

フレア護岸に用いる膨張材効果の解析的検討

(株)神戸製鋼所 正○荻野 啓 (株)神戸製鋼所 木地 健太郎
(株)神戸製鋼所 正 竹鼻 直人 (株)神戸製鋼所 正 菅原 康之

1. はじめに

フレア護岸は鋼・コンクリートの合成構造を採用しており、コンクリート部のひび割れの発生を予測し、低減を図ることは、品質管理上の重要な課題である。ひび割れ抑制対策としては、膨張材を使用することが一般的に有効とされていることから、本文では、フレア護岸に膨張材を使用することを想定し、FEM 解析によるひび割れの発生予測、およびその効果を調べた結果を以下に報告する。

2. 解析方法

(1) 解析ステップ

本解析では、水和熱・外気温変化を考慮した温度解析と、その結果を基にした応力解析を行った。使用ソフトはABAQUSver6.5-6 である。解析ステップは、図1に示す通り、STEP1の温度解析によって温度履歴を把握した後、STEP2-1・STEP2-2では、STEP1の結果を基に、温度履歴・乾燥収縮ひずみ、および膨張材有無の効果を考慮した応力解析を実施した。解析時間は、コンクリート打設後から1ヶ月間とし、時間刻みは1時間とした。

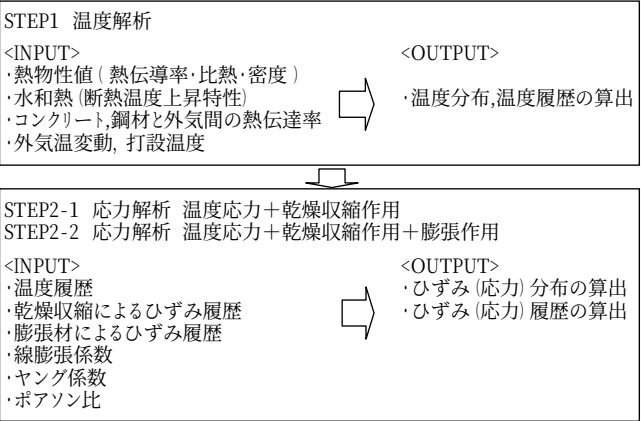


図1 解析ステップ図

(2) 解析モデル

解析モデルの要素分割図を図2に示す。解析モデルはフレア護岸中心～側端部までの1/2モデル(幅2.5m、高さ7.5m)とした。コンクリート部はソリッド要素、鋼材部分はシェル要素とし、ソリッド要素とシェル要素は完全結合モデルとした。

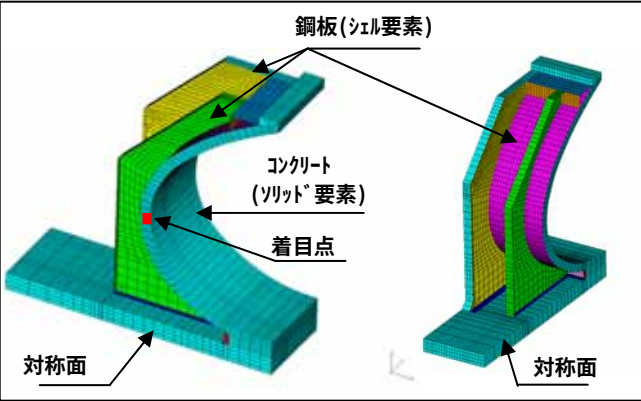


図2 解析モデル図

(3) 解析物性値・境界条件

解析に用いた物性値・境界条件を表1にまとめる。温度解析における熱伝達率等の境界条件は、コンクリート標準示方書¹⁾(以下コン示と示す)の参考値を用いるものとし、解析中は外気温変動に関係なく常に一定とした。また、応力解析におけるヤング係数は、コン示提案式(設計編解4.1.3)から算出し、経時変化するモデルとした。

