

報告

撤去された鉄筋コンクリート床版の水張り試験

田中良樹*, 村越潤**, 吉田英二***

* (独)土木研究所, 構造物メンテナンス研究センター (〒305-8516 つくば市南原 1-6)

**博士(工学) (独)土木研究所, 構造物メンテナンス研究センター (〒305-8516 つくば市南原 1-6)

*** 修士 (独)土木研究所, 構造物メンテナンス研究センター (〒305-8516 つくば市南原 1-6)

橋面アスファルト舗装の防水性と、漏水があった場合の床版コンクリート中の含水状態の変化を確認するため、撤去された打継目を有する鉄筋コンクリート床版 1 体を 2 分割し、一方は舗装を残し、他方は舗装を除去して、それぞれ屋外で上面に水を張り、床版下面の漏水状況と水分計による含水状態の経時変化を調査するとともに、試験前後におけるコンクリート中の含水率の測定を行った。その結果、舗装の有無によって、床版下面の漏水状況やコンクリートの含水分布が明らかに異なることを確認した。

キーワード：橋面舗装, 含水率, (コンクリートの)打継目, 水張り

1. はじめに

路面からの水が道路橋の鉄筋コンクリート(RC)床版に浸入すると、疲労を著しく促進する¹⁾だけでなく、凍害、アルカリ骨材反応(ASR)などのコンクリートの劣化を誘発する可能性が高くなる²⁾。また、凍結防止剤が散布される路線では、それに由来する塩化物が路面の水に混入して RC の塩害を誘発するとともに、コンクリートの凍害を著しく促進させる²⁾。2002 年改訂の道路橋示方書では、路面からの水の浸入を防ぐため、橋面舗装とコンクリート床版の間に防水層を敷設することとされている。既設橋の橋面アスファルト(As)舗装は、敷設当初は透水性があるが、時間とともに不透水となる期間があることから、防水層の設置の有無にかかわらず、橋面 As 舗装の適切な維持管理が必要である^{3,4)}。橋面の防水は容易でないことから、橋面舗装の適切な維持管理は防水層を設置した後も必要であると考えられる。

橋面 As 舗装の防水性と、漏水があった場合の床版コンクリート中の含水状態の変化を確認するため、撤去された、打継目を有する RC 床版 1 体を 2 分割し、一方は舗装を残し、他方は舗装を除去して、それぞれ屋外で上

面に水を張り⁵⁾、床版下面の漏水状況と水分計による含水状態の経時変化を調査するとともに、試験前後におけるコンクリート中の含水率の測定を行った。

2. 水張り試験

2.1 供試体

供試体に用いた RC 床版は、支間 51.6m の単純鋼合成箱桁橋(1964 年竣工, 2009 年撤去, 交通量 17458 台/12h, 大型車混入率 17.0%, 1997 年調査)から切り出された。写真-1 に撤去前の RC 床版下面の状況を示す。供試体は新設時のコンクリートの打継目(打継いだ面が橋軸直角方向)を有しており、床版下面に打継目の部分的な割れが見られた(写真-2)。打継目の割れと乾燥収縮ひび割れを除いて、供試体の下面に疲労などの劣化によるひび割れや漏水は見られず、水張り試験前の床版コンクリートは外見上、比較的健全な状態であり、補修、補強の跡も見られなかった(他の部位では一部に鋼板接着補強が見られた)。

コンクリートコアの圧縮強度と弾性係数は、それぞれ 37.0 N/mm², 19100 N/mm²であった。切断前の供試体の



写真-1 撤去前の RC 床版下面の状況



写真-2 床版下面の打継目
写真-3 水張り試験(左:As 舗装あり, 右:As 舗装なし(除去))

