

コンクリート片剥落防止対策済みの鋼橋 RC 床版で生じた剥落事象の原因究明

西日本高速道路株式会社 正会員 ○宮田 弘和、西原 章智、林 光男、大原 和章

1. はじめに

既設のコンクリート構造物には、コールドジョイント等の初期欠陥や塩害による劣化等に伴い、変状箇所の一部が破片として剥落するリスクが内在する。コンクリート片剥落防止対策は、こうしたコンクリート片の剥落による第三者被災を未然に防止することを目的としており、供用中の高速道路橋ではこれまでに主として繊維シートの接着による補修が実施されてきた。剥落対策の実施後についても近接目視等により定期的に点検されているが、剥落対策済みの鋼橋 RC 床版において平成 29 年 6 月に剥落事象¹⁾が発生した。本稿では、事象発生の原因を究明するために行った各種室内試験や現地調査等の結果を報告する。

2. 剥落事象の概要

鉄道及び一般道を横過する鋼桁橋の RC 床版張出部から、こぶし大(約 1kg 他 3 片)のコンクリート片が落下した。幸い負傷者は無かったが、補修等の応急措置のため約 7 時間の鉄道運行停止と約 4 時間の一般道通行止めが生じた。

当該箇所においては、RC 床版下面の全面にわたり 3 軸ビニロン繊維を用いた剥落対策が平成 15 年度に施工されていた。事象発生直後の状況は図-1 に示すとおり、床版張出部の一部が開孔して垂下った状態で発見された。

この垂下った状態となった繊維シート変状部を撤去し、撤去片の母材側の表面(図-2 参照)を観察した。撤去片には断面修復材が付着しており、補修済箇所が再劣化したことが分かった。また、撤去片に付着した母材コンクリート部には鉄筋錆や遊離石灰が確認され、母材部から採取した小径コアの塩分量は最大で $12\text{kg}/\text{m}^3$ であったことから、塩害による再劣化が要因の一つであることが推測された。

また、変状部が開孔剥離した状況(図-1)からも分かったとおり、張出端部から横断方向に約 20cm の範囲にある繊維(約 16 本/断面)が破断していた。ここで、撤去片と落下片を合計した総重量が剥落に寄与したと過大側に想定をしても、その質量は約 18kg 程度であった。繊維 1 本あたりの引張強度が $215 \pm 40\text{N}$ (規格値)であることを考慮すると、繊維 1 本であれば破断要因となりうるが、前述のような複数本の繊維を破断に至らしめる要因としては考えにくい。そこで本稿では、繊維の複数本が破断した要因を明らかにするため、事象発生部位が張出端部であることの構造的な要因と、繊維シート対策後に約 14 年が経過していることによる強度劣化の有無に着目し、各種調査試験を実施した。

3. 室内試験結果

土木学会規準 JSCE K 533 を参考にして供試体作製及び押

抜き試験を実施した。供試体形状を図-3 に示す。供試体作製においては、施工当時の仕様を再現した繊維シート工法により、U型側溝ふたに対して中央部の $400 \times 400\text{mm}$ の範囲に施工した。また、張出端部の状況を再現するため、U型側溝ふたに対してコア端部までの範囲のみ施工した。供試体数は $n=3$ 体とした。試験方法は、架台に支持された供試体に対して、コア部に強制変位を与えることで荷重-変位曲線が得られる。試験結果の一例を図-4 に示す。変位が 10mm 以上における最大荷重が 1.5kN 以上であることが要求性能であり、標準部はこれを満足している。端部は、標準部の値より下回る結果ではあるが、最大荷重は約 1.2kN (122kgf)あり、前述の剥落に寄与したと想定される質量(約 18kg)に対しては十分余裕があることが分かった。

