

高温環境下に曝されたモルタルの爆裂性状と強度特性

0317081 藤本 雄
指導教員 栗原 哲彦

1. 目的

高強度コンクリートの部材が火災のように急激な加熱を受ける場合、コンクリートの表層部が剥離または脱落して断面欠損が生ずる場合がある。このような断面欠損を爆裂と呼び、その程度によっては、柱や梁などの構造部材の荷重支持性能、防火区画を構成する壁や床などの区画部材の遮熱性能が著しく低下する恐れがある。このため高温加熱を受けたコンクリートの力学的性質の把握は、構造物の安全性を検討する上で極めて重要と考える。そこで、本研究はこの力学的性質を把握することを目的とし、高い温度上昇履歴を与える前後のコンクリートの強度特性の変化について実験的に検討した。

2. 実験概要

表-1 に示す配合のモルタルにより、円柱供試体(50×100mm)、角柱供試体(40×40×100mm) を作製した。後述する 6 つの実験ケースごとに 3 体の供試体を作製した。供試体は打設後、温度 20 の水中で 14 日間養生とした。

表-1 モルタルの示方配合

W/(C+SF) %	単体量(kg/m ³)						
	W	C	SF	S	Ad1	Ad2	Ad3
20	162	804	147	1156	33.3	-	-
30	275	919	-	999	6.77	-	0.06
60	282	471	-	1356	-	1.17	0.05

Ad1:高性能AE減水剤 Ad2:AE減水剤 Ad3:AE助剤

2.1 加熱方法および高温暴露後の強度試験

加熱は電気炉(炉内寸法:幅 200×高さ 200×奥行 250mm) を使用し、加熱温度および加熱速度を変化させた。表-2 に実験ケースを示す。加熱温度を 500~1200 とし、加熱温度に至るまでの時間を 30~288 分までと変化させた。図-1 に各実験ケースを図化したものを示す。高温暴露後、さらに 14 日間の気中に放置し、その後、圧縮、曲げ試験を行った。

表-2 実験ケース

各ケース	c-1	c-2	c-3	c-4	c-5	c-6	c-7
	500	500	800	800	1200	1200	500
min	30	120	48	192	72	288	180

3. 実験結果

3.1 爆裂の発生状況

W/C=20%では、c-1, 2 いずれにおいても激しい爆裂を生じた。そのため、c-3 以降の実験ケースは行わず、さらに温度-時間曲線の勾配を下げた c-7 を設けた。c-7 は目標温度 500 の 3 時間加熱とした。しかし、c-7 の場合も爆裂した。爆裂時の炉内温度はいずれのケースも 460 程度であった。爆裂時の温度-時間曲線を図-2 に示す。爆裂直後の炉内の様子と電気炉から取り出した爆裂後の供試体を写真-1 に示す。3 本とも供試体の上部が激しく爆裂していた。c-1, c-2 および c-7 いずれにおいて激しく爆裂したことより、加熱速度の爆裂に与える影響はなく、内部余剰水の気化による圧力増加がモルタル強度を超えた場合に爆裂するものと考えられる。他の供試体(W/C=30, 60%)では、爆裂は生じなかった。これまでも指摘されているように、普通強度では、爆裂は生じないことが本実験からも明らかとなった。内部余剰水の気化による内圧がモルタル組織の空隙の存在により緩和させるためと考えられるが、本実験では、組織の空隙状況を確認していない。写真-2 に特徴的な変化のあった c-6 の加熱後の供試体を示す。写真からも分かるように、c-6 は完全にモルタルが融解している。融解状態において骨材内部からのガスの逸散によって膨張していた。

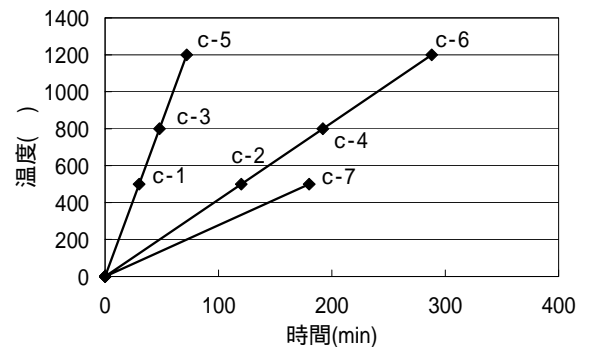


図-1 各ケースにおける温度-時間曲線

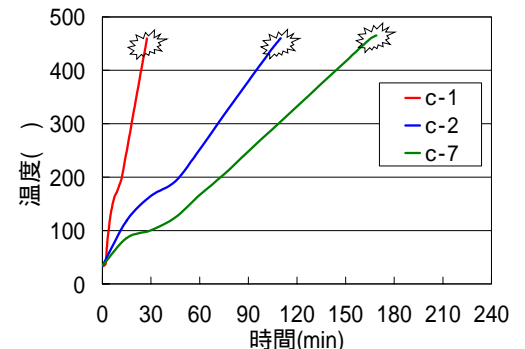


図-2 爆裂時の温度-時間曲線(c-1, c-2, c-7)