表1 解析物性値・境界条件

解析区分	項目	単位	コンクリート	鋼殻
温度解析	セメント種別	—	高炉セメントB種	—
	単位セメント量	(kg)	300	—
	断熱温度上昇式	(°C)	$Q(t)=Q_{\infty}(1-e^{-rt})$	—
	熱伝達率	(W/m ² °C)	鋼製型枠: 14 脱枠後: 14	10
	熱伝導率	(W/m°C)	2.7	83.5
	密度	(kN/m ³)	24	7.85
	比熱	(kJ/kg°C)	1.15	0.47
	初期温度	(°C)	28	28
応力解析	外気温	(°C)	8月中旬気象データ	—
	圧縮強度	(N/mm ²)	$f'c(t)=(t/(6.2+0.93t)) \times 1.15 \times f'ck$ $f'ck(28)=24$	—
	引張強度	(N/mm ²)	$ftk(t)=0.44 \times (f'c(t))^{0.5}$	400
	ヤング係数	(N/mm ²)	$E(t)=\phi \times 4700 \times (f'c(t))^{0.5}$	200,000
	ポアソン比	—	0.2	0.3
	線膨張係数	(10 ⁻⁶ /°C)	10	12
	自己収縮ひずみ	—	考慮しない	—
	乾燥収縮ひずみ	—	考慮する	—
	膨張ひずみ	—	考慮する	—
	内部鉄筋	—	考慮しない	—

(4) 乾燥収縮履歴・膨張履歴

乾燥収縮履歴は、コン示提案式(設計編解5.2.3)を元に算出し、乾燥収縮が脱枠時(打設後1週間)から開始するものとした。膨張履歴は、別途実施した膨張コンクリート(20kg/m³)の一軸拘束膨張試験の結果から最大膨張ひずみを150μとし、試験体での実測結果から打設後半日で膨張が完了するものとした。

キーワード フレア護岸, 合成構造, FEM 解析, 膨張材

連絡先 〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町4-2-7 (株)神戸製鋼所 TEL078-261-7815 FAX078-261-7807

3. 解析結果

(1) 温度履歴

STEP1 の解析結果の代表例として、解析モデルの前壁中央部におけるコンクリート温度と外気温の履歴を図3に示す。コンクリート打設直後は、水和熱の影響でコンクリート内部の最高温度が約 45℃まで上昇し、その後コンクリート温度が低下して外気温と同等となる傾向を示している。

(2) コンクリート最大主応力履歴

解析モデルの前壁中央部（温度履歴と同じ位置）における最大主応力履歴を図4に示す。STEP2-1 では、打設後の水和熱の影響で発生する引張応力は約 0.2N/mm²であった。また、材齢7日目以降から乾燥収縮ひずみが作用するが、背面の鋼板に拘束されることによって引張応力が徐々に増大し、材齢30日目で約 1.0N/mm²の引張応力が発生している。一方膨張材を付加した STEP2-2 では、膨張ひずみが鋼板に拘束されることによって、約 0.8 N/mm²の圧縮応力が導入されている。その後、乾燥収縮の影響によって徐々に圧縮応力が減少するが、材齢30日でも圧縮応力が残存しており、膨張材の効果が確認できた。

(3) コンクリート最大主応力分布

温度応力解析の結果による、材齢30日における最大主応力分布図を図5に示す。STEP2-1 では、側壁背後の端部でコンクリート表面の最大主応力が引張強度を超過している。従って、この部位にはひび割れが発生すると予測される。一方 STEP2-2 では、膨張材の効果によって引張応力が低減され、各部位において最大主応力が引張強度を下回っていることが確認できた。

