

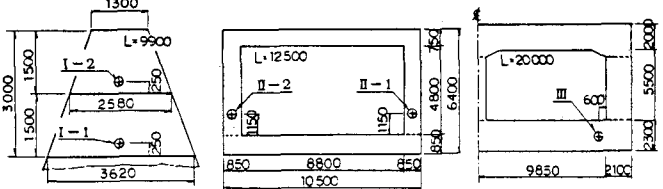
V-192

コンクリート硬化時の有効弾性係数に関する一考察

日本国土開発(株)技術研究所 正会員 ○竹下 治之
日本国土開発(株)技術研究所 正会員 浅沼 潔
日本国土開発(株)技術研究所 正会員 横田 季彦

1. まえがき

近年、コンクリート構造物の大型化に伴い、マスコンクリートの温度ひびわれの発生が懸念される場合が多くなっている。このため、構造物の設計の段階で温度応力を正確に推定し、必要に応じて確なひびわれ防止対策を講じる必要がある。しかし、この温度応力の算定のためには、種々の物性値、中でも特に、クリープの影響を考慮した有効弾性係数を正しく設定することが重要となる。以下に、3種類の実構造物における温度応力の実測結果から、コンクリートの有効弾性係数について検討したので、これについて報告する。



(I) 重力式土留壁 (II) 中規模ボックスカルバート (III) 大規模ボックスカルバート

2. 計測概要

計測した実構造物は、図-1に示す3種類であり、これらの内、Iは内部と外部拘束応力、IIは外部拘束応力、IIIは内部拘束応力が卓越する場合である。IおよびIIは筆者らが実験を行ったものであり、IIIは青景ら¹⁾の実験結果によるものである。計測データは、断面中央部の温度、ひずみおよび応力である。個々のデータは、零点移動量と温度変化についての補正を行い²⁾、移動平均法によりノイズを除去した後、応力と応力ひずみの関係図として整理した。そして、この関係図に対しスケルトンカーブを引き、3~12時間毎の区間内での割線の勾配として有効弾性係数を求めた。また、本実験と並行して、圧縮強度試験を行い弾性係数を求めて、これを積算温度との関係に整理し、後述する弾性係数低減率の算定に活用した。なお、使用セメントは、Iが高炉セメントB種、IIとIIIが普通セメントで、単位セメント量は、それぞれ 296, 300, 280 kg/m³である。

3. 実験結果および考察

コンクリート温度の経時変化を図-2に示す。同図に示されるように、3種類の構造物の温度変化はかなり大きく異なっており、これらの温度上昇速度は約20~50℃/日、温度下降速度は約 1.5~7℃/日である。応力と応力ひずみとの関係の代表例を図-3に示す。同図より、温度変化が大きく異なる各実験ケースとも温度上昇時および温度下降時とも、両者の間には近似的に直線関係があることが認められる。このような関係は、田沢ら³⁾が行った室内拘束実験結果でも確認されている。

図-3の各曲線に対し 3~12時間毎の割線を引き、その勾配である有効弾性係数を求めると図-4のようである。同図に示されるように、実際の弾性係数が材令とともに大きくなるのに対し、有効弾性係数は温度上昇とともに、ある値から次第に減少して、最高温度到達とともに急変してかなり大きな値を取った後、温度下降とともに次第に減少し、温度が安定するに従い、ある一定値となる傾向にあることが分かる。しかし、この最高温度到達前後までのこれらの値には、コンクリートの熱特性、計器特性などの影響により、誤差を生じやすく、しかも、僅かな計測値の変動

図-1 構造物の形状寸法および測定位置

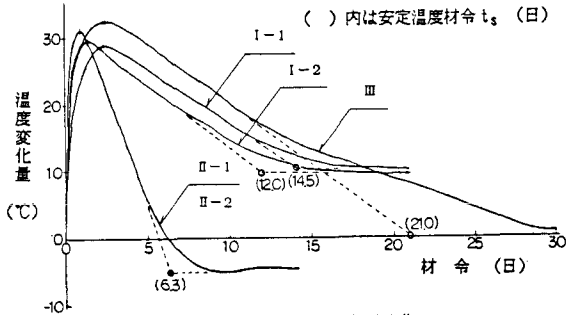


図-2 コンクリート温度の経時変化

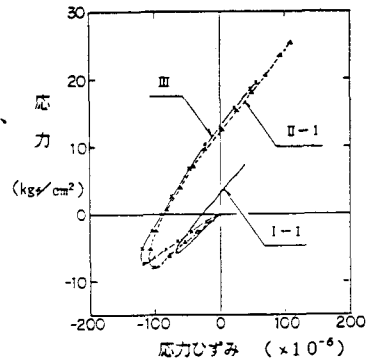


図-3 応力と応力ひずみとの関係

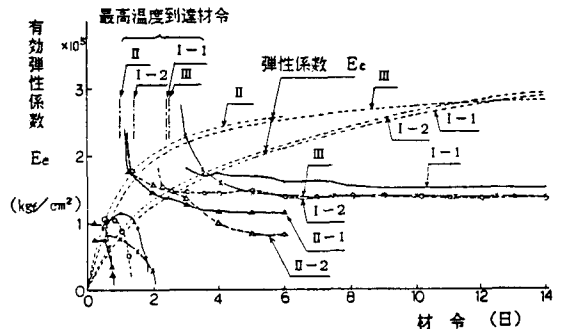


図-4 有効弾性係数の経時変化

により計算値が変化しやすい状況にある。

図-4より各実験ケースに対し弾性係数低減率 R （有効弾性係数／弾性係数）を計算し、その経時変化を示すと図-5のようである。同図より、 R は以下の特徴を有することが分かる。①温度上昇時には、 R は1より大きい値から、これより小さい値に変化する傾向がある。②最高温度到達とともに、この値は急変し、概ね1より若干大きな値となる。③その後は、温度下降とともに、次第に減少していき、温度が安定するに従いある一定値となる傾向がある。この R に影響する因子としては、温度変化速度、最高温度材令（ l_m ）、安定温度材令（ t_s ）、内外的拘束度などが考えられる。

