

マスコンクリートの温度ひび割れ抑制対策

首都高速道路（株） 正会員 小沼 良一 首都高速道路（株） 正会員 藪本 篤
株式会社 間組 正会員 ○日野 陽子

1. はじめに

首都高速道路（株）では、現在中央環状品川線と大橋JCTとの連係を図るため、大規模トンネル工事を鋭意施工中である。当該工事の頂版スラブは厚さ1.2m、ブロック最大延長15.2m、スラブ幅は約15.8mの逆巻きスラブであり、側壁はヤードの制約で鋼製連続壁を機械式継手によりスラブ主筋と接合させることで本体利用し、他方の側壁は支持杭に直接支持させる構造となっている。鋼製連続壁とスラブとの接合部は軸方向の大きな外部拘束を受け、ひび割れが生じやすいことが予測された。このように特殊な構造を有したマッシュンなコンクリートであるとともに、工程の関係上、施工時期は夏季打設となるため、外部拘束によるひび割れの発生、温度ひび割れの発生、ワーカビリティの低下、ならびに初期材齢時における表面乾燥ひび割れの発生などが懸念された。そこで、低熱セメントの利用、ひび割れ制御鉄筋の配筋、冷却水を用いた練上り温度の低下、打設後7日間の湛水養生により、マスコンクリート対策および暑中コンクリート対策を講じた。以下に、その詳細について報告する。

2. 温度応力解析による温度ひび割れの検討

施工前に3次元FEM温度応力解析を行い、温度ひび割れの発生について検討を行った。解析断面図を図-1に、解析モデルを図-2に示す。解析はスラブ延長が最も長いブロックを対象とした。

■解析条件

- ・ コンクリート配合：40-15-20-LP
- ・ 推定強度： $f_c(56)=48.0\text{N/mm}^2$ ， $f_c(91)=53.9\text{N/mm}^2$
- ・ 有効ヤング率の設定（コンクリート標準示方書[設計編]）

$$E_e = \Phi(t) \times 4700 (f_c(t))^{0.5}$$

$$\Phi(t < t_{max}) = 0.8$$

$$\Phi(t_{max} < t \leq 2t_{max}) = 0.8, \Phi(t \geq 2t_{max}) = 0.5$$
- ・ 鋼製連続壁（Ns-BOX）との接続部の拘束条件
 CASE-1）ソイルモルタルの剛性のみを考慮
 CASE-2）鋼製連続壁（Ns-BOX）との接合面側のフランジのみ鋼材として考慮

材として考慮

CASE-3）鋼製連続壁（Ns-BOX）のフランジを鋼材として考慮

※いずれのケースも鋼製連続壁（Ns-BOX）内部および背面側の改良体部分はソイルモルタルとしての剛性を考慮した。

- ・ 温度条件：外気温 27℃（8月平均気温）、打込み温度 32℃

解析結果として、表-1に最小ひび割れ指数の比較を示す。鋼製連続壁と躯体の拘束条件をソイルモルタルとして考慮した場合には最小ひび割れ指数は 1.45¹⁾を上回るが、Ns-BOXを鋼材として考慮すると 1.45を下回る結果であった。図-3に鋼製連続壁剛性と最小ひび割れ指数の関係について示す。鋼製連続壁との接続部の拘束条件として、軸剛性が 4500N/mm²を超えるとひび割れ指数は 1.45を下回ることが分かり、想定した軸剛性を上回る可能性を危惧して、鋼製連続壁接合部からスラブ厚と同等である 1.2m の範囲において、配力筋方向にひび割れ制御鉄筋を鉄筋間隔の 1/2 で配置することとした。さらに、最小ひび割れ指数が確実に 1.45 以上

キーワード マスコンクリート、暑中コンクリート対策、温度応力解析、練混ぜ水、ひび割れ指数

連絡先 〒153-0044 東京都目黒区大橋 1-8-3 フラッツ大橋 1F TEL03-5489-6366 E-mail : hinoyk@hazama.co.jp

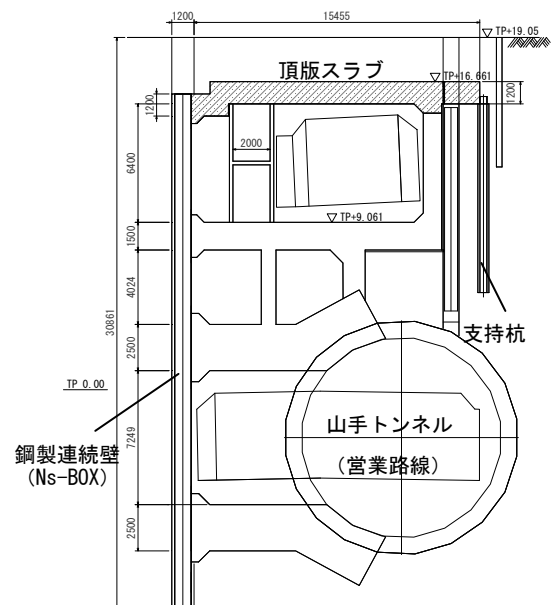


図-1 解析断面図

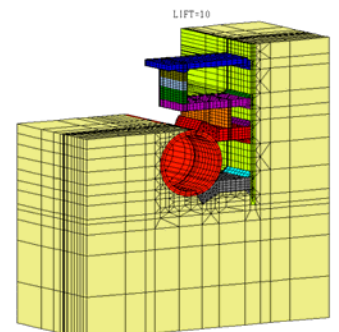


図-2 解析モデル

上となるよう、セメントには低熱ポルトランドセメントを使用した。結果として、鋼製連続壁接続部において発生したひび割れは施工開口部と挟まれた弱点部の1箇所のみを抑えることが出来た。

