

## 既設 RC 躯体間に構築する RC 躯体の温度ひび割れ抑制対策の検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○服部恵大 東日本旅客鉄道(株) 正会員 宮田野々香 鉄建建設(株) 山原隆志

### 1. はじめに

上丸子線橋架替工事は、川崎市が実施している「都市計画道路 3.3.6 号東京丸子横浜線街路整備事業」による綱島街道拡幅工事のうち、鉄道営業線近接工事となる南武線交差部から武蔵野南線交差部の区間を受託して行っている工事である。綱島街道は東京都と神奈川県を結ぶ主要道路であることから、全面通行止めが不可能な道路である。そのため、図 1 に示すように施工を 1~3 期施工に分割し、現道を活かしつつ拡幅工事を行っている。現在 3 期施工を行っているが、3 期施工では 1 期・2 期施工で構築した躯体間に躯体を構築するため、1 期・2 期施工時よりも躯体の収縮に対する外部拘束が大きくなり、大きな温度ひび割れを起こす可能性がある。温度応力解析を行い、温度ひび割れについて検討を行った。

### 2. 温度ひび割れの検討

3 期施工の下部工では、図 1 に示す A1・A2 橋台、P1・P2 橋脚を構築する。本稿では、温度ひび割れの検討例として、A2 橋台に対する検討について報告する。解析には、マスコンクリートの非線形温度応力解析に特化した FEM 解析ソフト ASTEA-MACS Ver10.0.2 を用いた。土木学会や日本コンクリート工学会の指針<sup>1)2)3)</sup>を参考にし、ひび割れ指数 1.0 以上かつひび割れ幅 0.2mm 以下を満足する設計を目標とした。なお、ひび割れ指数 1.0 は、「ひび割れを許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合」に目安とする値である<sup>1)</sup>。ひび割れ幅 0.2mm は、鋼材腐食の観点から、ひび割れが部材性能に及ぼす影響が小さいと評価する目安となる値である<sup>2)</sup>。

#### (1) 解析条件

解析モデルを図 2 に、拘束条件を図 3 に示す。当初使用予定だったコンクリート配合を表 1 のケース 1 に、打込み工程を表 2 に示す。打設温度は横浜市の月別平均気温+5℃とした。水平方向鉄筋量(1 リフトは橋軸方向、2-3 リフトは橋軸直角方向)を表 3 に、養生条件を表 4 に示す。解析は 3 リフト打込み後 1 カ月まで実施した。躯体の自重は考慮しなかった。各種設計値は土木学会、日本コンクリート工学会の指針<sup>1)3)</sup>に準拠した。

#### (2) 温度ひび割れの評価方法

温度ひび割れの評価指標とするひび割れ指数は、経験最小ひび割れ指数の断面平均値を用いる。平均値の取り方の例を図 4 に示す。図 4 中の 1-3 の番号は、各打込みリフトにおける経験最小ひび割れ指数を示す箇所である。温度応力解析より、部材長手方向に引張力が卓越することが確認できたため、最小ひび割れ指数を示すメッシュを含む部材短手方向断面を抽出し、その中で最小ひび割れ指数を含む列のひび割れ指数の平均値を算出した。もう一つの評価指標であるひび割れ幅は、鉄筋比と平均ひび割れ指数をパラメータとする式<sup>3)</sup>で算出した。

#### (3) コンクリート配合の変更の検討

解析結果として、平均ひび割れ指数を表 5 ケース 1 に示す。1-2 リフトにおいてひび割れ指数が 1.0 を大きく下回っているため、コンクリート配合の変更を検討した。

コンクリート配合の変更として、膨張材を付加した普通セメント、中庸熱セメント、低熱セメントの 3 ケースについて温度応力解析を行い、温度ひび割れの検討を行った。コンクリート配合を表 1 ケース 2-4 に示す。

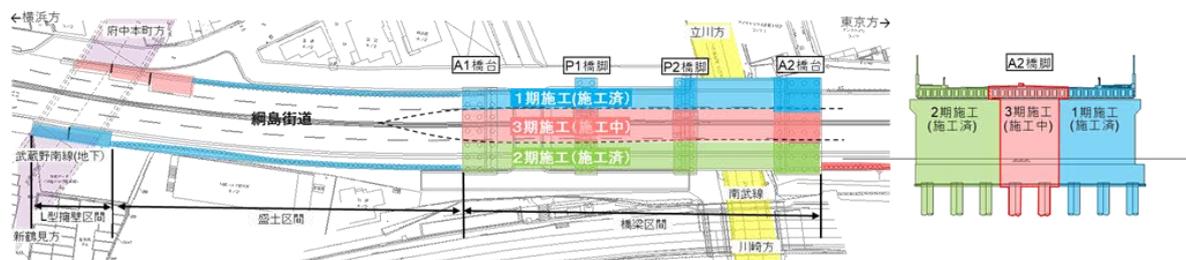


図 1 : 計画平面・断面図

キーワード マスコンクリート 温度ひび割れ 温度応力解析

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6JR 新宿ビル JR 東日本東京工事事務所 TEL. 03-3372-7987

