

練混ぜ水の冷却による暑中コンクリート対策

小沼 良一¹・薮本 篤²・日野 陽子³

¹正会員 首都高速道路株式会社 西東京管理局 (〒160-0004 東京都千代田区平河町2-2)

E-mail: r.konuma156@shutoko.jp

²正会員 国土交通省 道路局高速道路課 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関2-1-3)

E-mail: yabumoto-a2k4@mlit.go.jp

³正会員 株式会社間組 関東土木支店土木部大橋出張所 (〒153-0042 東京都目黒区青葉台3-17-13)

E-mail: hinoyk@hazama.co.jp

首都高速道路における大橋ジャンクションEF連結路の開削トンネル区間における逆巻きスラブの施工にあたり、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。本稿では、温度応力解析による温度ひび割れの検討、および練混ぜ水の冷却等による暑中コンクリート対策の概要について述べる。

平成22年夏の日本の平均気温は観測至上最高という猛暑であり、頂版スラブの打設時はいずれも外気温30℃を超える最悪の施工状況の中であったが、これらの対策を実施することにより、良質なコンクリートの品質を確保できた。

Key Words : Open-cut Tunnel, Hot Weather Concrete, Massive Concrete, Cooling Water

1. 工事の特徴及び施工にあたっての課題

首都高速道路中央環状品川線と3号渋谷線を接続する大橋JCTのEF連結路は、上下2層の開削トンネルとシールドトンネルで構築される。開削トンネル区間のF連結路頂版は、スラブ厚が1.2m、ブロック最大延長15.2m、スラブ幅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(図-1)。

また、地上施工ヤードはF連結路頂版の施工後に地上部を復旧し、隣接する再開発工事に返還する計画となっており、返還後は高層階施工のため重機施工ヤードとして使用され、土被り荷重を含めると100kN/m²もの荷重を受けることになる。特に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F連結路頂版は逆巻き状態で重荷重を受けるマスコンクリートであるとともに、工程の関係上、施工時期が夏季打設となり、暑中コンクリートの対応も必要となった。

コンクリートに初期ひび割れが発生すると、耐久性の低下等に大きな影響を与えるといわれている。実施工にあたっては、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の懸念される課題に対して、温度ひび割れ解析に基づくひび割れ対策検討を行なうとともに、いくつかの暑中コンクリート対策を実施した。

以下にその詳細について報告する。

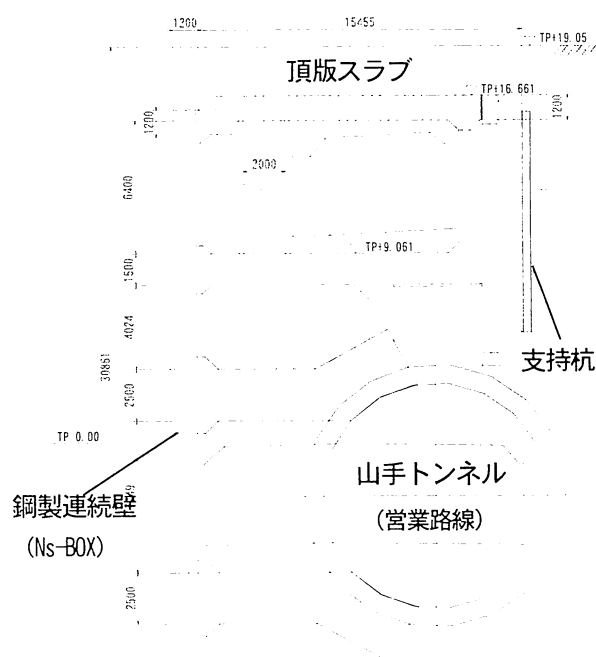


図-1 断面図

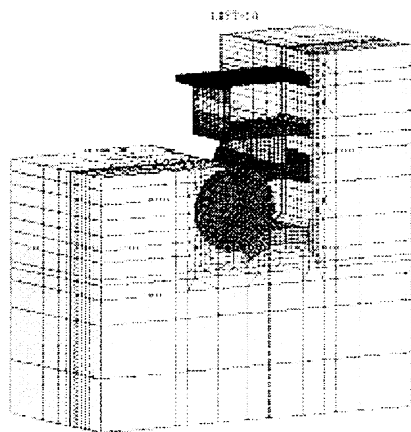


図-2 解析モデル

2. 設計上の検討内容、対策

設計にあたり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(図-2)。解析はスラブ延長が最も長いブロックを対象とした。

(1) 解析条件

- ・コンクリート配合：40-15-20-LP
- ・推定強度：

$$f'_c(56) = 48.0 \text{ N/mm}^2, \quad f'_c(91) = 53.9 \text{ N/mm}^2$$

- ・有効ヤング率：

$$Ee = \Phi(t) \times 4700 (f'_c(t))^{0.5}$$

$$\Phi(t \leq 2t_{\max}) = 0.8, \quad \Phi(t \geq 2t_{\max}) = 0.5$$

- ・温度条件：外気温27℃(8月平均気温)，
打込み温度32℃
- ・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
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)の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て解析を行った。