図-5の R に対し、最高温度到達時までを4分割、その後の安定温度時までを10分割し、それぞれの分割材令に対応する R を再プロットすると、図-6のようである。ただし、計算に用いた安定温度到達材令は、 R が実際の安定温度材令よりも幾分早い時期に一定値となっていることなどを考慮し、図-2に示すように、実際の安定温度材令の約75%の値を用いて計算を行った。図-6に示すように、温度変化が大きく異なる各実験ケースともほぼ同様な傾向となり、このような表示方法により、かなり都合よく整理されることが分かる。

また、図-6の温度下降時の R を2次式で近似すると図-7に示すようである。なお、温度上昇時の R はかなり大きく変動するが、概ね1の前後で変動するため、その平均的な取り扱いをするためと、最高温度到達材令が比較的若い場合、この時期の弾性係数はまだ小さく応力算定に対し比較的影響が少ないため、一定値（ $=1.0$ ）として取り扱った。同図より、各実験ケースとも、図中に示す2次式により比較的精度よく表示されることが分かる。また、このようなモデル化した R を用いて算定した計算値は、計測値と比較的よく一致することが確認されている。⁴⁾ なお、モデル化した R は図-7でも分かるように、各実験ケースとも一定値 C_2 により大きく左右されるが、本実験の範囲内で C_2 と温度下降速度の関係を示すと図-8のようである。

4. まとめ

温度変化状況の異なる3種類の実構造物に対し、有効弾性係数を検討した結果、温度上昇時および最高温度到達時にその値はかなり大きく変動するものの、温度下降時には材令とともに次第に減少し、温度が安定するに従い、ある一定値となる傾向があることが分かった。また、これより求めた弾性係数低減率は、最高温度材令および安定温度材令をパラメータとして整理すれば、比較的よく整理されることが分り、これを2次式で近似する方法を示した。

<参考文献>

- 1) 青景、伊藤、前野；大断面ボックスカルバートの硬化時の温度応力について、第2回マスコンコロキウム、日本コンクリート工学会、昭和59年。
- 2) 竹下、浅沼、横田；マスコンクリート中の計器特性について、同上。
- 3) 田沢、飯田；硬化時温度応力の発生メカニズムについて、第1回マスコンコロキウム、日本コンクリート工学会、昭和57年。
- 4) 竹下、浅沼、横田；ボックスカルバートの温度応力の実測と解析、第8回コンクリート工学年次講演会講演論文集、昭和61年。

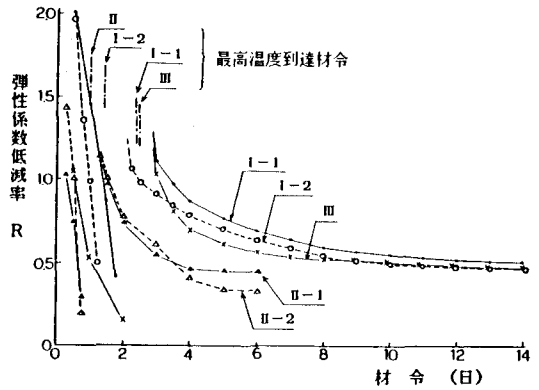


図-5 弾性係数低減率の経時変化

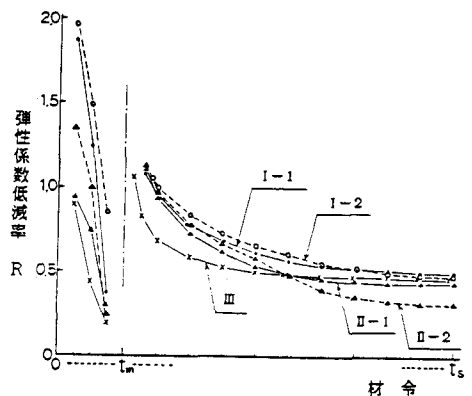


図-6 弾性係数低減率の一般化

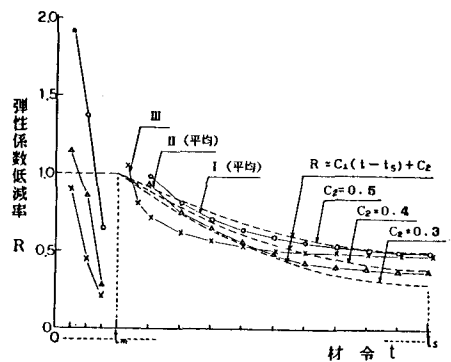


図-7 弾性係数低減率のモデル化とその比較

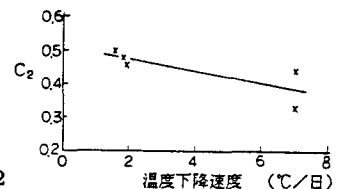


図-8 係数 C_2 と温度下降速度との関係