

コンクリートの爆裂に関する研究

岐阜大学大学院工学研究科 学生会員 ○川上 寛正 北村 正仁
岐阜大学工学部 正会員 小澤 満津雄 森本 博昭

1. 本研究の目的

コンクリートは火災による高温加熱を受けた場合、急激な応力の発生に伴いコンクリート表面が爆発的に剥離するいわゆる爆裂現象を発生する。

爆裂は、 σ ：コンクリート内部の水分による蒸気圧応力、および σ_p ：火災時の加熱により発生する熱応力に起因し、図-1のように σ と σ_p を足し合わせた応力により爆裂が発生するものと考えられている。

しかし、熱応力と蒸気圧応力による爆裂メカニズムについては確たる結論が得られていないのが現状である。特に蒸気圧の爆裂に対する影響は十分明らかにされていない。そこで、本研究では、コンクリート供試体の爆裂実験を実施し、爆裂に影響を及ぼすと考えられるコンクリート中の温度、蒸気圧ならびに、コンクリートの爆裂深さの計測を行った。これらの計測値をもとに爆裂の発生条件を検討した。また、熱と蒸気圧を考慮した爆裂発生時の応力解析を実施し、応力状態と爆裂現象発生との関連を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用供試体

コンクリート爆裂実験供試体は図-2 に示す $400 \times 400 \times 150$ [mm] の RC スラブとし、 $W/C=57\%$ の普通コンクリート(以下、N と称す)と $W/C=30\%$ 高強度コンクリート(以下、H と称す)の 2 種類を用いた。また、いずれも早強ポルトランドセメントを用いた。

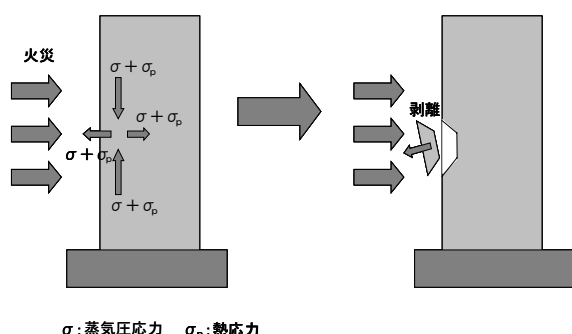


図-1 爆裂発生の原因

2.2 実験方法

図-2 に示すように、供試体中に蒸気圧計測用の配管用炭素鋼管(外径 10.5mm, 内径 6.5mm, 長さ 400mm)を埋没した。供試体中の鋼管先端部は蒸気圧測定位置にセットした。蒸気圧は鋼管他端に取り付けた圧力計により計測した。供試体の加熱は電気炉を用いた。蒸気圧および温度計測位置は加熱面(下底面)より 10mm(供試体長さ方向中央)、50mm, 100mm の 3 箇所とした。

3. 解析概要

熱と蒸気圧による応力解析は、温度解析および水分移動解析を用いて実施した。有限要素解析における蒸気圧の取り扱いについては、含水率に比例するとして評価した。ヤング係数は、既往の研究¹⁾をもとにして評価した。

4. 実験結果と解析結果

N, H 供試体の温度推移の実験値および解析値をそれぞれ図-3, 図-4 に示す。N, H とともに爆裂が発生するまで実験値と解析値は近い値となった。また、H の方が温度上昇過程の早い段階で爆裂を起こした。

N, H の蒸気圧推移の実験値をそれぞれ図-5, 図-6 に示す。N, H とともに爆裂が起こる直前または、爆裂中に蒸気圧が急激に増大している。表面より 10mm 付近で特に高い値となっている。ただし、N, H とともに、大きな蒸気圧は計測されなかった。

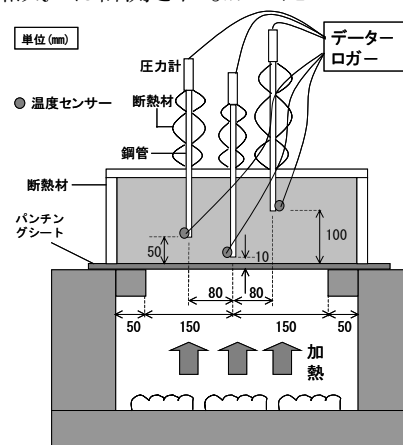


図-2 実験装置

キーワード 爆裂 熱応力 蒸気圧応力

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 TEL 058-293-2411

以上の結果から、蒸気圧は計測値こそ小さい値となったが、爆裂現象に密接に関連していると考えられる。供試体 H の最終爆裂時の熱および蒸気圧による圧縮応力解析結果を図-7, 8 に示す。なお、各図は加熱面から 100mm までの応力図を示した。

各図から、熱応力、蒸気圧応力ともにほぼ同様な形態で発生し、加熱面に平行に 10mm 程度の深さで大きな圧縮主応力が発生することがわかる。N 供試体についても同様の結果が得られた。

これらの解析結果および N, H 供試体ともに最大爆裂深さは 10mm 弱であり、爆裂直前に蒸気圧が急増していることを考え合わせると、熱と蒸気圧による局所的圧縮応力が爆裂に大きく関与していると考えられる。