写真-1 爆裂直後の炉内と爆裂した供試体



写真-2 加熱後の供試体 (W/C=60%, c-6)

3.2 圧縮強度及び曲げ強度

各実験ケースと圧縮強度の関係を図-3に示す。圧縮強度はc-1およびc-2において非加熱の圧縮強度を上回る結果となり、c-3以降で直線的に低下している。c-5およびc-6では、1200とコンクリートが溶融する温度であり²⁾、ほとんど圧縮強度は残存していない状態である。c-1の強度増加は、30分と比較的短時間で加熱をしたため、供試体中の未水和分が活性化されたため³⁾と考えられる。c-2以降は、c-1より長時間高温で加熱されることになるため、未水和分の活性より熱による劣化の方が大きくなり、強度低下したものと考えられる。各実験ケースと曲げ強度の関係を図-4に示す。圧縮強度同様、W/C=30,60%の曲げ強度は、c-2以降急激に低下し、c-5では強度がほとんど残存していない。しかし、圧縮強度ほどW/Cの違いによる強度差はみられず、また加熱による強度低下率にも圧縮強度ほどの差は見られなかった。

3.3 ヤング係数

各実験ケースとヤング係数の関係を図-5に示す。ヤング係数は加熱温度ならびに加熱時間の増加に伴い、低下することがわかった。またW/Cの小さい方が大きな値を示し、加熱温度ならびに加熱時間の増加に伴い、この差は小さくなる傾向にある。なお、c-5,c-6のヤング係数の計測は不可能であった。

4.まとめ

- ・W/C=20%の円柱では、加熱方法に関係なく、モルタルは激しく爆裂した。これは内部余剰水の気化による圧力増加がモルタル強度を超えた場合に爆裂するものと考えられる。
- ・圧縮強度及び曲げ強度は、加熱温度ならびに加熱時間の増加に伴い、低下していくことがわかった。
- ・ヤング係数は加熱温度ならびに加熱時間の増加に伴い、低下することがわかった。また加熱温度が高くなるにつれ、W/Cの違いによる強度差が小さくなる傾向にある。

【参考文献】

- 1) 太田達見, 橋田浩, 西田朗, 森田武: 耐爆裂性能を有する高強度コンクリートに関する研究(その1, 合成繊維の熱的性質と粗骨材の耐火度に関する検討), 日本建築学会学術講演梗概集, pp.939-940, 2000年9月
- 2) 社団法人, 日本コンクリート工学協会: コンクリート構造物の火災安全性研究委員会報告書, p.94, 2002年6月
- 3) 廣畑光生, 河辺伸二, 岡島達雄, 賀屋善行: 高温加熱後の高強度コンクリートの力学的性質, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.625-630, 1997

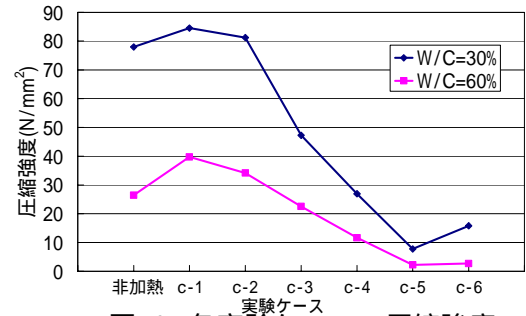


図-3 各実験ケースの圧縮強度

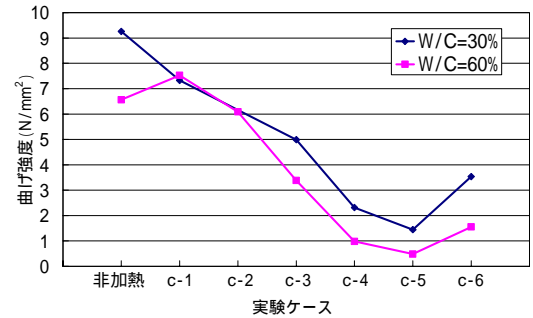


図-4 各実験ケースの曲げ強度

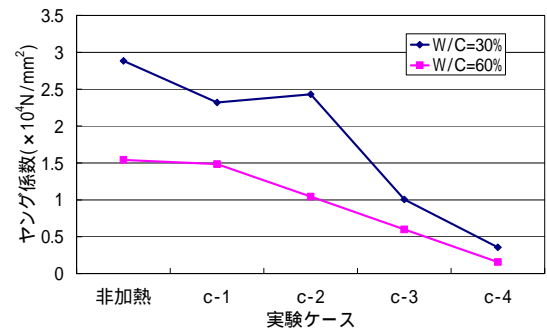


図-5 各実験ケースのヤング係数