# PC 箱桁橋の上床版施工時におけるひび割れ抑制対策について

極東興和株式会社　法人正会員　○三原　桃子
極東興和株式会社　　正会員　　河金　甲

## 1.　はじめに

固定支保工架設により建設する**図-1** のような PC 単純箱桁橋では，2 リフト分割（1 リフト：ウェブ･下床版，2 リフト：上床版）により主桁部のコンクリートを施工するのが一般的である．この場合，上床版では，打ち込み後のコンクリートの水和熱や収縮に起因した体積変化が既設のウェブに拘束されるため，上床版にひび割れが発生した事例が報告されている [1)]．そこで，**図-1** に示す断面形状を有する橋長 46.8m の PC 橋施工時に上床版のひび割れ抑制対策を検討した．さらに，ひび割れ抑制を目的に膨張材を使用した場合の湿潤養生の影響を検証した．

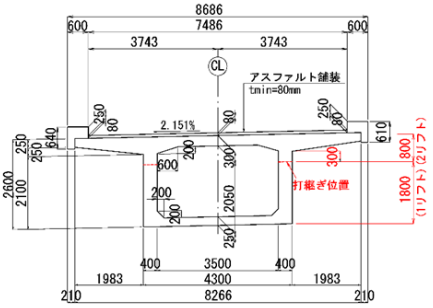


図-1　主桁断面図（支間中央）

## 2.　ひび割れ抑制対策の検討

### 2.1　検討概要

3 次元 FEM を用いた温度応力解析により，以下の 3 ケースを比較検討した（詳細は**表-1** 参照）．

(1)ケース 1：当初計画の設計基準強度 36N/mm$^2$ の配合

(2)ケース 2：高性能 AE 減水剤を使用して「ケース 1」から単位セメント量を低減した配合

(3)ケース 3：「ケース 2」の 2 リフトに膨張材を使用した配合

端支点横桁部（桁端から 2.4m の区間）はマスコンクリートとなるため，1 リフトは水和熱抑制を目的に単位水量を減らして単位セメント量を低減させることを検討した（ケース 2,3 共通）．2 リフトは 1 リフトと同配合を用いた場合（ケース 2）と，ウェブの拘束の影響を受けることからさらなる収縮抑制のために膨張材を使用したケースも検討した（ケース 3）．

表-1　解析ケース

| | | | 単位 | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 当初計画 | セメント量低減 | セメント量低減＋膨張材（2リフトのみ，1リフトはケース2と同配合） |
| 設計基準強度 | | | N/mm$^2$ | 36 | 36 | 36 |
| 配合 | 使用セメント | | | 早強ポルトランドセメント | 早強ポルトランドセメント | 早強ポルトランドセメント |
| | 使用混和剤 | | | AE減水剤 | 高性能AE減水剤 | 高性能AE減水剤 |
| | 単位セメント量 | | kg/m$^3$ | 430 | 395 | 395 |
| | 単位膨張材量 | | kg/m$^3$ | － | － | 20 |
| | 単位水量 | | kg/m$^3$ | 172 | 158 | 158 |
| | 水結合材比 | | % | 40 | 40 | 38 |
| 解析結果 | 最高温度 | 1リフト | ℃ | 73.6 | 68.8 | 68.8 |
| | | 2リフト | | 63.2 | 59.3 | 61.5 |
| | 最小ひび割れ指数 | | | 0.69 | 0.74 | 0.89 |

### 2.2　解析結果

ひび割れ抑制効果をひび割れ指数（「コンクリートの引張強度」/「コンクリートに発生する引張応力度」）

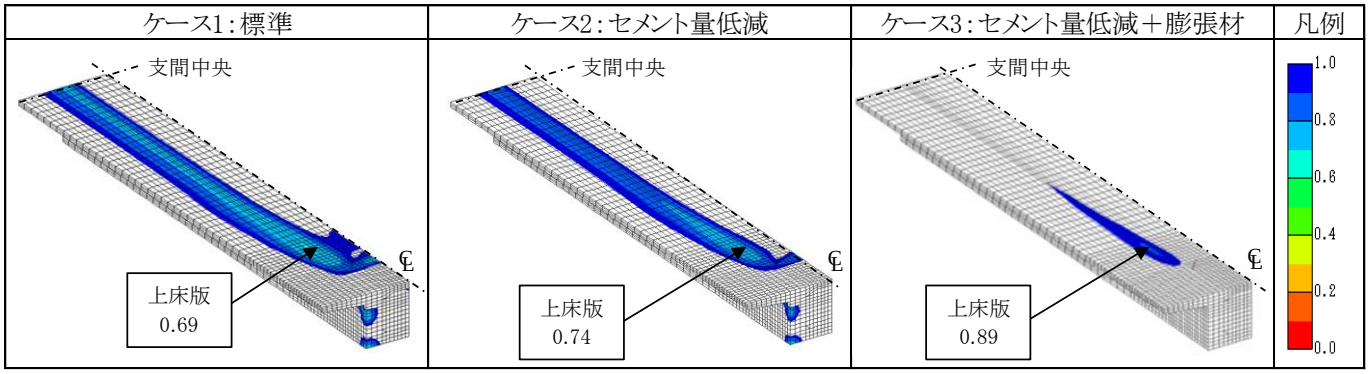


図-2　最小ひび割れ指数分布

キーワード　　ひび割れ抑制，単位水量低減，膨張材，湿潤養生
連絡先　〒732-0052　広島市東区光町 2 丁目 6 番地 31 号　極東興和株式会社営業本部
ＴＥＬ082-261-1206

