

PC-RC 構造の自律的時間依存変形制御に関する基礎的検討

東京工業大学 正会員 ○千々和 伸浩

東京大学 國枝 将大

東京大学 フェロー会員 前川 宏一

1. 背景

月夜野大橋を代表とした実構造物の過剰たわみ問題が報告されて以来、当問題の原因解明についての研究が精力的になされてきた。結果、部材内での不均一な水分分布や鋼材量の差によって、上下フランジ間で時間依存性の体積変化量に差が生じたことが、過剰たわみの原因であることを明らかになった。これを基に、構造物を部位ごとの特性に応じたファイバーで代表し長期変形を予測する簡易手法も紹介されるに至っている。

本研究は、たわみ予測から更に踏み込み、構造物が設計者にとって望ましい方向に変形するような特性を設計で与え、たわみを制御するという設計法の可能性を検討するものである。暴露条件の操作や、鉄筋量の加減も方法として考えられるが、本稿では材料設計変更による制御手法の可能性を検討する。体積変化特性の異なるコンクリートを部位ごとに打ち分けると、構造物自身が環境作用に敏感に反応して変形するようになるため、これを適切に利用すれば構造物自身が自律的に変形を制御できるようになる可能性がある。

2. 試験体緒元

自律的なたわみ制御の可能性を検討するため、図1のように上下フランジに異なる配合のコンクリートを用いた箱型形状の試験体を作成した。試験体は打設後14日までは実験室型枠内で封緘養生した後に脱型し、試験場に搬入設置し、その翌々日に上下フランジそれぞれに軸方向にプレストレス250kNを加えた。型枠内面には油とテフロンシートを設置した状態で打設し、養生中の型枠による変形拘束を排除している。計測項目は上下各フランジのスパン中央位置での軸方向ひずみであり、上下フランジのひずみ差から曲率を算出する。

環境作用を活用して自律的に変形を制御するには、日射や降雨といった気象の影響を把握しておく必要がある。そこで試験体を2体製作し、一方を降雨・日射に晒される環境に設置し(屋根なし試験体)、他方を温湿度の変化には晒されつつ、雨や日射の影響を受けない環境に設置して(屋根あり試験体)、長期暴露試験を行った。

4. 実験結果と考察

2011年11月の打設から2013年3月までの期間での、屋根有り試験体と屋根なし試験体の曲率推移を図2に示す。材齢初期は下フランジの自己収縮により部材は反り上がった状態となる。その後、屋根あり試験体では上フランジの乾燥収縮が進み、試験体は反り上がりの状態からたわむ方向に変形が進み、約1年程度で若干たわんだ状態で一旦安定状態に達した。その後2012年10月初旬の短期に反り上がりが発生するが、これは試験体を覆った屋根が強風で破壊され、屋根あり試験体の上フランジが降雨により吸湿膨潤したためである。ここで発生した反り上がりはその後維持され、約半年後によりやうく再度たわみが進むようになった。

屋根なしの試験体では暴露後、屋根有の試験体の挙動との差が顕著となり、反り上がりの状態が比較的長く維持された。これは降雨降雪により、上フランジに水が供給され、乾燥収縮が抑制されたためである。特に積雪があった後においては、屋根なしの試験体の上フランジ上面に雪解け水が数日間にわたって絶えず供給されるため、屋根の有無でのたわみ挙動に大きな差が生じる。

5. 簡易化条件下での解析結果

不定期に発生する降雨のような気象作用を設計段階でどう評価すればよいかを検討するために、材料-構造応答連成解析システム DuCOM-COM3 を用い、簡素化した条件での解析結果と実験で見られた挙動との比較を行った。解析は外気温湿度 20℃60%RH の一定環境で14日間封緘養生した後、プレストレスの導入と気中暴露を

キーワード 自律的変形制御, 環境作用, 気象, 体積変化

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑が丘 1 号館 512 号室 TEL 03-5734-3194

同時に行い、特に上フランジ上面の環境条件について3通りパターンを仮定して計算を行った。

図3は解析から得られた曲率を示す。Case3のように上フランジ上面の湿度が99%のように高いと、たわみがほぼ一定値に維持され、むしろ上フランジが膨潤することで、反り上がるような傾向となった。一方上面も60%RHに晒されるとしたCase1ではたわむ方向に変形が推移し、300日程度で平衡状態に至る。図2とこの結果を比べると、Case1の結果は屋根ありの挙動に近く、今回の屋根有の試験体は日本の平均温湿度である20℃60%RHという環境条件で概ね再現できることがわかる。一方今回の屋根なしの試験体では、降雨や日射の影響を平均して上フランジ上面を85%RH程度として評価すれば、挙動をおよそ表現可能であることが示された。

