

## 全外ケーブル方式による永井橋の設計

オリエンタル建設(株)・(株)会津工建社 J V 正会員 ○井上 直也  
 日本道路公団東北支社 建設部構造技術課 石田 誠幸  
 日本道路公団東北支社 いわき工事事務所 上田 浩之  
 オリエンタル建設(株)東北支店技術部 正会員 二階堂輝幸

### 1. はじめに

永井橋は、磐越自動車道のうち福島県いわき市三和町に位置する橋長 339.0m の 5 径間連続ラーメン橋である。本橋の主ケーブルは全外ケーブル方式を採用しており、外ケーブルの防錆については透明シース+グラウト方式を採用している。本橋の設計については以下の項目について諸検討を行った。

- (1) 柱頭部温度応力解析
- (2) 外ケーブル定着突起 FEM 解析
- (3) 時刻歴応答解析による耐震性能の照査

本稿ではこれらの検討を中心に、永井橋の設計について報告する。

### 2. 橋梁概要

以下に橋梁概要を示す。また、標準断面図を図-1 に構造一般図を図-2 に示す。

工事名：磐越自動車道永井橋 (PC 上部工) 工事

構造形式：PC 5 径間連続ラーメン箱桁橋

橋長：339.0m

支間長：46.2m+3@80.0m+50.2m

有効幅員：8.550m

平面線形：A=400~R=1000m

縦断勾配：3.500%

横断勾配：3.802%~4.500%

架設工法：張出し架設工法

使用鋼材：主鋼材 外ケーブル 19S15.2

横締め鋼材 プレグラウトケーブル 1S21.8

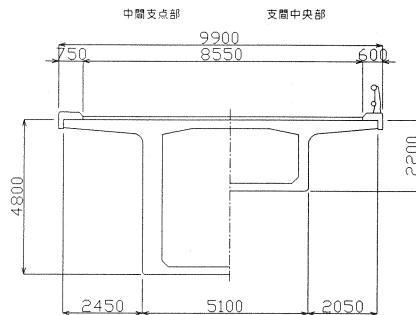


図-1 標準断面図

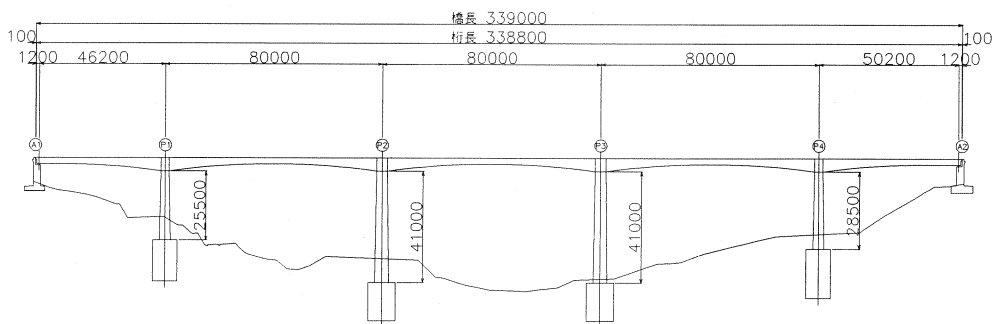


図-2 構造一般図

### 3. 柱頭部温度応力解析

連続ラーメン橋の柱頭部はマスコンクリートとなることから、水和熱の発生に伴って生じる温度応力がひび割れを発生させることがある。そこで本橋では温度応力解析を実施し、マスコンクリート対策を講じることとした。

#### 3.1 解析条件

温度および温度応力解析は、(株)計算力学センターの「ASTEA-MACS Ver. 2.6」を用いて行った。温度および温度応力解析は、3次元FEM解析とする。解析に使用したコンクリートの物性値を表-1に示す。なお、上部工コンクリートの設計基準強度は、 $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ である。

表-1 コンクリートの物性値

	早強コンクリート	中庸熱コンクリート	脚頭部
熱伝導率	2.7W/m°C	2.7W/m°C	2.7W/m°C
密度	2500kg/m <sup>3</sup>	2500kg/m <sup>3</sup>	2500kg/m <sup>3</sup>
比熱	1.20kJ/kg°C	1.20kJ/kg°C	1.20kJ/kg°C
断熱温度上昇特性	JSCE固定値 $T=K(1-\exp(-\alpha t))$	JSCE固定値 $T=K(1-\exp(-\alpha t))$	考慮しない
初期温度	35°C	35°C	20°C
ヤング率	JSCE圧縮強度より $E=4700F_c^{0.5}$	JSCE圧縮強度より $E=4700F_c^{0.5}$	28000N/mm <sup>2</sup>
圧縮強度	JSCE実験式 $F_c(t)=t/(2.9+0.97t)*43*1.07$	JSCE実験式 $F_c(t)=t/(6.2+0.93t)*43+1.15$	30N/mm <sup>2</sup>
引張強度	JSCE圧縮強度より $F_t=0.44F_c(t)^{0.5}$	JSCE圧縮強度より $F_t=0.44F_c(t)^{0.5}$	JSCE圧縮強度より $F_t=0.44F_c(t)^{0.6}$
ポアソン比	0.167	0.167	0.167
線膨張係数	10 $\mu$ /°C	10 $\mu$ /°C	10 $\mu$ /°C
弾塑性特性	考慮しない	考慮しない	考慮しない
クリープ構成則	JSCE履歴理論より	JSCE履歴理論より	考慮しない
乾燥収縮ひずみ	JSCE実験式より	JSCE実験式より	考慮しない
自己収縮ひずみ			

