

首都高速道路公団 正員 吉田 隆

久保田 信雄

顧問組 技術研究所 中内 博司

1. まえがき 本報告は、人工軽量骨材コンクリートを用いた厚さ3mの大型フーチングにおいて現場実験を行い、その温度性状、温度応力について考察したものである。従来のマスコンクリートの温度応力に伴う実験研究に比べて、本実験では、①フーチング上面に30℃の温水を供給し、保温効果を高め、ひびわれ対策とした。

②計測手法として有効応力計を用い、直接応力度を得たことが、特長として挙げられる。

2. 実験概要 今回のコンクリートは人工軽量骨材

(最大寸法15mm)、中庸熱セメント単位セメント量289(%)を用いたもので、その力学的性質を表-1、熱的性質を表-2に示す。一般に知られているように、人工軽量骨材コンクリートは普通骨材コンクリートに比べて熱伝導率が小さく、比熱が大きい。しかし、熱容量はいくつかの文献によれば600~750 kcal/℃・m³であり、特に両者の間に違いはない。本構造物は厚さ3m、平面寸法2.5m×43.25mの大型フーチングで、基礎はリバー

ス杭(φ1,500、L=約40m)となっている。使用計器は、C-C熱電対、埋設型リズミ計、有効応力計で主に厚さ方向の分布に注目し、設置した。養生方法として温水養生を用いたが、これは養生面上に深さ20cm約30℃の温水を循環させたもので、6日間実施した。なお、温水養生の効果を確認するために、他のフーチングで従来の湿潤養生による現場実験も行なった。

3. 実験結果および考察

(1) 温度履歴 上昇温度の経時変化について計算値と実測値とを対応させ、図-1に示した。計算手法として一次元モデルによるSchmidt法と地盤、捨コンも構造系に含めた二次元モデルによる有限要素法を用いた。図-1からこれらの計算結果は全般的に実測値をよく満足していると言えるが、材令初期で一致しない。特に上下面近傍(No1, No5)で差が大きく、解析上より適切な境界条件を必要としている。本報告の境界条件は、Schmidt法では上面で仮想厚さ20cm上昇温度を0℃、下面で水和熱を $\frac{1}{2}$ とし、有限要素法では熱伝導率を6 kcal/℃・hr・m²とした。しかし、実測値の方が小さいことから、さらに熱散散度を大きくする必要があり、特にSchmidt法で再検討を要すると思われる。また、断面中央(No3)の初期上昇温度を関数近似($T=43.6(1-e^{-0.113t})$)を得たが、これは従来発表されている円柱供試体を用いた断熱温度上昇試験による実験式を大きく上回る結果となった。

(2) 実構造物における弾性係数 本実験で用いた有効応力計は、一端にセットされたロードセルにより荷重を検出し、弾性係数を介することなく応力度を得ることが出来る。これを同一配合コンクリートの

表-1 力学的性質

圧縮強度		弾性係数		単位体積重量	ポアソン比
7日	28日	7日	28日		
162 ^{kgf/cm²}	315	1.17×10^5 ^{kgf/cm²}	1.56×10^5	1,630 ^{kg/m³}	0.20

表-2 熱的性質

熱伝導率	熱膨散係数	比熱	線膨張係数
0.848 ^{kcal/m/hr}	0.0013 ^{m/hr}	0.394 ^{kcal/kg・℃}	7.51×10^{-6} /℃

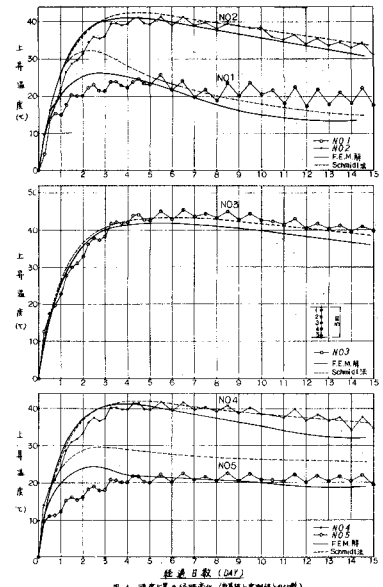


図-1 温度履歴の経時変化 (断熱養生(電動機)の場合)

大型円柱供試体を用いた検定試験により、その出力精度をほぼ確認した。この応力度と同一測定点でのひずみを用い、実構造物における弾性係数を材令毎に算出した。このような実構造物の持続応力下における弾性係数 E_2 に対し、材料試験で与えられる短期荷重下での弾性係数 E_1 とを比較し、図-2に示した。

