

V-191

マスコンクリートの有効弾性係数に関する研究

フジタ工業(株)・技術研究所 正員 ○伊藤祐二・渡辺直樹
同 上 正員 青景平昌・鎌田正孝

§ 1. まえがき マスコンクリートの有効弾性係数には不明な点が多く、温度応力の予測計算において精度向上の阻害要因となっている。そこで本研究は、室内実験および現場計測データにもとづき、マスコンクリートの有効弾性係数を定量的に評価し、この結果を用いて計算した温度応力を実験結果と比較検討して予測計算への適用性について考察したものである。

§ 2. 実験概要 室内実験はコンクリートの温度応力発生速度に着目し、温度下降速度を変化させて J I S 原案の「コンクリートの水和熱による温度ひびわれ試験方法(案) 1)」に準じた試験を行った。現場計測の場合には、有効応力計、埋込型ひずみ計および温度計を対にして同一個所に設置し、同一時点の温度応力と有効ひずみを計測した。コンクリート打設時には、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ の円柱供試体を作製し、圧縮強度、引張強度および静弾性係数試験を各材令にて行なった。

§ 3 有効応力と有効ひずみの関係 典型的な有効応力と有効ひずみの関係を図-1 に示す。有効弾性係数はこの図の有効応力と有効ひずみの勾配より求めることができる。この図より、ほぼ直線的な区間が温度上昇域と温度下降域に認められること、また温度応力を簡便に推定するためには単純な有効弾性係数のモデル化が望ましいことより、有効応力と有効ひずみの関係を便宜上3本の直線に近似し、それぞれの区間の平均的な有効弾性係数を求めることとした。図-1 に示すように、①区間は原点から最大圧縮応力の点まで、②区間は最大圧縮応力の点から引張域における応力-強度比が0.5の点まで、また③区間はその点から最大応力-強度比の点までの範囲とする。温度下降域を②区間と③区間とに分けたのは、この両区間を一本の直線で近似するには無理があること、また応力-強度比の増大にしたがって勾配が減少する傾向があることより、コンクリートの引張塑性化の影響を考慮すべき③区間と、弾性範囲内と想定できる②区間とに分けるのが、妥当と考えられたからである。各区間の直線近似は最小二乗法によって行ない、その勾配を有効弾性係数とした。

§ 4 有効弾性係数 § 3 で述べた方法により、有効弾性係数 (E_e) を各区間について求めたが、配合の異なるコンクリートの結果を比較検討するために、コンクリートの標準養生28日の静弾性係数 (E_{c28}) で各区間の有効弾性係数 (E_e) を除し、無次元化して E_e/E_{c28} とした。

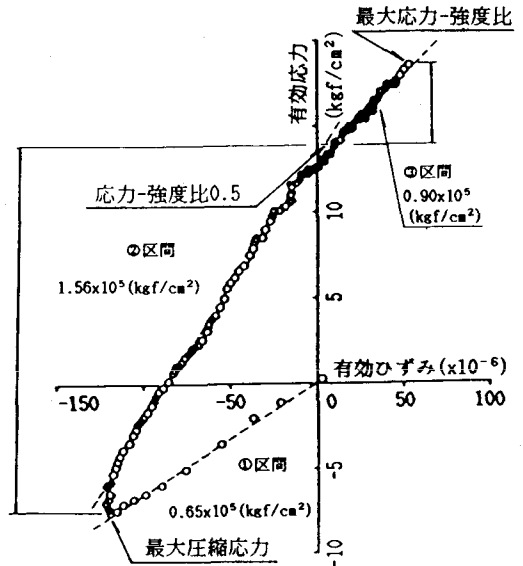
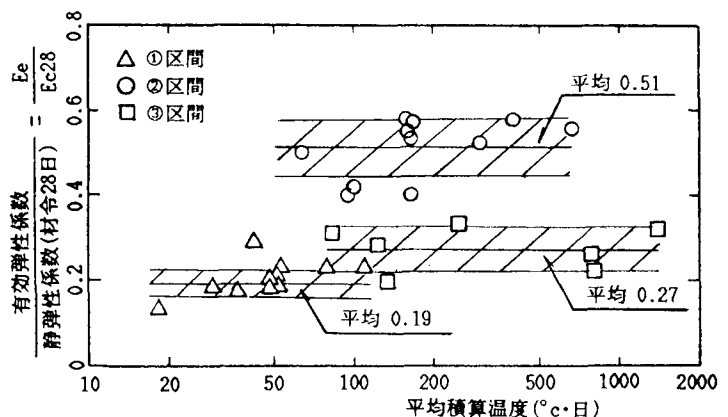


