

日本鋼管 第二重工設計部 正会員 ○鈴木 智 郎
 同 上 正会員 持 丸 知 也
 日本鋼管 技 術 研 究 所 正会員 岡 本 隆

1: はじめに

LNGタンクなど厳しい温度条件下にさらされるRC構造物には熱変形を拘束する作用に応じて大きな熱断面力が作用する。この断面力の算定は、従来コンクリートに引張を期待する弾性理論に基づいて行ない、配筋計算では引張無視の許容応力度法による場合が多かった。しかし、この方法では当初の解析でひびわれを許容しない剛性の大きな構造としての熱断面力を得るために、過大設計となる可能性が大きい。本研究は小型円筒モデルの内面温度を上昇させる方法により壁厚方向の温度勾配を与えて、ひびわれを発生させ、その後の温度勾配と熱断面力の関係を検討したものである。

2: 実験方法、装置

昇温は、図-1のような装置にて、内側水槽内の水温を、水蒸気を送り込むことによって均一に攪拌しながら行なった。水温は8時間で約60℃上昇し、その後の1時間は一定水温とした。図-2は、壁内の測定平均温度分布である。図-3に配筋図を示す。外径150、内径110、高さ150cmである。

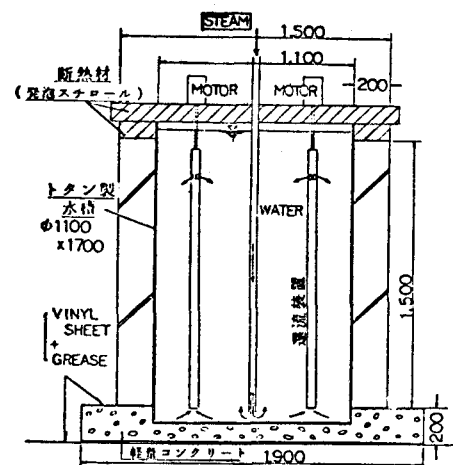


図-1 装置図

3: 使用材料

セメント：普通ポルトランドセメント，細骨材：山砂，粗骨材：山砂利，最大寸法10mm，混和材使用せず，スランプ：10cm，空気量：3%

C	W	S	G	W/C	S/A
290	176	894	1035	60.7	46.3

鉄筋：SD30，横ぶし13mm，約18cm格子配筋，鉄筋比：高さ，周方向とも約0.46%，かぶり：約4cm

4: 材料試験結果（平均値，4週試験，単位kg/cm²）

	圧縮	曲げ	割裂	$E_c \times 10^5$	ν
常温	224	30	19	203	0.178
+50℃	201	21	15	1.88	0.208

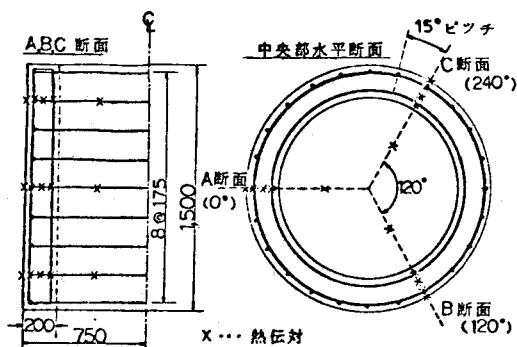


図-3 配筋図

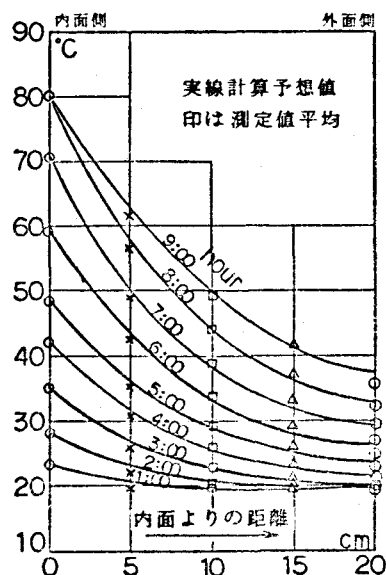


図-2 壁内温度分布と経過時間

5：測定項目

コンクリートひずみ	常温コンクリートゲージ	42点
鉄筋ひずみ	高温用ストレインゲージ	30点
円筒表面，壁内温度	C-C 熱伝対	36点
水温，大気温	C-C 熱伝対	11点
ひびわれ巾	クラックメーター	

