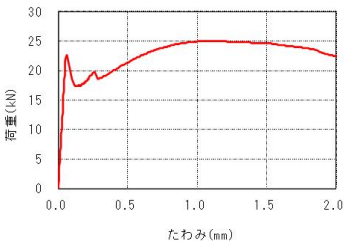

図-2 曲げタフネス試験結果

3．基本配合の材料特性

3.1　圧縮強度と静弾性係数

圧縮強度試験結果を表-4 に示す。材齢 2 時間および 4 時間における圧縮強度は問題無く基準値を満足する結果となった。また、材齢 28 日の静弾性係数も目標の要求性能を満足する結果となった。長さ変化率に関しては早期に収束し材齢 28 日で 0.018%とな

キーワード　床版上面，断面修復材，超速硬，ポリプロピレン繊維，凍結融解抵抗性
連絡先　〒108-8502　東京都港区港南 2-15-2　㈱大林組土木本部生産技術本部リニューアル技術部　TEL 03-5769-1332

© Japan Society of Civil Engineers

り基準値を満足した。CB を使用することによる収縮の増大が懸念されたが、コンクリート化による単位水量の低減により乾燥収縮が抑制された。また、硬化時間も 30 分以上確保することができた。

3.2 凍結融解抵抗性

試験法 439 における凍結融解試験は断面修復材単体の相対動弾性係数と断面修復材を母材コンクリートへ打ち継いだ複合体の付着強度の 2 項目で評価を行うこととしている。複合体の作製方法を図-2 に示す。複合体は 2 体重ねて凍結融解試験を行った。

先ず、単体の凍結融解繰返し 300 サイクル終了後の相対動弾性係数の保持割合は 88%となり、基準値の 60%以上を満足した。しかし、複合体の付着強度は上位 5 本が 1.5N/mm² を超えている必要があるが、いずれも 1.5N/mm² 以下となり、基準値を満足しない結果となった（表-5）。また、破断面のほとんどは打継部ではなく、断面修復材内部となっており、本配合は、充分な凍結融解抵抗性を有していないと判断できる。

3.3 原因の究明

先ずは蛍光樹脂注入による複合体内部の観察を実施した。その結果、断面修復材内部にひび割れが確認された。このひび割れ位置と複合体の破断部位が類似したため、付着強度の低下は内部ひび割れ発生に起因するものと判断した。内部ひび割れを誘発する原因として 1）繊維、2）CB が考えられた。繊維は 2000dtex の太径であるため繊維下部にブリーディング水が滞留し、その部位が水みちとなりひび割れを誘発する一因になると考えた。一方、CB は凍結融解の繰り返しにより膨張破壊を引き起こし、先の水みちとの複合的な作用により内部ひび割れを誘発すると考えた。これを検証するべく 1）太径繊維の不使用、2）CB の不使用、3）太径繊維および CB の両方の不使用の 3 条件によるコンクリートの複合体について検討を行った。

その結果、いずれの条件においても内部ひび割れが確認された。この結果から繊維および CB のみならずマトリクス部分の構成に問題があると考えた。以上を踏まえ、基本配合の凍結融解抵抗性を向上させるためマトリクス部分の構成変更に主眼を置き、更にひび割れリスク軽減の為、繊維の変更ならびに CB の不使用も含め配合修正を行う必要がある。

表-4　圧縮強度・静弾性係数試験結果

項目	2 時間	4 時間	28 日
圧縮強度 (N/mm²)	28.9	34.2	57.9
静弾性係数 (kN/mm²)	—	—	29.6
長さ変化率 (%)	—	—	0.018

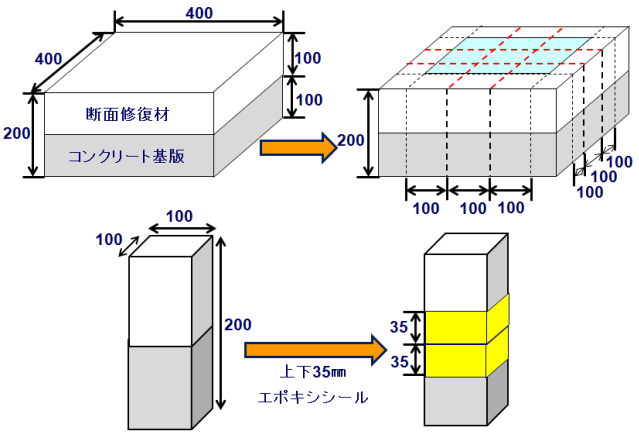

図-2　複合体の作製方法

表-5　凍結融解後付着強度試験結果

	付着強度 (N/mm²)	破断位置
No.1	0.74	断面修復材
No.2	0.84	断面修復材
No.3	0.84	断面修復材
No.4	0.93	断面修復材
No.5	1.13	断面修復材
平均	0.90	—

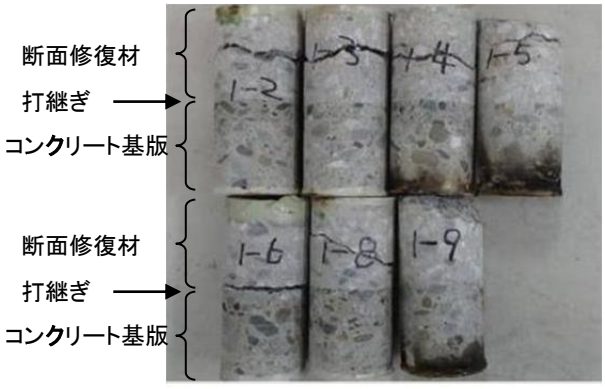

図-3　付着強度試験後複合試験体

4．まとめ

曲げタフネス向上対策の為の太径繊維の使用および静弾性係数低減の為の CB の使用がいずれも凍結融解抵抗性試験後のマトリクスの脆化を引起こすことが判明した。

参考文献：
1)東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)：構造物施工管理要領(2015)，p.3-31

© Japan Society of Civil Engineers