

壁式橋脚におけるフライアッシュ添加と打込み温度低減が温度ひび割れ指数に与える影響

富山県立大学
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株)

学生会員 ○吉田 萌佳
正会員 寺西 健太
正会員 橘 吉宏

正会員 伊藤 始
小松原昭則

1. はじめに

橋梁下部工として用いられる壁式橋脚は、基礎部（フーチング）の外部拘束によって貫通ひび割れが入りやすいコンクリート構造物である。壁式橋脚には、ひび割れ抑制対策として最高温度低減を目的にセメント種類を変更することや拘束低減を目的に誘発目地を設置することなどが行われている。

一方、北陸地方では、フライアッシュ（以下FAと記す）を混和したコンクリートが温度ひび割れの抑制、アルカリシリカ反応の抑制、および塩害への抵抗性の向上を目的に、実構造物に適用されている。このうち温度ひび割れの抑制を目的にした場合に、季節やコンクリート配合、構造物の種類や寸法によっては、その抑制効果が十分に発揮されず、抑制対策の併用が必要であることが指摘されている。そのため、季節ごとのFAによる温度ひび割れの抑制効果ならびに、抑制対策の併用による効果を明らかにすることが求められている。

本研究では、FAのセメント置換に加え、打込み温度の低減およびひび割れ誘発目地の設置を併用することに着目した。研究の目的は、壁式橋脚を対象に実際の形状寸法と施工条件を与えた温度応力解析を行うことで、FA添加、打込み温度低減、および誘発目地設置の併用が温度ひび割れ指数に与える影響を明らかにすることとした。

2. 解析方法

(1) 解析概要

本研究では実際の壁式橋脚の形状寸法と施工順序を用いた解析モデルを対象に、3次元有限要素法による温度応力解析を実施した。橋脚の断面寸法は図-1のように2.4m×9.68mとし、フーチングを含めた橋脚高さは10.77mであった。フーチングの高さを1.90m、橋脚1リフトを4.35m、2リフトを4.52mとした。

(2) 解析ケース

解析では、表-1に示すようにFA添加の有無、打込み温度、誘発目地による長手方向の分割数を変化させた24ケースを実施した。分割数はFAを添加したケースのみで実施し、拘束条件と要素数を変えることで1, 2, 3分割とした。打込み温度は、打込み時期を冬期（橋脚1リフト打込み1月）、秋期（同9月）、夏期（同7月）に想定し、それぞれを10, 20, 30℃と設定した（0℃下げと記す）。そして練混ぜ水などの材料の冷却により打込み温度を5℃低減したケースとして、各時期で5, 15, 25℃に設定した（5℃下げと記す）。そのため、外気温の履歴の始まりは異なっている。

(3) 解析条件

解析モデルには橋脚断面の対称性を考慮して1/2モデルを使用し、フーチング周囲の地盤も考慮した。要素寸法はコンクリート部分で500mm以下とした。拘束条件としては対称面と地盤周囲を法線方向に拘束した。そして断熱温度上昇式と圧縮強度発現式には北陸地方での実績を用い、その他の物性値は土木学会コンクリート標準示方書の値を用いた。

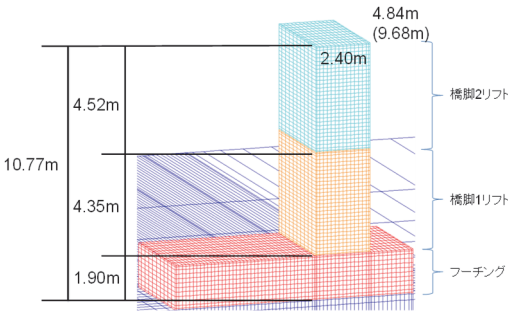


図-1 壁式橋脚の解析モデル

表-1 解析ケース

セメント 種類	誘発目地	打込み温度(℃)					
		冬		秋		夏	
		5	10	15	20	25	30
FA	なし (1分割)	●	●	●	●	●	●
	なし (1分割)	●	●	●	●	●	●
	2分割	●	●	●	●	●	●
	3分割	●	●	●	●	●	●

キーワード マスコンクリート、壁式橋脚、フライアッシュ、打込み温度、ひび割れ誘発目地

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 環境・社会基盤工学科 TEL 0766-56-7500

3. 解析結果

(1) 温度分布とひび割れ指数分布

図-2 に FA を添加し打込み温度が 30℃の夏ケースの最高温度と最小ひび割れ指数の分布を示す。分布図は橋脚長手方向の中央の断面を示す。最高温度はリフト中心で生じ、1 リフトでは 76.7℃になった。最小ひび割れ指数はリフト底部から 0.5m 程度の高さで生じ、1 リフトでは 1.03 になった。

(2) 温度履歴

図-3 に打込みからの日数とコンクリート温度の関係を示す。温度は図-2 に示したリフトの中心位置とした。FA、0℃下げの 1 リフトの中心温度を見ると、コンクリートが温度 30℃で打ち込まれた後に、材齢 2.3 日で温度 76.7℃まで到達した。その後外気温の影響で低下し、材齢 20 日で 3 ケースの温度が一致した。