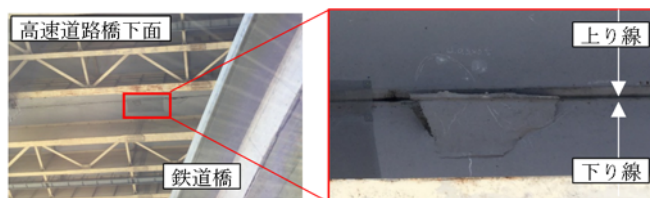


図-1 剥落事象発生直後の状況

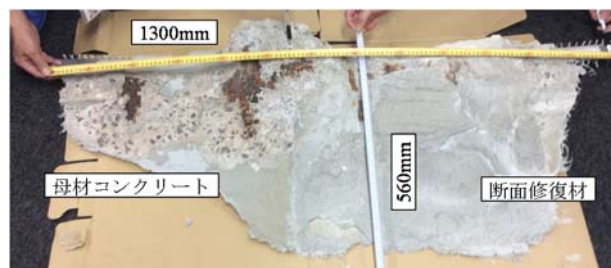


図-2 撤去片の母材側表面の状態

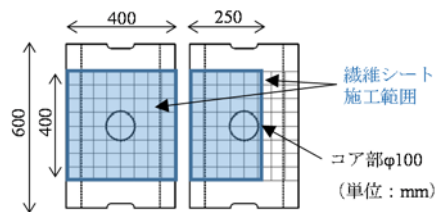


図-3 供試体平面図(左:標準部, 右:端部)

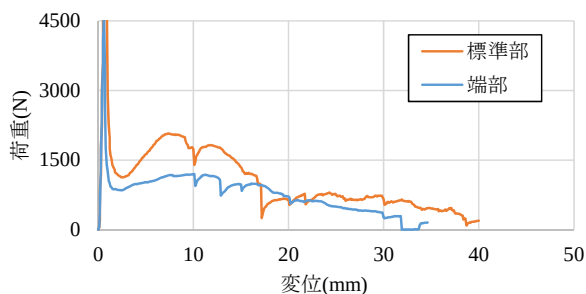


図-4 押抜き試験結果

キーワード RC床版, 剥落防止対策, 繊維シート, 再劣化, 補修補強,

連絡先 〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-26-1 NEXCO 西日本 中国支社 技術計画課 TEL.082-831-4111

繊維シートの引張試験は土木学会規準 JSCE E 541 を参考にした。供試体形状を図-5 に示す。供試体数は $n=7$ 体とし、施工当時の仕様を再現した工法で作製したケース（再現仕様）と現地から採取したケースの試験結果を図-6 に示す。現地採取の引張強度は、再現仕様の値より小さいが、平均値としては繊維規格値の下限値 (175N) を超える結果が得られた。以上により、室内試験では特段の問題は無いことを確認した。

4. 現地調査結果

鋼桁の常時振動による影響を考察するため、レーザードップラー振動計により主桁のたわみ量の経時変化を計測した。図-7 には、剥落事象が発生した近傍における主桁の変位応答の時刻歴と周波数領域の応答の一例を示す。約 3Hz の周波数成分は、既往研究²⁾より当該形式の 1 次モードの固有振動数であると考えられる。約 0.3Hz の周波数成分については、大型車両の通行に伴う主桁変形によるものであると推測され、振動測定と同時に高速道路を通行する車両の状況を監視したところ、車両が計測点に近づくに従って負曲げの影響により主桁は上向きに変形し、車両が計測点直上に位置する時点で主桁は下向きの変形が最大となる傾向が確認された。時刻歴波形の振幅は最大で約 4mm 変化しており、上下線の振動の位相差によっては約 8mm のたわみ差が生じることが分かった。

次に、点検用足場を設置した後、床版部で繊維シートと母材コンクリートの付着力を確認した。図-8(a)(b)は、建研式による付着強度試験の状況を示す。4 箇所で行った試験は、いずれも規格値 1.5N/mm^2 を満足していた。断面修復材の品質を確認するためコア採取し断面を観察した。図-8(c)にはコア断面の一例を示すが、特に変状は認められなかった。また、床版の複数箇所でも母材コンクリートの塩分を測定したところ、損傷部で最大 $1.6\sim 5.8\text{kg/m}^3$ であったが、健全部では最大 0.9kg/m^3 の結果も多く得られたことから、内塩分ではなく外部からの浸入によるものと言える。