表-1 最小ひび割れ指数の比較

ケース	拘束条件	最小ひび割れ指数	最小ひび割れ指数分布図
CASE-1	ソイルモルタル [1470N/mm ²]	2.22	
CASE-2	Ns-BOX接合面考慮 [4500N/mm ²]	1.39	
CASE-3	Ns-BOXフランジ考慮 [7520N/mm ²]	1.16	

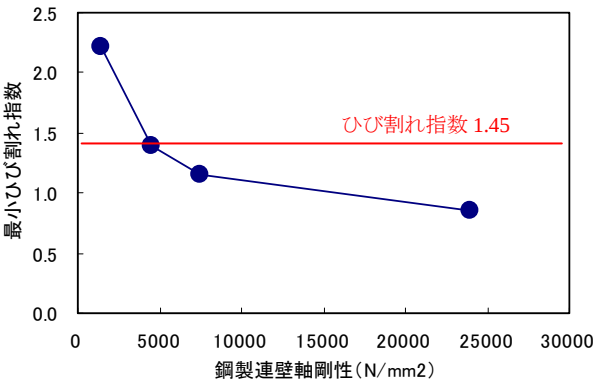


図-3 鋼製連続壁剛性と最小ひび割れ指数

3. 暑中コンクリート対策

施工を8月に行うにあたり、暑中コンクリート対策としてフレッシュコンクリートの練上がり温度を抑制することを試みた。その手法として、練混ぜ水を冷却するため、チラーシステムをプラントに導入した。写真-1に設置状況を示す。チラーシステムとはフロンガスを媒体とした冷凍機内に水を循環させることにより、水温の低下を図るものである。通常、プラントで使用する水道水の温度は夏季で25℃程度であるが、チラーシステムにより練混ぜ直前で8～10℃にまで冷却し、コンクリートの練上がり温度を2～3℃低下させることを目的とした。このほか、現場にてポンプ車のブームおよび配管部に保水マットを巻いて散水、ポンプ車のホッパー上部に日除けを設置、打設用配管ルートを極力短く配置、打設前に打設箇所周辺に送風するなどして、打設箇所温度の低下や打込み温度の抑制を図り、外気温32～35℃に対して打込み温度を31～33℃と抑制できた。練上がり直後の温度は29℃程度であったため、運搬中におよそ4℃上昇したことになる。因みに、冷却水を使用しない場合の練上がり温度は32℃程度であった。また、コンクリート表面における打設後の養生を7日間の湛水養生とし、底部の型枠の脱型時期は打設後3週間以降とした。図-4に打設後の躯体内部温度を示す。上述の温度応力解析では外気温27℃で打込み温度が32℃の条件の下、躯体の最大内部温度は60.4℃という解析結果であったが、対策を講じた躯体の内部温度は外気温が32℃での打設となったが、最大で53℃と低く抑えられた。さらに、躯体表面から10cmの位置と中心部との温度差はピーク時で10℃程度であり、内外温度差についても抑制できた。なお、躯体表面は鏡面のように密実な仕上がり面であり、現在打設から5ヶ月が経過するが表面乾燥ひび割れは見られていない。



写真-1 設置状況

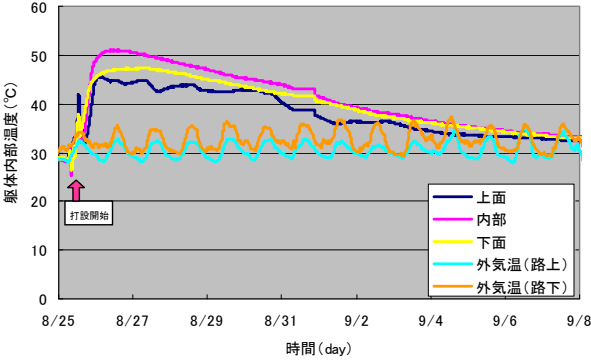


図-4 躯体内部温度

4. おわりに

昨年夏は記録的な猛暑であり、打設時の外気温はいずれの日も30℃を超えた。本工事ではプラントの協力を得て設置できたチラーシステムによる冷却水の使用や打設時における諸種の暑中対策を行ったことで、猛暑という最悪の施工状況の中でも良質なコンクリートの品質を確保できた。

【参考文献】1)「マスコンクリートの温度ひび割れ対策要領（暫定案）」平成14年11月首都高速道路公団工務部設計課