4. 最高温度と最小ひび割れ指数への影響

(1) 最高温度

図-4 にケースごとの最高温度を比較する。夏ケースにおいて、N、0℃下げの最高温度は 79.3℃となった。これに対して、FA を用いることで 2.6℃、打込み温度の低減で 5.2℃、両者を併用することで 8.2℃低下した。併用した場合、対策の効果がおおむね合算された値になった。冬ケースの併用では 14.8℃低減された。

(2) 最小ひび割れ指数

図-5 にケースごとの最小ひび割れ指数を比較する。夏ケースにおいて、最小ひび割れ指数は FA を用いることで 0.09、打込み温度の低減で 0.14、両者を併用することで 0.24 増加した。

両者併用の夏ケースにおける最小ひび割れ指数は、目地を設置しない 1 分割で 1.18、2 分割で 1.47、3 分割で 1.92 となった。秋・冬ケースでは打込み温度低減と誘発目地設置（2 分割）の効果がほぼ同じであった。夏ケースでは打込み温度低減の効果は小さく、誘発目地設置による効果が比較的顕著であった。FA 添加と打込み温度低減の併用ケースにおいて、2 分割した場合に最小ひび割れ指数が標準示方書の基準値 1.40 を上回り、3 分割した場合に 1.85 を上回った。

5. まとめ

- FA 添加と打込み温度低減を併用した場合、コンクリート温度の低減効果は、それぞれの効果が

おおむね合算された値になった。最高温度は季節によって 8.2～14.8℃の低減となった。

- FA 添加と打込み温度低減の併用ケースにおいて、最小ひび割れ指数が誘発目地設置の 2 分割で 1.40 を上回り、3 分割で 1.85 を上回った。

参考文献

- 1) 北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会：報告書，2013
- 2) 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，2016

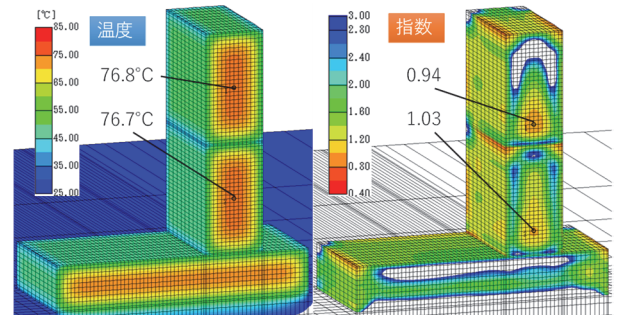


図-2 最高温度と最小ひび割れ指数の分布

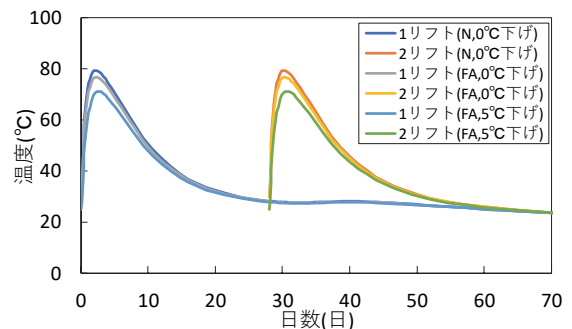


図-3 温度履歴(夏ケース)

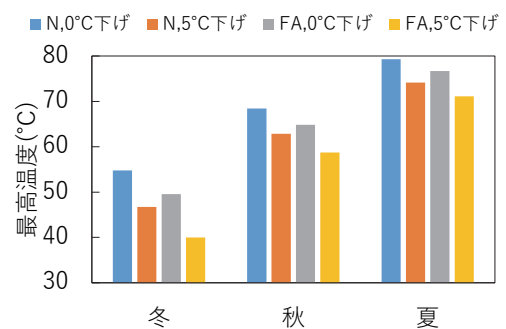


図-4 最高温度(1 リフト)

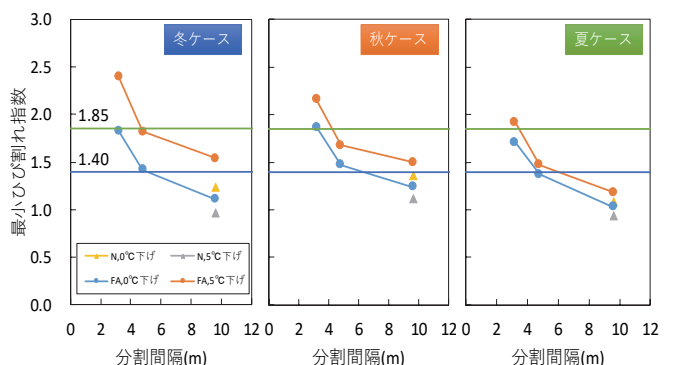


図-5 最小ひび割れ指数(1 リフト)