

V-36 コンクリート 打継目付近の水和熱測定と 温度応力の解析

京 都 大 学 正員 岡 田 清
鹿 島 建 設 正員 野 尻 陽 一
阪神高速道路公団 ○正員 本 村 春 一

過去において2, 3例ディビダークげたの新旧ブロック打ち継ぎ目付近に橋軸方向のひび割れが発生したと報告されている。これは水和熱による応力の発生といわれている。そこで阪神高速大和川ディビダーク橋において水和熱の実測データを得、温度応力を検討した。

Ⅰ 本試験の内容 (イ) コンクリートの水和熱測定 (ロ) コンクリートの断熱温度測定 (ハ) コンクリートの弾性係数測定、(イ) については本橋の10ブロックの断面を測定対象とした。(ロ) については水和熱上昇を物理的に把握するために供試体で行う。(ハ) については温度応力がコンクリートの弾性係数に影響されるのでその時間的変化を測定した。

Ⅱ 測定的位置は、けた部材断面内の温度分布、新旧コンクリート打継ぎ目付近に生じる温度分布を考慮して各ブロック24点を決定した。

Ⅲ 測定方法 (イ) コンクリートの水和熱測定：銅-コンスタンタン熱電対によるゼーベック効果を利用して行ない、電子管式自動平衡記録計を用いた。(ロ) コンクリートの断熱温度上昇測定：断熱カロリメーターを用いている。用いた供試体は材料、配合とも本橋同一のものである。(ハ) コンクリートの弾性係数測定： $\phi 150 \times 300$ の圧縮供試体を作成し、養生条件(温度 40°C 、湿度 80%)、(20°C 、 80%)、(10°C 、 80%)の3とおり、各材令時8, 10, 16, 24, 72, 168, 336 時間についてダイヤルゲージ、ワイヤーストレイゲージ等でひずみを測定し応力-ひずみ曲線を求めた。

Ⅳ 測定結果 早強コンクリート水和熱の経時変化グラフは図-1のとおりである。底版(厚さ

96 cm)の温度分布は普通セメントでは一様分布に近いが、早強セメントにおいては中心部が高く、表面との温度差も大き傾向となった。旧コンクリートに新しいコンクリートを打ち継いだときの打ち継ぎ目付近の温度分布を図-2に示す。(底版厚さ96 cm) この図から新コンクリートブロック側の温度は打継ぎ目より60 cm離れた位置まで、旧コンクリートによる影響が生じ、旧コンクリートでは打ち継ぎ目から30~40 cmの位置まで水和熱が伝達している。そして打継ぎ目付近の温度は連続的に変化し、そのこう配はコンクリート打設後、

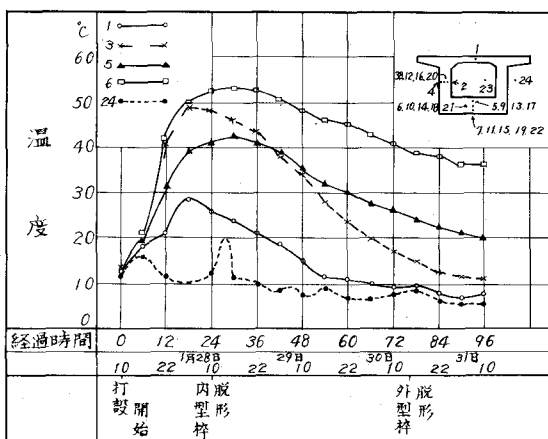


図-1 打設後の経過時間と温度との関係(早強)

10～30時間のうちに最大となっている。また新旧コンクリートの温度が一樣になる時間は120時間以上を示している。

V 温度応力の算出 けたがボックス断面である場合コンクリートの硬化熱による温度応力を算出することはその時点のコンクリートの力学的性質が刻々変化すること、けた部材間の拘束条件が複雑なこと、新旧コンクリートの打ち継ぎの影響が不明なこと等きわめて困難とされ、いまだに的確な計算方法が確立されていない。本文では、(イ)ボックス断面を構成する4つの版がそれぞれ分離された版の問題として扱う。(ロ)打ち継ぎ面においては新旧コンクリートが一体となっており、拘束の程度は新旧コンクリートの弾性係数に大きく支配される。と仮定した。

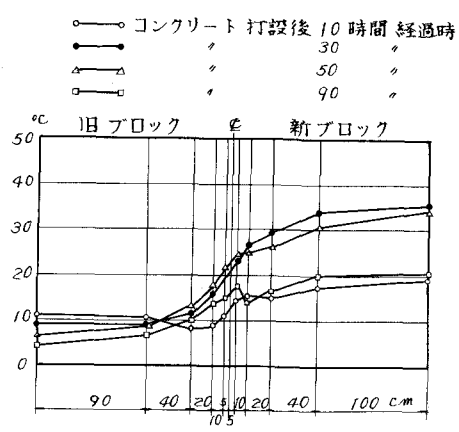


図-2 底版打ち継ぎ目の橋軸方向温度分布(早強)

一般に面内問題における温度応力のつり合い式は次式で表わされる。

$$\frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} = -\alpha E \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \quad \tilde{\sigma}_x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}, \quad \tilde{\sigma}_y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y},$$

α : コンクリートの線膨張係数, E : コンクリートの弾性係数, T : 温度分布

この微分方程式を解くために、格子構造物を考え、差分方程式に置き換えて計算した。計算に当っては、コンクリートの線膨張係数 α の値は一定とし $\alpha = 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とする。コンクリートの弾性係数は旧ブロックで $E_0 = 0.35 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ を用い、新コンクリートの弾性係数 E_1 は $E_1/E_0 = 1/8, 1/4, 1/2, 1$ に相当する値の5ケースを考えている。以上の状態で内部応力の影響線を求め、もっとも大きくなる新ブロック床版の橋軸直角方向応力について時間変化を計算したものが図-3である。

(正が引張力), クリーブ係数 ϵ は $1/240$ /時。

VI 考察 この結果、コンクリート打設後50～60時間までは部材中心部表面付近ともに圧縮応力が作用しており、それ以後は新コンクリート側が引張り応力状態になっている。これは新しく打ち継いだコンクリートが水和熱のために膨し、

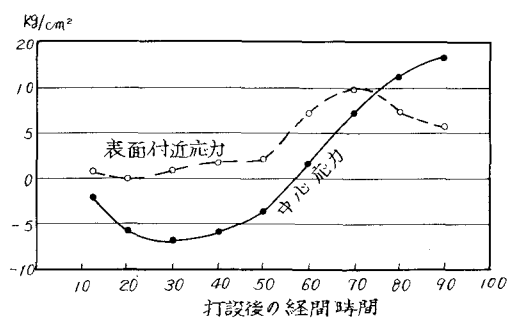


図-3 底版温度応力(早強, 厚さ96 cm)

旧コンクリートの拘束によって圧縮応力状態となるが、このときはコンクリートの弾性係数が比較的小さいために応力はあまり大きくならない。しかし膨張した状態で硬化したコンクリートが収縮し始めると、この時期にはコンクリートの弾性係数が大きくなっているため、すでに版内に発生している圧縮力を打ち消して、さらに引張り応力状態と推移していく。そして最終的には引張り応力が残留する現象となる。この残留応力の大きさは床版厚さ96 cmの早強セメントで17, 8 kg/cm^2 、普通セメントで15 kg/cm^2 程度であった。
($\bar{\sigma}_0 \geq 400 \text{ kg/cm}^2$, 普通セメント379 kg/m^3 , 早強セメント399 kg/m^3)