

躯体内部に配置した補強鉄筋による橋台の温度ひび割れ対策の効果

東洋建設株式会社

東洋建設株式会社

日本コンクリート技術株式会社

東洋大学

正会員 ○水間 咲 , 森田 浩史

伊原 剛 , 辻北 智志

正会員 篠田 佳男

正会員 横関 康祐

1. 目的

首都圏中央連絡自動車道の大栄から横芝までを新設する工事のうち、跨道橋の橋台（図-1）を構築した。当該橋台の縦壁の寸法は、2.9m×5.72m×15.2mとマスコンクリートである。事前の温度応力解析の検討で、温度ひび割れの発生が懸念されたため、ひび割れ抑制対策を講じた。また、当該橋台は、土留の変位を抑制することを目的に切梁を躯体内部に埋設するため、切梁の周辺でひび割れの発生が助長される懸念が生じた。

本稿は、縦壁の温度ひび割れ対策および埋設される切梁に講じた措置について報告する。

2. 対策方法の選定

(1) 温度応力解析による事前検討

温度応力解析は、2017年制定コンクリート標準示方書[設計編]（以下、示方書）を参照し、ひび割れ指数（ひび割れ発生確率）について検討した。

解析の入力に使用したコンクリートの配合を表-1、打設スケジュールを表-2に示す。なお、セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、粗骨材最大寸法は20mmである。

ひび割れ指数の分布を図-2に示す。図より、温度上昇に起因する最小ひび割れ指数は縦壁①で0.89、縦壁②で0.76を示し、ひび割れ発生確率が90%程度となることがわかった。

(2) 温度ひび割れ抑制対策の選定

温度ひび割れ抑制対策として、材料の調達および施工が容易であることから、躯体内部に補強筋を配置することとした。本手法は、躯体内でコンクリートの引張方向に温度ひび割れを抑制するものである。補強鉄筋の配置位置図を図-3に示す。図のとおり、補強鉄筋は躯体表面から700mm、躯体内1500mmの位置にD22を水平に125mmピッチで配置した。

補強鉄筋の配置は、示方書を参照し、式(1)を用いて算出されるひび割れ幅を考慮して決定する。配筋筋の少ない前面側では、想定されるひび割れ幅は縦壁①で $W_{cat}=1.07\text{mm}$ 、縦壁②で $W_{cat}=1.20\text{mm}$ となる。許容ひび割れ幅は $W_a=0.5\text{mm}$ と算出され、補強鉄筋位置でのひび割れ幅をこの80%である0.4mm以下となるように配筋を決定した。

表-1 コンクリートの配合

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
普通	50.0	43.7	164	328	780	1029	3.28

表-2 打設スケジュール

打設位置	打設日	型枠脱型	養生期間	養生方法
フーチング	10/18	10/25	~11/1	湿潤養生
縦壁①	11/9	11/16	~11/24	〃
縦壁②	11/29	12/6	~12/12	〃

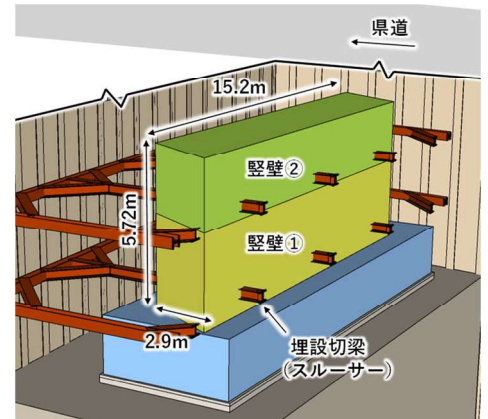


図-1 橋台の構造・リフト割図

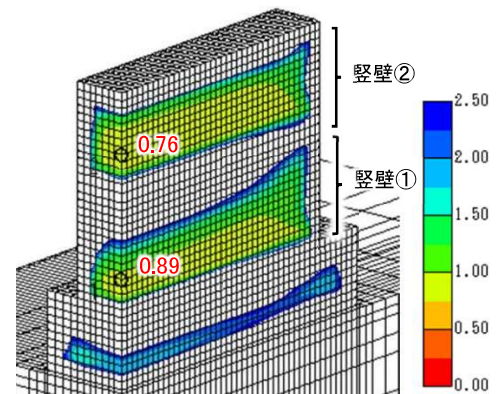


図-2 ひび割れ指数の分布

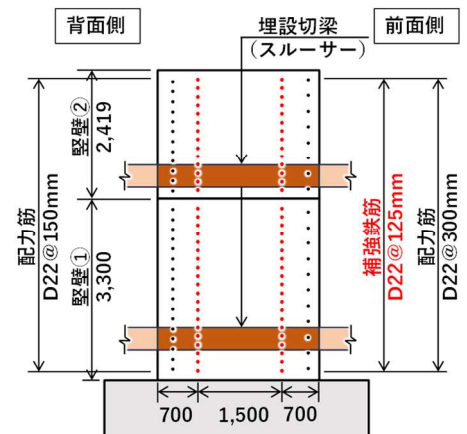


図-3 補強鉄筋配置図

キーワード マスコンクリート、温度応力解析、温度ひび割れ、補強筋

連絡先〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目105番地 東洋建設（株）関東支店 TEL03-6361-5505

$$W_{cat} = \gamma_a \left(\frac{-0.141}{p} + 0.0938 \right) \times (I_{cr} - 1.965) \quad \dots (1)$$

