壁高欄における膨張コンクリートのひび割れ抑制効果

（株）東横エルメス　正会員　○峯尾　卓光　新井　隆
（株）IHI　正会員　塩永　亮介　今村　紅音
名古屋高速道路公社　小川　幸久　長坂　剛　小島　高裕

１．はじめに

橋梁上部工のコンクリート製防護柵（以下，壁高欄）は，コンクリートに作用する収縮ひずみが底面で拘束され，鉛直方向のひび割れが発生しやすい．このひび割れの抑制には，伸縮目地の設置や鉄筋比の増加などの設計面での対策と，膨張材の添加による材料面での対策が主に挙げられる．膨張材添加による収縮ひび割れの抑制効果については，従来ひずみレベルでの検証事例は多いが，実際に構造物内部に導入される応力を計測した事例は少ない．本報告では，この膨張材添加による導入応力を把握する目的で，鋼床版上の壁高欄にコンクリート有効応力計 [1)2)]（以下，コン有計）を設置し，打設直後からの内部応力の連続計測を実施した．さらに，実橋の壁高欄と同断面で底面拘束のない模擬試験体で同様の計測を行うことで，拘束ひずみを把握するとともに，FEM による温度応力解析から膨張材添加の有無による若材齢時の導入圧縮応力を評価した．

２．計測概要

計測対象は，2 径間連続非合成鋼箱桁橋（名古屋高速道路・山王ジャンクション上下部工事内）の鋼床版上に設置される直壁型の壁高欄とした．本工事の設計仕様として，壁高欄には伸縮目地を一切設けず，膨張材の効果のみで収縮ひび割れの抑制を図るものである．

図 1 に壁高欄の断面寸法と計測位置を示す．高さ方向の 4 箇所に熱電対を設置するとともに上端から約 400mm の位置にコン有計および埋込み型ひずみ計を設置して，コンクリート打設直後から橋軸方向の応力およびひずみを計測した．また，これと同断面の模擬試験体（長さ 3600mm）を，底面が無拘束となるよう木製型枠の上に設置し，図 1 と同様の計測を実施した．

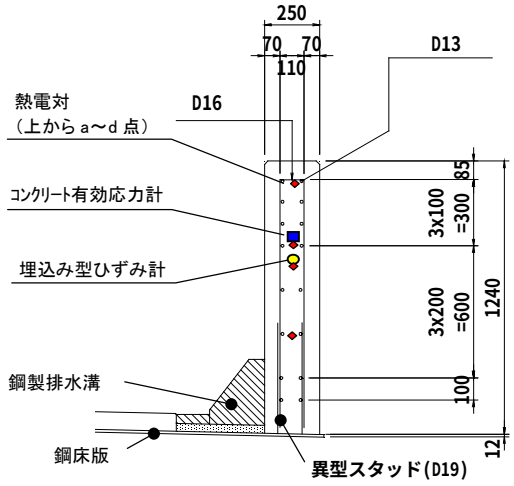
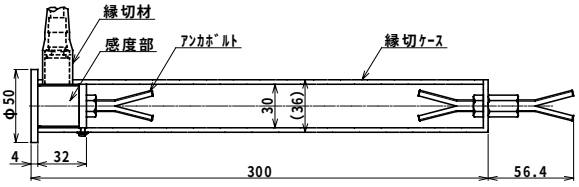


図 1　壁高欄断面と計測位置

従来使われてきたコン有計は，特にコンクリートの剛性が小さい初期材齢時においてケースがコンクリートを拘束し，応力の測定値に影響する可能性があることが既往の研究 [1)]で指摘されていたが，本実験では，その後の実験および解析による検証 [2)]をもとに開発した図 2 示す改良型のコン有計を用いた．なお，この改良型の精度確認のため，模擬試験体では従来型，改良型の 2 種類を設置した．



改良点 1 ： 計器寸法は□30×300mm
改良点 2 ： 軽量ロードセルを使用
改良点 3 ： 低剛性のケース（ポリエチレン製）

図 2　改良型コンクリート有効応力計

壁高欄に適用したコンクリートの配合を表 1 に示す．呼び強度 30 で，収縮補償の性能（150～250×10^{-6}）を確認した膨張コンクリートである．2008 年 12 月に実橋の壁高欄で約 20m^3 を打設し，同時に模擬試験体も打設した．また，打設後 5 日間は湿潤養生を行い，10 日後に脱型した．

表 1　コンクリートの配合

骨材の最大径	スランプ	水結合材比	セメント（普通 PC）	膨張材添加量
mm	cm	%	kg/m^3	kg/m^3
20	12	49.5	300	35

キーワード　コンクリート有効応力計，壁高欄，ひび割れ，膨張材，温度応力解析
連絡先　〒243-0401　神奈川県海老名市東柏ヶ谷 5-15-18　（株）東横エルメス　TEL：046-233-7715

