

清水建設(株) 正会員 国 島 正 彦

清水建設(株) 正会員 〇小 野 定

1. はじめに

コンクリート構造物の大型化に伴って、ダムコンクリートより富配合で、施工方法に関して種々の制約を受けるマッサンな鉄筋コンクリート構造物が数多く施工されている。

原子力炉関係の構造物、地下タンクの底版あるいは橋脚などの下部構造物などのマスコンクリートの施工において、温度ひびわれをできるだけ防止することは非常に大切な問題である。温度ひびわれによって、構造物が設計計算上の仮定と相違したり、鉄筋の発錆などによりその耐久性が低下することから、これまでにマスコンクリートの温度ひびわれに関する数多くの研究がなされている。

本報告は、マスコンクリートの温度ひびわれを制御する問題について、これまでに筆者らがたずさわってきたマスコンクリート構造物の施工計画、および施工記録をとりまとめ、温度ひびわれを制御するためマスコンクリートの配合設計方法について一考察を加えたものである。

2. マスコンクリート施工時における温度ひびわれと配合との関係

マスコンクリート施工時における温度ひびわれは、セメントの水和熱による温度上昇、および温度上昇にともなう温度ひずみの発生、さらにその温度ひずみが内的あるいは外的に拘束されることにより発生するものである。温度ひびわれを制御するためには、コンクリート施工時の温度上昇をできるだけ小さくし、かつ発生した温度応力(引張応力)に抵抗する引張強度を保有するコンクリートを製造することが特に重要となる。

しかし一般的なマスコンクリート構造物の場合には、ダムコンクリートの場合とはひびわれを制御するための考え方は共通するが、具体的な諸条件、たとえば設計基準強度が比較的大きいこと、粗骨材の最大寸法あるいは運搬およびスランプなどから制約をうけることが多い。

したがって、マスコンクリート構造物の施工にあたっては、構造物の使用限界状態およびその工事の固有の条件を十分に把握して慎重にコンクリートの配合を決めることが、温度ひびわれを制御するための重要な要因になると思われる。

3. マスコンクリート施工時における温度上昇の制御を考慮した配合設計例

実際のマスコンクリート構造物において温度ひびわれを制御するために、施工時の温度上昇を小さくすることを目的とした配合設計方法について以下に述べる。構造物の諸条件はTable-1に示すようである。配合設計のフローチャートはFig-1に示すようであって、所要の強度、耐久性、水密性、ワーカビリティ、およびポンプビリティが得られる範囲でできるだけ単位セメント量および単位水量を少なくして、温度上昇の小さいコンクリートとした。ここでは、温度上昇を 30 deg. 以下に制御することを目標とした。構造物に設計荷重が作用するまでの期間が長いことを考慮して、設計基準強度 $\sigma_{ck} = 270\text{ kg/cm}^2$ は材令91日の圧縮強度とした。Table-2に示すような配合設計条件で試験練りを行なってきた、施工が容易で、経済的と考えた示方配合がTable-3に示してある。この配合は単位セメント量が 250 kg/m^3 であって、一般的な鉄筋コンクリートの場合よりも少なくなっている。

配合強度 σ_r を 292 kg/cm^2 (変動係数: 10% , 割増し係数 1.08) として実際に施工したコンクリートの品質検査の結果は、Fig. 2~4に示すようであって十分所要の強度が得られた。また若材令で強度が大きいものは長期強度が小さく、逆に若材令で強度が小さいものは長期強度が大きいという当然の結果が得られた。若材令時で問題となる引張強度は、Fig. 5に示すようにいずれの場合にも温度応力に抵抗するために必要と考えた $\sigma_{ct} = 1.5 \sim 1.7 \text{ kg/cm}^2$ の強度に達していたものと思われる。

Table 4にこの試験結果から推定した、普通ポルトランドセメントを用いたAEコンクリート(混和剤: 減水型遅延剤ボゾリス NO. 8使用)の圧縮強度とセメント水比との関係式、および σ_r と σ_{ct} , σ_r と σ_{ct} , σ_{ct} と σ_{ct} の関係式が示してある。

この配合のコンクリートの温度上昇は、Fig. 6に示すようであって、部材厚が約 2m の構造物の場合の最高温度上昇 ΔT は約 30 deg. であった。施工計画において、温度ひびわれを制御するための目安として施工時の温度上昇を 30 deg. 以下とすればよいと考えていたので、この品質検査結果および温度上昇の実測値からはほぼ満足しうる施工計画および施工管理が行なわれたものと思われた。

