

V-229

高温下における3点ヒンジアーチ形状の鉄筋コンクリート構造物の挙動について

西松建設(株)技術研究所 正会員 ○西田德行 土橋吉輝  
西松建設(株)香港(支)設計課 鳥居雅之 江藤俊行

1. まえがき

香港テーツケントンネルでは、トンネルダクト天井板(以下、スラブ)を3ヒンジアーチ構造のプレキャストコンクリートパネルとして設計(トンネル供用時、火災時)・施工した。現在までに高温下における鉄筋コンクリートの材料物性および部材の評価・研究は数多くなされているが、構造物としての高温下における挙動については研究例<sup>1)~3)</sup>が少ない。なお、本ヒンジは無収縮モルタルを用いたものであり、完全ヒンジ構造となっていない。そこで、香港現地においてトンネル内火災を想定した高温下におけるスラブ挙動の経時変化を実験的に把握し、本設計の妥当性を検討することを目的に実物大供試体による加熱実験を行った。

2. 実験概要

スラブの火災時における設計条件は、a.スラブ下面温度を450℃に1時間保持した際に脱落しないこと、b.スラブ下面温度を250℃に1時間保持した際に脱落せず、火災後継続使用できることであった。よって、実物大供試体の加熱実験(同一供試体で250℃を3回、450℃を1回)では、各熱荷重を1時間保持し、加熱中止後約4時間の部材内温度、ひずみおよび変位を計測した。加熱実験の計器配置図を図-1に示す。実験供試体は、スラブ(幅約2.4m)の性質を損わないと判断する範囲で簡素化し、幅を50cmとした。

加熱制御は、側方に断熱材(ロックウール)をつけた実験供試体の直下に配した電熱管100本への供給電力を温度コントローラと交流電力調整器で自動調整する方法とした。ただし、立上げ時には設定温度への到達時間を短縮するために、マニュアル操作の電熱管100本を併せて使用した。使用したコンクリートの物性試験結果は、表-1に示すとおりである。

3. 加熱実験結果および考察

加熱表面部コンクリート温度経時変化は図-2に示すとおりであり、ほぼ満足できる温度管理ができたと考える。断面内の温度分布は、図-3に示すように温度立ち上げ時および温度保持時は双曲線状となった。図-4に温度およびひずみの経時変化を示す。温度立ち上げ時の断面内のひずみ分布は、上部および下部で圧縮、中央部で引張となり、コンペンセーションライン法により算定した理論値と傾向が一致した。

温度保持時のひずみは、上、中および下部とも一定値に収束する方向に推移した。これは、①部材温度

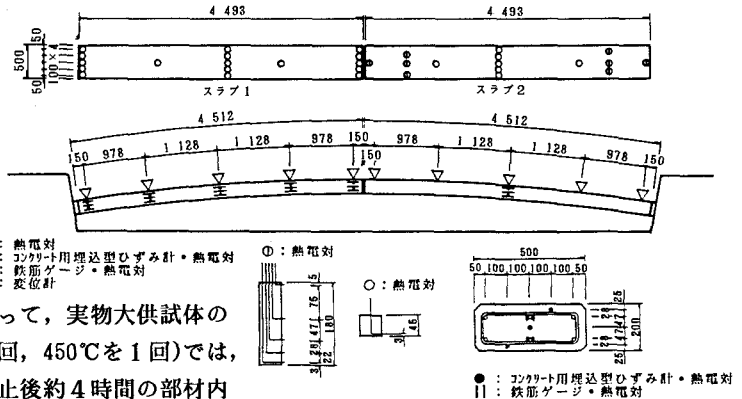


図-1 取り付け計器配置図

表-1 コンクリート物性試験結果

項目	物性値・材令	規格および供試体	備考
圧縮強度	42.7 MPa 材令44日	BS1881 Part116,1983 15cm×15cm×15cm,3個 常温	
弾塑性係数	22.6 KN/mm <sup>2</sup> 材令44日	BS1881 Part121,1983 φ15cm,H=30cm,3個 常温	
引張強度	2.92 MPa 材令44日	BS1881 Part117,1983 15cm×15cm×15cm,3個 常温	
熱膨張率	昇温過程 α=9.76-0.0222T 降温過程 α=5.37+0.0250T 材令44~45日	規格なし φ10cm,H=20cm,3個の 円柱供試体使用 150℃まで加熱	150℃までの熱膨張率試験を行った結果、既往研究 <sup>1)</sup> に概ね近似していると判断し、その式を採用した。 常温≦T≦207℃ α=12.4-0.0830T 207℃≦T≦500℃ α=3.78+0.008895T