剥落事象発生箇所付近に近接し目視と触診により調査したところ、中央分離帯の遊間に設置された止水ゴムの隙間等からの漏水が確認された。路面からの凍結防止剤を含んだ漏水も劣化要因であったと考えられる。図-9 には剥落箇所の近接写真を示すが、漏水に伴い表面が湿った状況であることと、上下線の隙間がほぼ無い状況が確認された。設計図では隙間は 20mm と表記されているが、実際には上下線の地覆部が接触し競り合った状態であった。これは、前述の振動によるたわみ差（最大約 8mm）の影響により、接触箇所に対して想定外の荷重が作用していることを示唆している。剥落箇所を中心として約 20m の範囲で上下線地覆部が競り合っている状況であった。

5. まとめ

今回の剥落事象の主な原因としては、床版張出部の地覆が塩害により再劣化したことであるが、これに加えて本稿における検討から、地覆部が接触し競り合った状態で想定

外の荷重が作用したことによって、繊維シートが破断し開口剥離に至った可能性があることが明らかとなった。今後は、地覆を切欠き上下線の遊間を確保した上で、剥落防止ネットの設置等による応急対策に加え、常設足場等の設置による恒久的な落下防止対策等を検討する予定である。

参考文献

- 1) NEXCO 西日本：高架橋からのコンクリート片落下物 調査及び処置について、HP ニュースリリース、2017.6.13
- 2) 宮下剛他：振動を利用した健全性診断に向けた実橋梁の損傷と動特性変化、土木学会論文集 A1, 68 巻 2 号, pp.367-383, 2012

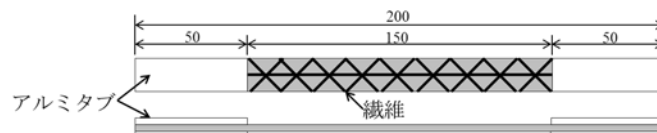


図-5 引張試験供試体形状 (mm)

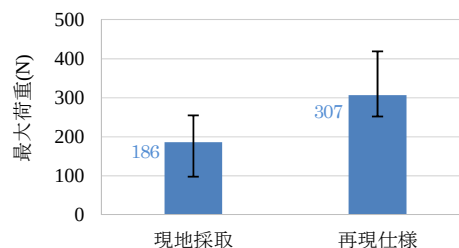


図-6 引張試験結果

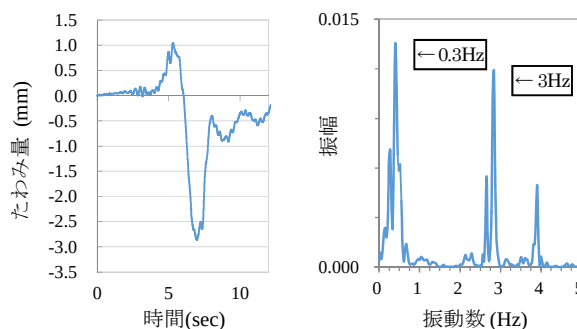


図-7 応答変位の例 (左：時刻歴, 右：周波数領域)

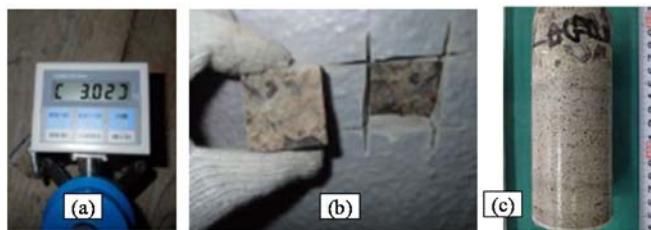


図-8 付着力試験状況 及び 断面修復コア断面の例



図-9 上下線の隙間 (遊間部) 状況