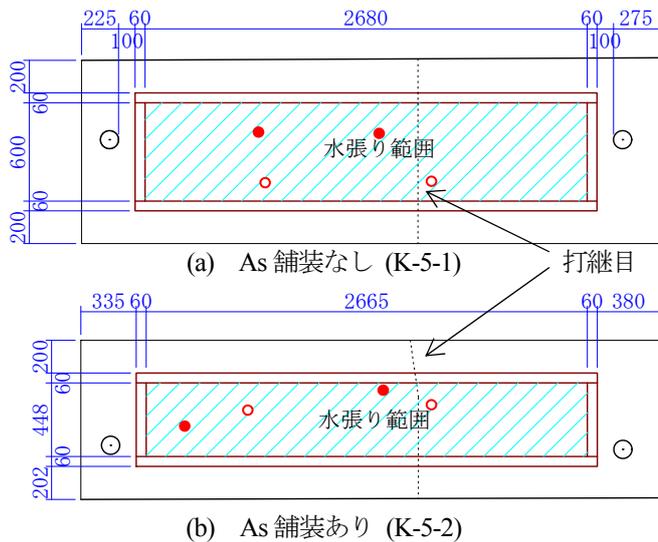


図-1 供試体の大きさとお水張りの範囲

注) 赤丸中抜きは水張り前、中塗りには水張り後のコア採取位置を示す。

大きさは3.5m×2.1m、床版厚195mmで、撤去まで供用されていたAs舗装(厚さ50~55mm)が残されたままであった。防水層の設置は不明であり、少なくとも不織布等のシート系材料は見られなかった。図-1に切断後の供試体の形状寸法とお水張りの範囲を示す。

水張りに先立ち、1枚の床版を写真-3のとおり2分割して、一方(同写真左)はAs舗装を残したままとし、もう一方(同写真右)はAs舗装をブレーカにより除去した。

2.2 試験方法

写真-3、図-1に示すように、各供試体の上面に60mm角の断面の木枠とシリコンシーリング材で堤を設けて水(水道水)を張り、調査期間中は水が無くならないように水を随時補充した。2011年10月末から約3箇月間、水張りを行い、その期間中、外観観察及び市販の水分計(K社HI-520、20MHz高周波容量式)による床版下面の含水率の測定を行った。水分計の温度設定はAUTOとした。また、コンクリート中の含水率を測定するため、両供試体から水張り前、水張り終了後に2本ずつφ45mmのコアを乾式削孔で抜いた。削孔位置を図-1に示す。そのコアを割裂でスライス状にして、割裂直後及び105℃での24時間絶乾後、それぞれの時点で各スライスの質量を測定することにより、自然状態での含水率を算定した¹⁾。なお、As舗装からコア3個を採取して、空隙率の測定及び0.15N/mm²での24時間の加圧透水試験を行った結果、いずれも不透水であり、空隙率は0.3~3.1%とばらついていた。

3. 床版下面の観察

3.1 打継目の漏水

写真-4に、水張り開始直後の床版下面の状況を示す。As舗装を除去した側(同写真(a))の打継目の直下に、水張



(a) As舗装なし (b) As舗装あり
写真-4 水張り開始直後の状況

(左上: 打継目からの漏水, 右上: 打継目側面からの漏水, 左下: 打継目直下の水たまり, 右下: 下面の打継目付近)

り直後から、水たまりが見られるほどの漏水が見られた。その時点で、打継目以外の床版下面に濡れた様子は見られなかった(後述)。一方、舗装を残した側の打継目(同写真(b))は、床版上の止水が悪かった箇所から若干の漏水があったものの、水張り範囲の直下での漏水は見られなかった。

水張りから1箇月後の状況を写真-5に示す。As舗装のない床版の打継目で見られた漏水の量は、その後徐々に自然に減少して、その直下の水たまりは解消された。

3.2 打継目以外の一般部の漏水

図-2に、両供試体下面の水張り後の外観観察の結果を示す。As舗装なし(同図(a))では、打継目以外の一般部においても浸透した水分によると考えられる黒ずんだ部分(図中の網掛け部分)が水張り後徐々に広がった。水張り後12日目には、黒ずんだ部分が水張り範囲のほぼ全域にわたって広がった。その後、写真-5に示した水張り後1箇月目の例のように、一般部では一旦黒ずんでいた部分が、気候に応じて部分的に乾燥する場合もあった。写真-6に水張り後3箇月目の状況を示す。As舗装のない床版下面(同写真(a))は、コンクリートが全体に黒



