

高温における高強度コンクリートの力学的特性に関する研究

Mechanical Properties of High Strength Concrete at High Temperatures

宮 本 圭 一
安 部 武 雄¹⁾

I. はじめに

近年、設計基準強度が 60 N/mm^2 を超える高強度コンクリートを使用した鉄筋コンクリート造の高層住宅などが建設されるようになってきた。火災が発生した場合、内部組織が緻密になった高強度コンクリートは、火災加熱による爆裂現象が激しくなることは公知となっている^{1)~2)}。しかし、火災時における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎データはまだ少なく、耐火構造として認知されている鉄筋コンクリート造構造物としての安全性についても十分に解明されていないのが現状である。

そこで、本研究は、高強度コンクリートを使用した鉄筋コンクリート構造建築物の耐火設計法の開発に必要な基礎データを得ることを目的とし、常温 (20°C) から 800°C の温度範囲において一定温度条件下で実施した高強度コンクリートの熱間圧縮試験で得られた結果を用いて、応力-ひずみ関係、圧縮強度、弾性係数などを検討したものである。

II. 供試体と実験方法

1. 供試体

供試体の寸法は直径 50mm 、高さ 100mm である。Table 1 に示すコンクリートの調合は、材齢 28 日の圧縮強度が $60, 80, 100 \text{ N/mm}^2$ となるように、水結合材比を設定した。

2. 実験装置

実験装置を Fig.1 に示す。供試体への加熱には円筒形の電気炉を使用した。供試体の載荷には荷重容量 245kN のインストロン型試験機を使用した。供試体のひずみは高温加熱用の特殊な高温ひずみ計を用いて測定した。

3. 実験方法

実験条件を Table 2 に示す。実験手順は、供試体が目標温度到達後、 $1 \sim 1.5$ 時間程度その温度を一定に保持してから圧縮試験を行った。

加熱速度は、 100°C までは $0.8^\circ\text{C}/\text{min}$ 、目標温度より 20°C 低い温度までは $1.0^\circ\text{C}/\text{min}$ 、そのあと目標温度までは $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ とした。供試体の温度は、供試体中央 1 カ所及び上下の前後 4 カ所について、測定記録した。

載荷速度は、高温時の応力-ひずみ曲線を得るために $1 \text{ mm}/\text{min}$ の変位制御で行った。

III. 実験結果

1. 応力-ひずみ関係

応力-ひずみ関係の実験結果を Fig.2 に破線で示す。高強度コンクリートは、 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ までの温度範囲において、最大応力近くまで直線的な初期勾配を持って変形している。 500°C 以上の高温領域では、比較的低応力レベル時に直線的な変形状はなくなっている。

2. 圧縮強度

各供試体の圧縮強度の平均値と加熱温度の関係を Fig.3 に記号で示す。圧縮強度は、各供試体ともに 100°C で低下し、供試体 $Fc80-2$ を除いて 200°C で上昇している。 300°C の圧縮強度は、 200°C を少し下回る程度である。その後、温度上昇とともに圧縮強度は低下し、 600°C では各供試体ともにほぼ同じ強度となっている。

3. 最大圧縮ひずみ

圧縮強度時のひずみを最大圧縮ひずみとした各供試体の平均値と加熱温度との関係を Fig.4 に示す。全体の傾向として、最大圧縮ひずみは温度上昇とともに増加し、 600°C 以後、供試体 $Fc100$ と $Fc80-1$ は急激に増加するが、ほかの供試体では勾配は緩やかになる。

4. 弾性係数

最大応力の $1/3$ での弾性係数 ($E_{1/3}$) の平均値と加熱温度の関係を Fig.5 に示す。弾性係数は 100°C で急激に低下し、供試体 $Fc100$ と $Fc80-1$ を除く供試体では $100 \sim 200^\circ\text{C}$ で低下が緩やかになり、その後再び低下が激しくなる。

IV. おわりに

本研究では、高強度コンクリートを使用した鉄筋コンクリート構造建築物の耐火設計法の開発に必要な基礎データを得るために、高強度コンクリートの応力-ひずみ関係、圧縮強度、最大圧縮ひずみと弾性係数について、高温時におけるその性状を明らかにするとともに、簡易数式化を行った。

参考文献

- 1) 齋藤 光；高強度鉄筋コンクリート構造についての危惧，建材試験情報，Vol.30, (1994.11), p.5.
- 2) 日本建築学会；建築工事標準仕様書・同解説 5 鉄筋コンクリート工事，第12版，2003.2.

