

実施工における温度ひび割れ抑制対策に関する一考察 (古川地下調節池取水施設工事における施工実績報告)

鹿島建設(株)技術研究所 正会員

○室野井敏之

鹿島建設(株)

正会員

上木 泰裕

東京都建設局

望月 一宏

1. はじめに

セメントの水和熱に起因する温度ひび割れによって、構造物の耐久性が損なわれることがある。特に、取水施設のような水密性が要求される水理構造物では、温度ひび割れ対策を十分に講じることが肝要となる。本報は、温度ひび割れが課題となった「古川地下調節池取水施設工事」において、温度ひび割れ抑制対策について検討した内容および、その効果に関して報告するものである。

本報では、温度ひび割れ抑制対策としてコンクリートの粗骨材に石灰岩碎石を用いることとした。抑制対策の効果の確認のため、試験により熱膨張係数を確認するとともに、得られた熱膨張係数を入力値として三次元有限要素法による温度応力解析を実施し、温度ひび割れのリスクを評価した。

2. 対象構造物

本報で検討した構造物は、都内を流れる渋谷川・古川（二級河川）流域の洪水対策として施工した「古川地下調節池（図-1）」の取水施設のケーソン立坑である。当該構造物は、図-2 に示すような小判型形状の断面で、幅 8.8m、長さ 15.0m、全長 49.0m の構造物である。側壁の部材厚さは、1.0m～1.4m となるマスコンクリート部材であるため、温度ひび割れの発生が懸念された。

3. 検討概要

（1）温度ひび割れ対策

温度ひび割れ抑制対策として、コンクリートの粗骨材に熱膨張係数が小さく、コンクリートの水和熱などの温度変化による膨張や収縮のひずみ量を低減できる石灰岩碎石を用いることとした。

（2）使用材料および配合

表-1 にコンクリート配合、表-2 に使用材料を示す。配合は、標準配合および夏期配合について検討を行った。

（3）熱膨張係数の測定試験

熱膨張試験の試験概要を図-3 に示す。試験は以下の手順に従って実施した。

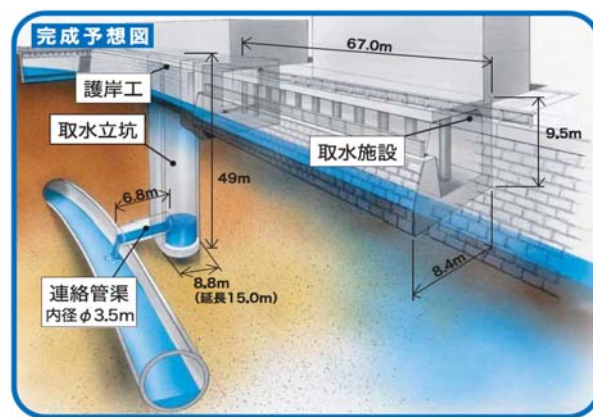


図-1 古川地下調節池 概要

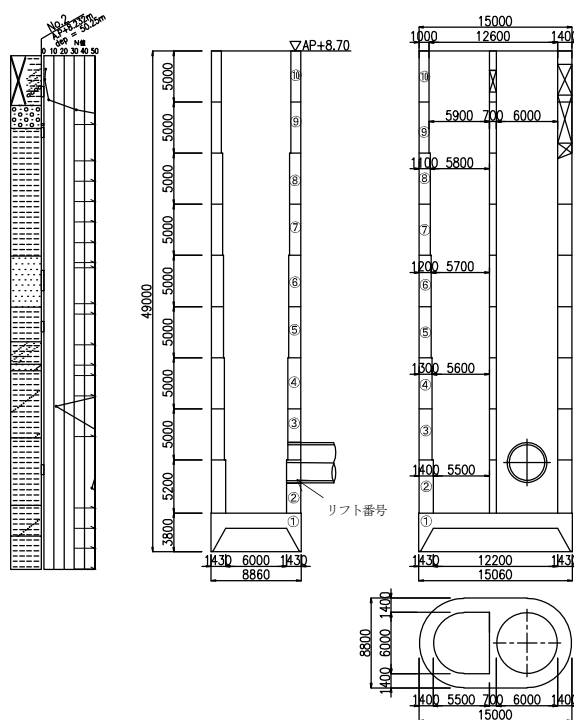


図-2 取水施設 概要

表-1 コンクリート配合

種類	W/C %	G _{max} mm	スランプ cm	空気量 %	s/a %	単位量 (kg/m ³)						
						W	C	S1	S2	G	Ad1	Ad2
標準	55.0	20	8	4.5	41.6	157	285	458	311	1110	C*0.6%	2A
夏期	55.0	20	8	4.5	40.9	162	295	445	303	1110	C*0.6%	2A