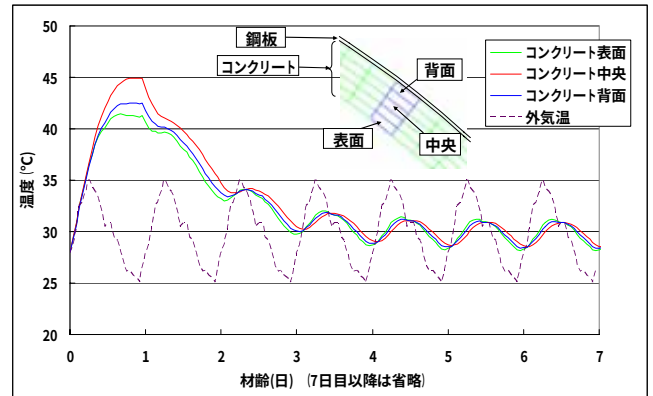


図3 コンクリート温度履歴図

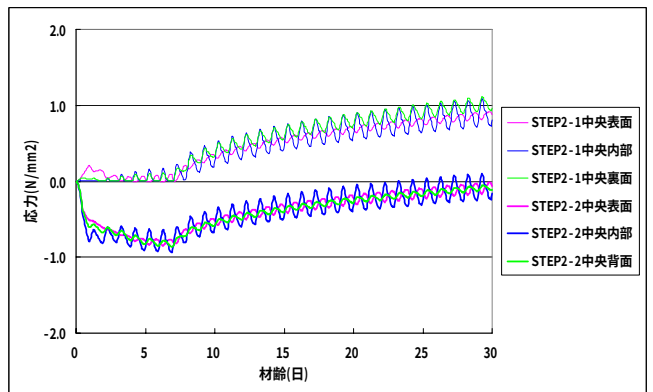


図4 コンクリート部最大主応力履歴図

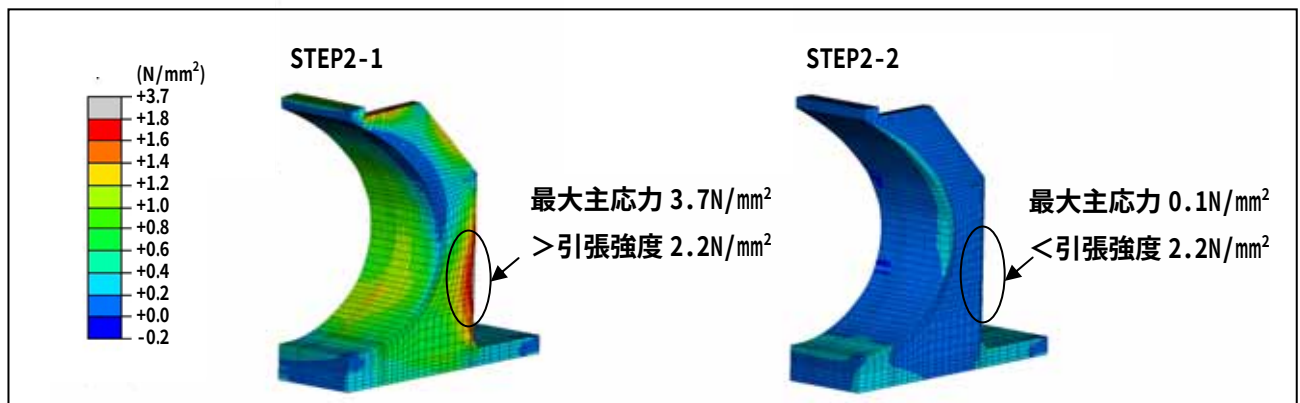


図5 コンクリート部最大主応力分布図（材齢30日）

4. まとめ

フレア護岸のコンクリート部に着目した FEM 解析によって以下のことが確認できた。

- ①温度解析により、水和熱・外気温変化を考慮したコンクリートの温度履歴を算出することができた。
- ②膨張材を添加したケースでは、膨張ひずみが鋼板に拘束されて圧縮応力が導入されることにより、コンクリートのひび割れ低減に対して、有効であることを確認できた。
- ③乾燥収縮の影響によって、ひび割れが発生する可能性がある部位を予測できた。

【参考文献】 1)土木学会：【2007 年制定】コンクリート標準示方書[設計編]。