PC 橋上部工における部材内部の湿度移動に着目した応力解析

（株）ピーエス三菱大阪支店　正会員　○河中　涼一
（株）ピーエス三菱大阪支店　正会員　小林　仁
岡山大学大学院環境学研究科　正会員　藤井　隆史
岡山大学大学院環境学研究科　正会員　綾野　克紀

１．はじめに

コンクリート部材内部では，乾燥に伴い水分が乾燥面へと移動する．コンクリート内部では，内部と外部における湿度の差から，乾燥収縮ひずみ差による内部応力が発生する．本研究では，拡散方程式に基づき FEM で湿度分布を解析し，変状の発生した実構造物を対象として，そのひび割れを再現した．

２．解析概要

解析の対象とした構造物は，4 径間連続 PC ポストテンション箱桁橋である．施工順序および解析モデルを**図１**に示す．ひび割れが顕著であったのは，場所打ち連結部であり，状況を**写真１**に示す．解析は，温度応力解析ソフトを応用して行った．パラメータは，熱伝導率(W/m℃)を拡散係数(mm²/day)に，熱伝達率(W/m²℃)をフィルム係数(mm/day)に，線膨張係数(μ/℃)を収縮係数(μ/RH)に，それぞれ置き換えた．収縮係数とは，コンクリートの相対湿度(RH)が 100%から 0%まで変化したときの収縮ひずみ量である．対象とする橋梁のコア抜き供試体で行った乾燥収縮試験では，収縮係数が大きい結果となった．よって解析に用いる拡散係数，フィルム係数および収縮係数も，実際に用いられているコンクリートの内，大きな収縮係数を示すコンクリートより求めた．解析に用いた拡散係数およびフィルム係数は，$4.0e^{-1.0(1-RH)}$mm²/day および 0.25　mm/day である．収縮係数は，相対湿度 60%の条件でひずみの最終値が 800μとなる 2,000μ/RH と，コア抜き供試体から求まった 3,000μ/RH の双方で行った．相対湿度は，乾燥開始時の構造物を 100%，外気を 70%とした．

３．解析結果

収縮係数が 2,000μ/RH で解析を行った場合の，場所打ち連結部Ａ点における応力履歴図を**図２**に，橋軸直角方向応力のコンター図を**図３**に示す．**図３**より，場所打ち連結部前後の部材が厚い部位においては，特に大きな内部応力が発生している．これは，乾燥の進行が遅い部材内部と，乾燥の進行が早い部材表面の乾燥収縮度差が大きいほど，湿度差に起因する内部応力も大きくなることを示している．また，場所打ち連結部は内部応力に加え，先行施工部位が乾燥収縮を拘束する影響もあり，大きな応力が発生している．ただし，これらの結果は，クリープによる応力の緩和を考慮しておらず，実際に発生する値よりも大きくなっている．材齢係数法[1)]に基づいてクリープによる緩和を考慮すると，実際の発生応力は，解析値に 1/(1+ρΦ)を乗ずることで求まる．ρ=0.8[1)]，Φ=2.8[2)]を用いると，**図２**に示す橋軸直角方向の最大応力の最大値 6.3N/mm² は 1.9N/mm² まで緩和される．死荷重およびプレストレスを加算すると 2.6N/mm² となり，40N/mm² のコンクリートの引張強度 2.8 N/mm² 以下である．一方，収縮係数を 3,000μ/RH として解析を行った場合の結果を**図４**および**図５**に示す．応力の最大値 9.4N/mm² を，前述と同様にクリープによる緩和および死荷重等の影響を考慮すると 3.6N/mm² となり，引張強度を上回る．このことより，構造物に生じた変状は，コンクリートの収縮が大きかったことに起因している可能性が高いと推定される．

４．まとめ

拡散方程式に基づき，FEM で湿度分布を解析した．この解析により，コンクリート部材内外の湿度差によって生じる，内部応力を表現することができた．さらに，解析結果にクリープの影響を考慮すると，実構造物に生じた変状をある程度再現することができた．

キーワード　乾燥収縮，ひび割れ，湿度移動，FEM 解析，拡散方程式，内部応力
連絡先　〒530-6027　大阪市北区天満橋 1-8-30 OAP タワー27F　ＴＥＬ06-6881-1174