両者は養生条件が異なること、実測値にばらつきが少なくないことなど必ずしも明確な実験結果を示すとは言い難いが、フリープによる見掛け上の弾性係数の低下と直接把握することができたと判断される。図-2によると、両者の比 E_2/E_1 は材令初期でほぼ直線的に低下を続け、7日以降一定値となり、 $E_2/E_1 \approx 0.55$ であった。これは従来経験的に用いられている弾性係数の低下率と大きな違いはない。

(3) 温度応力 温度応力分布の実測値と二次元モデルの有限要素法による計算値と比較し、図-3に示した。計算値の入力条件として、温度分布は実測値を用い、下面での外部拘束を弾性バネで表現し、 $K = 10 \text{ kg/cm}^2$ とした。また、前項で示した弾性係数の低下を考慮したものが図中の点線である。材令初期(図-3での2.5日後、4.5日後)では計算値と実測値はよく一致したが、材令の増加に従って両者の対応は比較的不明瞭となった。

3. 温水養生の効果 温水養生と湿潤養生の実験結果を比較すると、内外部の温度差、温度分布、温度勾配など温度性状の違いから、温水養生による保温効果が容易に認められた。例えば、両者の中心部はほぼ同等の上昇温度(最高45℃)を示したが、露出面近傍では湿潤養生の方が温度降下が大きく、内外部の最大温度差は温水養生で24.4℃、湿潤養生で33.2℃であった。この温度差 σ_t から上下縁の引張応力を $\sigma_t = 2E\alpha t / 3(1-\nu)$ により算出し、その材令でのコンクリートの発現強度 σ_{tu} と対応させた。これを図-4に示す。 σ_t/σ_{tu} を見ると、湿潤養生では材令初期で大きくその後も0.8~0.9であるなど、ひびわれの危険性が大きかったことを示している。一方温水養生では σ_t/σ_{tu} が0.6以下であり、温水養生による効果と考えられる。

4. あとがき Schmidt法、有限要素法など従来の解析手法により実験結果をよく満足したものの、境界条件と断熱温度上昇曲線の設定に検討を要する。温水養生については、その保温効果が認められたが、適切な養生温水の温度、必要期間などの設計指針を準備し、ひびわれ防止策として確立する必要がある。計測手法としての応力計とひずみ計の併用はきわめて有効な方法と期待される。

〈参考文献〉首都高速道路公団 温水養生に関する報告書(BT-205工区) 昭和55年8月

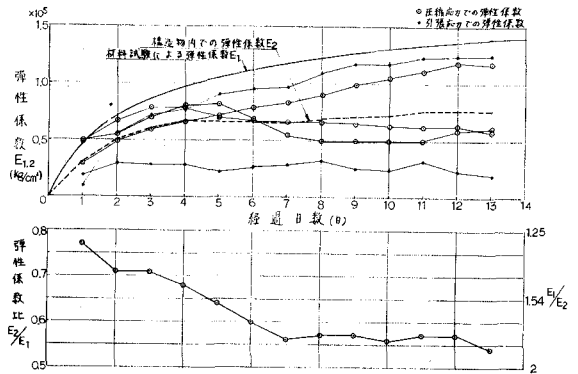


図-2 構造物内での弾性係数の変化

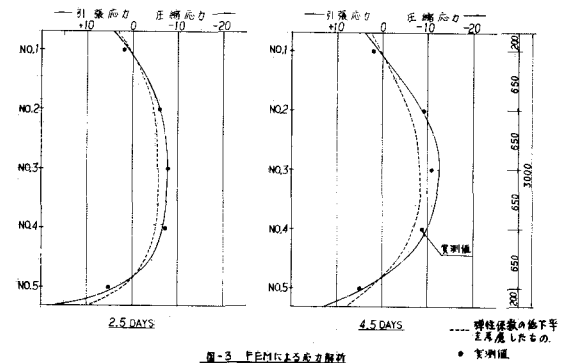


図-3 FEMによる応力解析

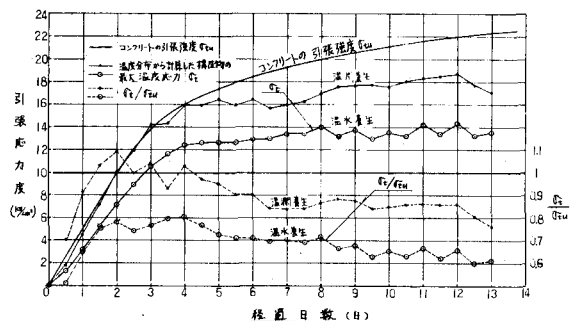


図-4 コンクリートの引張強度と構造物の最大温度応力度