(2) 解析結果および設計上の対策

最小ひび割れ指数に着目して解析をしたところ、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1.45を上回るが、Ns-BOXを鋼材として考慮すると1.45を下回るという結果を得た(表-1)。

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	

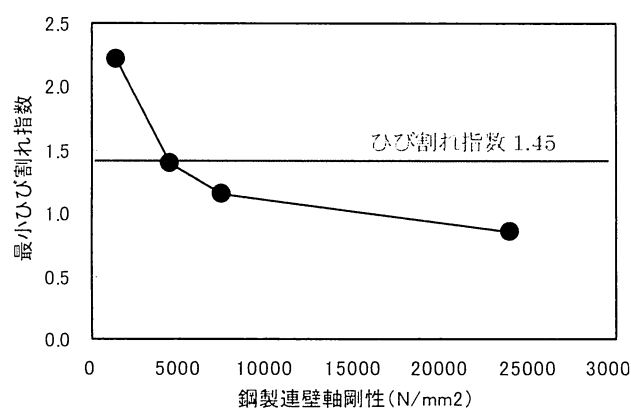


図-3 鋼製連続壁剛性と最小ひび割れ指数

また、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を下回ってしまうことが分かった(図-3)。

実際の軸剛性が想定値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の範囲においては、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することとした。

3. 施工上の検討内容、対策

(1) 生コンクリートの練り上がり温度抑制

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り上がり温度を抑制することを試みた。

生コンクリートの温度は、コンクリートを構成する各材料の温度、気温等に左右されるものであるが、構成材料の温度低下を行う上で、実現性、効果の程度について生コンクリートプラントを交え、以下の検討を行った。

a) 材料温度低下の検討

一般的に比熱、体積比等が大きい骨材の温度低下が生コンクリート練上がり温度低下の効果が高いとされている。しかし、骨材の温度低下には非常に大掛かりな設備が必要になること、表面水率の管理が難しく、セメントは上記に加え、入荷サイクルやストック方法から気温の影響を受けやすい材料であることもあり、骨材同様に実現が困難と判断した。

b) 練混ぜ水の温度低下の検討

生コンクリートプラントの協力を受け、プラントヤードの一部にチラーシステム（水温低下装置）（図-4）を設置し、練混ぜ水の低下を図ることとした。

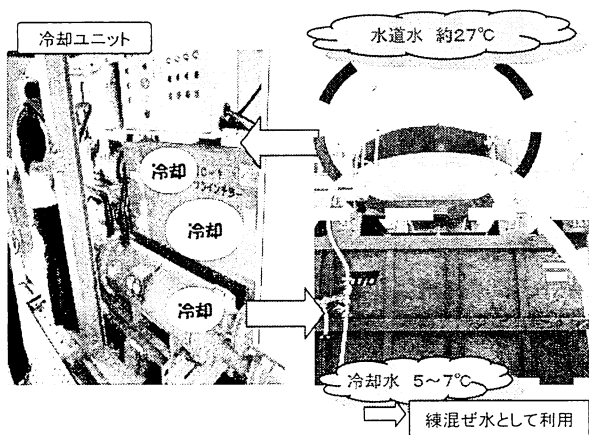


図-4 チラーシステム設置状況

置し、練混ぜ水の低下を図ることとした。

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。

一般的にコンクリートの練上がり温度を1℃低下させるために練混ぜ水の温度をおおよそ4℃低下させる必要があるといわれていることから、チラーシステムを使用することにより、生コンクリートの練上がり温度を3℃程度低下させることを目標とした。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、コンクリートの練混ぜ水として使用した。

また、練上がり温度低下がスランプに与える影響については、試験練りによる確認を行い、影響は極小さいものであることを確認している。

(2) コンクリート打設場所における対策

a) 生コンクリート圧送時の温度上昇防止

打設場所は、日中直射日光を浴び続ける施工ヤードであり、熱がこもりやすい覆工板の直下である。

そのため、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一極力短く配置、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

