

寒冷地海洋コンクリート構造物の年間温度応力作用の検討

Examination of the annual temperature stress action of the cold districts ocean 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 大宮 学
(株)西村組 川合 邦広, 古屋 英幸, 高橋 伸次郎

1. 序論

コンクリートは、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。

今日、社会資本の適切な運用を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。

寒冷地海洋環境下に設置されるコンクリート構造物は、凍結融解作用、塩分の影響、乾燥収縮、温度応力、乾湿の繰り返し作用等、通常よりも過酷な劣化因子の影響を受けている。また、寒冷地における外気温の環境温度変化の影響は、他要因と複合的に関わりひび割れ等を誘発することも推察される。

このような背景の下、本研究は、外気温に着目し、自然条件下で供用されている海洋コンクリート構造物を対象として有限要素法による温度応力連成解析より、2年間の気象条件を与え解析し、構造物に働く年間温度及び応力分布の把握¹⁾を行い、劣化に及ぼす温度因子の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 解析方法

2.1 解析システム及び解析手法

解析システムについては MARC・MENTAT を使用し、有限要素法による温度応力連成解析を行った。

解析手法は、コンクリート構造物のモデルを作成し、境界条件として2年間の外気温と風速から算出したコンクリートの熱伝達率を与え解析し、温度応力が比較的大きくなる断面中央部の部位3箇所(図-1)を検討対象部としてコンクリート温度、主応力を算出した。

2.2 解析条件

(1)解析モデル

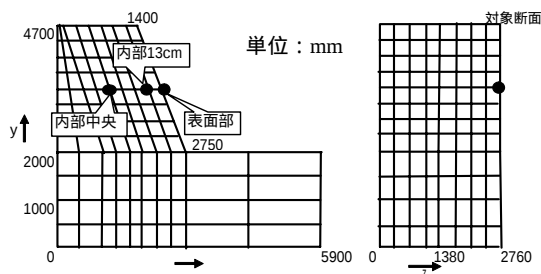


図-1 解析モデル

解析対象は、図-1に示す海洋構造物の防波堤胸壁部とし、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の三次元モデルを作成し解析した。

(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	1.13 KJ/kg・K (0.27 kcal/kg・°C)
コンクリートの熱伝導率	2.56 W/m・K (2.20 kcal/m・h・°C)
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	23,500 N/mm ² (240,000 kgf/cm ²)
コンクリートの密度	2,350 kg/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8月1日～2009年7月31日(2年間)迄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)

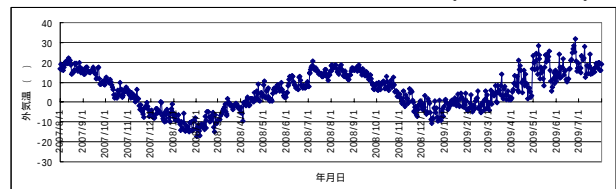


図-2 外気温(網走)

熱伝達率は、外気温と同一期間に於ける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)

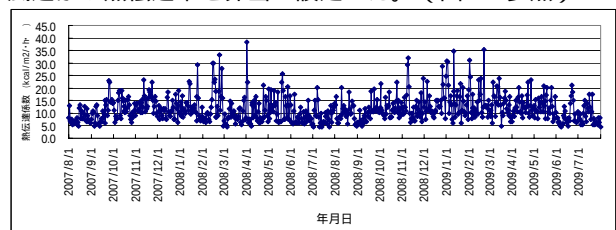


図-3 風速から算出したコンクリート熱伝達率(網走)

3. 解析結果

3.1 コンクリート温度解析結果

2年間の温度分布の解析結果を図-4に示す。コンクリート表面部の温度は、外気温の影響を直接鋭敏に受けるため内部中央部(以下、内部)と比較し変動幅も大きい。しかし、巨視的には、内部も含め季節の外気温の推移と共に追従しているのが明瞭に示されている。



図-4 コンクリートの温度解析結果(2年間)

コンクリートの年間平均温度(表-2)については、

表面と内部との較差は無く、7.3 の結果を得た。

表 - 2 コンクリートの年間平均温度の算出結果

	内部	内部(13cm)	表面部
年間平均温度	7.29	7.27	7.27
標準偏差	8.80	8.85	9.14
変動係数 %	121	122	126

次に2年間のコンクリートの温度解析結果から年間温度を算出し、月旬期毎に平均化した温度分布の結果を、図 - 5 に示す。

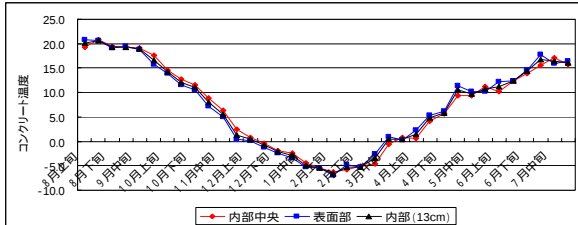


図 - 5 コンクリートの温度解析結果（2年間の平均）

図 - 5 の温度解析結果より、表面部の温度が内部の温度よりも外気温の影響を受け先行している。内部のコンクリート温度は、表層からの温度の影響を受け、一定程度遅れて温度が追従している。しかし、年間温度較差は表層部に匹敵（21 ～ -6 ）している。

