

平成 21 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19560459

研究課題名 (和文) コンクリートの爆裂損傷過程の解明

研究課題名 (英文) STUDIES ON PROGRESSION OF EXPLOSIVE SPALLING OF CONCRETE

研究代表者

森本 博昭 (MORIMOTO HIROAKI)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：30021629

研究成果の概要：含水状態の異なる 3 種類の高強度コンクリートの高温加熱にともなう温度、蒸気圧上昇ならびに AE の計測を行い爆裂損傷過程の解明を試みた。その結果、湿潤および気乾状態では加熱にともない蒸気圧が上昇し、最大 3.4Mpa を計測した。また、AE 法により得られる AE 特性値に着目すると、爆裂過程におけるコンクリート内部のひび割れ発生状況および破壊形態を推定することが可能であることなどを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：コンクリート工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料

キーワード：コンクリート、爆裂、蒸気圧、温度応力、AE

1. 研究開始当初の背景

火災などによるコンクリートの爆裂は、世界的にコンクリート工学における重要課題となっている。我国では土木学会ではトンネル火災事故を想定したシンポジウムが 2005 年に開催された。爆裂は、蒸気圧と温度の上昇が主要因と考えられているがその発生メカニズムについては明らかにされていない。効果的な爆裂防止法を確立するためには、温度の上昇にともなう蒸気圧増大、ひび割れ進展、そして爆裂発生に至る過程を解明することが不可欠である。

2. 研究の目的

本研究は、高温加熱によるコンクリート内の温度上昇、水蒸気圧増大と爆裂発生との関連を詳細に検討する。爆裂・ひび割れ進展の観察手法として AE(アコースティック・エミッション)計測による破壊源探査手法を導入しその有用性を検証する。AE 計測により損傷の発生時期、部位、規模を推定できる可能性がある。さらに、本研究では爆裂におよぼすコンクリートの含水状態、密度(高強度と普通との比較)、および有機 PP 繊維混入の影響についても検討する。

3. 研究の方法

爆裂実験を実施して供試体中のひび割れ、高水蒸気圧領域形成、および爆裂の相互関係、および爆裂にいたる過程を明らかにする。実験は、普通強度と高強度のコンクリートについて実施し、両者の相違点などを検討する。また、高水蒸気圧領域形成の影響を明確にするために、湿潤状態の供試体に加えて絶乾(絶対乾燥)状態の供試体の加熱実験を実施して熱応力単独による爆裂の有無を明らかにする。さらに、有機繊維の種類、形状および混入量が爆裂におよぼす影響を検討して最適な有機繊維の使用条件を明らかにする。爆裂実験は、電気炉の上部に供試体をセットして供試体底面を加熱する方式を作用する。供試体には温度計測のための熱電対、含水状態計測用のセラミックセンサー、蒸気圧計測用の圧力導出パイプ先端部を埋設する。パイプの他端は供試体外部に導き出し、その先端に圧力変換器を取り付けて蒸気圧を計測する。図-1に実験装置を示す。

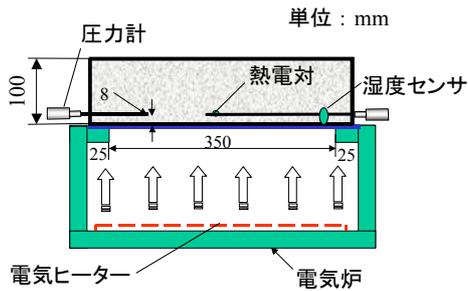


図-1 加熱試験装置

加熱条件(上昇速度)は、1200℃までの到達時間を60分とする。供試体の初期含水状態は、湿潤と絶乾の2レベルとする。一方、供試体上面には、4個のAEセンサーを設置して爆裂・ひび割れの検出を行う。図-2にAE計測装置を示す。

