

ECC で上面増厚した鋼床版の水没下における挙動

Damage and retrofit investigation of ECC enhanced steel bridge deck slab under fatigue loading in water

土木研究所寒地土木研究所
鹿島建設(株)技術研究所
岐阜大学工学部
大阪工業大学八幡工学実験センター

○正員 三田村 浩 (Hiroshi MITAMURA)
正員 藤代 勝 (Masaru FUJISHIRO)
正員 六郷 恵哲 (Keitetsu ROKUGOU)
フェロー 松井 繁之 (Shigeyuki MATSUI)

1. まえがき

近年、既設鋼床版の疲労損傷事例が増加しており¹⁾、対策の1つとして、鋼床版の上面にコンクリート等を増厚して一体化させて合成床版構造とすることが考えられる。著者らは、その増厚材料として、優れた引張性能を有する高靱性繊維補強セメント複合材料 (Engineered Cementitious Composite; 以下、ECC と略記) を適用する上面増厚工法を考案した²⁾。

ECC は、繊維の架橋効果により引張力を負担でき、一軸引張応力下においても擬似ひずみ硬化特性を示す³⁾。輪荷重により鋼床版に発生する局所的な引張力や、ECC の乾燥収縮および鋼床版と ECC との温度差により発生する温度応力に対して、ひび割れ発生後も繊維の架橋効果により引張応力を伝達してひび割れを拘束するため⁴⁾、ひび割れ幅抑制効果と合成鋼床版としての補強効果が期待できる。そのため、鋼床版のひずみや鋼床版の応力を低減し、疲労耐久性の向上が期待できる。

しかし、実橋にこの工法を用いた場合、鋼床版上の排水が十分に機能しない状態で、ECC が完全に水没下の環境に進展した場合、ECC が損傷しブロック化する現象が起こった。そこで、この損傷を模擬するための実験を行うとともに、滞水している水と輪荷重の作用により、間隙水圧が発生して損傷に移行するメカニズムの推定を行った。

2. ECC 上面増厚工法の概要

図-1に ECC 上面増厚工法の概要を示す。既設鋼床版では、本工法の舗装部分の厚さは、計画高さが鋼床版より高さ 80mm となっていたため、自動車の走行性に配慮した必要舗装厚さを 40mm 程度と考え、ECC に置換する厚さを 40mm とした。舗装は加熱塗膜剤を接着層にした機能性 SMA である。

ECC と鋼床版のずれ止めには、薄層でも設置が可能なプレート型ジベル (以下、PL ジベルと略記) を適用した。PL ジベルの材質は、耐久性を考慮して高強度繊維強化プラスチックとした。鋼床版と PL ジベルはアクリル系樹脂を用いて接着した。ECC のひび割れ幅抑制機能により、プレート近傍にひび割れが発生した場合でも、PL ジベルを介して ECC と鋼床版の間にせん断伝達および剥離抵抗が可能であり、U リブや主桁直上などの輪荷重による面外変形の影響が大きい箇所においても合成効果が期待できる。鋼床版表面は、防錆の目的で PL ジベルを設置しない部分に対して、ポリウレタ樹脂による防水層

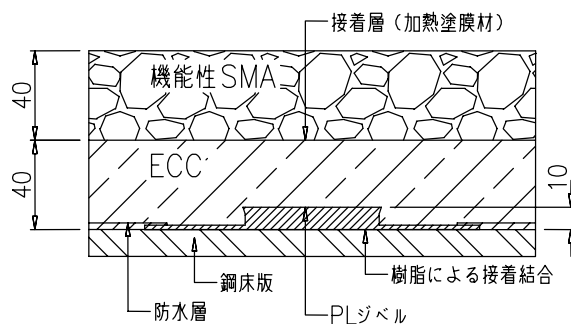


図-1 工法の概要



写真-1 橋面損傷状況

を設けた。

3. 損傷の状況

実橋に ECC 上面増厚工法を用いて施工を行い、供用後、舗装の表面に写真-1に示されるような、ECC のモルタル分と思われる湧出跡が確認された。損傷箇所は、走行車線の左側車輪位置で橋軸方向に多く発生していた。また損傷内部は、天候が良好で橋面が乾いているにも関わらず、内部に水の帯水が確認された。これは、道路横断勾配が 2.0% であり、橋面に設置されている排水樹の高さ、および、排水樹から走行車線の左側車輪位置の横断距離 (約 1.5m) を考慮すると、車輪位置の ECC は完全に水没状態になっていることが考えられる。

4. 損傷のメカニズム

(1) 現象を模擬した実験

著者らは、これまでに様々な検討を実施し、一般的な環境下における本工法の疲労耐久性を確認している²⁾。一方、RC 床版の疲労耐久性は、水の影響により大きく低下することが知られている⁵⁾。

