

リング拘束供試体を適応したモルタルの爆裂性状評価

太平洋マテリアル

同

同

群馬大学

同

正会員

正会員

正会員

非会員

正会員

〇常藤 光

杉野 雄亮

谷辺 徹

高間 孝一郎

小澤 満津雄

1. はじめに

プレミックスタイプのモルタルは、RC 構造物の断面修復材としての使用されることが多い¹⁾。火災時におけるモルタルの爆裂性状を知ることは耐火性を検討する上で必要である。しかし、モルタルの拘束条件下における爆裂性状を評価する試験方法は確立されていないのが現状である。そこで本研究では、モルタルの爆裂性状に関する基礎的データを得るため、日本コンクリート工学会（以下、JCI）の委員会提案法であるリング拘束供試体加熱試験法²⁾をモルタルに適用し、爆裂性状を検討した。加えて、モルタルの爆裂規模のグレーディングを行った。

2. 実験概要

表 1 に試験水準に示す。水準 1 の加熱条件は RABT30 とし、水準 2 は ISO834 標準加熱曲線を用いた。使用したモルタルは、砂セメント比 3.0、水セメント比 50%の配合の普通モルタル(NCM)とした。材齢 2 ヶ月経過後の供試体を用いて試験を行った。NCM の圧縮強度は 46MPa、含水率は 6.3%であった。リングの形状や測定方法は、JCI 法²⁾を参考にした。図 1 に供試体形状および寸法を示す。鋼製リングは、寸法 300×50×8mm（外径×高さ×厚さ）のリングを 2 段に重ねてシリコンシーリングで一体化した。水蒸気圧測定用パイプおよび熱電対は、打設前にリング外側から加熱面に対して 5,10,25,40mm の深さで試験体中央部まで差し込んだ。試験体内部温度は、試験体中心部の深さ 5,10,25,40mm の位置に熱電対を設置して測定した。リング拘束供試体の爆裂深さは、20mm 間隔で加熱面の欠損深さを測定した。水蒸気圧測定用パイプは、加熱面に対して 5,10,25,40mm の深さに設置した。リングのひずみは自己温度補償型の常温用ゲージで測定した。拘束応力および水蒸気圧の測定は、前述の爆裂試験方法の附属書 A および附属書 B²⁾を参考とした。

3. 実験結果

図 2 と写真 1 に NR の爆裂深さと加熱後の NR および NI の様子を示す。NR は爆裂が生じ、すり鉢状に損傷したが、NI では爆裂が生じなかった。NR の加熱面には層状剥離が確認できた。このことより、表層から徐々に爆裂が進行したと考える。NR は全面にわたって爆裂がみられ、最大爆裂深さは 82mm であった。NI は埋設し

表 1 試験水準

水準	記号	材料	試験方法	加熱条件
1	NR	NCM	リング拘束	RABT30
2	NI	NCM	加熱	ISO60

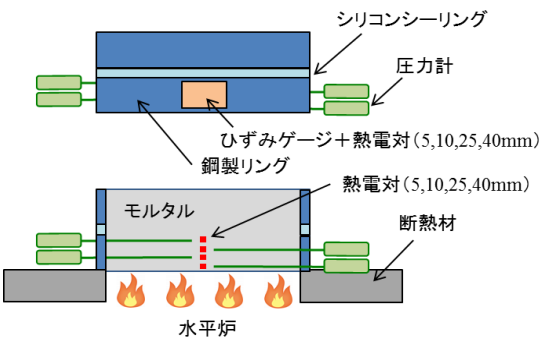


図 1 リング拘束供試体

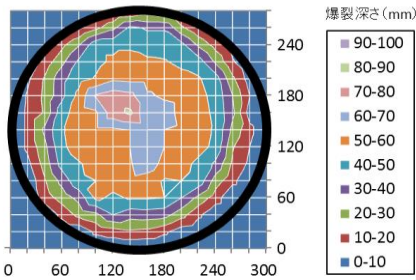
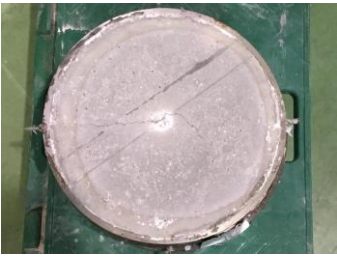


図 2 NR の爆裂深さ



[NR]



[NI]

写真 1 加熱後の供試体の様子

キーワード 火害、爆裂性状、モルタル、リング拘束加熱試験、水蒸気圧

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 TEL 043-498-3921

たパイプ位置に沿って1本の大きなひび割れが発生していた。2つの水準で結果が異なることから、NCMは加熱条件により耐爆裂性の結果に差異が生じることがわかった。

爆裂規模のグレーディングは、前述の爆裂試験方法の解説に記載されるグレーディング指標²⁾を参考にした。その結果を表3に示す。NRとNIの爆裂グレードは、それぞれ「E」と「B」であった。NIの爆裂が抑制されているのは、ISO60がRABT30に比べて昇温速度が緩やかであるためだと推察された。