測定ひずみはすべて最寄の熱電対値を用いて補正した。

最終時のひびわれ状況を右写真に示す。最大巾 0.3 mm。

6：解析，検討方法

温度分布：非定常 1 次元熱伝導有限要素法

熱断面力：温度勾配 4 次曲線近似軸対称円筒シェルの曲げ理論

鉄筋ひずみよりの曲げモーメント推定法

測定鉄筋ひずみによる換算曲率を平均断面の曲率 $1/\rho_{AV}$ と

仮定する。ひびわれ後の断面二次モーメントには

Branson の提案式を採用すれば，曲げモーメント

は次の式で繰り返し計算して決定される。

$$M_x = E_c \cdot I_{eff} / \rho_{AV}$$

$$= \left(\frac{E_c (I_g - I_{cr}) / \rho_{AV} \cdot M_{cr}^*}{(1 - E_c I_{cr} / \rho_{AV}) \cdot M_x} \right)^{1/4}$$

$$1/\rho_{AV} = (\epsilon_s - \epsilon_s') / d^*$$

$$I_{eff} = (M_{cr} / M_x)^4 I_g + [1 - (M_{cr} / M_x)^4] I_{cr}$$

M_x ：熱曲げモーメント， d^* ：鉄筋間距離

ϵ_s, ϵ_s' ：測定鉄筋ひずみ，他の記号説明省略

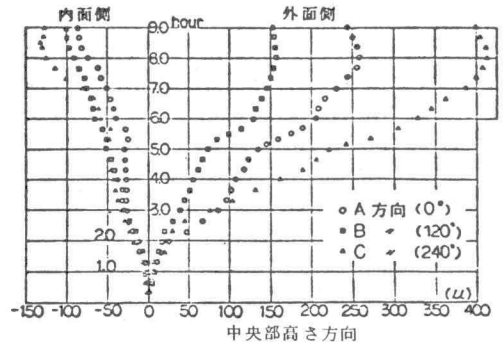
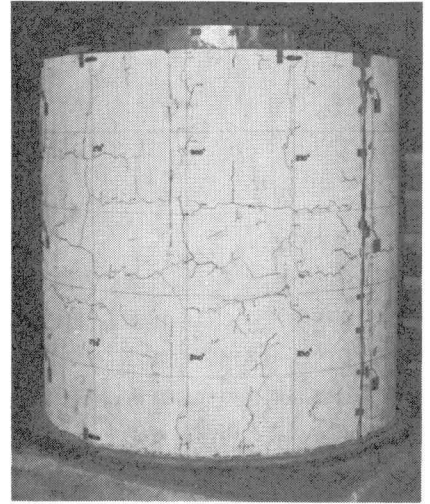


図-4 鉄筋ひずみと経過時間

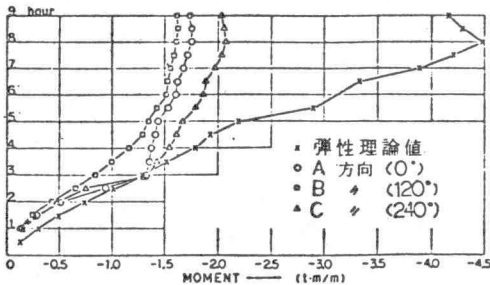


図-5 中央部高さ方向曲げモーメント

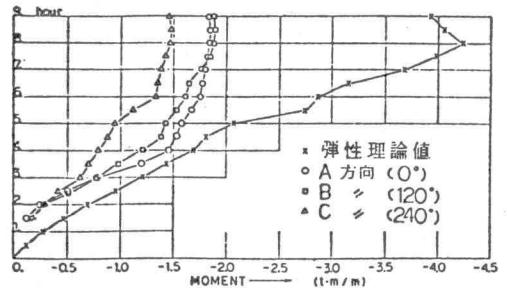


図-6 中央部周方向曲げモーメント

7：結論

- 1) RC円筒のひびわれは，約 20 cm の網目状に拡がり，最終的には，円筒を縦横数ブロックに分割するようにつながった。ひびわれは，最大 0.3 mm 程で，ほとんどが 0.1 mm 以下のものであった。
- 2) ひびわれに伴う剛性低下は熱断面力を大きく減少させるものであり，平均曲率の仮定により推定された熱曲げモーメントは，実験最終段階においては弾性理論値の約 40% であった。
- 3) 2) の傾向は，円筒の周方向に関してのみならず，軸方向（高さ方向）においても同様に認められた。
- 4) 円周方向の拘束作用による熱フープコンプレッションは，測定ひずみから判断される限り，ほとんど弾性理論値に比して微小であり，ひびわれの影響が大きく出たものと考えられた。

参考文献 D. E. Branson ; "Deflection of Reinforced Concrete Flexural Members, ACI Committee 435", Jun 1966