3. おわりに

設計基準強度 $\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$ を材令 7 日の圧縮強度として単位セメント量を 250 kg/m^3 まで削減した配合とした。一般的な鉄筋コンクリート構造物の単位セメント量は 300 kg/m^3 以上にすれば品質的によい構造物が得られると経験的にいわれているが、大型土木構造物のマスコンクリートの場合には、単位セメント量を 250 kg/m^3 程度まで少なくとも品質的にはとくに問題ないと思われる。また施工にあたって、一般的に行なわれているポンプ打ちを採用してもスランパ 12 cm 程度で円滑に施工しうることを確認した。

(参考文献) 塚山隆一, “マッシーな鉄筋コンクリートの温度上昇ならびに温度ひびわれに関する基礎的研究”, 1975年

TABLE-1 構造物の諸条件

1. 厚さ 2 m の鉄筋コンクリート
2. 設計基準強度 $\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$
3. ひびわれはできるだけ防止
4. 一定程度以上の水密性が必要

FIG-1 配合設計フローチャート

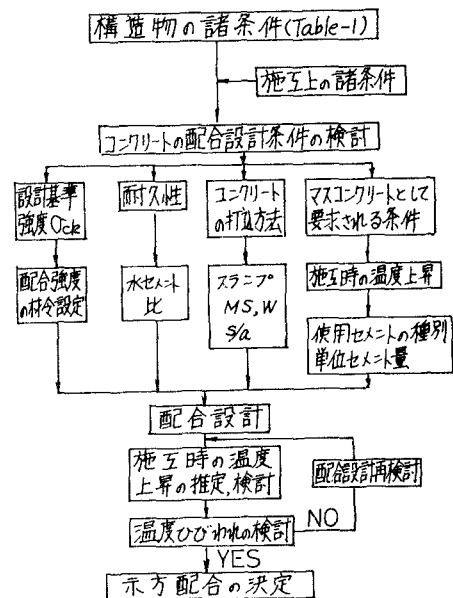


TABLE-2 配合設計条件

- 1 設計基準強度 $\sigma_{ck} = 270 \text{ kg/cm}^2$
- 2 所要スランパ $SL = 12 \text{ cm}$
- 3 粗骨材の最大寸法 $MS = 25 \text{ mm}$
- 4 使用セメント 普通ポルトランドセメント
- 5 使用混和材料 減水型遅延剤
- 6 水セメント比 $W/C \leq 60\%$
- 7 施工時の温度上昇 $\Delta T \leq 30 \text{ deg.}$
- 8 引張強度 材令 7 日位で $\sigma_{ct} = 1.5 \sim 1.7 \text{ kg/cm}^2$ 程度
- 9 コンクリートの打ちみ方法 ポンプで打設 水平投置圧送距離 100 m 程度

