

V-193

RCボックスカルバートの温度応力測定例

東急建設技術研究所 正会員 瀬野康弘

東急建設技術研究所 正会員 西岡 哲

1. はじめに

下水道管渠(ボックスカルバート)の構造形式は施工性・経済性などの点を考慮して、現場打ち鉄筋コンクリート(以下RC)構造の形式が採用されることが多い。このような構造物は最終的に地中に埋め戻されることが多く、そのような場合には気温の影響は無視できるとして、また地盤の不等沈下に対して縦断勾配が維持できるよう鉄筋は継目部を通して連続している場合が多い。さらに、構造物の設置場所が河川内となる場合には渇水期施工であることが多く、工期が短いためコンクリートの配合は早強セメントを使用し強度発現が早くなるように考慮されていることが多い。これらの条件は温度応力を増大させる要因となることが考えられ、これまでもRCボックスカルバートの温度応力に関する多くの事例が報告されている¹⁾。

ここでは、配合条件を変更せずに継目部における鉄筋を不連続として完全な伸縮目地構造を採用したRCボックスカルバートの温度応力測定結果について報告する。

2. 対象構造物と測定概要

測定の対象となった構造物は図-1に示す断面を有するRCボックスカルバートであり、1ブロックの長さはおよそ22mである。軸方向鉄筋は、側壁および頂版ともD13が30cmピッチで配置されている。使用したセメントは早強ポルトランドセメントであり、設計基準強度は $\sigma_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ である。コンクリートの標準配合を表-1に示す。コンクリートの打設は底版(1/31)、側壁(2/10)、頂版(2/28)の3回に分けて行なわれた。

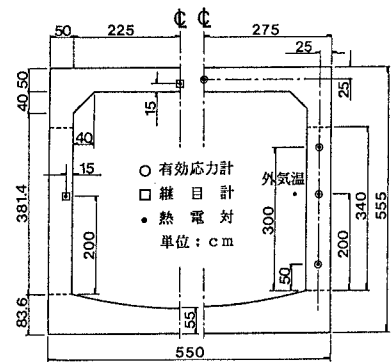
測定位置は、スパン中央断面の側壁と頂版、および両端継目部に設けた。計器は図-1に示すように有効応力計(GK-60-505)およびCC熱電対を側壁については高さ0.5, 2.0, 3.0mの位置に、頂版については断面中央部に設置し、継目部については高さ2.0mの位置および頂版中央部に継目計(BJ-10A)とCC熱電対を設置した。なお、側壁中央部(h=2m)には無応力計も設置した。

3. 測定結果および考察

無応力計から求められたコンクリートの線膨張係数は約 $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であった。一般に報告されている値と比較すると小さい部類に含まれるが、これは骨材の影響であろう。

図-2に側壁および頂版の温度変化を示す。なお、外気温の測定結果も合わせて示した。打設温度および最大温度上昇量は側壁が 14°C 、 20.5°C (側壁中央部)、頂版が 14.5°C 、 29°C であった。打設温度がほぼ同じであったにもかかわらず最大温度上昇量に著しい違いが生じた原因としてはコンクリート打設後の外気温の違いが主な原因として考えられる。すなわち、側壁が打設された日の外気温は 5°C でありその後の半日で約 3°C 低下していたのに対し、頂版の打設日には 9°C から約 6°C 上昇していた。

図-3に各測点の有効応力の経時変化を示す。図中には側壁コンクリートの現場水中養生供試体の割裂試験による引張強度を合わせて示した。打設コンクリートの引張応力が最大となるのは材令5日の側壁下部(h=0.5m)で、約 17.5 kgf/cm^2 であった。一



注) 有効応力計は頂版および右岸側壁のみ
継目計は頂版および両側壁

図-1 構造物の形状および測定位置

表-1 コンクリートの標準配合

W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					Air (%)	スラッグ (cm)
		W	C	S	G	混和剤		
49.6	44.1	180	323	813	1045	0.136	4.0	12.0