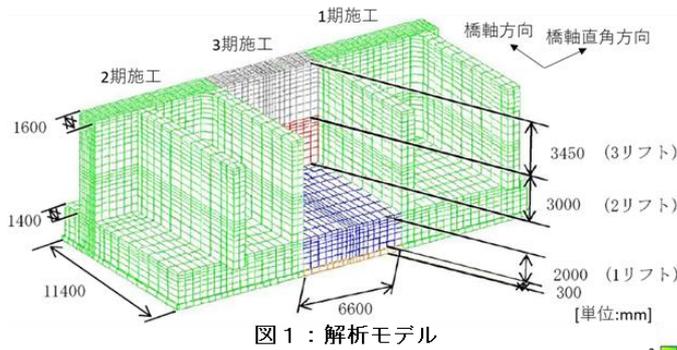


図1：解析モデル

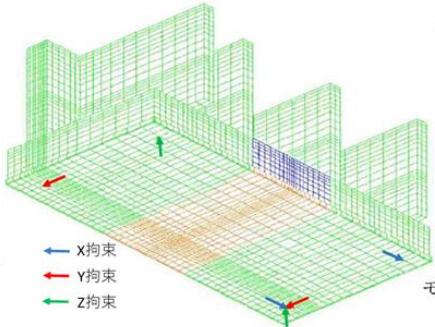


図3：拘束条件

表1：コンクリート配合

ケース	セメント種類	呼び強度 N/mm <sup>2</sup>	単位セメント量 kg/m <sup>3</sup>	単位水和材量 kg/m <sup>3</sup>	水結合材比 %
1	普通	33	376	-	45.5
2	普通+膨張材	33	376	20	43.1
3	中庸熱	30	345	-	48.5
4	低熱	30	345	-	45

表5：平均ひび割れ指数

ケース	セメント種類	平均ひび割れ指数		
		1リフト	2リフト	3リフト
1	普通	0.75	0.65	0.96
2	普通+膨張材	0.78	0.67	1.16
3	中庸熱	1.01	1	1.24
4	低熱	1.32	1.33	1.57

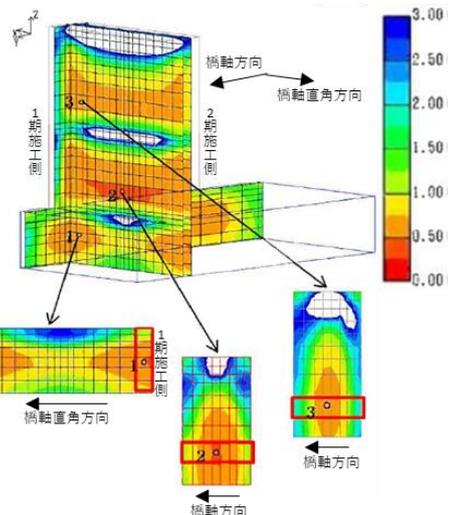


図4：平均ひび割れ指数算出箇所例

表2：打込み工程

打設箇所	打設時期	外気温(°C)	打設温度(°C)
1リフト	2020/3/1	14.1	19.1
2リフト	2020/5/1	23.3	28.3
3リフト	2020/6/1	26.3	31.3

表3：水平方向鉄筋量

設計鉄筋径			設計鉄筋本数(本)			設計鉄筋比(%)		
1リフト	2リフト	3リフト	1リフト	2リフト	3リフト	1リフト	2リフト	3リフト
D32/D35	D22	D22	58/80	18	16	0.929	0.194	0.194

表4：養生条件

打設リフト	境界面	養生方法	養生期間(日)	
			ケース1&2	ケース3&4
1リフト	上面	マット・散水	9	12
	側面	木製型枠	9	12
2リフト	上面	マット・散水	5	7
	側面	木製型枠	5	7
3リフト	上面	マット・散水	5	7
	側面	木製型枠	5	7

表6：ひび割れ幅と補強鉄筋量

ケース	セメント種類	補強前						補強後					
		ひび割れ幅(mm)			ひび割れ幅(mm)			追加鉄筋			追加後鉄筋比(%)		
		1リフト	2リフト	3リフト	1リフト	2リフト	3リフト	1リフト	2リフト	3リフト	1リフト	2リフト	3リフト
3	中庸熱	0.079	0.382	0.293	0.079	0.191	0.194	追加なし	D22 18本	D16 16本	追加なし	0.387	0.293
4	低熱	0.055	0.26	0.174	0.055	0.196	0.174	追加なし	D13 18本	追加なし	追加なし	0.257	追加なし

解析結果として、平均ひび割れ指数を表5 ケース2-4に示す。今回の解析では、膨張材によるひび割れの抑制効果はあまり見られず、1-2リフトでは平均ひび割れ指数が1.0を大きく下回っていた。中庸熱・低熱セメントの場合は、平均ひび割れ指数が1.0以上となり、ひび割れ抑制に効果があることが確認できた。

中庸熱・低熱セメントの場合で、平均ひび割れ指数を用いてひび割れ幅を算出した。結果を表6「補強前」に示す。いずれのケースにおいてもひび割れ幅が0.2mmを超えた。そのため、水平方向に補強鉄筋を配置した場合の検討を行った。補強後の結果を表6「補強後」に示す。ケース3の場合2リフトでD22を18本、3リフトでD16を16本配置すれば、ひび割れ指数とひび割れ幅の両指標を満たすことが確認できた。ケース4の場合、2リフトにD13を18本配置すればひび割れ指数とひび割れ幅の両指標を満たすため、補強鉄筋量は少なくても良い。しかし、低熱セメントは単価が高くコストが増大してしまうことに加え、普通・中庸熱セメントと比較してブリージングが多く発生する傾向があり、除去作業が増えるため施工性が悪い。以上の結果から、A2橋台には中庸熱セメントを使用することにした。

### 3. おわりに

3期施工の下部工について、現場条件を考慮した温度応力解析を行い、温度ひび割れについて検討した。検討を行った下部工は現在進行中である。引き続き安全に留意して施工を進めたい。

#### 参考文献

- 1) 公益財団法人土木学会：コンクリート標準示方書 2012
- 2) 公益財団法人日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 2009
- 3) 公益財団法人日本コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008