#### 3.2 解析結果

温度および温度応力解析の結果、早強ポルトランドセメントを使用した場合、大幅な補強鋼材が必要になることがわかった。そこで、本橋では柱頭部のみ中庸熱ポルトランドセメントを使用することとした。中庸熱ポルトランドセメントを使用した場合の解析結果を図-3に示す。なお、ここでは省略するが、温度応力に対する補強は応力値が3.0N/mm<sup>2</sup>を超えるものに対してのみ補強している。

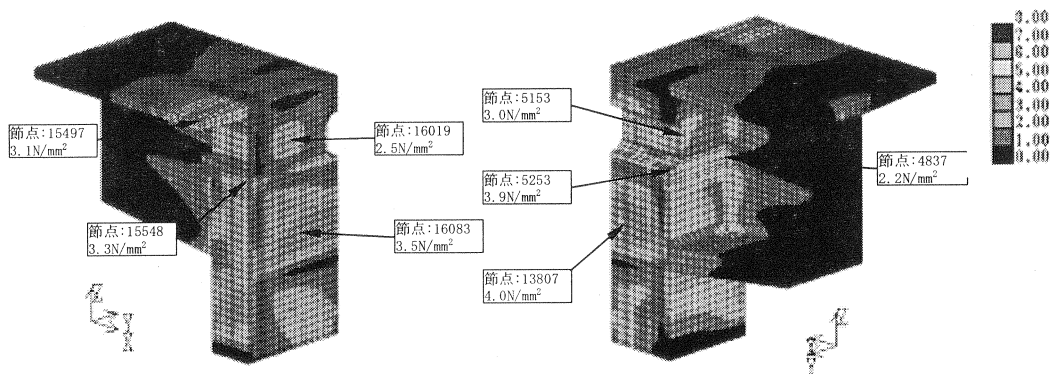


図-3 温度応力解析結果 (最大主応力: 中庸熱ポルトランドセメント)

#### 4. 外ケーブル定着突起FEM解析

外ケーブル定着突起は、図-4に示すようにFEM解析により応力度の検証を行い、発生応力度が $3.0\text{N/mm}^2$ 以内に収まるように最適形状を決めた。図-5に定着突起形状および補強鉄筋配置を示す。

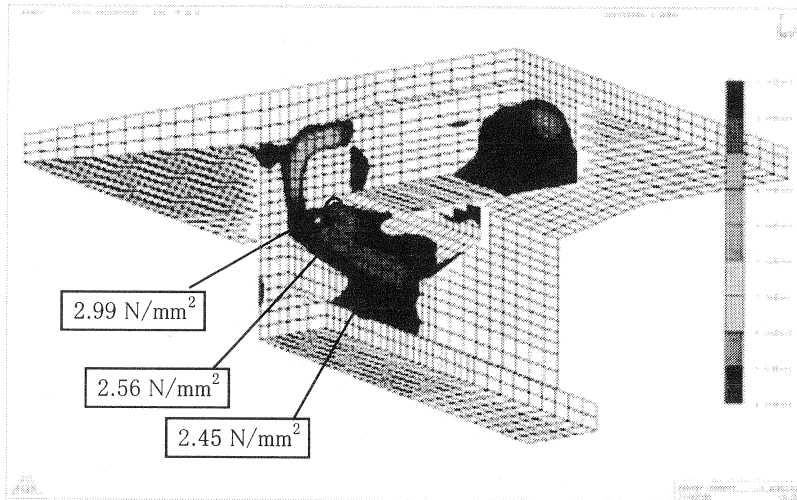


図-4 FEM解析結果

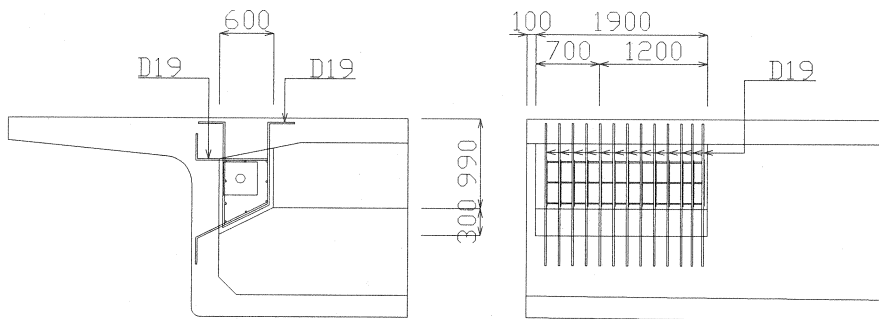


図-5 定着突起形状および補強鉄筋配置

#### 5. 時刻歴応答解析

本橋は、最大橋脚高41.0mを有する連続ラーメン橋であることから道路橋示方書V耐震設計編における橋の分類の「地震時の挙動が複雑な橋」にあたる。よって動的照査法による耐震性能の照査を行うこととした。動的照査方法としては時刻歴応答解析を用いた。

