

端支点横桁の温度応力および外ケーブル緊張時の応力分布に関する一考察

中央復建コンサルタント 正会員 示 敬三, 廣瀬 彰則, 田中 玲光, 濱本 浩伸
 オリエンタル建設 正会員 森田 嘉満, 井隼 俊也
 大阪工業大学 正会員 栗田 章光

1. はじめに

PC 桁における外ケーブル定着横桁の様な壁状マスコンクリートでは, 若材齢時の温度低下だけでなく大緊張により引張応力が生じ, 往々にしてひび割れを発生させ長期的な耐力をおびやかすことになる.

本研究は, 温度および緊張力が横桁の応力履歴ならびに応力分布に与える影響を定量的に評価し, 横桁の設計・施工へ反映させるための基礎資料を得ることを目的としている. なお, 本稿では, 実構造物の端支点横桁に対して打設から外ケーブル緊張期間における温度, コンクリート及び鉄筋応力を測定し, FEM 解析による解析結果と比較・検討したものである.

2. 施工概要

当該橋梁は, 内・外ケーブル併用形式を採用し, 張出架設で施工される橋長 230m, 中央径間 107m の PC3 径間連続ラーメン箱桁橋である. 内ケーブルは端横桁部で, 外ケーブルはテンドンギャラリーの内側で定着している. 外ケーブル定着横桁における計測器配置位置を図 1 に示す. 形状は壁厚 1500mm, 壁高 2500mm, 壁幅 5200mm であり, コンクリートの打設は壁高 1500mm 位置に打継目を設けた 2 段階打設とし, 打設時期の日平均気温は 5 の冬期である. なお, セメントには早強ポルトランドセメントを使用し, コンクリート強度は 40N/mm^2 である. また, 緊張は打設後 36 日目とし, 外ケーブルは 4 本配置(12S15.2mm), 緊張力は定着面において 2100kN/ケーブルとしている.

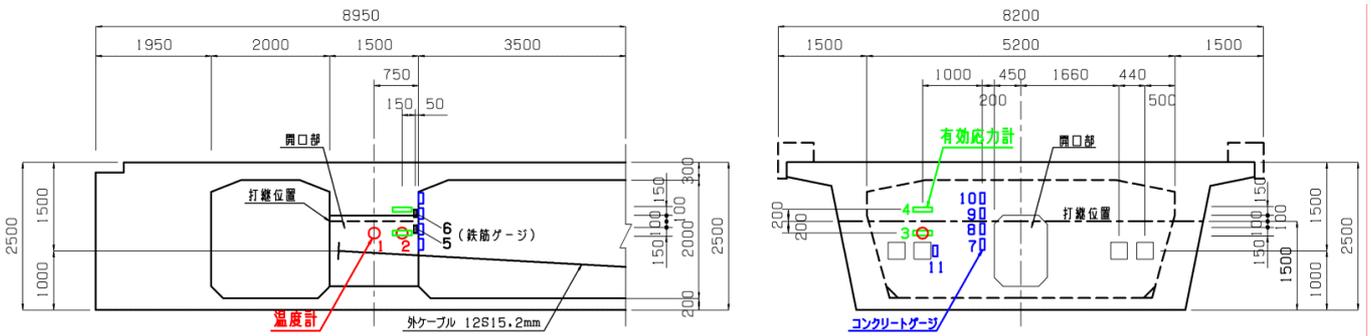


図 1 計測器配置位置図

3. 計測及び解析概要

図 2 に三次元 FEM 解析モデルを示す. 三次元 FEM 解析は断面形状と緊張力が左右対称であるため橋軸直角方向 1/2 モデルとし, コンクリート打設過程および外ケーブル緊張時を考慮した解析を実施した. また, 計測は, 温度については中心部および表層部に着目し, コンクリートおよび鉄筋応力に対しては解析より緊張時に引張応力の発生が顕著となる定着背面側, および下層部の拘束によりひび割れが懸念される打継面について有効応力計により測定した.