写真-5 As舗装なし、水張り後1箇月目の床版下面

ずんでいて、打継目とそれ以外の部分の差がわかりにくい状況になっていた。また、その表面には白色物質が広範囲に発生していた。一方、As 舗装のある床版(図-2(b)、写真-6(b))は、3 箇月の後も黒ずんだ部分は見られず、写真-4(b)とほとんど同様の状況であり、同じ 1 枚の床版であった As 舗装のない側と比べて、明確な差が見られた。

床版下面に見られた白色物質はコンクリート中の溶液から析出したエフロレンス(以下、エフロ)の一種と考えられる。エフロ自体は、コンクリートの耐久性に影響を及ぼすものではないと考えられるが、その形成には、水の移動が必要であり、実際、写真-6 はそれを明確に示している。

なお、床版下面のひび割れに、漏水に起因して見られる白色のこぶやつらは、その主成分が炭酸カルシウムであり、写真-6(a)に示すエフロと生成過程が異なると考えられる。

4. 含水状態の測定結果

4.1 床版下面の含水状態

図-3 に、床版下面の含水状態として、水分計による測定結果の経時変化を示す。両供試体ともに、打継目付近と一般部でそれぞれ平均した値を記号を変えて示す。コンクリートの電気的性質を利用した水分計による含水率は、コンクリートの緻密度や材齢にも依存すると考えられることから⁹⁾、ここでは相対的な比較となるよう

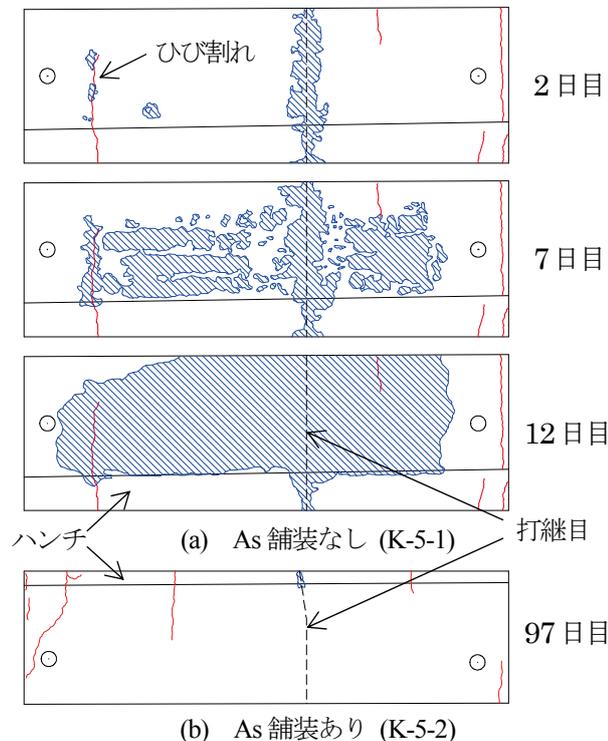
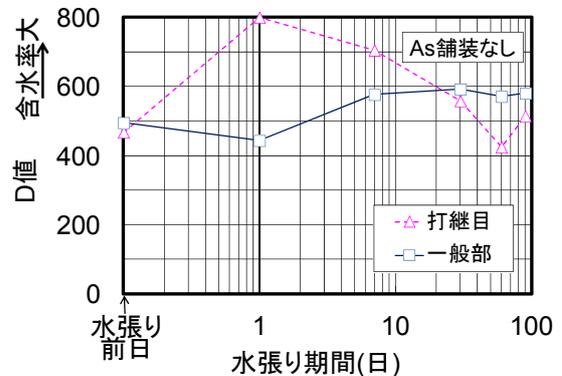