##### 5.1 解析概要

橋脚は、ひびわれ-降伏-終局の3点で規定される非線形はり要素にてモデル化し、履歴モデルとしては剛性低下型モデル（武田型）を用いた。橋軸方向の解析では、橋脚上下端、橋軸直角方向の解析では橋脚下端に塑性ヒンジをモデル化した非線形回転バネを塑性ヒンジ長の中心に設けた。

上部構造は、全断面有効剛性にて、モデル化した。なお、時刻歴応答解析による応答値が初降伏モーメントを超える部材については、降伏剛性を使用してモデル化を行い、再度解析を行った。

## 5. 2 解析結果

### (1) 橋脚の解析結果

応答値の大きいP4橋脚の照査結果を表-2に示す。ここでは省略するが、各橋脚ともいずれも許容値を満足する結果となっている。

表-2 P4橋脚の照査結果

		橋軸方向		橋軸直角方向	
		タイプI	タイプII	タイプI	タイプII
最大回転角(上端)	$\theta_{max}$ rad	0.001156	0.014755	—	—
許容回転角(上端)	$\theta_{pa}$ rad	0.011123	0.020078	—	—
最大回転角(下端)	$\theta_{max}$ rad	0.007107	0.006833	0.001296	0.001437
許容回転角(下端)	$\theta_{pa}$ rad	0.012067	0.021797	0.014409	0.026125
最大せん断力(上端)	Smax kN	10862	12608	—	—
せん断耐力(上端)	Su kN	24385	25786	—	—
最大せん断力(下端)	Smax kN	13975	16100	12357	13701
せん断耐力(下端)	Su kN	29705	31274	42689	44218
残留変位	$\delta R$ mm	59	59	0	0
許容残留変位	$\delta Ra$ mm	310	310	310	310

### (2) 上部構造の解析結果

上部構造の解析結果の一例を図-6に示す。解析過程で、応答モーメントが初降伏モーメント(曲げ耐力)を超える断面には補強鉄筋を追加し、最終的に全ての断面で初降伏モーメント以内に収まっている。また、ここでは省略するが、最大応答せん断力についてもせん断耐力以内であることを確認している。

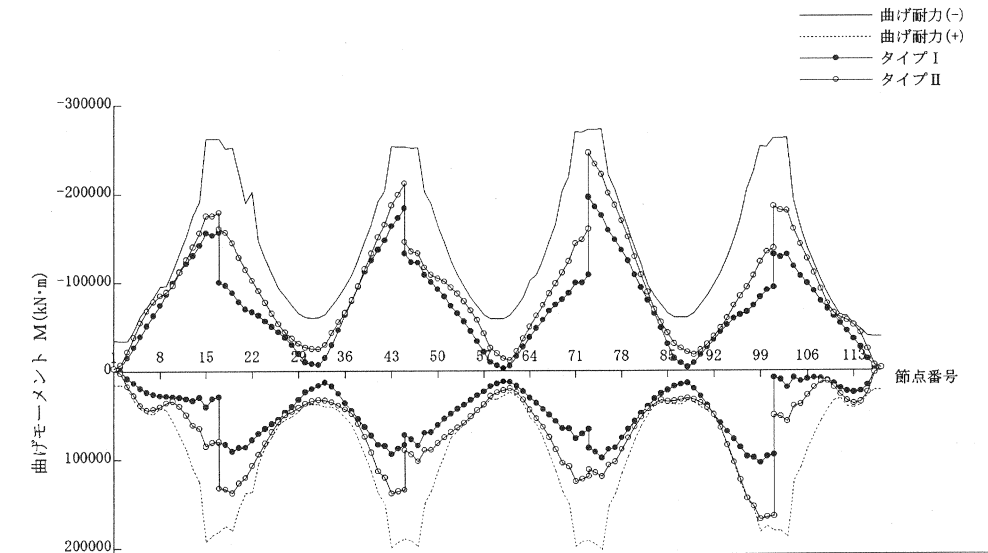


図-6 上部構造の時刻歴応答解析結果(曲げモーメント:橋軸方向)

## 6. おわりに

本橋は平成15年4月より施工が開始され、平成16年8月の完成を目指して鋭意努力している。施工についても全外ケーブルによる張出し架設やマスコンクリート対策、P3橋脚上空の高圧線対策等、高度な施工技術が要求されている。これについては後日報告することとする。

今後、維持管理および耐久性を考慮したPC橋として、全外ケーブル方式が益々増加していくことが予想されるが、本報告が同様の設計および施工の一助になれば幸いである。