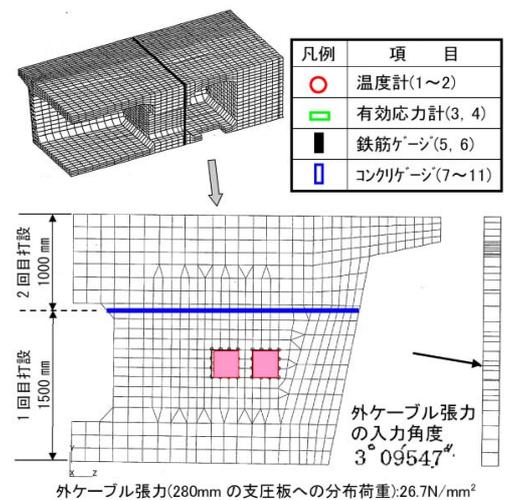


図 2 三次元 FEM 解析モデル

4. 計測及び解析結果

(1) 温度履歴と応力履歴

図 3 に断面内 2 点での温度履歴, 図 4 に温度応力履歴及びひび割れ指数判定表について実測値と解析値を

キーワード 温度応力履歴, 緊張時応力分布, 壁状マスコンクリート, 打継面

連絡先 〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10 中央復建コンサルタント(株) TEL 06-6160-2132

それぞれ示す。図3より下層部コンクリート温度の実測値は、材齢1.5日目に最高温度約60を示し、材齢7日目には外気温10付近まで低下するものの、上層部打設に伴い再び温度が最高で約32まで上昇した。一方、解析は若干の誤差があるものの段階打設においても、両者のピーク温度および環境温度までの降下量を精度良く表現することが確認できた。また、図4より温度応力の実測値は、材齢1.5日目のピーク時にコンクリート表面と内部の温度差から生じる内部拘束作用により、引張応力 1.41N/mm^2 が発生している。上層部打設直後の上層継手部の応力状況は、打設後の温度降下に伴い引張応力が漸増する傾向を示し、材齢15日目にピークとなり 1.47N/mm^2 の引張応力を示した。これは、上層のコンクリート温度降下時に生じる収縮が下層コンクリートに外部拘束されたことに起因していると判断される。なお、材齢1.5日目のピーク時にひび割れ指数が1.13となっているものの、表層部にひび割れの発生は認められなかった。また、解析の温度応力履歴は、下層部は実測値との差が最大で 1.3N/mm^2 となるが、上層部では段階施工によって発生する引張応力の履歴傾向を精度良く表現ができた。

(2)外ケーブル緊張時の応力分布

図5に外ケーブル緊張時の定着背面側における応力分布の解析結果および実測値を、図6に緊張時の定着背面側における鉄筋応力履歴の実測値を示す。図6より緊張時において打継部を介した鉛直方向鉄筋応力の変動は、緊張に同調して線形性を示し上下層において顕著な差が認められない。これより、応力伝播は打継面を介して確実に行われていると判断される。しかしながら、図5に示す同位置のコンクリート表面においては、下層部は導入軸力とのレスポンスが良く解析の50~70%の応力が発生しているものの、上層部では解析の9%程度となった。これはコンクリート表面においては若干の打継部にひび割れが存在するため、応力伝達が損なわれたものと推測される。

5. おわりに

- ・ 計測により、解析は段階打設に対する温度履歴ならびにひび割れの発生要因とされる打継面での温度応力性状を精度良く表現することが確認できた。
- ・ 大緊張時においても打継面に、特異な応力集中は認められず、境界面での連続性が確保されていた。しかし、表面コンクリートにおいて打継面を介した場合は、応力伝達が低減することが推測される。

今後は、更に解析条件の設定を検討するとともに、乾燥収縮およびクリープの影響を解析に反映させることで施工時の応力性状を捉え、端支点横桁の必要部材厚、必要鉄筋量の算定等の設計に必要なとされるデータを蓄積していく予定である。

