

高強度コンクリートの爆裂発生機構に関する壁加熱実験

高強度コンクリート 爆裂 熱応力
水分変化

正会員 李在永* 同 原田和典**
同 金鍊俊*** 同 權寧璵****

1. はじめに

高温下での高強度コンクリートの爆裂現象はよく知られている。このような爆裂が起こる原因としては、熱応力と水蒸気圧が支配要因として提案されているが、爆裂発生機構はまだ未解明の部分が多い。

従って、本研究では爆裂発生機構を解明するため、壁試験体の一面を加熱する実験を行い、熱応力と水蒸気圧が爆裂発生に及ぼす影響を考察した。

2. 実験計画および実験方法

2.1 コンクリートの調合

コンクリートの調合を表1に示す。コンクリートの設計強度は100MPa、養生条件は封緘養生(28日)とした。

表1 コンクリートの調合

Fc (Mpa)	W/B (wt.)	Slump-flow (mm)	Air (%)	S/a (Vol.)	Unit weight (kg/m ³)			
					OPC	SF	S	G
100	0.2	650±50	4	0.43	625	85	555	751

2.2 実験概要

図1、図2に示すように、同じ寸法の600×600×厚さ100mmの壁試験体を二つ製作した。これを図3に示すように、試験体の中央部300×300mmのみを加熱する部分加熱と全面580×580mmを加熱する条件で実験を行った。加熱温度はISO834の標準加熱曲線で30分とした。

加熱範囲を2種類にしたのは熱応力の影響を分析するためである。部分加熱した試験体では外側の非加熱面によって周辺から拘束されているので、全面加熱した試験体よりも熱応力が大きいと考えられる。これを評価するため、熱電対を5つの位置で加熱面から深さ0、25、50、75、100mmに設置し、歪みゲージは外側の4つの側面で加熱側から25、50、75mmに設置した。また、水蒸気圧による影響を分析するため、試験体の内部で圧力計と含水率センサー(電極法)を加熱面から25、50、75mmの位置に設置した¹⁾。しかし、圧力計の不調のため、含水率センサーによる測定値を用いて結果を考察する。

3. 実験結果

3.1 加熱による爆裂形状

実験後の試験体の爆裂形状を図4-1と図4-2に示す。部分加熱では、加熱した部分より広い範囲で爆裂が起きた。また、爆裂深さを1cm間隔で測定した結果を図4-3、図4-4に示す。爆裂深さの最大は、部分加熱の場合66.8mm、全面加熱の場合27.8mmであり、部分加熱の方が約2.4倍となった。

3.2 爆裂発生音の観察記録

加熱実験中の爆裂音を記録して、爆裂発生回数を単位面積あたり、単位時間あたりの爆裂回数を累計した。結果を図5に示す。全面加熱条件と部分加熱条件を比べると、部分加熱では12分から急増した。