で検討した．ひび割れ指数が 1.0 以下となる場合は，コンクリートに発生する引張応力度がコンクリートの引張強度を超えているため，ひび割れ発生確率が高いことを示す．**表-1** に最高温度と最小ひび割れ指数，**図-2** に最小ひび割れ指数分布を示す．「ケース 1」を基準とすると，単位セメント量を低減することにより上床版のひび割れ指数はピーク値で 0.05 改善した（ケース 2）．さらに，膨張材を併用すると，ひび割れ指数はピーク値で 0.20 改善するとともに，ひび割れ指数 1.0 以下の範囲は局部的となった（ケース 3）．このように，膨張材の効果が顕著にみられたことから「ケース 3」により施工することにした．

**表-2 検討ケース**

| ケース | 湿潤養生期間 | 備考 |
|---|---|---|
| C1 | 1日 | ほとんど養生をしていない場合 |
| C3 | 3日 | 早強セメントの標準養生期間 |
| C5 | 5日 | 膨張コンクリートの標準養生期間 |
| C10 | 10日 | 長期湿潤養生した場合 |
| C15 | 15日 | |

## 3. 膨張材を用いた場合の長期湿潤養生効果の検証

### 3.1 試験概要

上床版コンクリート打込み時，湿潤養生期間をパラメータとし，**表-2** に示す 5 ケースにより試験を行った．配合は前述の「ケース 3」と同配合である．供試体寸法は 100×100×325mm とし，ネジ切り加工を施した φ16mm 丸鋼の中央にひずみゲージを貼り，コンクリートの膨張・収縮ひずみを計測した．全てのケースにおいて，材齢 1 日までは型枠存置するとともにコンクリート打込み面は養生マットで湿潤状態を保持した．材齢 1 日以降の湿潤養生期間においては，確実に水分を供給させるため試験体を水中に浸漬させた（**写真-1**）．

**写真-1 水中養生状況**

### 3.2 測定結果

コンクリート打込み直後からの膨張・収縮ひずみの経時変化を**図-3** に示す．湿潤養生期間 1 日の場合（C1），養生中は膨張するものの，乾燥開始後すぐに膨張ひずみは減少し，材齢 3 日程度で膨張ひずみが見られなくなった．本検討結果より，湿潤期間養生中に養生マットが乾燥してしまうと，早期に収縮側にひずみが移行し，材齢初期の引張強度が小さい段階での収縮による引張応力発生が懸念される．なお，今回の材齢 2 日の圧縮強度（C1 と同一養生条件）は，材齢 7 日の 47%であり（**表-3**），引張強度も同程度小さかったと推測される．

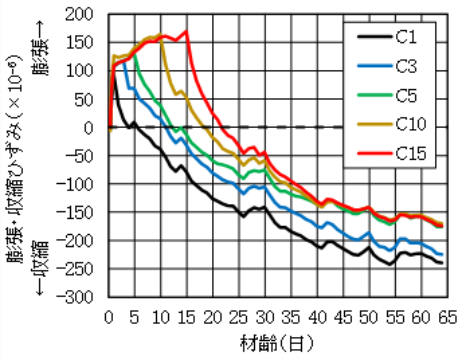


**図-3 膨張･収縮ひずみ**

**表-3 コンクリートの圧縮強度**

| 材齢 | 2日 | 5日 | 7日 |
|---|---|---|---|
| 圧縮強度 ($N/mm^2$) | 20.9 | 36.3 | 44.2 |

一方，他のケースをみると，湿潤養生期間中はコンクリートの膨張ひずみは増加しており，収縮側に移行する材齢は湿潤養生期間が長くなるにつれて遅くなった．若材齢時のコンクリートに発生する引張応力は，主に水和熱と収縮による体積変化（収縮側）に起因している．湿潤養生を継続することで収縮を低減できるため，若材齢時のひび割れ抑制につながると推測される．さらに，コンクリート表層の品質向上にも長期湿潤養生は効果的であり，ひび割れ抵抗性は高くなると考えられる．

## 4. おわりに

本検討を行った PC 橋施工時にはひび割れ発生を確実に防止させるため，コンクリート温度がほぼ外気温と平衡状態に達する期間を目安に，湿潤養生期間は 16 日間とした．この結果，上床版を含め主桁部にひび割れは発生しなかった．コストをかけて膨張材を使用しても，養生が不十分であったらひび割れ抑制につながらないこともあるため，膨張材使用時には十分な水分供給が重要であることを確認できた．

## 参考文献

1) 日本コンクリート工学会：施工中に発生した不具合の対処，コンクリート基本技術調査委員会不具合補修 WG 報告書，pp.193-195，2012.