方、頂版の場合は、打設後9日目に最大引張応力（約17kgf/cm²）が生じていた。これらの発生時期はコンクリート温度が安定する時期に一致している。

側壁中央部の応力履歴を見ると、材令2～5日において引張応力が引張強度を上回っていたが、脱型後のコンクリート表面にはひびわれの発生は認められなかった。この理由としては側壁コンクリートの温度履歴が現場水中養生した供試体コンクリートの温度履歴よりも高いために、割裂試験結果よりも大きな引張強度が発現していた可能性があることが考えられる。また、頂版コンクリート打設後の温度上昇に伴い、側壁コンクリートには引張応力が生じており、その程度は上部ほど大きい。その大きさは、側壁上部（h=3m）でおよそ5kgf/cm²であった。しかし、頂版コンクリートの温度が下降するにつれて側壁上部の応力は圧縮側に移行し、コンクリート温度が安定した状態では約17.5kgf/cm²の圧縮応力が残留していた。

一方、コンクリート温度が安定した状態でもボックスカルバートの側壁下部および頂版には約10kgf/cm²の引張応力が残留していた。この残留応力に乾燥収縮などの影響による引張応力が付加されることにより、ひびわれが発生することが懸念されたが、打設後1年以上経過した時点においてもひびわれの発生は認められていない。この理由としては、当構造物が下水道施設として地中に埋設されていることから、常に高湿度環境下にあり乾燥収縮量が小さいことが幸いしていると思われる。

図-4は継目変位の挙動を示したものであり、極性は正が閉、負が開である。継目の変化量は、コンクリート打設後の温度上昇に伴って0.2～0.4mm閉じていたのに対し、コンクリート温度が下降し外気温とほぼ同じになった時の開きは0.5～1.5mmであった。閉開の量が等しくならない原因としては、温度変化量の違い、コンクリート強度（弾性係数）の時間依存性の影響、目地材料の影響の有無が考えられる。

4. まとめ

本構造物に温度ひびわれが発生しなかった理由として、コンクリートの温度上昇量および線膨張係数が小さかったことなどが考えられる。

<参考文献>

- 1) 例えば、名和、岩山、梅原、吉田：RCボックスカルバートの温度応力に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集10-2, pp.181-186, 1988.6

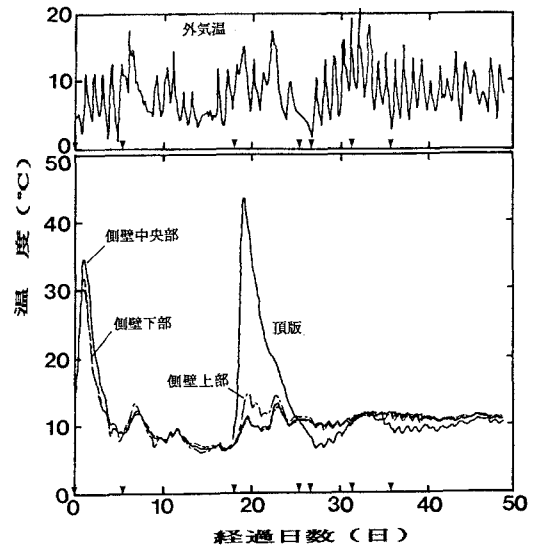


図-2 温度履歴

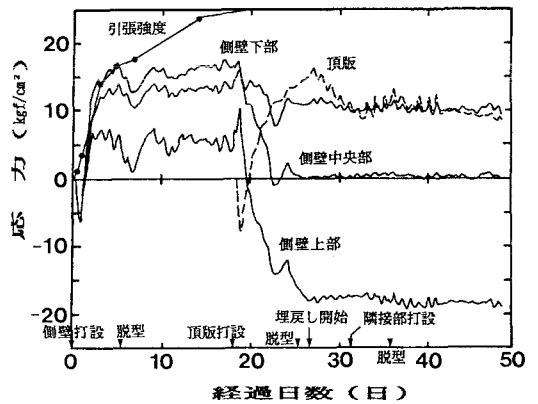


図-3 有効応力の経時変化

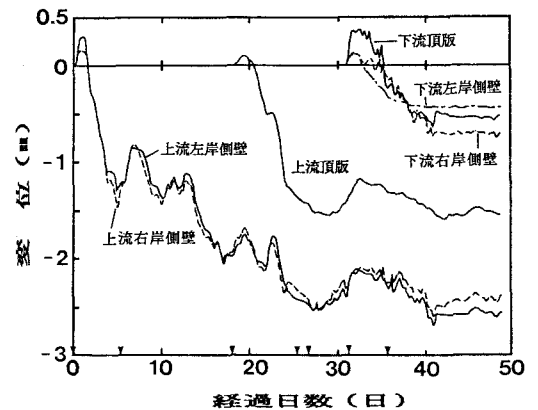


図-4 継目変位の経時変化