ここに、 W_{cat} ：推定ひび割れ幅

p ：鉄筋比、適用範囲は0.25～0.93%

I_{cr} ：最小ひび割れ指数、適用はひび割れ指数1.85以下

γ_a ：安全係数（一般的に1.0とする）

$$W_a = 0.005 \times C \quad \dots (2)$$

ここに、 W_a ：許容ひび割れ幅

C ：最小かぶり（最大100mmまで）

(3) 埋設される切梁に講じた措置

切梁が躯体内に埋設される箇所は、前述の補強鉄筋の配置が困難なため、引張方向に対する抵抗を期待できない。また、切梁の周囲においてひび割れが助長されることが懸念される。このことから、切梁に補強鉄筋を接合するために、切梁に補強材（スティフナー）を取り付け、その補強材に補強鉄筋を溶接することとした。これにより、切梁の位置においても補強鉄筋の引張力に抵抗できるようにした。また、切梁の周囲にループ筋（D16）を200mm間隔で配置し、コンクリートとの一体性を向上させることで、切梁の周辺におけるひび割れ抑制対策を図った（写真-1）。

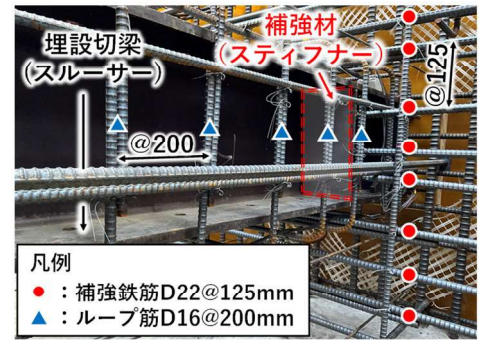


写真-1 ループ筋配置図

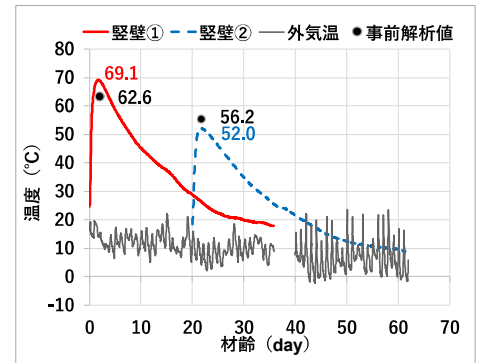


図-4 コンクリート温度と外気温の履歴

3. 実施工とひび割れ観察結果

(1) コンクリート温度計測

堅壁の補強鉄筋の位置に熱電対を設置し、コンクリート温度を計測した。堅壁①打設後からのコンクリート温度と外気温の履歴を図-4に示す。温度は、堅壁①で69.1℃、堅壁②で52.0℃であった。事前の温度応力解析における補強鉄筋の設置位置でのコンクリートの最大温度は、堅壁①で62.6℃、堅壁②で56.2℃であり、堅壁①の実測値の最大温度は解析値よりも6.5℃大きくなっているため、実際のひび割れ指数は事前検討よりも小さくなっている可能性がある。ただし、後述するひび割れ観察結果から内部拘束および乾燥収縮に起因するひび割れしか発生していないため、補強鉄筋の効果が適切に作用したものと考えられる。

(2) ひび割れ観察結果

養生終了後、目視による外観調査を行った。ひび割れ発生位置図の例を図-5に示す。前面側では、ひび割れが10箇所生じていることを確認した。なお、ひび割れの位置は躯体のコンクリートの端部や中間であったことから、内部拘束による温度ひび割れと推定された。また、ひび割れ幅は最大で0.10mmであり、補修に必要なひび割れ幅0.20mm以下を満足する結果となった。背面側に生じたひび割れも最大で0.10mmであり、6箇所と前面側に比べて少なかった。これは、前面側と比べて配力筋が2倍近く配置されていたことにより、さらにひび割れ幅を抑制できたためと考えられる。

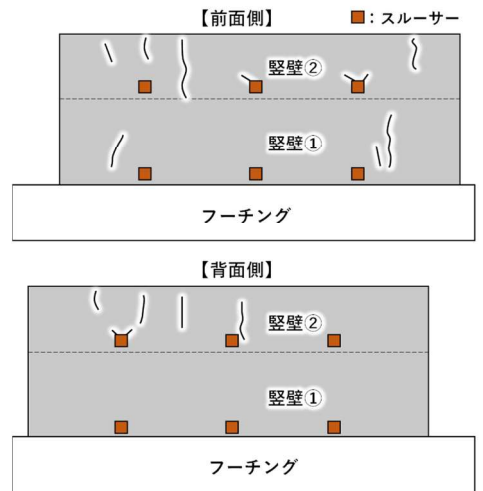


図-5 ひび割れ発生位置図の例

4. まとめ

堅壁の温度ひび割れ対策および埋設される切梁に講じた措置について、得られた知見を以下に示す。

- 温度応力解析による事前の検討で想定された補強鉄筋位置でのコンクリートの最大温度と実測値を比較すると、堅壁①は実測値が6.5℃大きく、堅壁②は同程度であった。
- ひび割れ発生確率が90%を超えると推定したが、躯体内部に補強鉄筋を配置することで、発生したひび割れは冬の乾燥収縮と表面部の温度差に起因するひび割れであり、すべて0.10mm以下であった。
- 躯体内部に補強鉄筋を配置することで、想定される外部拘束ひび割れ幅は1.07～1.20mmであったが、外部拘束ひび割れは発生しなかったため、想定よりも外部拘束ひび割れを抑制する効果が大きかったものと考えられる。
- 躯体内部への補強鉄筋の配置による温度ひび割れ対策は、材料の調達、施工が容易であることから、非常に有効な手段である。

謝辞：本稿の執筆に際し、東日本高速道路㈱関東支社および現場作業所の関係者各位には多大なご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。