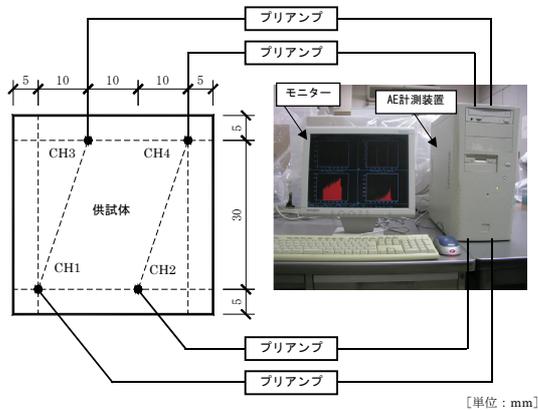


図-2 AE計測装置

混入繊維については、PPとPEの2種類、繊維長は3mmと12mm、そして混入量は0.15Vol%および0.0375 Vol%とした。

4. 研究成果

(1) 乾燥供試体は爆裂を生じず、加熱面に亀甲状のひび割れが生じた。これに対して、含水状態が比較的高い湿潤および気中乾燥供試体では、加熱面で爆裂を生じた。爆裂が生じた湿潤および気中乾燥供試体においては、蒸気圧計測の結果、加熱とともに蒸気圧が大きくなり、最大値は3.4MPa程度を示した。これに対して、爆裂が生じなかった乾燥供試体では、蒸気圧の上昇は計測を捉えることができなかった。写真-1に爆裂発生面、写真-2に爆裂無発生面の状況を示す。



写真-1 爆裂発生面

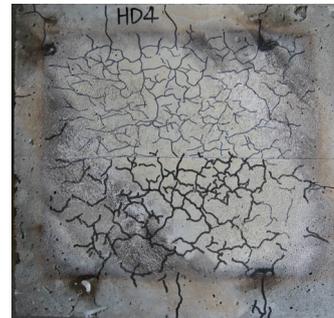


写真-2 爆裂無発生面

(2) 爆裂の生じた湿潤供試体の加熱中の内部温度、蒸気圧、およびAE計測結果を図-3に示す。図から、AE累積発生数は、コンクリート内部温度の上昇および蒸気圧の上昇に伴って急激に大きくなることが明らかとなった。これより、内部温度の上昇および蒸気圧の上昇に伴ってコンクリート内部でひび割れの発生や進展が生じることが把握できた。また、加熱開始後、振幅規模の小さいAEの発生が続いた後、爆裂が近づくにつれて振幅

規模の大きな AE が出現することがわかった。振幅規模の大きな AE は、概ね蒸気圧が上昇するタイミングで発生することが確認できた。これより、AE イベントの振幅により、蒸気圧の上昇に起因するひび割れの発生時期を推定できる可能性が示唆された。図-4 に示す気中乾燥供試体についても、同様の傾向が確認できた。

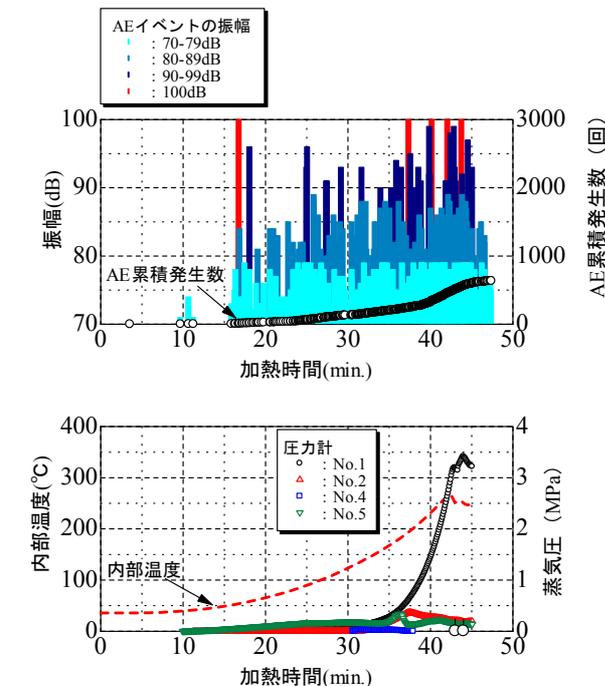


図-3 爆裂実験結果(湿潤供試体)