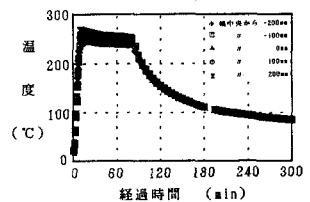


図-2 加熱表面部の温度経時変化図

の上昇に伴うスラブ間の継目の開きによる支承条件の変化(ヒンジ効果), ②部材内温度差の減少, ③クリープ収縮によるものと考えられるが, 今回の実験結果から原因を限定することは難しい。温度降下時においては, コーベル側と中央接合部のひずみ分布が, 逆の傾きとなった。これは部材の温度降下収縮が, 不完全ヒンジである接合部により拘束されたことが原因の1つと考えられる。スラブの鉛直変位は, 図-5に示すように断面内温度の上昇に伴って増加した。なお, スラブ1と2の変位量は, 中央ヒンジを中心にほぼ対称な分布となった。250℃の繰返し加熱実験では, 各実験で部材の温度上昇に多少の差異は見られたが, ひずみおよび変位に関する計測結果は, ほぼ同じであった。また, 目視によるひびわれ観察では, スラブの加熱表面部に不規則な網目状のひびわれは発生していたが, 貫通していると思われるひびわれは発見されなかった。さらに, コンクリートひずみは滑らかな曲線を示していることから, 供試体を貫通するひびわれは, 発生しなかったと推定できる。また, 450℃の加熱実験においても供試体は脱落せず, スラブは設計条件a, b.を十分満足するものと判断した。

4. まとめ

加熱実験により, スラブはトンネル火災発生時における設計条件を十分満足することが確認できた。さらに, 接合部に無収縮モルタルを用いた3ヒンジアーチ構造の鉄筋コンクリートの高温時の挙動特性として, 次のことが把握できた。(1) 火災時の温度上昇による部材の伸張は, 中央接合部分が鉛直上方に変位することにより

解放される。(2) 温度立上げ時の断面内のひずみ分布は, 上部および下部で圧縮, 中央部で引張となる。(3) 温度保持時の部材内のひずみは, 上, 中および下部

とも一定値に収束する方向に推移する。(4) 温度降下時のコーベル側と中央接合部の断面内ひずみ分布は, 逆の傾きとなる。

参考文献: 1) 金津努, 青柳征夫他: 100℃を超える高温下におけるコンクリート・鉄筋コンクリートの力学的性質, 電力土木, No. 202, pp71~81, 昭和61年5月, 2) 金津努, 石田博彰他: 鉄筋コンクリートはり部材の温度応力挙動, コンクリート工学年次論文報告集 10-3, pp709~714, 1988, 3) 黒田一郎, 太田俊昭他: 高温加熱によるコンクリートはり部材の熱伝導と温度応力性状, 土木学会第45回年次学術講演会, 第V部, 1990.9

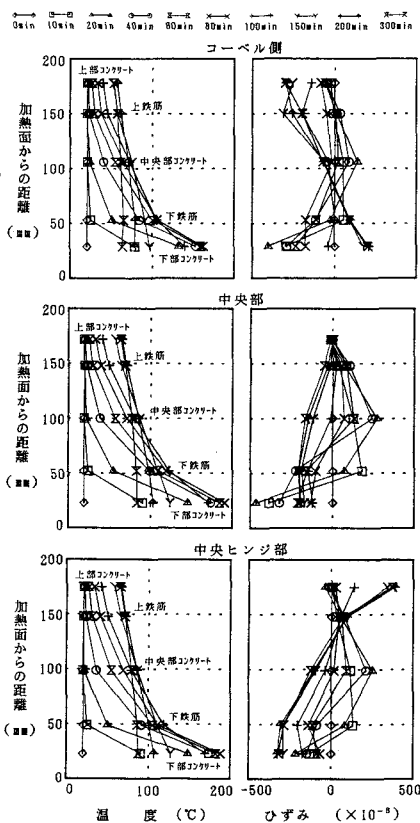


図-3 断面内温度・ひずみ分布図

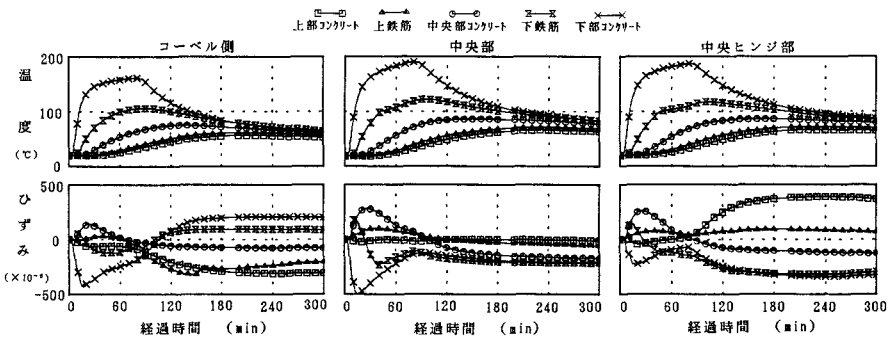


図-4 温度およびひずみの経時変化図

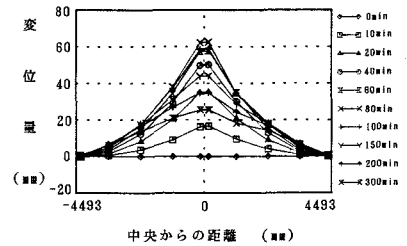


図-5 変位量分布図