

ひび割れの生じたプレテン PC 中空桁の耐荷性状に関する解析的研究

山梨大学大学院 学生会員 ○中村 宗一郎
 山梨大学大学院 正会員 斉藤 成彦

1. はじめに

変状の生じた既設 PC 構造物が保有する耐荷性能を定量的に評価する手法として、数値解析技術の利用が期待されている。プレテンション PC 中空床版桁については、ウェブや下フランジ下面の軸方向の異常なひび割れが発生している事例が多く確認されており、耐久性や耐荷力の低下が懸念されている。この軸方向のひび割れはアルカリシリカ反応によるものとして報告されており¹⁾、供用後のコンクリートの変形が原因だと考えられる。

本研究では、PC 中空桁を対象に数値解析を用いて、コンクリートの変形によるひび割れ発生再現とひび割れを生じた桁の耐荷性状の把握を試みた。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

解析対象は、図-1に示す諸元のプレテンション方式 PC ホロー桁である。解析には、離散型の解析手法である 3次元剛体バネモデル (RBSM) を用いた²⁾。解析モデルを図-2に示す。計算労力を低減するため、片側半スパンのみをモデル化した。コンクリートは剛体要素、鉄筋および PC 鋼材ははり要素と付着リンク要素でモデル化し、φ12.4mm の 7本より PC 鋼よ

り線は 1 本のはり要素として扱った。コンクリートおよび鋼材の材料特性は、表-1の値を用いた。

2.2 コンクリートの変形のモデル化

コンクリートの時間依存変形には、温度変化や乾燥による収縮や ASR による膨張等が考えられる。まずケース A として、水分移動解析³⁾に基づく乾燥収縮を導入し、ひび割れの再現を試みた。初期のコンクリート内を湿潤状態とし、内空を湿潤状態、コンクリート外部を相対湿度 50%と仮定して、乾燥に伴うコンクリートの含水率の変化に応じて収縮ひずみを与えた。ケース B はコンクリートの表面 (せん断補強鉄筋の外側のコンクリート) のみに一様な収縮ひずみを導入したもの、ケース C はコンクリートの表面のみに一様な膨張ひずみを導入したもの、ケース D はコンクリートの内部 (せん断補強鉄筋の内側のコンクリート) のみに一様な膨張ひずみを導入したものとした。

3. 解析結果

3.1 ひび割れ性状

コンクリートの変形により、ウェブ内のせん断補強鉄筋の高さ中央位置に生じたひずみを図-3に示す。収縮ひずみを導入したケース A およびケース B

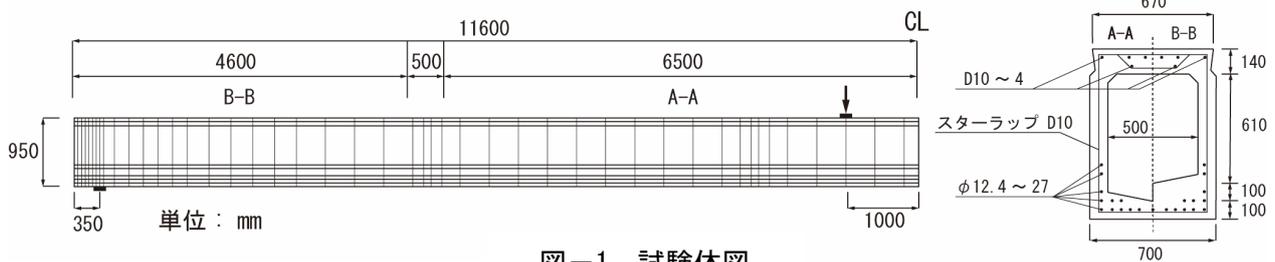


図-1 試験体図

表-1 材料諸元

コンクリート	圧縮強度	49.0 N/mm ²
	弾性係数	3.9×10 ⁴ N/mm ²
PC 鋼より線 φ12.4mm	降伏強度	1470 N/mm ²
	破断ひずみ	4.5%
軸方向鉄筋 D10	弾性係数	2.0×10 ⁵ N/mm ²
	降伏強度	295 N/mm ²
有効プレストレス	弾性係数	2.0×10 ⁵ N/mm ²
	有効プレストレス	930 N/mm ²

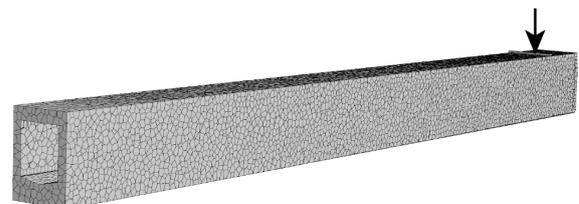


図-2 PC 桁解析モデル

キーワード プレストレスコンクリート桁, 数値解析, RBSM

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院総合研究部 TEL:055-220-8529

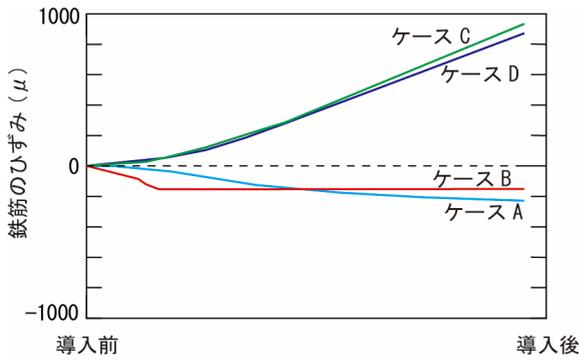
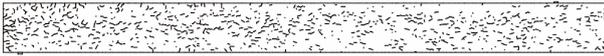
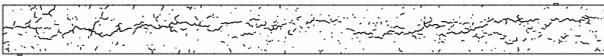