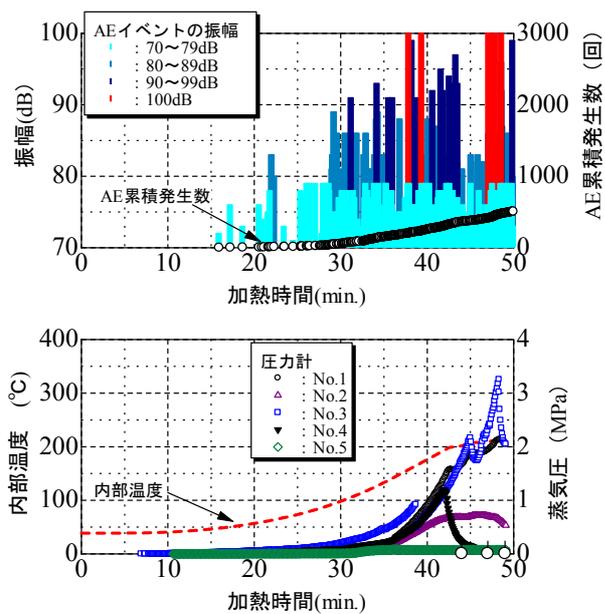


図-4 爆裂実験結果(気中乾燥供試体)

(3) 図-5 に、湿潤供試体の AE 評価結果と爆裂面の状況を示す。図から、爆裂領域と AE 評価結果とは比較的良い対応を示しているが、制度的にはまだ十分とは言えない。この原因の一つとして、ひび割れ発生による AE 波の回折、減衰が考えられる。

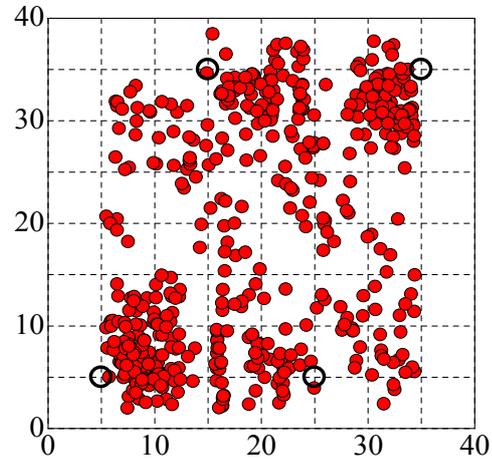


図-5 AE 位置標定結果

(3) 振幅規模別頻度分布における傾き： b 値は、爆裂を生じた湿潤および気中乾燥供試体ではほぼ同じであった。これに対して、爆裂が生じなかった強制乾燥供試体では、 b 値は約 2 割小さくなった。このことから、振幅規模別頻度分布における b 値は、爆裂の有無による破壊形態の違いを反映する AE 特性値であることが明らかとなった。

(4) 爆裂を抑制するための有機繊維の形状と混入量との組み合わせについての最適解があると考えられる。本研究の範囲内では、長さ 12mm の PP 繊維を 0.15vol% ($1.365\text{kg}/\text{m}^3$) 混入した供試体については爆裂を抑制することができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 小澤満津雄, 内田慎哉, 王若平, 鎌田敏郎, 森本博昭, 高温加熱によるコンクリートの爆裂減少に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, 29, 753-758, 2007, 査読有

[学会発表] (計 2 件)

- ① 木村和広, 小澤満津雄, 六郷恵哲, 森本博昭, 繊維補強コンクリートの爆裂性状と内部蒸気圧との関係, コンクリート工学年次論文集, 30, 339-344, 2008, 査読有
- ② 小澤満津雄, 王若平, 坂昇, 森本博昭, 高温加熱によるコンクリートの爆裂減少に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, 29, 753-758, 2007, 査読有

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森本 博昭 (MORIMOTO HIROAKI)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号: 30021629

(2) 研究分担者

内田 裕市 (UTIDA YUICHI)

岐阜大学・総合情報メディアセンター・教授

研究者番号: 20213449

小澤美津雄 (OZAWA MITUO)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号: 80313906

(3) 連携研究者