図-1 有効応力と有効ひずみの関係

図-2 E_e/E_{c28} と平均積算温度の関係

E_e/E_c28 と平均積算温度(M_{av})との関係を図-2に示す,ここで M_{av} は各区間の始点と終点における積算温度の平均値を表している。図中△印は①区間より,○印は②区間より,また□印は③区間より求めた値であり,各実線は E_e/E_c28 の平均値を,さらに斜線部はそれぞれの区間における標準偏差の範囲を示している。この図より, E_e/E_c28 は各区間においてほぼ一定となっていることが認められる。これは,コンクリートの物性が大きく変化しているにもかかわらず,有効弾性係数としては経時的な剛性の増大とクリープによる剛性低下が相殺されて,ほぼ一定に近い値を示しているものと考えられる。

§5 室内実験結果への適用 §4にて求めた有効弾性係数の適用性を検証するために,この結果を用いて温度応力を逆算し実測値と比較検討する。室内実験は単純な一軸拘束と考えられるので温度応力(外部拘束応力: $\sigma(t)$)は時間ステップの逐次計算式(1)で求められる²⁾。ここでは有効弾性係数のみの影響を直接比較するために,これ以外の入力値は全て実測値を使用する。

$$\sigma(t) = \alpha K E_e \sum_{t_0}^t (\Delta T_R - \Delta T_C) \quad (1)$$

ここに, $\sigma(t)$:温度応力

t :材令(日) K :外部拘束度

α :コンクリートの線膨張係数

E_e :有効弾性係数の時間ステップ間の平均値

t_0 :応力計算を開始する基準材令(日)

ΔT_R :拘束材平均温度の時間ステップ間の変化量

ΔT_C :コンクリートの断面平均温度の時間ステップ間の変化量

図-3および4は,コンクリートの温度下降速度が極端に異なる2ケースについて,温度応力計算値と実測値の比較を示している。図-4の場合には,材令2日にて供試体中央部にひびわれの発生が認められた。

図-3および4より,全試験期間において,計算値と実測値は良く一致しているのが認められる。特に図-4の場合には,ひびわれ発生直前におけるコンクリートの塑性化領域においても良く一致した結果が得られている。有効弾性係数は図-1の有効応力と有効ひずみの関係より便宜上3つの区間に分けて求めたが,逆算した温度応力の結果からみるとほぼ妥当なものと考えられる。これには理論的には不合理な点はあるが,あくまでも実測値にもとづいた近似である。

§6 まとめ 室内実験および現場計測データより,有効弾性係数を検討し,この結果を用いて室内実験の場合の温度応力を計算した。その結果,本研究の範囲内にて次のことが言える。1)無次元化した有効弾性係数(E_e/E_c28)は,設定した3つの区間においてほぼ一定と考えられた。2)前述の有効弾性係数を用いて計算した温度応力は,温度下降速度が大きく異なる場合でも,実測値と良く一致した。

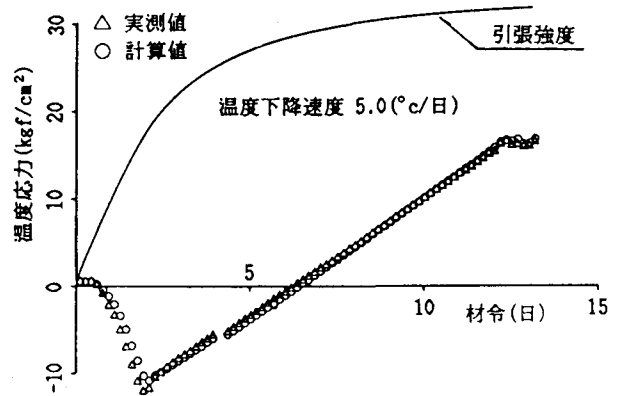


図-3 温度応力計算値と実測値の比較

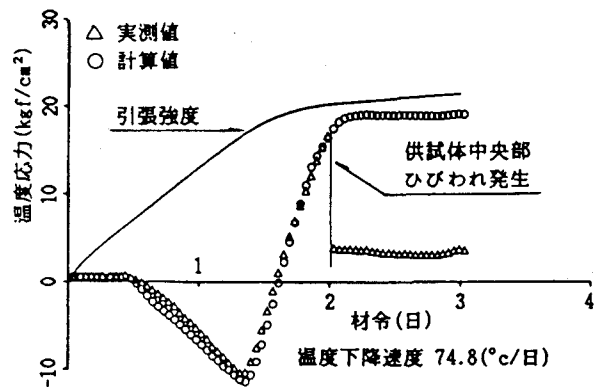


図-4 温度応力計算値と実測値の比較

- 参考文献 1) 仕入, 青柳, 川瀬「コンクリートのひびわれ試験方法(案)」コンクリート工学, Vol.23, No3, 1985年
2) 前野, 青景, 伊藤「大断面ボックスカルバートの硬化時温度応力について」第2回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, 日本コンクリート工学協会, 1984年3月
3) 青景, 伊藤, 渡辺「マスコンクリートの有効弾性係数に関する実験的研究」第8回コンクリート工学年次講演会論文集, 日本コンクリート工学協会, 1986年