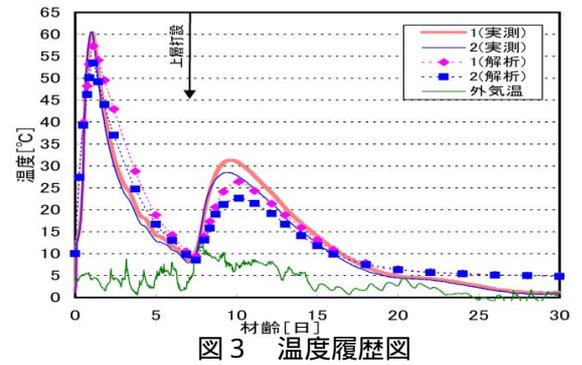
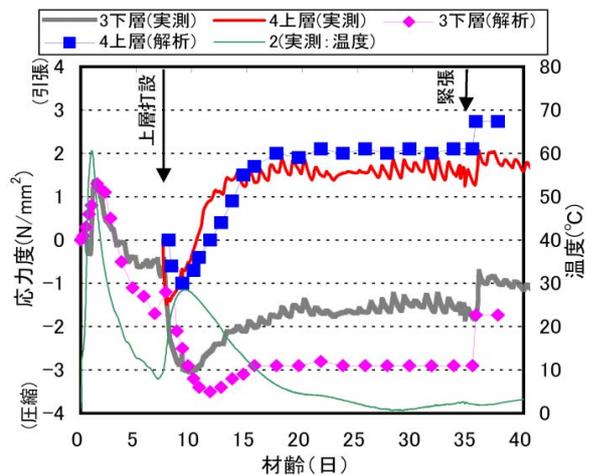


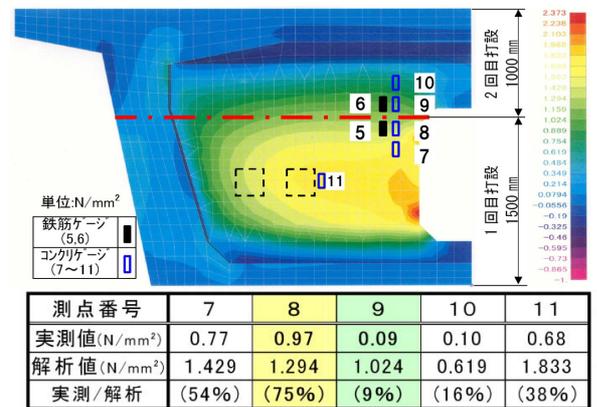
図3 温度履歴図



材齢	実測値		解析値		標準示方書 引張強度 (N/mm^2)
	発生応力 (N/mm^2)	ひび割れ 指数	発生応力 (N/mm^2)	ひび割れ 指数	
1.5日	1.41	1.13	1.31	1.22	1.60
15日(7日)*	1.47	1.71	1.70	1.47	2.51
36日(28日)	1.94	1.47	2.73	1.04	2.85

※()内は上層部の材齢を示す。

図4 温度応力履歴及びひび割れ指数



測点番号	7	8	9	10	11
実測値(N/mm^2)	0.77	0.97	0.09	0.10	0.68
解析値(N/mm^2)	1.429	1.294	1.024	0.619	1.833
実測/解析	(54%)	(75%)	(9%)	(16%)	(38%)

図5 緊張時コンクリート応力分布(定着背面)

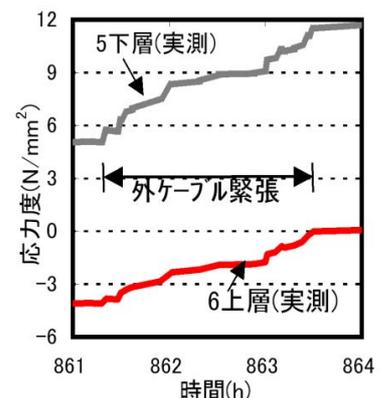


図6 鉄筋応力履歴(緊張時)