

## 論文 高温時におけるコンクリートの内部応力解析

宋 勲<sup>\*1</sup>・菅原 進一<sup>\*2</sup>・田村 政道<sup>\*3</sup>・望月 秀敏<sup>\*4</sup>

**要旨:** コンクリート構造物が火災を受けた場合、火災温度が上昇するにつれて強度およびヤング係数が低下し、それに関連して亀裂、ポップアウト、爆裂などの劣化現象が起り易くなる。コンクリートの高温下における劣化現象メカニズムについてはさまざまな報告があるが、解明すべき点も少なくない。本研究は、高温時のコンクリート部材の内部応力を伝熱解析および連成解析法を用いて計算し、実験的にも検討を加えた。解析の結果、加熱によりコンクリート部材の内部は非定常状態の温度・応力分布を示し、特に、加熱初期の温度および熱応力の急激な変化が爆裂を誘起する可能性があることを明らかにした。

**キーワード:** 爆裂, 熱応力, 連成解析, 伝熱解析, 熱的性質

### 1. はじめに

コンクリートの耐火性能に関する数多くの研究より、鉄筋コンクリート造の建物は所定のかぶり厚さがあれば耐火構造であると認められている<sup>1)</sup>。しかし、コンクリート部材が火災を受けた場合、火災温度の上昇につれ、強度およびヤング係数が低下するなどの劣化現象が起こる。また、コンクリート部材は高温に長時間曝されることによりコンクリート中のセメント水和物が脱水し、水和物の変化および時には表面から内部に至る大きな亀裂が発生する場合もある<sup>2)</sup>。特に、高強度コンクリートはその傾向が強く、爆裂などによる断面欠損の発生、鉄筋の温度上昇などの危険がある。このような背景により、耐火性能の新たな検討および爆裂のメカニズムの解明が注目を浴びている<sup>3),4)</sup>。コンクリート部材の熱的性質はコンクリートの調合、使用骨材の種類によっても大きく左右される<sup>1),2),4),7)</sup>。コンクリート部材が熱を受けた場合、コンクリートには不均一な温度分布が生じ、熱的特性の異なる隣接部分では、伸縮が拘束されることになり、熱応力が生じる。本研究では、実験的検討も

合わせて異なる熱的物性を持つコンクリートの内部温度を求め、その結果から連成解析を利用してコンクリート内部に発生する熱応力を計算するものである。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料および調合

使用材料を表-1に、コンクリートの調合を表-2に示す。モルタルの調合は、実際のコンクリートの調合から粗骨材のみを除いたものである。セメントは普通ポルトランドセメント(密度 $3.16\text{g/cm}^3$ )を、細骨材は大井川水系陸砂(表乾密度 $2.60\text{g/cm}^3$ )を粗骨材は青梅産硬質砕石(表乾密度 $2.65\text{g/cm}^3$ )を用いた。コンクリートの調合は単位水量を $170\text{kg/m}^3$ 、W/Cを25,35,45,55%と変化させた。スランブ $18 \pm 3\text{cm}$ 、空気量 $4 \pm 1\%$ を目安に高性能AE減水剤の量を調整した。コンクリートの練り混ぜは100Lの強制式ミキサーを用い、セメントと細骨材を投入して空練り後練混ぜ水と混和剤、粗骨材の順番に投入して各90秒間練り混ぜた。試験体は所定の材齢まで気中養生を行った。

\* 1 東京大学大学院生 工学系研究科 建築学専攻 工修 (正会員)

\* 2 東京大学教授 工学系研究科 工博 (正会員)

\* 3 東京大学技術官 工学系研究科

\* 4 東京大学大学院生 工学系研究科 建築学専攻

表-1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm <sup>3</sup> )
粗骨材	青梅産硬質砕岩砕石(表乾密度2.65g/cm <sup>3</sup> )
細骨材	大井川水系陸砂(表乾密度2.60g/cm <sup>3</sup> )
混和剤	ポリカルボン酸系 高性能AE減水剤