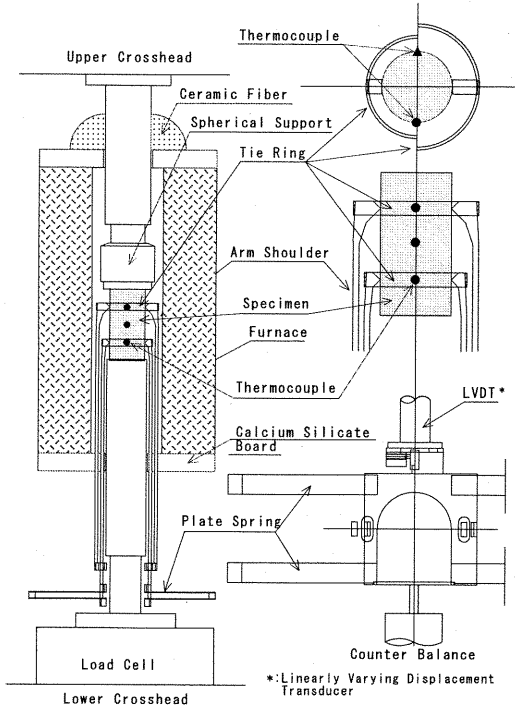
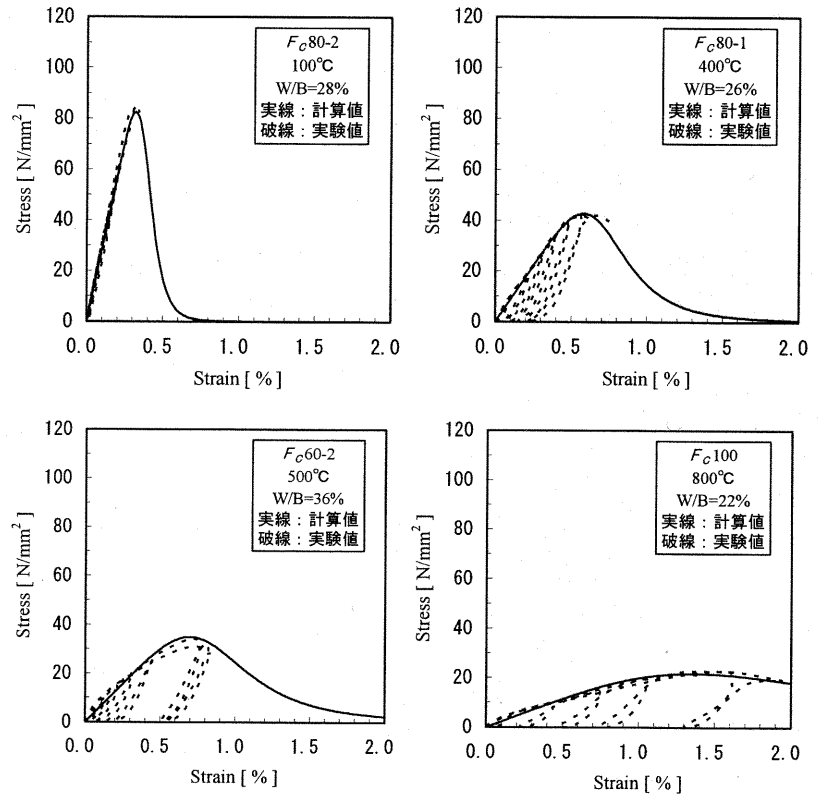
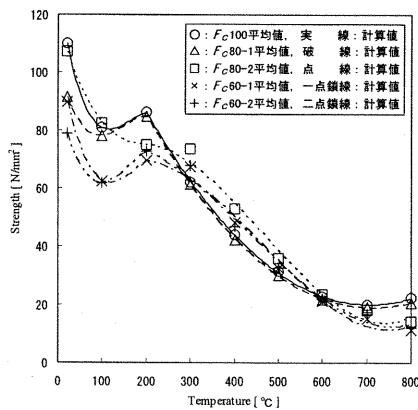
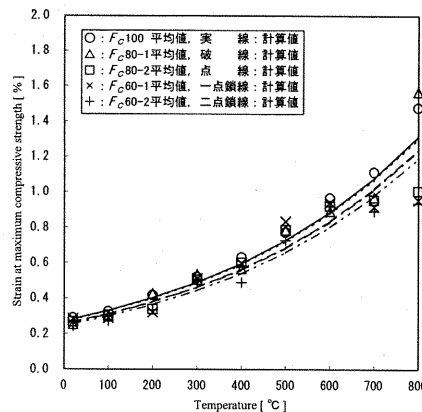
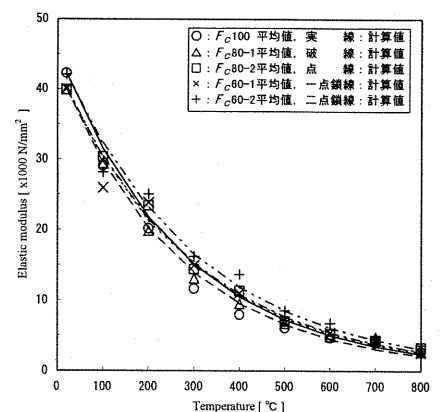
Table 1 コンクリートの調査
(Concrete Mix Proportions)

供試体 種類	W/B [%]	細骨材率 [%]	粗骨材 最大寸法 [mm]	質量 [kg/m ³]						
				セメント C	水 W	細骨材		粗骨材	混和剤	混和材 SF
						砕砂	砂			
F _C 100	22.0	34.8	10	737	180	194	290	925	18.919	82.000
F _C 80-1	26.0	39.5	10	624	180	237	356	925	13.167	69.000
F _C 80-2	28.0	40.4	10	643	180	252	380	951	7.716	—
F _C 60-1	34.0	43.6	10	530	180	289	434	951	5.830	—
F _C 60-2	36.0	44.5	10	500	180	299	450	951	7.500	—

 Table 2 実験条件
(Test Parameters)

供試体 種類	常温 (20°C)	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
F _C 100	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○
F _C 80-1	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○
F _C 80-2	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○
F _C 60-1	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○
F _C 60-2	●●●	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○	●●○

注) ●: 単調載荷, ○: 繰り返し載荷


 Fig.1 実験装置
(Test Apparatus)

 Fig.2 応力-ひずみ関係の例
(Examples of Stress-Strain Relationship)

 Fig.3 圧縮強度と加熱温度の関係
(Relation between Strength and Temperature)

 Fig.4 最大圧縮ひずみと加熱温度の関係
(Relation between Strain at Maximum Compressive Strength and Temperature)

 Fig.5 弾性係数 ($E_{1/3}$) と加熱温度の関係
(Relation between Elastic Modulus and Temperature)