

アスファルト舗装を有する道路橋 PC 箱桁の含水状態に関する検討

(一財) 阪神高速先進技術研究所 正会員 ○湯浅 康史 阪神高速道路(株) 正会員 西原 知彦
(株) コムスエンジニアリング 正会員 土屋 智史 東京科学大学 正会員 千々和 伸浩

1. はじめに

本検討では、道路橋 PC 箱桁の長期変形予測の高精度化を図る基礎検討として、コンクリートの収縮と関連が深い含水状態に着眼し、アスファルト舗装を有する既設道路橋を対象として、コンクリート内部の温湿度の長期計測を行った。また、3 次元構造-材料連動応答解析を実施し、実橋の含水状態について検討を行った。

2. 対象橋梁

対象は都市高速道路で供用されている PC 箱桁橋で、アスファルト舗装が敷設され防水工のない K 橋とした。対象橋梁の概要を表-1 に示す。当該橋梁は、日射の影響を直接受ける環境にある。また、直近の検査記録から舗装面にひび割れ等の変状がないことを確認している。

3. 計測概要

対象部位は、上床版と舗装面以外の環境が同じ下床版とした。計測概要図を図-1 に示す。計測項目は箱桁内外の大気温湿度と床版内部の削孔穴の温湿度とした。床版内部の温湿度は、部材内の深さ位置を変化させた 3 深度（箱桁内側表面からセンサまでの距離が 240, 150, 100mm）を設定し、上床版は 2 断面（断面①，断面②），下床版 1 断面で計測した。下床版は橋軸方向で床版厚が変化する構造であったが上床版と比較するため、上床版厚と同じ断面（断面①）を選定した。

内部温湿度の計測に用いたセンサの仕様を表-2 に、センサの設置概要を図-2 に示す。床版内部のセンサの設置は、はじめに所定の深さまでドリルで削孔し、センサを挿入して設置した後、外気と完全に遮断するため、エポキシ樹脂を注入して施工した。今回の計測方法は、厳密には削孔穴先端の円筒空間の温湿度であるが、円筒範囲のコンクリートの平均温度、細孔空隙の平均相対湿度とみなして評価する。

4. 解析概要

実橋の計測結果の評価を目的に、セメント系材料の物性や水分状態の経時変化を予測できる DuCOM-COM3¹⁾による解析を実施した。解析モデルを図-3 に示す。今回の解析では含水状態に着眼するためコンクリートのみをモデル化し、X 方向、Y 方向に解析対称面を有する 1/4 対称モデルとした。気象に関する環境条件は上下の 2 面とし、その他は封かんとした。

表-1 対象橋梁の概要

名称	K 橋
架設環境	山間部
所在地	神戸市北区
構造形式	PC2 径間連続 ラーメン箱桁橋
建設年（橋齢）	1997 年（27 年）
設計基準強度	40 (N/mm ²)
実圧縮強度※	51.4 (N/mm ²)
橋面防水工	無し

※ウェブの小径コアによる推定圧縮強度

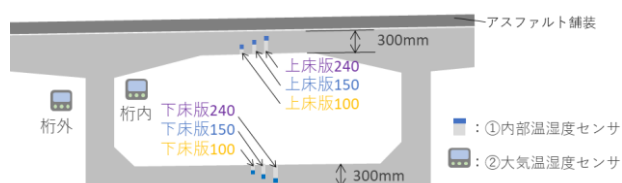


図-1 計測概要図

表-2 温湿度センサの仕様

測定湿度範囲	0～100%
標準湿度精度	±3% (25℃環境)
測定温度範囲	-30～80℃
標準温度精度	±0.5℃ (25℃環境)

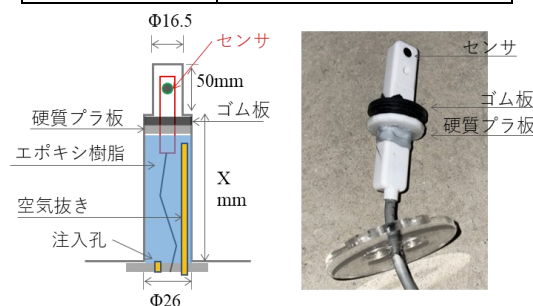


図-2 センサの設置概要（上床版）

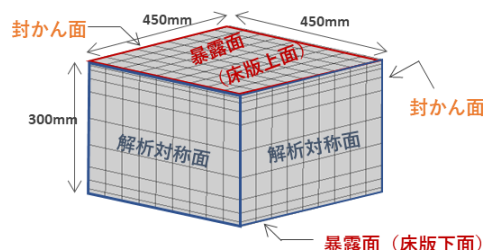


図-3 解析モデル

キーワード 道路橋 PC 箱桁, アスファルト舗装, 含水状態, 乾燥収縮, 長期変形,
連絡先 〒541-0054 大阪府中央区南本町4丁目5番7号・東亜ビル内
(一財) 阪神高速先進技術研究所 TEL06-6244-6060

コンクリートの配合や材料特性は、管理者の標準配合や各文献^{例えば 3)}を参考に設定した。解析ケースは過去の研究例を参考に、環境条件を変化させた、表-3 の 3 ケースとした。U1 は上床版の上面からの水分供給を遮断したケースで、U2 は上床版の上面が降雨の影響を受けるケース³⁾、D は