図-2 目視による床版下面の漏水範囲(路面からの透視図、網掛けは黒ずんだ部分を示す)

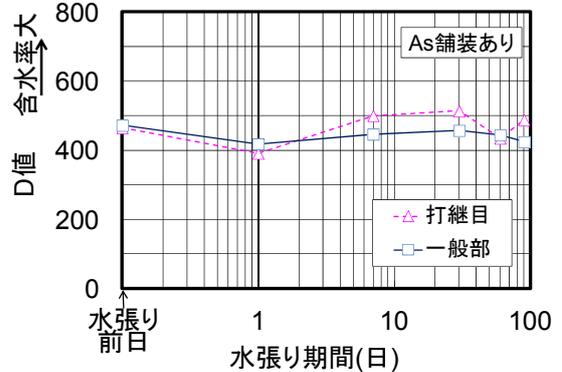


(a) As 舗装なし (b) As 舗装あり
写真-6 水張り後 3 箇月目の床版下面

に、同機器に設定されている D モードでの測定値(以下 D 値)を示す。D 値が大きいほど高周波容量が高い傾向を示し、水分が多い傾向を示す。As 舗装がある場合の D 値には、打継目、一般部ともに、水張り前後の差や水張り後の顕著な変動が見られなかった。一方、As 舗装がない場合の D 値は、打継目付近において、水張り前後の差が著しかったが、水張り後は徐々に D 値が低下する傾向が見られ、1 箇月目以降は一般部と同等かむしろそれより小さい値となる傾向が見られた。2, 3 箇月後の測定日はいずれも、測定の時間帯の気温が 5℃を超えていたが、夜半から朝 7 時頃まで-4℃であったことから、打継目付近の水分の多い箇所ではコンクリート中の水分が凍



(a) As 舗装なし (K-5-1)



(b) As 舗装あり (K-5-2)

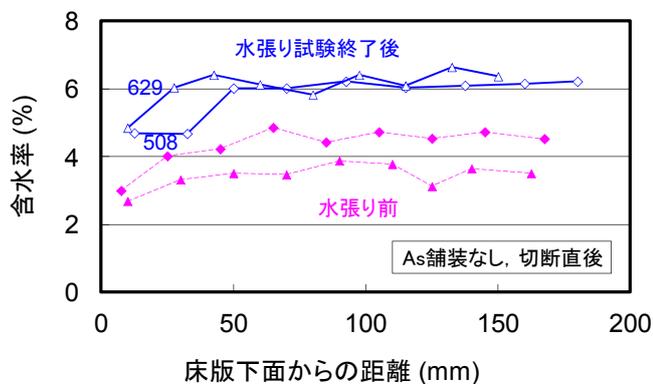
図-3 水分計による床版下面の含水状態の推移

結することによって、みかけ上 D 値が小さく出る傾向があった可能性があると考えられる。水に比べて氷の誘電率は高周波領域において著しく低い傾向にある⁷⁾。

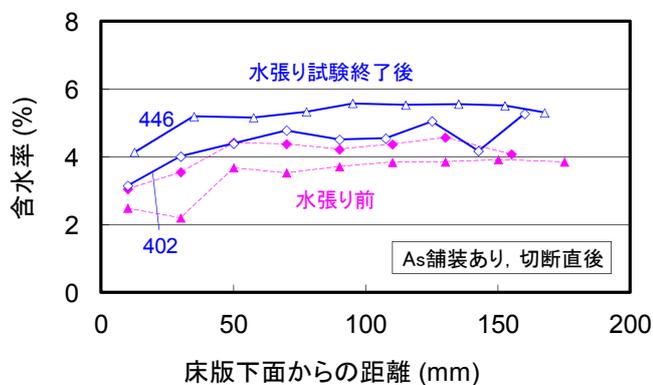
なお、コア採取による打継目内部の観察では、打継目の付着がなかった。また、As 舗装がある打継面には舗装等の微粒分が詰まっていたのに対して、As 舗装がない場合は微粒分が見られなかった。打継目からの漏水が時間とともに減少したのは、漏水とともにこれらの微粒分が徐々になくなり、水が表面張力により安定する傾向に移行したことによる可能性があると考えられる。