図-3 せん断補強鉄筋に生じたひずみ

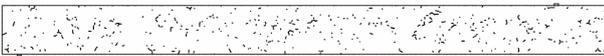
ケース A (乾燥収縮 273 日目)



ケース B (収縮ひずみ 300 μ 導入時)



ケース C (膨張ひずみ 外側 1000 μ 導入時)



ケース D (膨張ひずみ 内側 300 μ 導入時)

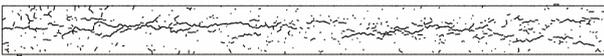


図-4 ウェブ外側表面のひび割れ性状

では圧縮のひずみが、膨張ひずみを導入したケース C およびケース D では引張のひずみが生じていることが確認できる。いずれも、せん断補強鉄筋位置では同程度のひずみが生じていることが分かる。各ケースの時間依存変形導入後のひび割れ性状を図-4 に示す。ケース A では、ウェブ外側表面付近で含水率が 70% 近くまで低下しているのに対し、内側表面付近では 90% 程度となっており、含水率の変化に伴う収縮ひずみはウェブ内で分布していることになる。このとき、ウェブ外側表面には 300 μ 程度の収縮ひずみが導入されたことになる。図より、ケース A のひび割れはウェブ全体に分布する結果となった。一方、桁外側表面付近に強制的に収縮ひずみを導入したケース B では、300 μ 導入時にウェブ外側表面付近において、軸方向に沿ったひび割れの発生が確認された。また、桁の内側表面付近に膨張ひずみを導入したケース D でも、ケース B と同様にウェブ外側表面付近に軸方向のひび割れが発生する結果となった。しかしながら、桁の外側表面付近に膨張ひずみを導入したケース C では、ウェブ外側表面付近には軸方向のひび割れの発生を確認できなかった。これより、プレテンション PC 中空床版桁で確認されている変状は、

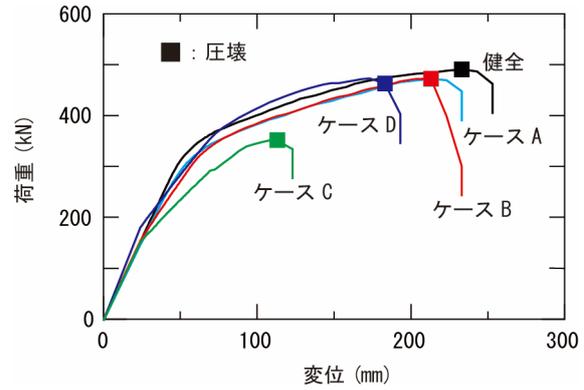


図-5 荷重-変位関係

コンクリートがやや複雑な変形を生じた結果によるものと考えられる。

3.2 耐荷性状

ひび割れが生じた各ケースの桁に対して、曲げ載荷を行った結果得られた荷重-変位関係を図-5 に示す。ケース A, B および D は、PC 鋼材が降伏した後、上縁コンクリートの圧壊により破壊に至っており、健全な桁と同様の耐荷性状を示した。桁外側に膨張ひずみを導入したケース C は、桁のせん断スパン内でコンクリートの圧壊により破壊に至った。

4. まとめ

本研究では、3次元 RBSM を用いてコンクリートの変形によるひび割れ発生の再現とひび割れを生じた桁の耐荷性状の把握を試みた結果、桁の外側表面付近に収縮ひずみを導入した場合および、桁の内側表面付近に膨張ひずみを導入した場合に軸方向に沿ったひび割れの発生が確認された。また、桁外側に膨張ひずみを与えたケースを除き、コンクリートの時間依存変形が荷重-変位関係に与える影響は少ないことが確認された。

参考文献

- (1) 玉越隆史, 柴田稔, 木村嘉富, 和田圭仙: アルカリ骨材反応が生じた PC 橋の調査, 診断と対応事例, 土木技術者資料 55-7, pp.55-56, 2013
- (2) 神津和夫, 斉藤成彦, 衣笠泰広: 鋼材腐食の生じた PC はりの曲げ性状に関する研究, 第 20 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.271-276, 2011
- (3) 小澤泰士, 斉藤成彦, 檜貝勇: 3次元剛体バネモデルによるコンクリートの収縮ひび割れ解析, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, 2004