下床版を想定したケースである。温湿度は環境作用の概略評価を目的とするため、データ取得が容易な気象庁の観測点（橋梁との距離：約 10km）の過去の記録を設定した。U2 の降雨の作用は、日本の平均降雨時間を考慮して 28 日中 4 日間連続で作用³⁾させ、作用時は湿度 100%，水蒸気移動係数を 500 倍に設定³⁾した。また降雨後は、直ちに湿度 K に移行し乾燥する条件とした。

5. 計測および解析の結果

計測および解析結果のセンサ位置の内部相対湿度の経時変化を図-4 に示す。なお、計測機器の不具合により、2024 年 3～5 月は計測データが得られなかった。はじめに、計測結果を確認すると、内部相対湿度は温度が低い冬季は低く、温度が高い夏季に高くなり季節変動があることが認められた。また上床版の内部相対湿度は下床版に比べて 10～25% 高く、高い含水状態にあることが認められた。さらに上床版の相対湿度は、舗装面に近いほど高く、計測断面の違いにより 5～10% 程度の差異が認められた。これらから上床版は舗装面から水分供給を受けること、計測位置によるばらつきが大きい可能性が示唆された。

次に、解析値と計測値を比較する。下床版の解析値は、計測初期の冬季に計測値とやや乖離したが、概ね計測値を表現できることを確認した。一方、上床版は通期にわたって、解析値が計測値より大幅に小さく乖離が大きい。今回計測値が解析値より過大となったのは、実環境が降雨の影響を受ける暴露環境よりも厳しい水の作用を受けた結果と考えられる。また、上床版は降雨後に液状水が作用した後、舗装の影響で乾燥しにくい状態が継続し、長期的に湿潤環境となる可能性が示唆される。

6. まとめ

- ・実橋の計測の結果、上床版は下床版に比べ高い含水状態にあり、舗装面からの水分供給が示唆された。
- ・解析の結果、下床版の相対湿度は計測値と概ね同等の挙動を示し、解析で概ね表現できることを確認した。
- ・一方、上床版の相対湿度は計測値と乖離する結果となり、アスファルト舗装を有する上床版は降雨を受ける暴露環境より厳しい水の作用を受けるものと推察した。

今後は、実橋の上床版の含水状態を再現可能な環境作用を解析的に検討し、道路橋上床版の収縮ひずみの精緻化に向けた検討を実施する予定としている。

参考文献 1)Maekawa et al. : Multi-Scale Modeling of Structural Concrete, Taylor and Francis, 2008 2)千々和ら：セメント硬化体中の微視的機構モデルに基づく実 PC 橋の長期時間依存変形シミュレーション, コンクリート工学年次論文集, vol.32, No.1, pp.407-412, 2010 3)渡辺ら：混合セメントおよび水掛かりの影響を考慮したコンクリートの収縮ひずみ予測式の提案, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), vol.78, No.1, pp.105-120, 2022

表-3 解析ケース

ケース名	部材	気象の環境条件（暴露面の境界条件）					備考
		床版上面			床版下面		
		温度	相対湿度	液状水作用	温度	相対湿度	
U1	上床版	移動なし	移動なし	—	温度 K	湿度 K	文献 2)
U2		温度 K	湿度 K	4 日/28 日サイクル	温度 K	湿度 K	文献 3)
D	下床版	温度 K	湿度 K	—	温度 K	湿度 K	—

温度 K：月間平均気温，湿度 K：月間平均湿度（気象庁データ）

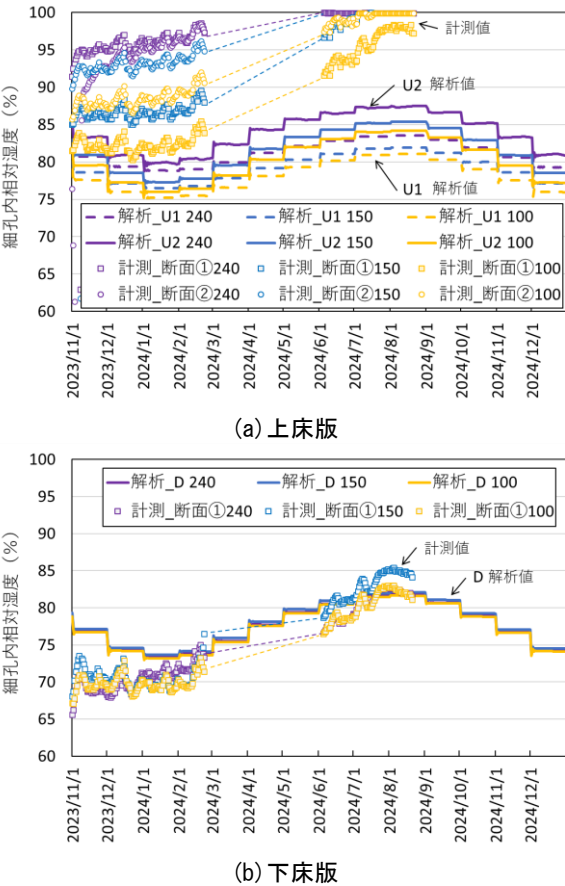


図-4 内部相対湿度の計測値と解析値の比較