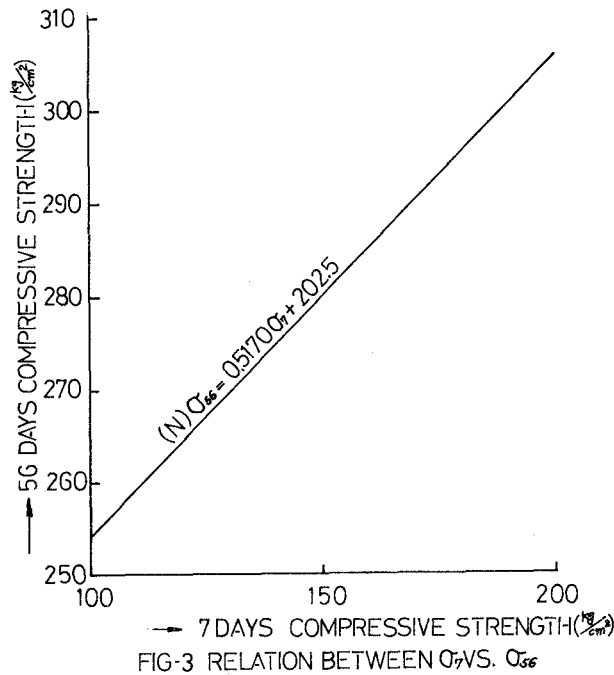
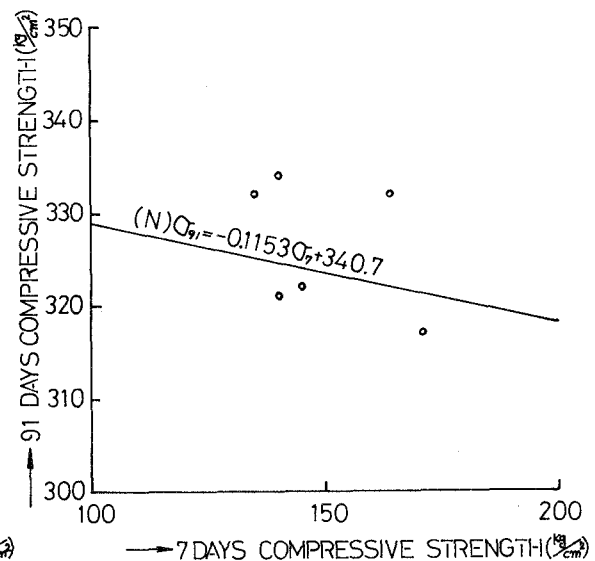
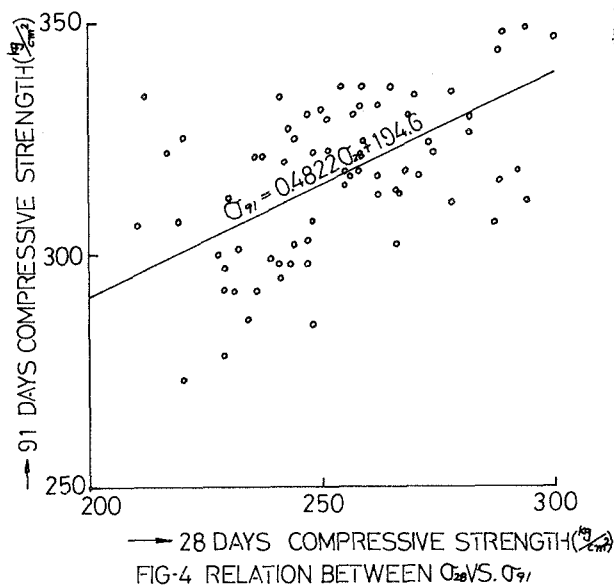


TABLE-3 示方配合

MS	AIR	SL	W/C	S/ci	单位量 (kg/m³)					σ_{ck}
(mm)	(%)	(cm)	(%)	(%)	W	C	S	G	AD	(kg/cm²)
25	4	12	60	442	150	250	855	1110	78	270

TABLE-4

1	$\sigma_{91} - C/W$	$\sigma_{91} = -90 + 248 C/W$
2	$\sigma_c - t$	$\sigma_c = 1.17 t + 213$
	where, t : Age (day)	
	$t \geq 10$ days	
3	$\sigma_7 - \sigma_{91}$	$\sigma_{91} = -0.116 \sigma_7 + 340$
4	$\sigma_7 - \sigma_{56}$	$\sigma_{56} = 0.517 \sigma_7 + 202$
5	$\sigma_7 - \sigma_{28}$	$\sigma_{28} = -0.376 \sigma_7 + 298$
6	$\sigma_{28} - \sigma_{91}$	$\sigma_{91} = 0.482 \sigma_{28} + 194$



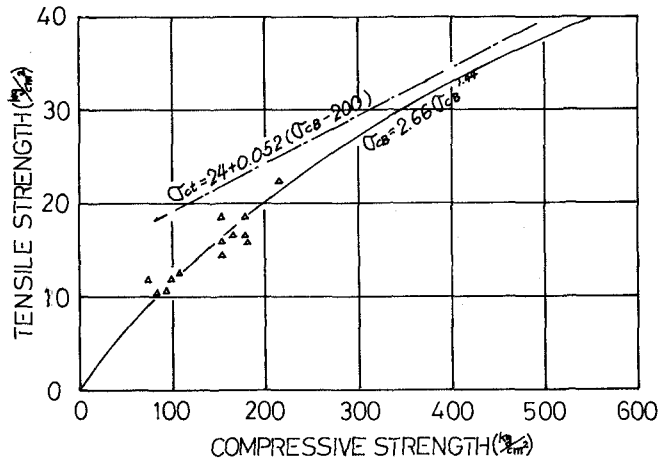


FIG-5 RELATION BETWEEN COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE STRENGTH