6. まとめ

本研究により、異なる特性のコンクリートを組み合わせて構造体を構成することで、長期のたわみを制御出来る可能性が示された。気象作用を積極的に取り込む、あるいは排除することでも構造物の長期変形を大きく変化させることも明らかになった。構造物の長期挙動において降雨降雪の影響は無視しがたく、外気温湿度よりも高い湿度を設定して評価する必要がある。

なお本研究は吉田論文奨励賞をいただいて実施しました。ここに謝意を表するとともに、受賞者として今後更に精進すべく決意を改める次第です。

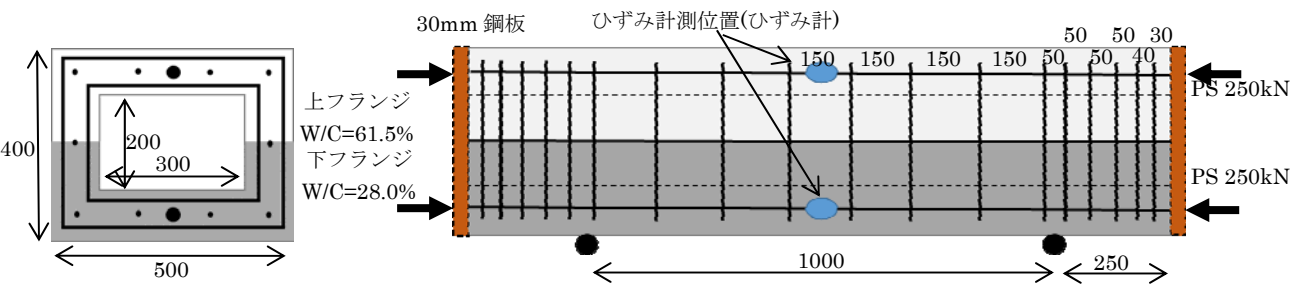


図1 試験体緒元

表1 コンクリート配合(上：上フランジ、下：下フランジ)

水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	空気量
168.00	274.00	893.00	689.00	3.29	4.5%

水	セメント	細骨材	粗骨材(小)	粗骨材(大)	SP	AE剤(100倍希釈)	空気量
173.08	671.60	706.30	411.40	336.60	8.26	6.72	5%

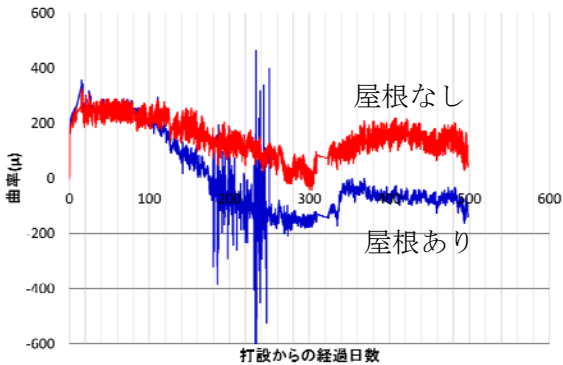


図2 曲率推移(正方向が反り上がり)

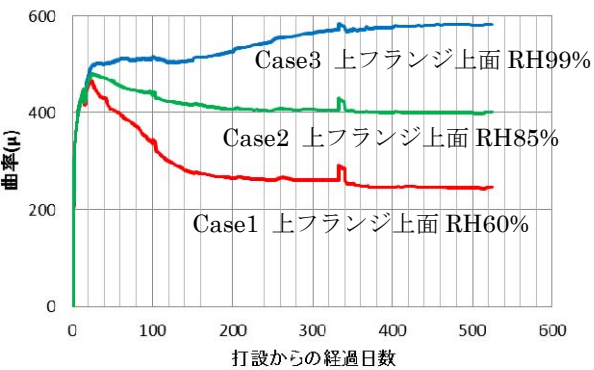


図3 簡易環境条件下での曲率推移解析結果

参考文献

・Motohiro Ohno, Nobuhiro Chijiwa, Benny Suryanto and Koichi Maekawa, An Investigation into the Long-Term Excessive Deflection of PC Viaducts by Using 3D Multi-scale Integrated Analysis, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.10, pp.47-58, 2012

・渡辺忠朋, 土屋智史, 坂口淳一, 笠井尚樹, 線材モデルによるPC橋梁の長期たわみ解析, 土木学会北海道支部 年次技術研究発表会論文報告集, Vol.69, E-13, 2013.2

・Maekawa, K. Ishida, K. Kishi, T. 2009. Multi-scale Modeling of Structural Concrete, Taylor& Francis