図3にNRの内部温度を示す。内部温度は200℃付近で急激な温度上昇が確認できた。これは、爆裂によりモルタルが剥落し、熱電対が直接加熱されたためだと考えられる。この内部温度の変曲点を爆裂発生時間とした。図4にNRの水蒸気圧と温度推定による爆裂深さを示す。モルタル内部の水蒸気圧が上昇するが、爆裂により低下することが認められる。

前述の爆裂試験方法の附属書Cを参考に見かけのポアソン比と引張破壊ひずみにコンクリートの熱間データを用い、NRの爆裂深さを推定した。ここでは、谷辺らが提案した引張破壊ひずみ破壊指数を用いた⁵⁾。見かけのポアソン比と引張破壊ひずみは一定値と定義し、温度依存性は爆裂の発生しやすい温度域における平均的な値として考慮した。弾性係数残存比は、所定の温度における弾性係数と20℃の弾性係数の比と定義した。なお、熱間の材料特性は既往の研究データの多いコンクリートの物性値を用いた。引張破壊ひずみは道越らの研究を参考に100 μ とした³⁾。弾性係数残存比は日本建築学会の提案式を用いた⁴⁾。見かけのポアソン比も道越らのデータを参考に0.15とした³⁾。この条件での爆裂深さの推定結果を図5に示す。ポアソン比0.15、引張破壊ひずみ100 μ のとき、温度推定による爆裂の経時変化と引張破壊ひずみによる計算上の爆裂深さ推定値がよく一致した。

4. まとめ

- (1) リング拘束試験を用いて、モルタルの爆裂規模のグレーディングを行った。本試験はモルタルにも適応可能であることを確認した。しかし、加熱条件により爆裂性状が異なることが示された。
- (2) 本試験におけるNR供試体モルタルの内部温度の変曲点から爆裂発生の推定が可能であった。また、爆裂深さと内部水蒸気圧の減少がよく一致していることがわかった。
- (3) 引張ひずみ破壊指数を用い、適切なコンクリートの熱間データを設定することで、本試験でモルタルの爆裂深さを推定できる可能性があることが示された。

参考文献

- 1) コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案):土木研究所, III-6, 2017.8
- 2) 高温環境下におけるコンクリートの性能評価に関する研究委員会報告書:日本コンクリート工学会, 2017.9
- 3) 道越真太郎, 小林祐, 黒岩秀介:圧縮力を受けるコンクリートの高温時におけるひずみ挙動, 日本建築学会構造系論文集, 72巻, 621号, pp.169-174, 2007
- 4) 構造材料の耐火性ガイドブック:日本建築学会, 2017.3
- 5) 谷辺徹, 小澤満津雄, 鎌田亮太, 内田裕市, 六郷恵哲:高温環境下での高強度コンクリートの耐爆裂性評価における爆裂発生指標の提案, 土木学会論文集E2, Vol. 70, No. 1, pp.104-107, 2014

表3 爆裂規模のグレーディング

水準記号	指標 d 最大爆裂深さ		指標 a 爆裂面積率		指標 v 爆裂容積	
	算出値	グレード	算出値	グレード	算出値	グレード
NR	82	E	99	E	35	E
NI	0	B	0	B	0	B

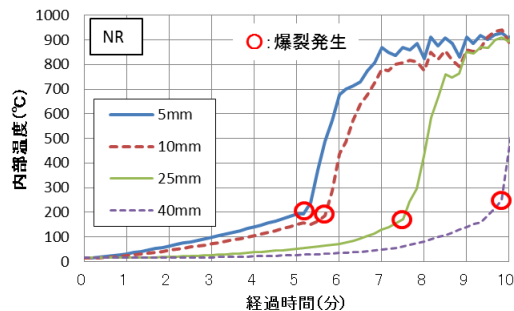


図3 NRの内部温度

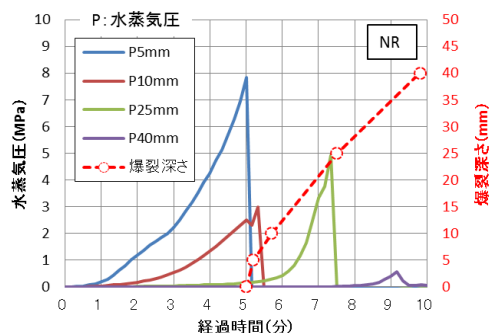


図4 NRの水蒸気圧と爆裂深さ

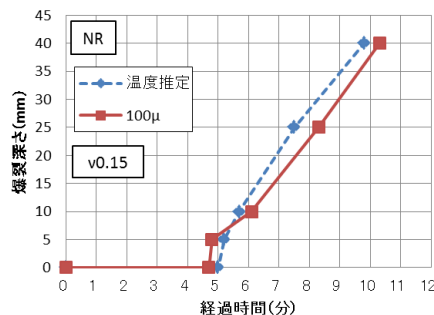


図5 NRの爆裂深さの推定結果