4.2 床版コンクリート中の含水状態

図-4 に、水張り試験前後における各コンクリートコア中の含水分布を示す。As 舗装がない場合の水張り前後における含水率の差は、As 舗装がある場合に比べて、大きい傾向が見られた。なお、図中には、コア近傍の床版下面の D 値を示す。水張り試験終了後のコア削孔位置は、水分計による D 値測定位置とできるだけ一致させた。前述のとおり、D 値と含水率の関係はコンクリートの緻密度や材齢によって異なると考えられるが、この床版コンクリートの D 値と含水率の関係は、表層から 2~3 スライス分の平均含水率で比較すると、傾向が概ね一致する。このことは、この試験で用いた水分計で測定対象とする深さが概ね 40~50mm の範囲であることを示唆するものと考えられる。



(a) As 舗装なし (K-5-1)



(b) As 舗装あり (K-5-2)

図-4 水張り試験前後のコンクリートコア中の含水分布
注) 図中の数値はコア近傍の床版下面の D 値を示す。

5. まとめ

- (1) 床版上面に水を張ると、As 舗装がない場合は、打継目からの漏水が直ちに見られたのに対して、As 舗装がある場合は打継目からの漏水が見られなかった。As 舗装がない場合に見られた打継目からの漏水は、時間の経過とともに減少した。
- (2) As 舗装がない場合、打継目のない一般部の床版下面に、水分の増加によると考えられる黒ずんだ箇所が約 2 週間で水張りの範囲全体に広がった。しかし、As 舗装がある場合は、3 箇月後もほとんど黒ずんだ箇所は見られなかった。
- (3) 市販の水分計を用いて、水張り後の床版下面の含水状態を測定した結果、As 舗装がない場合の打継目、一般部それぞれにおける水分の変化が、外観観察の結果と概ね符合することがわかった。この調査では、下面の汚れが少なく、かつ経時的に観察したことから、含水状態が比較的分かり易かったが、汚れなどがあると、外観だけでは含水状態が判別できない場合があることから、床版の含水状態の把握に水分計が役立つ可能性があると考えられる。
- (4) 床版内部のコンクリートの含水率分布の測定結果でも、As 舗装がない場合、水張り試験前後のコンクリート中の含水率の差が、As 舗装がある場合に比べて大きく、外観観察で見られた漏水の状況と概ね傾向が一致した。
- (5) 以上の結果より、1 体の試験結果ではあるが、不透水となった As 舗装が、床版コンクリートへの路面からの水の浸入をある程度抑制する可能性があることが確認できた。

謝辞

部材提供にご協力いただいた関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団, 阪神高速道路技術センター: 道路橋 RC 床版のひび割れ損傷と耐久性, 1991.12.
- 2) 融雪剤によるコンクリート構造物の劣化研究委員会 報告書・論文集, 日本コンクリート工学協会, 1999.11.
- 3) 田中良樹, 村越潤: 橋面アスファルト舗装の変状と RC 床版の疲労, 土木技術資料, 53-2, pp.22~27, 2011.2.
- 4) 村越潤, 田中良樹: 既設道路橋コンクリート床版の耐久性向上に関する研究, 土木研究所資料第 4160 号, 2010.1.
- 5) 田中良樹, 村越潤, 吉田英二: 撤去床版を用いた調査事例—コンクリート床版の水張り試験—, 土木技術資料, 54-7, pp.52~53, 2012.7.
- 6) 田中良樹, 河野広隆, 丁海文, 鹿島孝之: 硬化コンクリートの比抵抗と含水率の関係, 第 55 回土木学会年次学術講演会講演概要集 V, pp.532-533, 2000.9.
- 7) 前野紀一: 氷の科学, 北海道大学図書刊行会, 1981.2.