3．計測結果

壁高欄の打設直後からの材齢 7 日までの温度計測データを図 3 に示す．打込み温度は約 15℃で，材齢 1 日には中心部で約 8℃上昇し，その後材齢 5 日までに外気温に漸近した．材齢 7 日までの実ひずみおよび応力の計測結果をそれぞれ図 4，図 5 に示す．底面拘束のない模擬試験体では，初期の水和発熱および膨張材添加によって，材齢 2 日までに約 180×10^{-6} の膨張ひずみが発生した．一方，実橋の壁高欄では最大でも 50×10^{-6} の膨張ひずみに留まっている．これは，膨張ひずみが底面（鋼床版）に拘束されているためで，この拘束により内部に圧縮応力が導入される．図 5 に示す応力計測結果では，初期に 0.7 N/mm^2 程度の圧縮応力が生じ，その後の温度降下に伴い引張側に転じているものの，引張応力は最大でも 1.1 N/mm^2 程度とコンクリート引張強度の発現曲線を越えることはなく，ひび割れの発生はほとんどないと推察できる．実際，壁高欄の脱型時（材齢 10 日目）の目視調査で，ひび割れは観察されなかった．

また，図 5 に示した模擬試験体における従来型と改良型の応力計測データより，従来型では初期材齢に検出してしまう圧縮応力（約 0.3 N/mm^2）が，今回適用した改良型のコン有計では解消していることを確認した．

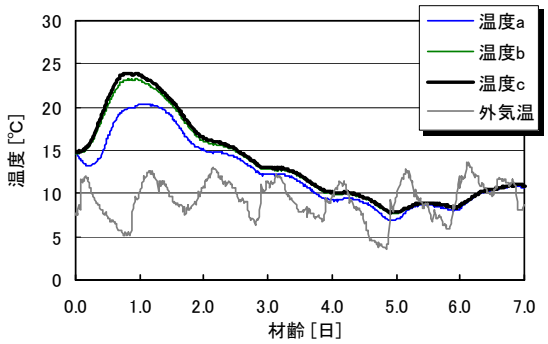


図 3 温度計測データ

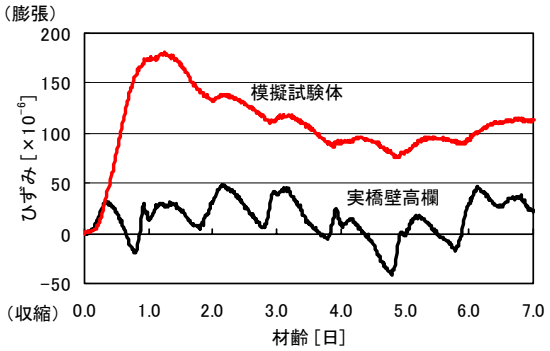


図 4 実ひずみ計測データ

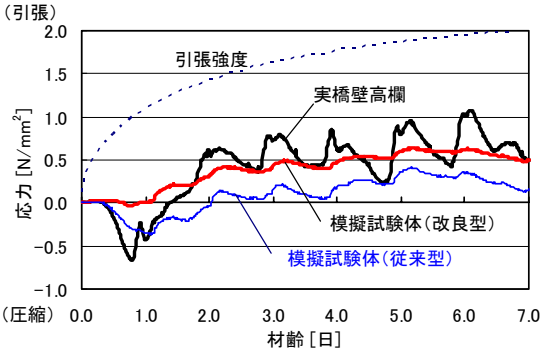


図 5 応力計測データ

4．FEM 解析評価

3 次元 FEM を用いた温度応力解析による膨張材添加の有無の壁高欄の発生応力の比較を図 6 に示す．「膨張材あり」では 150×10^{-6} の膨張ひずみを考慮することで，概ね実測値を再現できたが，この膨張ひずみを無視した「膨張材なし」では，材齢 2 日以降には引張強度に達した．両者の差より，膨張材の添加で低減された応力は約 1.5 N/mm^2 程度であった．

5．まとめ

本実験および解析で得られた見解を以下にまとめる．

1） 膨張コンクリートを適用した壁高欄において，初期材齢時に計測された引張応力は，最大でも 1.1 N/mm^2 程度であり，十分なひび割れ抑制効果があると推察できた．

2） FEM 温度応力解析における膨張材有無の比較で，本構造の場合，膨張材の添加によって約 1.5 N/mm^2 の引張応力が低減されたと推察できた．

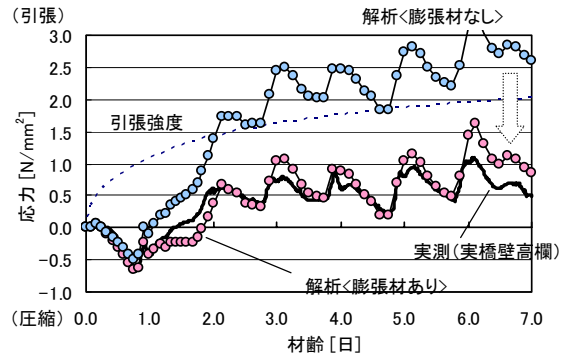


図 6 FEM 解析による膨張材の性能評価

本実験・評価は「有効応力計調査研究会」の活動の一環で実施されたもので，ご指導・ご助言をいただいた長岡技術科学大学の下村准教授，また現地計測試験にご協力いただいた工事関係各位に厚く御礼申し上げる．

参考文献

1） 高瀬，倉田，下村，丸山：構造物中のコンクリート応力測定方法に関する再検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.615-620，2007.07

2） 赤井，下村：若材齢コンクリートの適用可能な応力測定方法の開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，pp.609-614，No.1，2007.07