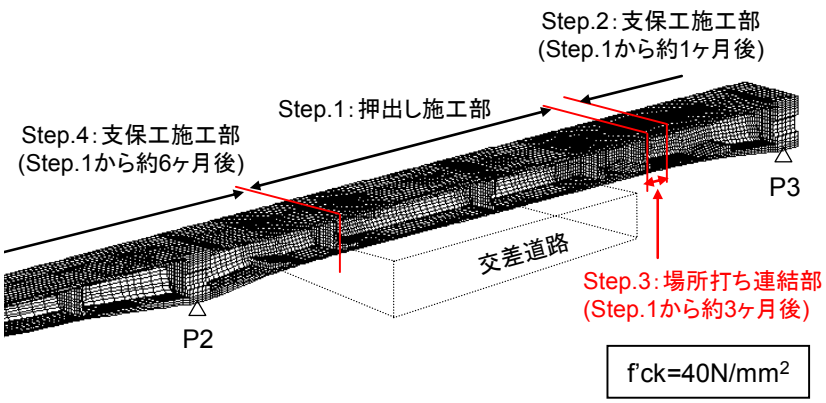

図 1. 解析モデル

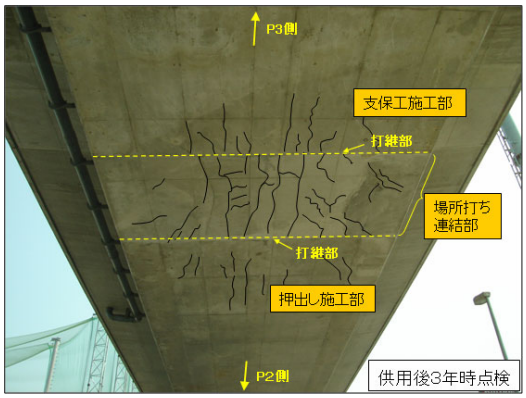

写真 1. 変状部の状況

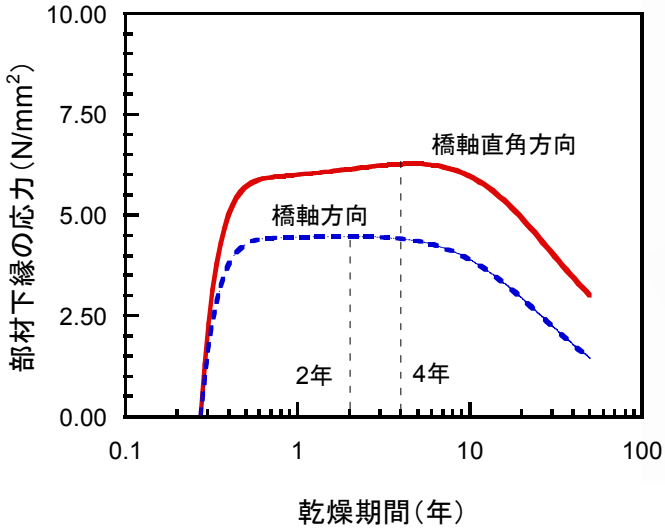

図2. 場所打ち連結部 A 点の応力履歴
(収縮係数:2,000 μ /RH)

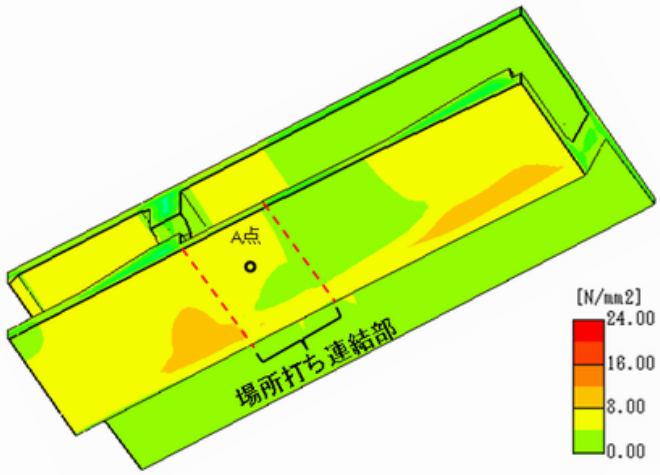

図3. 場所打ち連結部近傍の橋軸直角方向応力
(収縮係数:2,000 μ /RH, 乾燥期間:4 年)

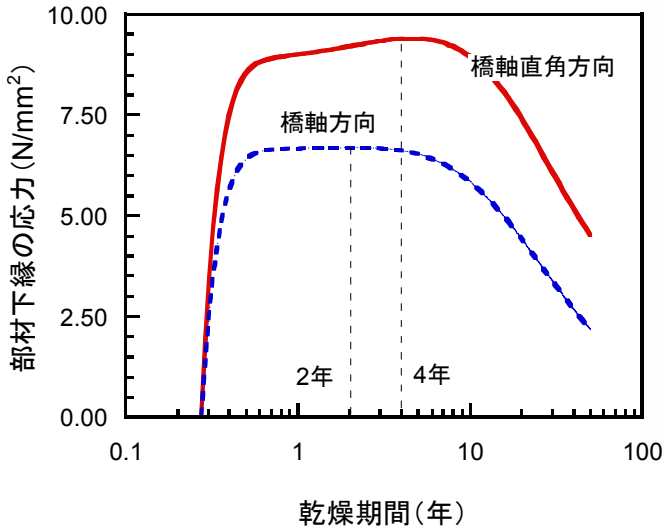

図4. 場所打ち連結部 A 点の応力履歴
(収縮係数:3,000 μ /RH)

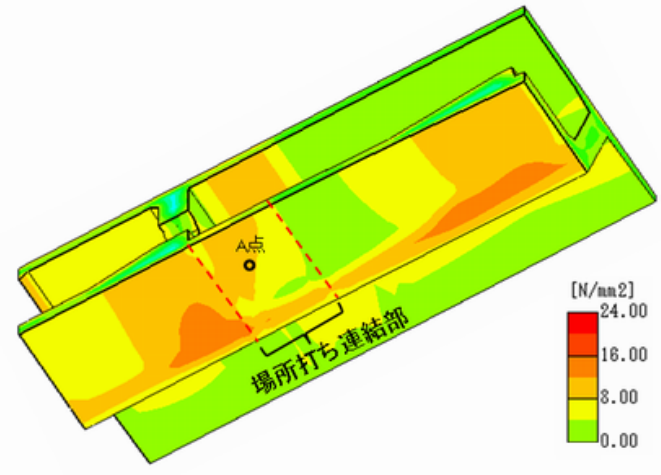

図5. 場所打ち連結部近傍の橋軸直角方向応力
(収縮係数:3,000 μ /RH, 乾燥期間:4 年)

参考文献

1) F・レオンハルト:プレストレストコンクリート, 鹿島出版, P.231, 1984.5
2) 社) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I 共通編, P.30, 2012.3