拘束条件が異なる拘束リングを用いたコンクリートの爆裂評価

太平洋マテリアル(株)	正会員	○谷辺	徹
司	正会員	鎌田	亮太
岐阜大学	正会員	小澤	満津雄
司	正会員	六郷	恵哲

1. はじめに

鉄筋コンクリート造は火災などで急激に高温にさらされた場合に爆裂が生じることがあり,高強度,高含水 なほど発生しやすいと言われている¹⁾.この爆裂にはコンクリート中の水分による水蒸気圧と熱膨張の拘束や 温度勾配に起因する熱応力が影響していると報告されている¹⁾.しかし,水蒸気圧の実測値から爆裂を評価し た例は多数報告されているが^{2),3)},熱応力の実測値から爆裂を評価した報告は少ない.そこで筆者らは,熱応 力を実測して爆裂を評価する方法に関して実験的に検証を進めている⁴⁾.本報では拘束条件の影響について実 験的に検証した結果を報告する.

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体概要図を図-1 に示す.本実験ではコンクリ ートを水平方向に鋼製リング(φ300×t8mm)で全面 拘束した全拘束型,上部半分を拘束した半拘束型, そして拘束リングを用いない無拘束型の3 種類の供 試体を製作した.なお,全拘束型は下半分を4 段に 分割した5 段重ねとした.供試体コンクリート内部 に蒸気圧測定用のステンレスパイプ(外径5mm,内 径2mm)と温度測定用のK型熱電対を設置して供試

体とした.使用した高強度コンクリートの強度特性および加熱 試験時の含水率を表-1 に示す.上記3水準各2体の供試体を 試験に供した.



	表-1 コン	レクリートの	り強度特性な	および含水率		
	Fc	Ec	Ft	Water		
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	content(%) 3.8		
	77	43	7			
(Fc・圧縮強度 Fc・ヤング係数 Ft・引張強度)						

2.2 加熱条件

急速加熱条件である RABT30 分加熱曲線(5 分で 1200℃, 30 分まで 1200℃保持)を適用した.

2.3 測定項目

(1) 爆裂規模

加熱冷却後に供試体の爆裂深さを 20mm ピッチで測定し,最大値,平均値および爆裂容積比を求めた.ここで爆裂容積比は,測定された爆裂深さから爆裂容積を求め,これを供試体容積で除したものとした.

(2) 水蒸気圧

コンクリート内部に設置したステンレスパイプにシリコーンオイルを充填した後,圧力センサーを接続して 水蒸気圧の測定を行った.なお,測定位置は加熱面から10,20,30,40mmの4箇所とした.

(3) 拘束応力

拘束リングにひずみゲージを設置し,試験時の拘束リングの円周方向ひずみを測定し,リングがコンクリートの熱膨張を拘束する拘束応力を算出した.なお,全拘束型のひずみ測定位置は加熱面から10,20,30,40,75mmの5点,半拘束は75mmの1点,そして無拘束は測定無しとした.また,拘束応力は式(1)を用いて算出し,式(2)に示す通り水蒸気圧と熱応力の合力とした.

キーワード コンクリート,爆裂,水蒸気圧,熱応力,拘束

連絡先 〒285-0802 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋マテリアル(株) 開発研究所 TEL043-498-3921

-355-



σ_{expand}	: 熱膨張圧	σ _{restrain}		σ_{vapor}	: 水蒸気圧	$\sigma_{thermal}$: 熱応力
R	:リング内径	Е	:リング材ヤング係数	t	:リング肉厚	ε _t	:リング円周
	· · · —						

Spalling depth (mm)

45 -50 40 -45 35 -40 30 -35 25 -30 20 -25 15 -20 10 -15 5 -10

5 -10

0-5

60

3. 試験結果

(1) 爆裂規模

爆裂規模および爆裂深さ分布を図-2 および図-3 に示す. 加熱後4分程度から爆裂が発生し、10分程度まで継続した. その断面欠損の規模は、全拘束型で供試体容積の 20%程度 (最大深さ 43mm 程度),半拘束および無拘束では 8%程度

(最大深さ11mm程度)を示し、半拘束、無拘束型は全拘束 型と比べて爆裂規模かなり小さく, 拘束条件の影響が大きい ことが確認された.

(2) 水蒸気圧

水蒸気圧測定結果を図-4 に示す. 深さ 10mm 位置では4分弱から, 30mm 位置は 6 分程度から水蒸気圧が高まっているこ とが確認された. 全拘束型の 10mm 位置 では高まった水蒸気圧が5分時に急激に 下がっており、爆裂により圧力が解放さ

れたと推察される.また、全拘束型が初期に水蒸気圧が高 くなる傾向が認められた.しかし,その値は0.1MPa程度 と小さい値であった.

(3) 熱応力(拘束応力)

拘束応力の測定結果を図-5 に示す.式(1)より拘束応力 を求めると測定位置が加熱面に近いほど拘束応力が高く なる傾向が確認され,加熱時間5分の10mm位置で3MPa 程度の値を示した.また,水蒸気圧の0.1MPaに比べて十 分に大きく、式(2)より拘束応力は、熱応力にほぼ等しい と考えられる.

4. まとめ

拘束条件(拘束リングの有無)の異なる供試体にて爆裂 の評価を実施し、拘束条件の影響により爆裂規模が異なり、 拘束が強く熱応力が大きいほど爆裂規模が大きくなるこ とが確認された. 今後も拘束条件の爆裂規模および熱応力 への影響の確認を更に進める予定である.

参考文献

- 森田武:コンクリートの爆裂とその防止対策,コンクリ 1) ート工学, vol.45, No.9, pp87-91, 2007.9
- 長尾ら:高強度コンクリートの爆裂に関する一考察,コ 2) ンクリート工学年次論文集, Vol.18, No.1, pp657-662, 1996
- 小澤ら:高温加熱によるコンクリートの爆裂現象に関す 3)
- る実験的検討,コンクリート工学年次論文集,Vol.29,No.1, pp753-758,2007 谷辺ら:熱応力測定によるコンクリートの爆裂評価方法に関する実験的検証,第66回土木学会年次学術講演会 4) 講演概要集, 第5部門, pp.155-156, 2011

0

-1

0

2



10

8

Heating time(min)

図-5 拘束応力測定結果