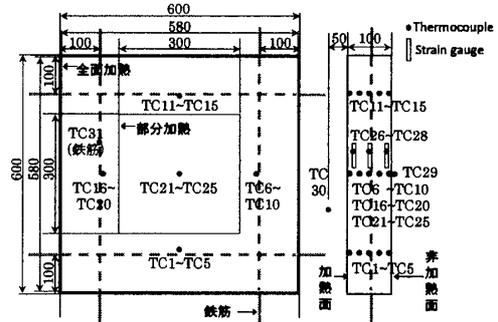


図1 試験体の寸法と熱電対設置位置

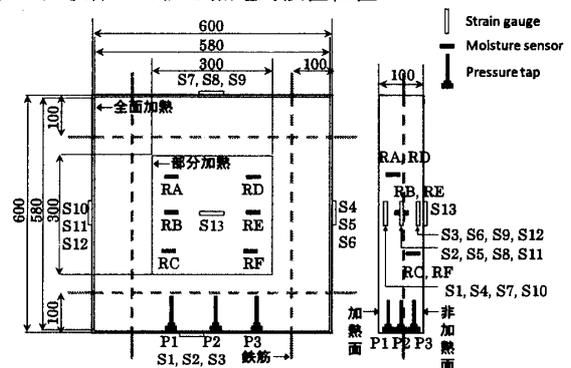


図2 含水率センサー及び歪みゲージの設置位置

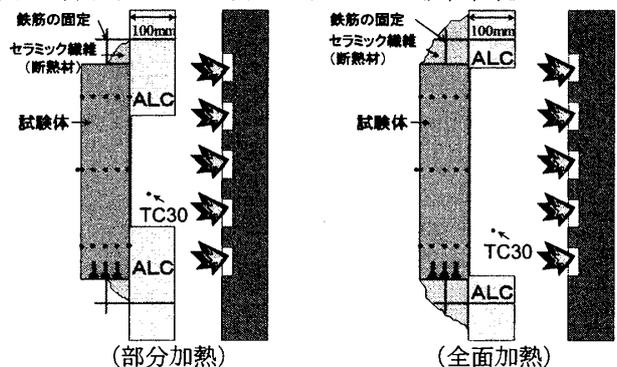


図3 試験体の固定方法及び加熱方法

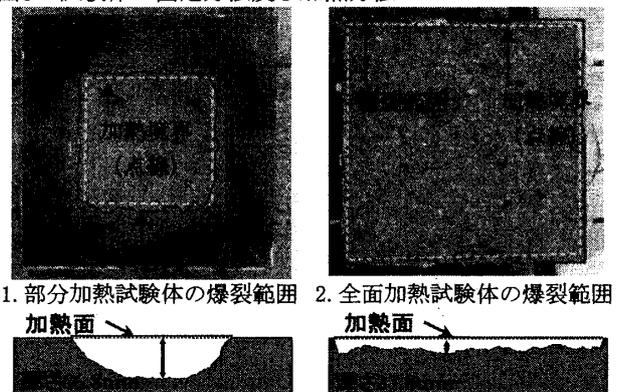


図4 試験体の爆裂形状

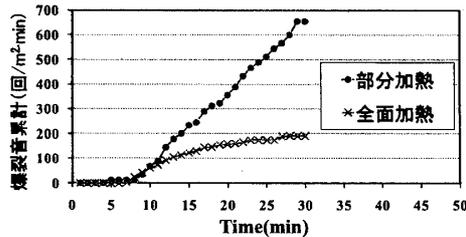


図5 累計爆裂回数 (爆裂音の記録による)

3.3 試験体の温度

部分加熱試験体の加熱部分と非加熱部分の温度を図 6、図 7 に示す。また、全面加熱試験体の温度を図 8 に示す。図 6 の加熱部分の温度経過で熱電対の断線時刻から深さ別の爆裂発生時間を求めると、0mm-5分、25mm-22分、50mm-25分であった。反面、図 7 の非加熱部分は加熱を受けなかったため温度は 100℃以下に保たれた。全面加熱試験体では、深さ 0mm で 3 分に爆裂が発生し、熱電対設置位置では深さ 25mm まで達しなかった。

この結果から、時間と爆裂深さの関係を図 9 に示す。20 分頃から部分加熱試験体での爆裂深さが急増した。

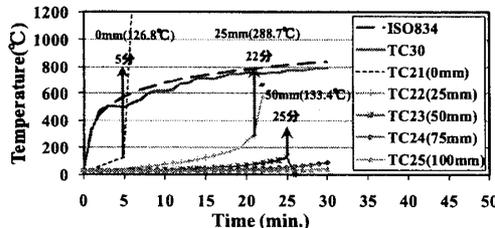


図6 部分加熱試験体の時間-温度 (加熱部分)

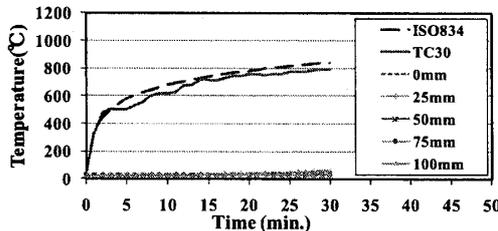


図7 部分加熱試験体の時間-温度 (非加熱部分の平均)

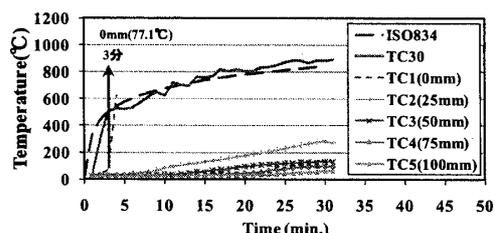


図8 全面加熱試験体の時間-温度 (一部)

