

長支間場所打ちPC床版実物大試験体のひび割れに対する日照変化の影響に関する解析的検討

（社）日本橋梁建設協会 正会員 ○師山 裕 正会員 倉田 幸宏
 （社）施工技術総合研究所 正会員 雪田 恵子

1. はじめに

著者らが平成13年度に行った「実物大模型による移動型枠を用いた場所打ちPC床版の施工検証実験」¹⁾（以下H13検証実験）において、①ブロック床版下面にひび割れが発見された（図-1）。施工ステップを考慮した解析検討²⁾（以下H13解析）によると、この位置での引張応力度はコンクリートの引張強度を下回っており、当初このひび割れ原因が特定できなかった。その後の検討³⁾で、ひび割れ発生時①ブロックの床版上面と内部の温度差が大きく、H13解析ではこの現象を評価できていないことがわかった。この時の周囲の状況としては、①ブロック上のみ屋根がない状態にあり（表-1）、前日は日照変化の影響により昼夜の温度差が大きかった。このような状況から、ひび割れの原因は日照変化および日照による輻射熱の影響ではないかと推測された。そこで著者らは、これらの影響を考慮した温度応力解析を行い（以下H14解析）ひび割れの原因について検討した。以下にその検討結果を示す。

2. 解析概要

解析モデルを図-2に示す。本解析ではH13検証実験で製作された場所打ちPC床版2主桁橋を対象とし、対称条件を用いた1/2モデルとした。

日照による輻射熱の影響は、次式に示すように輻射によって伝達される熱量を等価な外気温度に換算して熱伝達境界として扱うことにより考慮することとした。

$$T_{eq} = T_0 + \frac{q}{\mu} \quad \dots \dots (式-1)$$

ここで、 T_{eq} は仮想外気温（℃）、 T_0 は外気温（℃）、 q は熱流入(出)量（W/m²）、 μ は熱伝達率（W/m²℃）である。H13施工検証実験では熱流入(出)量の計測を行っていないため、本解析では既往の研究⁴⁾を参考に仮想外気温を算定した（図-3）。養生終了後のコンクリート上面の熱伝達率は14W/m²℃一定とし、日射による輻射熱の影響はコンクリート床版上面のみに考慮した。その他の諸物性値については文献2)およびコンクリート標準示方書に従った。

以下の2つのケースによる比較検討を行った。解析結果はひび割れが発見された2001年8月5日を中心を示す。

Case-1) 日照による輻射熱の影響を考慮しない場合（全長に渡って屋根有りに相当、H13解析）

Case-2) 日照による輻射熱の影響を考慮する場合（①ブロックのみ途中から屋根無しに相当、H14解析）

3. 解析結果

3.1 コンクリート床版における日射による輻射熱の影響

図-4に解析結果と実測値の比較を示す。実測値では床版上面の最高温度は約40℃あり、床版中段の最高温度に比

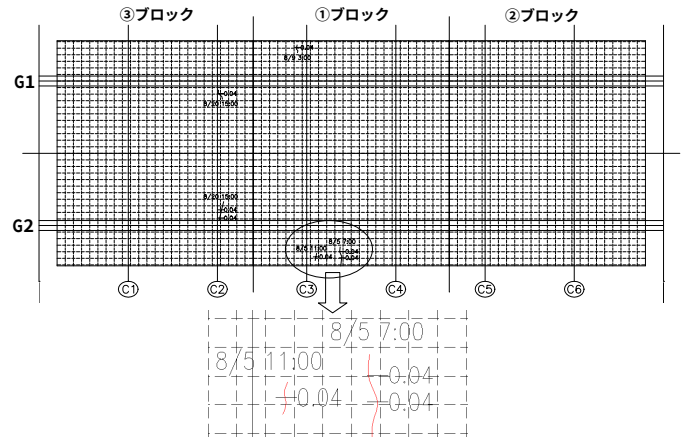


図-1 床版下面ひび割れマップ

表-1 作業項目日時

作業項目 および特記事項	日時 (2001年)	①ブロック 材齢(日)	②③ブロック 材齢(日)
①ブロック打設完了	7月17日(火)	0	-
①ブロック上屋根撤去	7月27日(金)	10	-
②③ブロック打設完了	7月31日(火)	14	0
ひび割れ発見	8月5日(日) 早朝	19	5
②③ブロック上屋根撤去	8月9日(木)	23	9