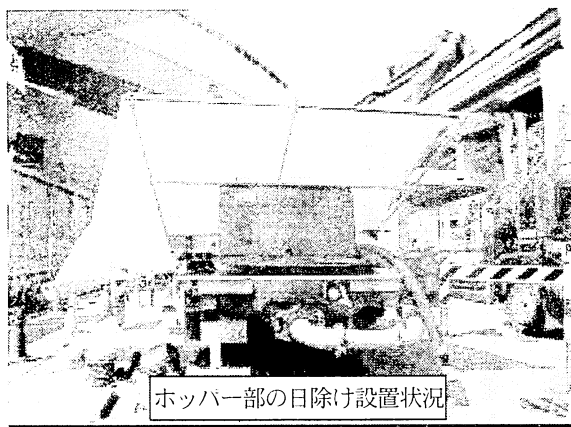
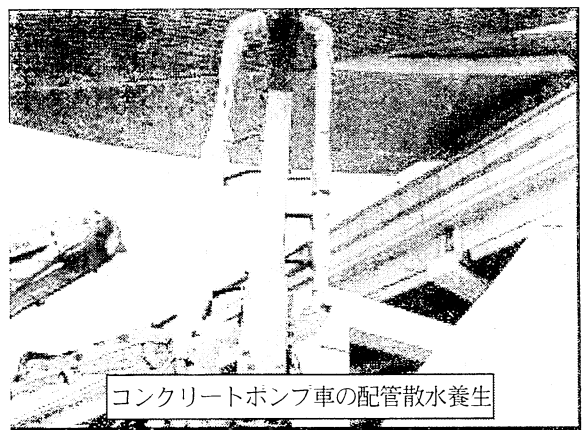
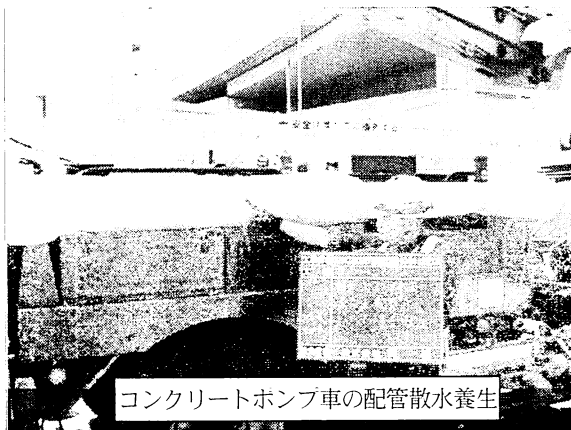


写真-1 生コンクリート圧送時の温度上昇防止対策実施状況

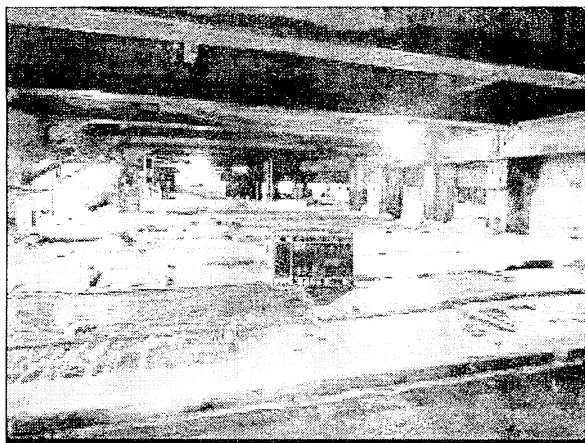


写真-2 湛水養生状況

み温度の抑制を図った(写真-1).

b) 湛水養生

打設後1週間において、コンクリート表面に湛水養生（保水マット養生）を行った(写真-2)。また、底部型枠の脱型時期は打設後3週間以降と設定した。これにより初期の乾燥収縮抑制、コンクリート内外部の温度差、内部応力抑制を図ったものである。

4. 結果

これらの対策を行った結果、いずれの打設日も外気温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℃程度であったため、冷却水を用いなかった場合は打込み温度が35℃以上となることが想定される。

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

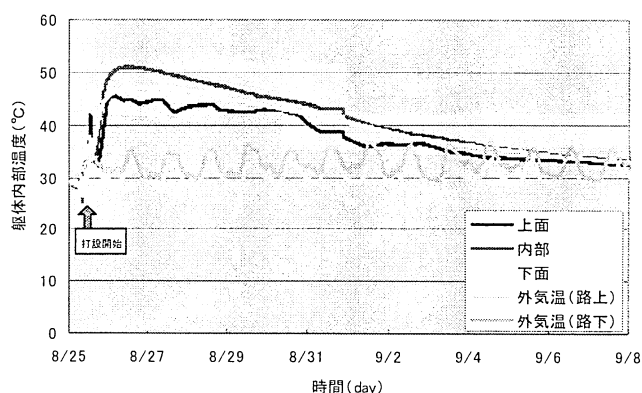


図-5 躯体内部温度

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(図-5)。

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。

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箇所のみ抑えられ、躯体表面は鏡面のように密実な仕上がり面であり、打設後7ヶ月が経過した時点においても、表面乾燥ひび割れは見られていない。

参考文献

- 1) 日野陽子：マスコンクリートの温度ひび割れ抑制対策，第38回土木学会関東支部技術研究発表会，2011

The countermeasure against hot weather concrete by mixing cooling water

Ryoichi KONUMA, Atsushi YABUMOTO and Yoko HINO

When the slab construction in reverse open-cut tunnel section of the Ohashi junction, The Central Circular Shinagawa Route of Tokyo Metropolitan Expressway, taken measures against mass concrete and hot weather concrete.

This paper describes an outline of thermal stress analysis considering the temperature cracking, and countermeasure against hot weather concrete by mixing cooling water.

In the summer of 2010 in Japan is extremely hot, during construction of top slab construction was the worst situation outside temperature exceeds 30 °C either. However, by these measures, we ensure the quality of high-quality concrete.