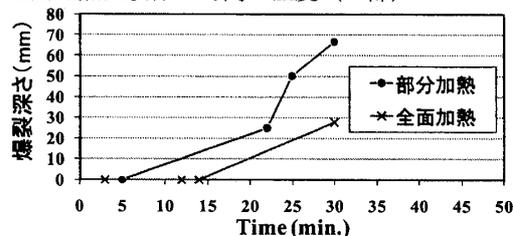


図9 時間と爆裂深さの関係

3.4 試験体の含水率(電極法)

加熱実験中の含水率センサーの抵抗値の変化を図 10 に示す。センサーは含水率が増加すると電気抵抗値が小さくなる特性があるので、数値が小さいほど含水率が高いことを意味する。

図中には、図 6、8 の温度経過から求めた爆裂時刻を記載している。部分加熱の深さ 25mm では 22 分、深さ 50mm では 25 分に爆裂した。図 10-1 に示すように、25mm では 22 分時には含水が減少し始める状態であった。図 10-2 に示すように、深さ 50mm では含水率が増加した状態で爆裂が起こった。

全面加熱条件での含水率変化を図 10-3 と 10-4 に示す。全面加熱条件は水分が増加しても深さ 25mm までは爆裂が生じなかった。また、部分加熱と全面加熱を比べると、25mm では同じくらい、50mm では全面加熱の方が少し早く変化が生じている。

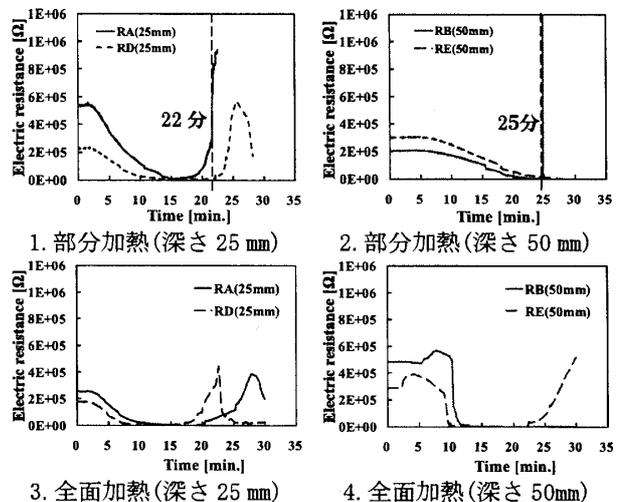


図10 加熱面からの深さ毎の電気抵抗値

4. 結論

壁試験体の部分加熱及び全面加熱実験を行った。爆裂最大深さ、時間と爆裂深さの関係、爆裂音による累計爆裂発生回数を比較すると、部分加熱の方が爆裂が早くかつ深く生じた。

部分加熱における加熱部分は周辺から拘束を受けるので熱応力も大きい。そのため、熱応力が爆裂発生に与える影響は大きいと考えられる。一方、全面加熱では、内部での含水率変化が大きく、空隙圧力も大きかったと推定されるが、空隙圧力の影響は相対的に小さいとも考えられる。

謝辞：本研究の実験企画に関わる費用の一部は京都大学 GCOE プログラム「アジア・マガシティの人間安全保障工学拠点」の補助を受けた。

参考文献

1. 原田和典、寺井 俊夫、安達 匡、セメントモルタルの耐火性に関する研究、日本建築学会近畿支部研究報告集、計画系 (30)、137-140、1990-05-14

* 京都大学 工学研究科 博士過程

** 京都大学 教授・博士(工学)

*** 湖西大学 博士過程

**** 湖西大学 消防防災学科 教授.工博

* PhD student, Graduate School of Engineering, Kyoto University

** Prof., Graduate School of Engineering, Kyoto University, Dr. Eng.

*** PhD student, Fire & Disaster Protection Eng., Hoseo Univ., Korea

**** Prof., Fire & Disaster Protection Eng., Hoseo Univ., Korea, Dr. Eng.