3.3 コンクリート応力の解析結果

応力解析によるコンクリートの2年間の主応力の結果を、図 - 6 に示す。コンクリート表面部の主応力は、外気温の影響を直接受けるため、温度の解析結果と同様に変動幅も大きく現れている。しかし、内部及び内部（13cm）の地点においては、年間通じ比較的主応力が安定している。

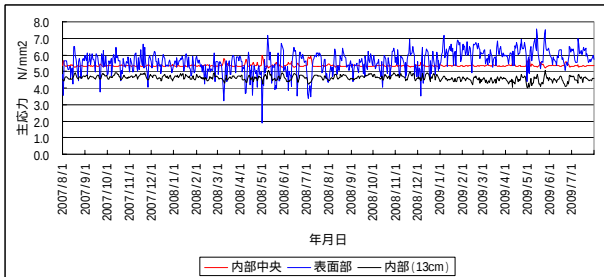


図 - 6 コンクリートの主応力解析結果（2年間）

コンクリートの年間平均主応力の算出結果を表 - 3 に示す。コンクリートの平均主応力は、表面部では 5.74N/mm^2 と内部と比較して高く、変動係数も 12.5% と大きい。これに対して内部は 5.35N/mm^2 と若干低く変動係数は 1.4% と安定している。

表 - 3 コンクリートの年間平均主応力の算出結果

	内部	内部(13cm)	表面部
年間平均主応力 N/mm^2	5.35	4.59	5.74
標準偏差 N/mm^2	0.076	0.157	0.718
変動係数 %	1.41	3.42	12.50

図 - 7 は、2年間のコンクリートの応力解析結果から年間主応力を算出し、月旬期毎に平均化したものである。この解析結果からは、主応力が季節により影響を受ける傾向が観察された。

4. 考察

温度解析結果からコンクリート表面と内部との各月毎

の温度差（表面 - 中央内部）を図 - 8 に示す。

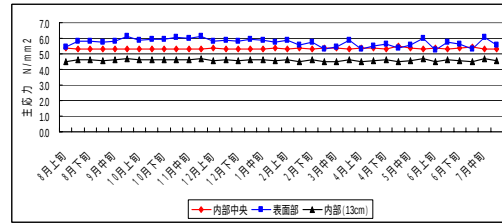


図 - 7 コンクリートの主応力解析結果（2年間の平均）

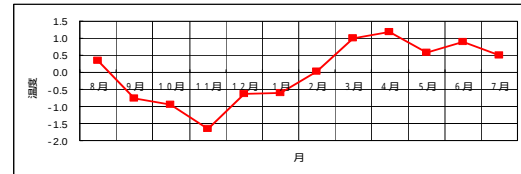


図 - 8 各月毎の温度差（表面温度 - 中央内部温度）

この結果、表面と内部との年間温度較差は、2.84 であり、2・8 月が、年間温度上下降の変換期となり 3 月～7 月にかけては表面が内部より 0.83 （月平均）高くなっている。また、9 月～1 月にかけては、表面部が内部より 0.92 （月平均）低くなっている。

コンクリート表面部の主応力分布を図 - 9 に示す。主応力については、 $5.50 \sim 6.06\text{N/mm}^2$ の範囲で分布している。年平均主応力（ 5.74N/mm^2 ）と比較した場合 3 月～7 月にかけては 5.58N/mm^2 （月平均）で若干低くなっている。また、9 月～1 月にかけては 5.91N/mm^2 （月平均）となり、若干高くなっている。

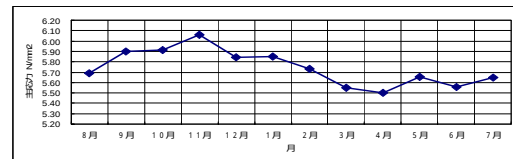


図 - 9 コンクリートの主応力解析結果（表面部）

5. 結論

- (1) 温度解析結果からコンクリート表面部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（21 ～ -6 ）し大きく変動する。
- (2) 表面と内部との月別温度較差は、年間 2.84 となり、2・8 月が、年間温度上下降の変換期となり 3 月～7 月にかけては表面部が内部より 0.83 （月平均）高くなっている。また、9 月～1 月にかけては、表面部が内部より 0.92 （月平均）低くなっている。
- (3) コンクリート主応力は、表面部が内部より年間通じ、 5.74N/mm^2 と大きく、且つ変動係数も 12.5% と大きい。これに対して内部は 5.35N/mm^2 と若干低く変動係数は 1.4% と年間通じ比較的安定している。
- (4) 表面部の月別主応力については、年間で $5.50 \sim 6.06\text{N/mm}^2$ の範囲で分布している。年平均主応力（ 5.74N/mm^2 ）と比較した場合 3 月～7 月にかけては 5.58N/mm^2 （月平均）となり若干低く（ -0.16N/mm^2 ）また、9 月～1 月にかけては 5.91N/mm^2 （月平均）となり、若干高く（ 0.17N/mm^2 ）なっている。

参考文献

- 1) 岡田包儀・桜井宏他; 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, 平成 21 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会 2010 年 2 月