

海洋コンクリート構造物の年間温度応力解析による適正施工時の検討

Examination at the time of the reasonable execution by the annual temperature stress analysis of the marine concrete structure

北見工業大学 ○正員 岡田包儀, 正員 桜井 宏
専修大学北海道短期大学 正員 三上 敬司
北海道大学情報基盤センター 大宮 学, 林 卓也
(株)西村組 川合 邦広, 高橋 伸次郎

1. 序論

コンクリートは、鋼材と共に強度及び耐久性に優れた主要な建設材料として社会基盤の一躍を担っている。

今後財政制約下の中で、社会基盤施設の運用を適切に図るアセットマネジメント手法の導入が進められているが、高品質・高耐久性のコンクリートによる経済的な維持管理が求められている。

海洋構造物の施工時に発生する温度応力によるひび割れは、初期欠陥として耐久性に悪影響を及ぼすが、この発生は、施工時期による外気温等の影響も受けるものと推察される。

この様な背景の下、本研究は、有限要素法による温度応力連成解析により、1年間の実気象を与えた既存の海洋コンクリート構造物の温度及び応力履歴の状況把握を目的とした。また、解析結果から年間を通じコンクリートの温度応力（主応力）の比較的小さな時期を特定し、品質向上に向けた巨視的な施工時期の検討も行った。

2. 解析方法

2.1 解析システム及び解析概要

解析システムは MARC・MENTAT を使用し、有限要素法による温度応力連成解析により算出した。

解析概要は、コンクリート構造物のモデルを作成し、境界条件として1年間の実気象を与え解析を実施し、ひび割れの発生しやすい部位を対象としてコンクリートの温度、主応力を算出し評価及び検討を行った。

2.2 解析条件

(1) 解析モデル

解析対象は、図-1に示す寒冷地環境下の海洋構造物の防波堤で、三次元モデルとし、延長方向を二分した断面を対象断面とし固定端として片側を解析した。

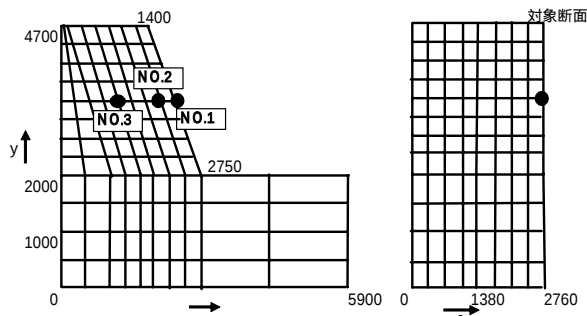


図-1 解析モデル

(2) 解析条件

a) 物性値

本解析で使用した物性値を表-1に示す。

表-1 コンクリートの物性値

コンクリートの比熱	0.27 kcal/kg・°C (1.13 KJ/kg・K)
コンクリートの熱伝導率	2.20 kcal/m・h・°C (2.56 W/m・K)
コンクリートのポアソン比	0.20
コンクリートの弾性係数	240,000kgf/cm ² , (23,500N/mm ²)
コンクリートの密度	2,350kg/m ³
コンクリートの熱膨張係数	10 × 10 ⁻⁶ /°C