キーワード 温度ひび割れ 温度応力解析 石灰岩碎石

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所土木材料 Gr TEL 042-489-8017

①容量 20ℓ のポリエチレン製容器に無応力容器および埋込みひずみ計を設置した。

②ポリエチレン製容器および無応力容器内にコンクリートを打ち込み、締め固めを行った。

③20℃の環境下で 28 日間封かん養生を行った。

④28 日間の養生後、ポリエチレン製容器を温度追従養生槽に入れ、供試体に温度履歴を与えた。温度履歴は、供試体の温度が 60℃となるまで上昇させ、その後 20℃となるまで下降させた。温度変化の割合は、上昇・下降とも 2℃/h とした。

⑤埋込みひずみ計からひずみと温度変化量を 30 分間隔で測定し、式 (1) により熱膨張係数を求めた。

$$\gamma = \varepsilon / \Delta t \quad \text{式 (1)}$$

ここで、 γ : コンクリートの熱膨張係数($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) ε : 実ひずみ Δt : 温度差($^{\circ}\text{C}$)

4. 検討結果

(1) 熱膨張係数測定結果

熱膨張係数の計測結果を図-4 に示す。測定結果より、熱膨張係数は既往の研究¹⁾などで示される石灰岩碎石を用いたコンクリートの熱膨張係数の範囲であった。また、一般的なコンクリートの熱膨張係数が $10.0\mu^{\circ}\text{C}$ 程度であるのに対して7割程度の小さな値であった。

(2) 温度応力解析結果

温度ひび割れ抑制効果の評価として、石灰岩碎石を用いた配合と用いない配合について温度応力解析を実施した。

温度応力解析に用いた物性値は、コンクリート標準示方書【設計編】²⁾に準拠する値とした。熱膨張係数に関しては、石灰岩碎石の配合は試験値とし、石灰岩碎石を用いない配合では $10.0\mu^{\circ}\text{C}$ とした。

解析結果を図-5 に示す。石灰岩碎石を用いることにより、温度ひび割れを抑制できることを確認した。また、当該構造物では、最小ひび割れ指数 1.00(ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限できる範囲)以上を満足する結果であった。

5. おわりに

石灰岩碎石を用いた配合の温度ひび割れ抑制効果を解析により確認した。解析結果より、当該構造物において温度ひび割れを抑制できることを確認した。写真-1 に取水設備ケーソン内部の構築状況を示す。実際の施工においては、本報で示した配合による対策に加えて、養生方法や打設の工夫を行い、温度ひび割れを発生することなく施工することができた。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学会, マスコンクリートの温度応力発生メカニズムに関するコロキウム論文集, p. p. 15-18
- 2) 土木学会, コンクリートの標準示方書【設計編】2007 年制定, p. p. 331-343

表-2 使用材料

材料名	記号	適用
水	W	地下水、上水道水、密度: $1.0\text{g}/\text{cm}^3$
セメント	C	高炉セメント B 種、密度: $3.04\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	S1	千葉県富津産 密度 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$, F.M.2.10
	S2	高知県吾川産 密度 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$, F.M.3.40
粗骨材	G	高知県吾川産 密度 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$, 実積率 60.0
混和剤	Ad1	AE 減水剤 リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸
	Ad2	AE 剤 アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

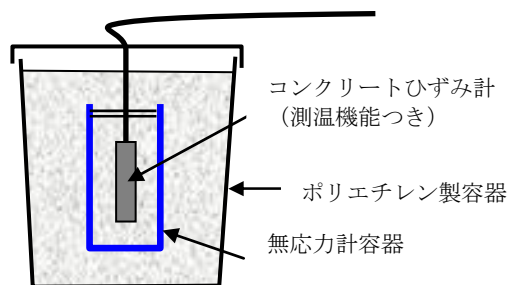


図-3 熱膨張係数測定 概要

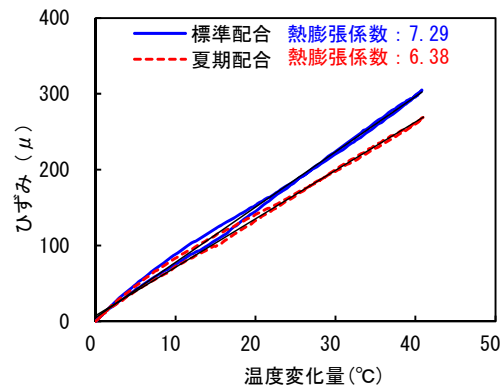


図-4 熱膨張係数測定結果

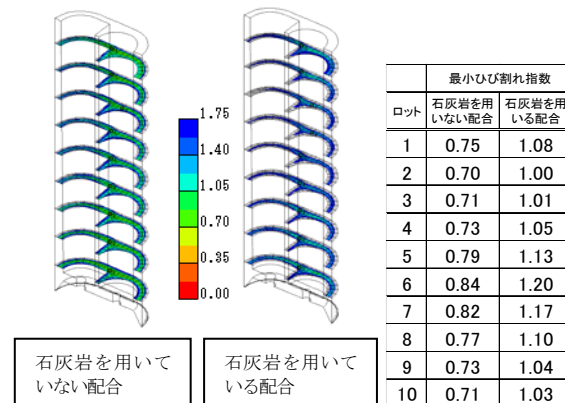


図-5 解析結果（最小ひび割れ指数）



写真-1 ケーソン内部の構築状況