2.2 試験体寸法および測定

高温時の強度および物性測定は、モルタル試験体(φ50×100mm)を用い、電気炉で2時間(加熱速度13.2℃/min)加熱後常温に戻し、2軸ひずみゲージを利用して測定した。図-1に物性測定用モルタル試験体の加熱方法および加熱時間を示す。耐火性能測定は、ISO 834の標準加熱曲線によりコンクリート試験体(φ100×200mm, 500×500×120mm)を用いて測定した。図-2, 3に試験体の寸法・形状および壁式加熱炉および温度測定点を示す。試験体は鉄筋(D10)までのかぶり厚さ40mm, 加熱面から20mm間隔で20, 40, 60, 80mmに熱電対を埋め込みコンクリートおよび鉄筋の温度を測定した。耐火試験時の材齢は85日のものであり、測定時の含水率は2.6~3.0%であった。

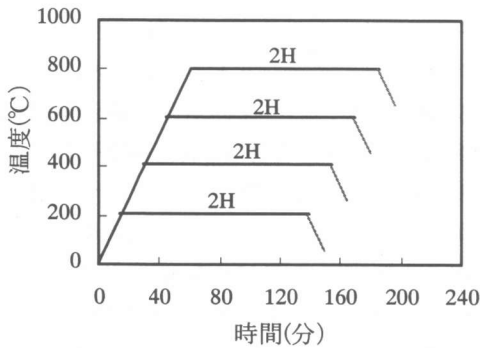


図-1 加熱方法および加熱時間

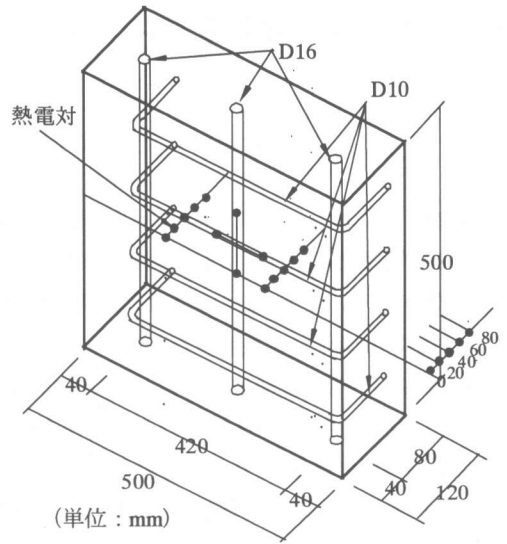


図-2 試験体の寸法・形状

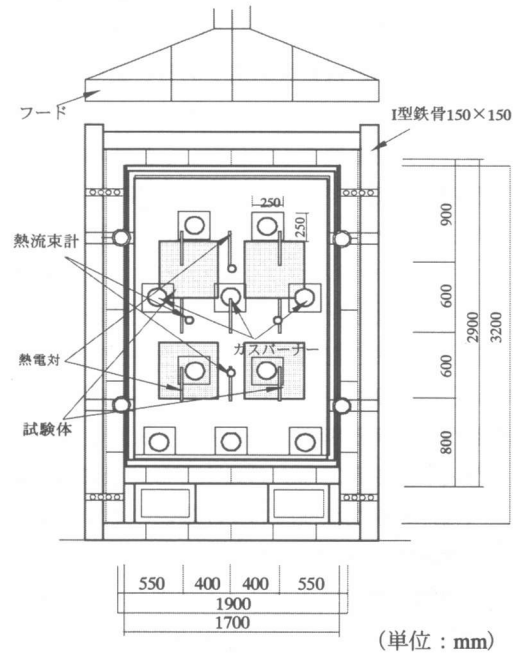


図-3 一面壁式加熱炉および温度測定点

表-2 コンクリートの調査

Series	W/C (%)	s/a (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )				SP (%)	Air (%)	Slump (cm)
			W	C	S	G			
C-25	25	45	170	680.0	672.5	837.8	1.0	4.6	18
C-35	35	45	170	485.7	744.5	927.4	0.7	3.5	16
C-45	45	47	170	377.8	819.3	941.6	0.7	3.0	20
C-55	55	47	170	309.1	845.9	972.2	0.6	3.8	17