b) 境界条件

外気温については、2007年7月1日～2008年6月30迄の一年間の網走の気象データを使用し、一日毎の最高気温及び最低気温を用い設定した。（図-2参照）

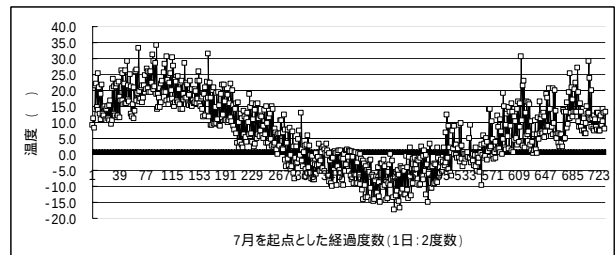


図-2 外気温（網走）

熱伝達率は、一日毎の平均風速から熱伝達率を算出し、設定した。（図-3参照）

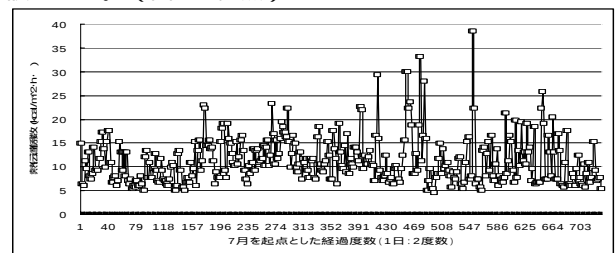


図-3 風速から算出したコンクリートの熱伝達率

3. 解析結果

(1) 温度応力連成解析結果の出力例（主応力）を図-4に示す。

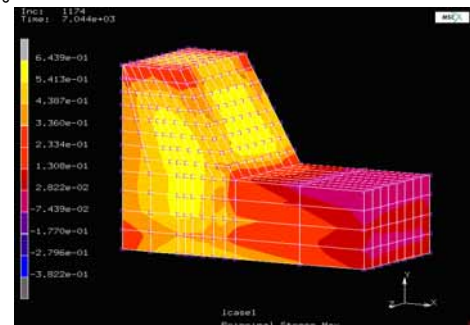


図-4 解析結果の出力例（主応力図）

(2) コンクリート温度及び応力の解析結果

解析の結果、コンクリート表面部（No.1）の温度（図-5 参照）は、外気温の影響を直接受けるため、変動幅も大きくまた、季節の温度の推移が明瞭に示されている。

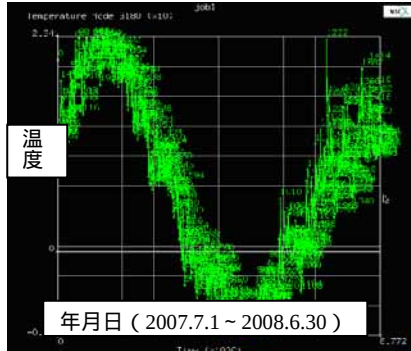


図-5 コンクリート表面部（No.1）の温度解析出力図

図-6 については、コンクリートの温度解析出力図を示すが、表層部（No.1：赤）の温度が内部の温度（No.3：緑）よりも外気温の影響を受け先行している。

また、内部のコンクリート温度（No.3：緑）も、大局的に季節の影響を受け大きく変動している。

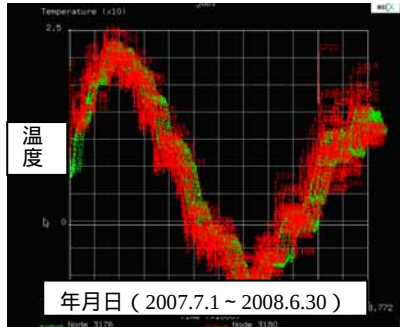


図-6 コンクリートの温度解析出力図
（No.1：赤，No.3：緑）

図-7 については、コンクリートの主応力解析結果の出力図であるが、内部（No.3：緑）に比較して表層部（No.1：赤）の主応力が大きく算出されている。この結果より、コンクリート表面部は、内部と比較し主応力が大きくひび割れ発生の危険性が高いことがいえる。

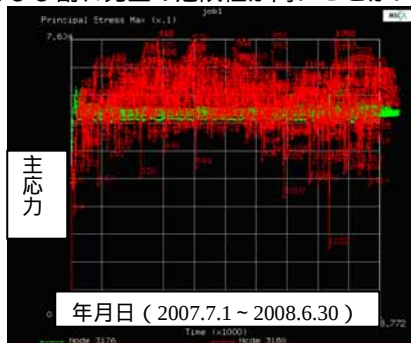


図-7 コンクリートの主応力解析結果出力図
（No.1：赤，No.3：緑）

図-8 は、コンクリートの主応力解析結果の出力図であるが、内部（No.3：緑）の引張応力が平均 55kgf/cm^2 (5.4N/mm^2) 程度で年間通じ安定しており、また、表面から 13cm 内部（No.2：赤）では、平均 47kgf/cm^2 (4.6N/mm^2) 程度で年間通じ比較的主応力が安定している結果を得た。



図-8 コンクリートの主応力解析結果出力図
（No.2：赤，No.3：緑）

4. 考察

今回の温度応力解析結果を踏まえて、温度応力の高い表層部に着目して検討した。表層部（No.1）の主応力の解析結果を図-9 に示す。この結果より巨視的に比較的緩やかな変動がみられるため一月毎の主応力の平均値を算出した（図-10 参照）。この結果から、積雪及び凍結作用を受ける冬季を除いて、相対的に比較した結果、4～7 月にかけて主応力は、 $55 \sim 59\text{kgf/cm}^2$ ($5.4 \sim 5.8\text{N/mm}^2$) の範囲となり、8～11 月の主応力は、 $58 \sim 62\text{kgf/cm}^2$ ($5.7 \sim 6.1\text{N/mm}^2$) の結果を得た。

この結果から、冬季を除いた場合、8～11 月に比較し4～7 月の方が温度応力の発生がやや小さくなる結果を得た。従って、この時期に新設コンクリート構造物を建設する場合は、コンクリートの品質を確保する上で若干であるが優位に働くといえる。

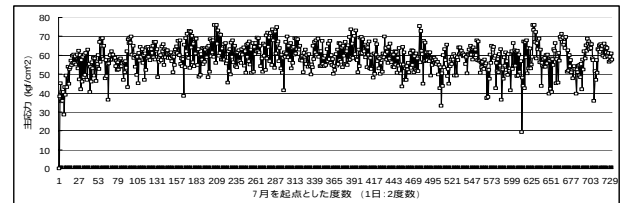


図-9 コンクリートの主応力解析結果（No.1）

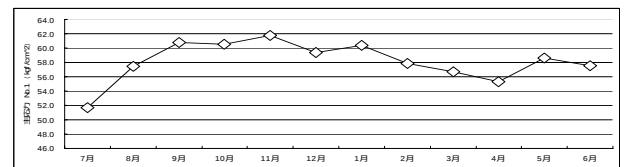


図-10 月ごとの平均を示した主応力解析結果（No.1）

5. 結論

本研究により、コンクリート構造物の1年を通じた温度及び応力の履歴を押さえることができた。

(1)温度解析結果より、コンクリート表面温度は内部と比較し外気温の影響を受け敏感に変動する。内部温度については、表面部よりも遅れるが、年間温度較差は表層部に匹敵し大きく変動する。

(2)コンクリート主応力は、表面部が内部より年間通じ、大きく、且つ変動幅も大きい。これに対して内部（No.3）の主応力は、平均 55kgf/cm^2 程度、表面から 13cm 内部（No.2）では、平均 47kgf/cm^2 程度で年間通じ比較的稳定している。

(3)表面部の主応力の月平均値は、4～7 月に於いて $55 \sim 59\text{kgf/cm}^2$ の範囲で8～11 月にかけて主応力は、 $58 \sim 62\text{kgf/cm}^2$ の結果であった。この結果から、冬季を除き、8～11 月と比較し4～7 月の方が新設コンクリート構造物を建設する際は、コンクリートの品質確保する上で若干であるが優位に働くものと推察される。