そこで、ECC で上面増厚した鋼床版において、写真-

2に示す輪荷重試験機を用いて実物大の実験を行った。

実験は、水の環境条件を ECC の上面 1cm になるように完全水没下で、載荷版に拘束された ECC と鋼床版内部の水に圧力が生じる状態を想定して ECC の疲労耐久性におよぼす水の影響について検討した。

その結果、走行回数が 70 万以降に鋼床版のたわみおよび鋼床版の応力（ひずみ）のいずれも急速に増加した。また、荷重載荷位置近傍からのひび割れから、水の噴出しも確認された。

実験終了後に走行ライン下の ECC 表面を観察したところ、既往の水没させない実験²⁾とは大きく異なり、主桁支間中央付近の ECC が割れている状態が確認された。割れは走行方向と平行に生じ、割れている部分近傍の ECC の表面は 2～3mm の厚さで剥離しているものもあった。

(2) 破壊メカニズムの推定

輪荷重試験では、輪荷重の移動時に発生する間隙水圧を動的計測するため、鋼床版下面から孔を開けて ECC と鋼床版の間隙水圧を計測した。その結果、図 - 2 に示すように最大 1.2MPa もの水圧が計測された。ECC はこの間隙水圧により、ひび割れ内での水圧作用と、ECC と鋼床版の間隙水圧作用により破壊されることが考えられる。ひび割れ内での水圧作用は、ひび割れを進展させ、結果として写真 - 3 のように、ひび割れが水平方向にも進展している。これは、荷重が繰返し作用すると、疲労強度に関係なく水圧により低サイクル破壊する可能性があると考えられる。また、ECC と鋼床版の間では、移動する水と輪荷重載荷位置および PL ジベルによる複雑な境界条件により、図 - 3 のような損傷も考えられる。

ECC のひび割れが進展した後は、輪荷重の繰返し作用により水没下の ECC が摺磨きを受け、ブロック化に進展したものと推察される。

5. まとめ

鋼床版上面から ECC 上面までを完全に水没させ、荷重の作用範囲近傍を密閉させた状態では、高い間隙水圧が発生し、損傷を生じることが実験において確認された。また、損傷を回避するには、発生する間隙水圧を小さくするか、確実な排水処理を施すことが特に重要と考えられる。

参考文献

- 1) 構造委員会鋼床版の疲労小委員会：鋼床版の疲労、土木学会論文集、第 410 / I-12、pp.25-35、1989。
- 2) 三田村浩、他：高靱性セメント複合材料で上面増厚した鋼床版の輪荷重走行実験：土木学会年次学術講演会、Vol.60、pp.157-158、2005。
- 3) 坂田昇、他：高靱性繊維補強セメント複合材料の利用拡大、鹿島技術研究所年報、Vol.52、pp.233-238、2004。
- 4) 関田徹志、他：高靱性繊維補強セメント複合材料の施工性および耐久性に関する実験的検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.25、No.1、pp.1859-1864、2003。



写真 - 2 完全水没下における輪荷重試験

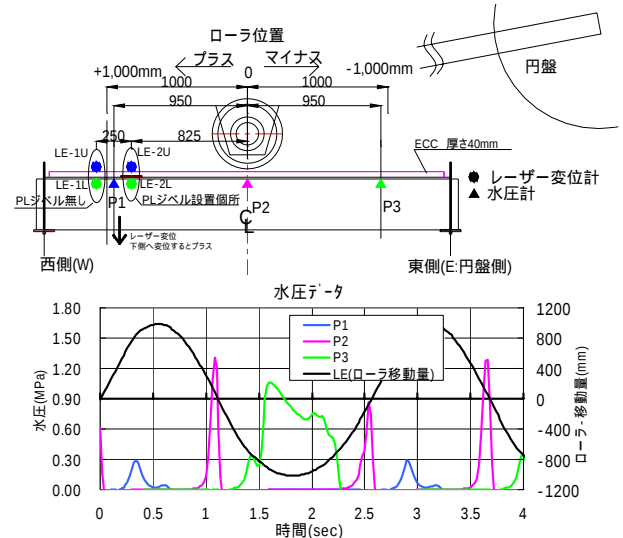


図 - 2 輪荷重試験での水圧測定結果



写真 - 3 輪荷重走行試験後のコア側面

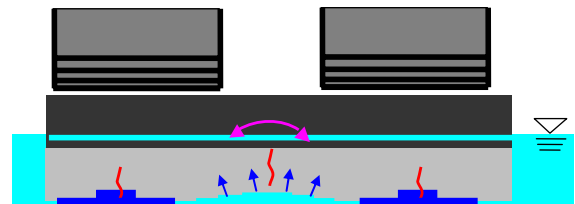


図 - 3 ECC と鋼床版の間隙水圧イメージ

- 5) 松井繁之：移動荷重を受ける道路橋 RC 床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.9、No.2、pp.627-632、1987。