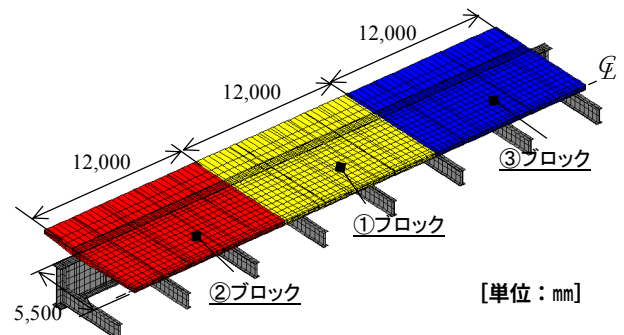


図-2 解析モデル

キーワード：長支間場所打ちPC床版、ひび割れ、日照変化、輻射熱

連絡先：〒104-0061 東京都中央区銀座2-2-18 (社)日本橋梁建設協会床版研究委員会 TEL03-3561-5225

べ 7°C 程度高い温度となっている。
Case-1 では実測値と比べ床版上面の最高温度が 10°C 程度低く、上面と中段の温度差もほとんどない。Case-2 では最高・最低温度、温度履歴共に実測値とよく一致しており、日射による輻射熱の影響を精度良く再現できている。

図-5、図-6 に 2001 年 8 月 4 日の外気温最高時での解析結果の変形図を、図-7、図-8 にその時の橋軸方向応力分布図（コンター図）を示す。Case-1 では、外気温が高くなるにつれて全体的に支間中央がたわむ変形挙動となった（図-5）。そのため、床版下面に発生する応力は一様に近い形で分布している（図-7）。Case-2 では、輻射熱によって床版上面が膨張するために①ブロックのみ床版支間中央がせり上がり張出部が垂れ下がる変形挙動となった（図-6）。この①ブロックの変形挙動を主桁が拘束することにより、①ブロック下面の主桁付近から張出部にかけて大きな引張応力が発生していると考えられる（図-8）。

図-9 にひび割れ発生位置である①ブロック張出先端部（図-8○印付近）での橋軸方向応力履歴を示す。Case-1 では応力分布の変動はほとんど見られない。Case-2 では、日照変化の影響により約 $0.8\text{N}/\text{mm}^2$ の応力振幅がみられた。

3. 2 ひび割れ発生時の引張応力

H13 解析によると、温度応力や PC 緊張等の各種施工ステップを考慮した場合のひび割れ発生箇所の応力は $1.3\text{N}/\text{mm}^2$ であった。今回の検討結果から、日照による輻射熱の影響分の応力は $0.8\text{N}/\text{mm}^2$ であったので、合計応力は $2.1\text{N}/\text{mm}^2$ となり、ひび割れ発生の可能性が高くなることがわかった。

4. おわりに

今回の検討により、H13 検証実験時に①ブロック張出部に発生したひび割れの原因は、日照変化および日照による輻射熱の影響も主要因の一つと考えられることがわかった。これらの影響はこれまでのコンクリート床版の設計においては考慮に入れられていなかった項目であるため、今後も詳細な検討が必要である。しかし、①ブロック上のみ屋根がないという H13 検証実験での状況は、実橋における移動型枠を用いた場所打ち PC 床版の施工時にはあり得ない状況である、ということもここに注記しておく。