4. 結論

- ①同じ温度、温度勾配においては、普通コンクリートよりも高強度コンクリートの方が爆裂を起こしやすい傾向にあった。
- ②コンクリート中の蒸気圧は、爆裂直前または、爆裂中に急増した。特に、加熱表面よりやや内部(最大爆裂深さ) 10mm 程度において高い値となった。
- ③コンクリートの爆裂は、熱応力と蒸気圧応力が合わさった、加熱面付近の圧縮応力の局所的な集中が大きく関与していると考えられる。

参考文献

1)河辺伸二，一瀬賢一，川口 徹，長尾覚博：高温加熱を受けた高強度コンクリートの強度特性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp381，2003

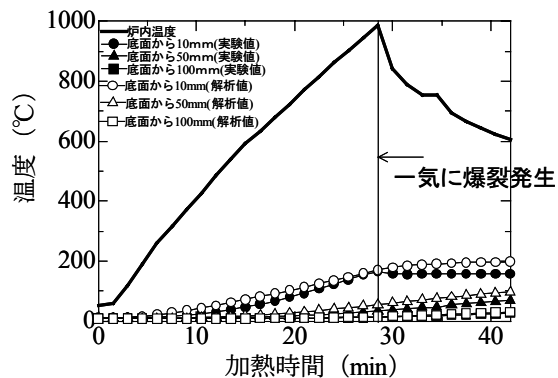


図-3 N温度推移（実験値・解析値）

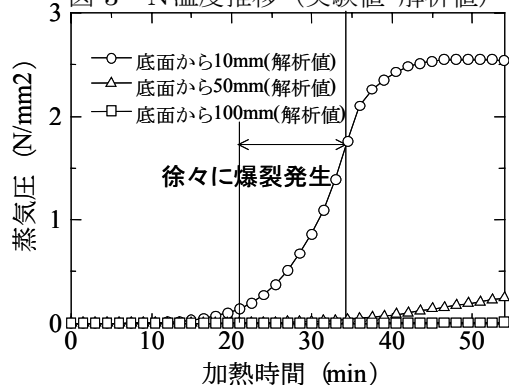


図-4 H温度推移（実験値・解析値）

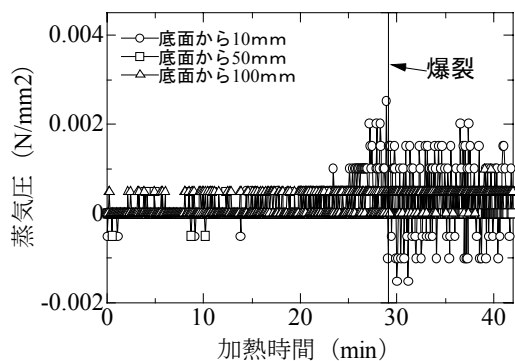


図-5 N蒸気圧推移（実験値・解析値）

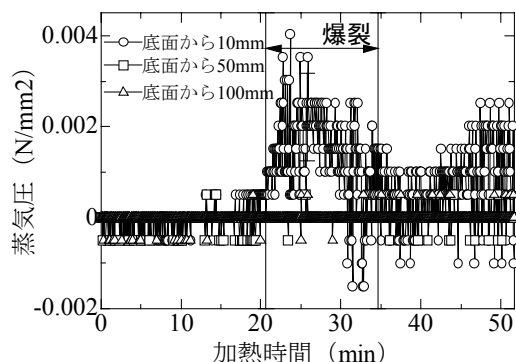


図-6 H蒸気圧推移（実験値・解析値）

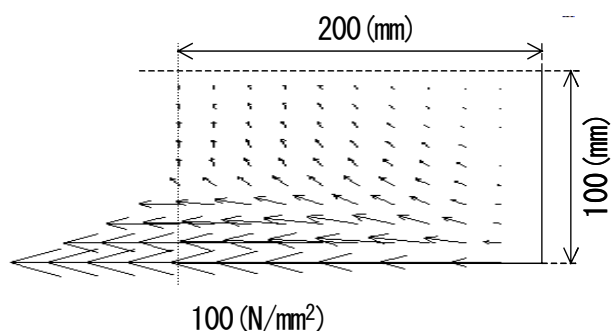


図-7 H熱応力

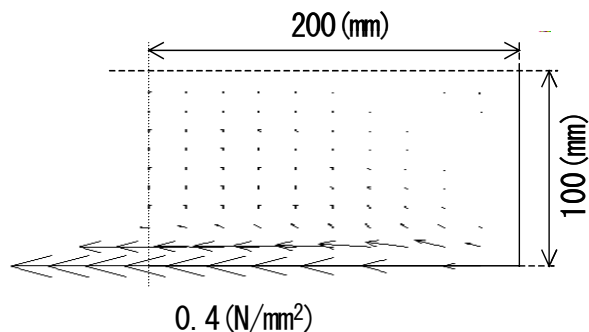


図-8 H蒸気圧応力