参考文献 1) 八部・小林・竹中・河西：移動型枠を用いた場所打ち PC 床版の施工検証実験，第 57 回土木学会年次学術講演会 CS4-010, 2002.9 2) 倉田・江頭・和内・師山：膨張材の効果を考慮した場所打ち PC 床版の施工時 FEM 解析，第 57 回土木学会年次学術講演会 CS4-012, 2002.9 3) 雪田，庄中，河西，小西，師山：長支間場所打ち PC 床版の温度履歴について，第 57 回土木学会年次学術講演会 CS4-015, 2002.9 4) 西田ら：気象現象の計測とコンクリート躯体温度への影響，コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, 1999

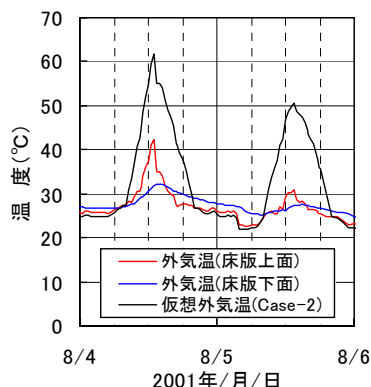


図-3 入力用外気温

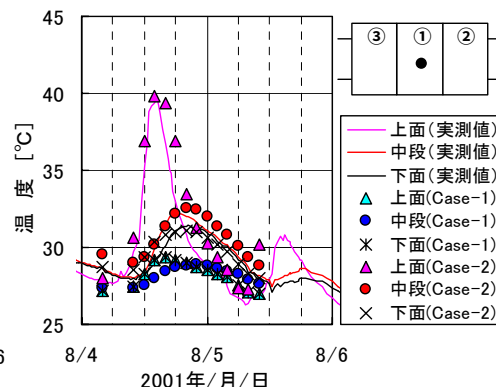


図-4 温度解析結果
(①ブロック中央・支間中央)

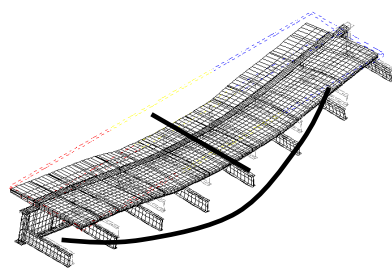


図-5 外気温最高時の
変形図(Case-1)

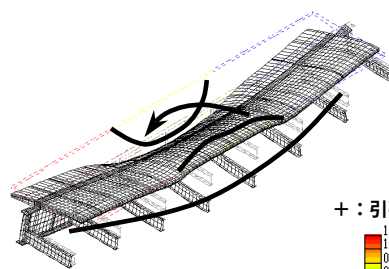


図-6 外気温最高時の
変形図(Case-2)

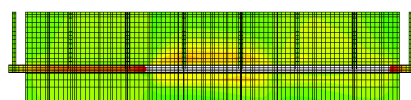


図-7 橋軸方向応力コンター図
(床版下面) (Case-1)

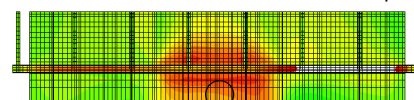


図-8 橋軸方向応力コンター図
(床版下面) (Case-2)

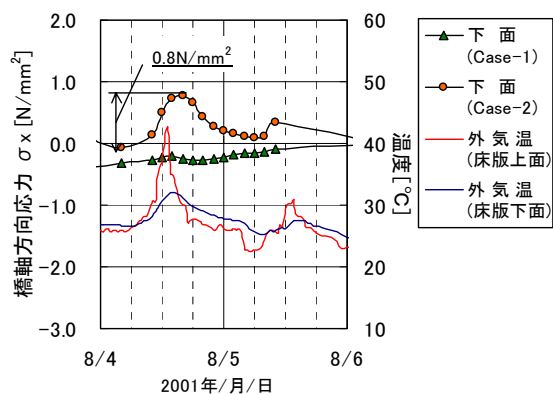


図-9 橋軸方向応力履歴