

AE 法に基づくコンクリートの爆裂発生過程における応力変動に伴う破壊形態の評価

立命館大学理工学部 学生会員 ○田中 靖大 立命館大学理工学部 正 会 員 川崎 佑磨
立命館大学理工学部 正 会 員 内田 慎哉 群馬大学理工学研究科 正 会 員 小澤満津雄
立命館大学理工学部 学生会員 小川 悠 立命館大学理工学部 正 会 員 岡本 享久

1. はじめに

本研究では、コンクリートの爆裂発生メカニズムを解明するための基礎研究として、コンクリート供試体を対象に、アコースティック・エミッション法(AE 法)により得られた AE 特性値に基づき加熱に伴うコンクリート内部のひび割れ発生状況のモニタリングを行った。また、実験においては、コンクリート内部の温度と蒸気圧も併せて計測し、AE 特性値の変化と比較することにより、コンクリート内部の破壊形態の評価を試みた。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は、図-1 に示す外径 300mm×高さ 50mm×肉厚 8mm の鋼製拘束リングを 2 段重ねにし、鋼製拘束リング内にコンクリートを充填し、外径 300mm×高さ 100mm の円板状とした。

2.2 加熱

加熱面は、図-1 に示す供試体の下面とした。加熱条件は、我国の土木分野のトンネル構造物の耐火性評価に一般的に適用されている RABT 加熱曲線(5 分間で 1200℃昇温、1200℃を 30 分保持、その後 110 分間で常温まで徐冷)を採用した。

2.3 熱応力および蒸気圧の測定

図-2 に熱応力測定方法の概要を示す。鋼製拘束リング外面にひずみゲージを、コンクリート内部に熱電対をそれぞれ設置した(図-1 参照)。供試体の下面コンクリート部の 1 面を加熱することでコンクリートの熱膨張が拘束リングにより拘束され、コンクリートに熱応力が発生する。この熱応力は、拘束リングがコンクリートを拘束する応力として、拘束リングのひずみ値から内圧を受ける円筒モデルに基づき算出することが可能である。蒸気圧は、コンクリート内部に設置した複数のパイプによりそれぞれ測定した(図-1 参照)。

2.4 AE 法

AE センサは供試体の上面(非加熱面)に 8 個設置し、センサの耐熱温度(約 100℃)を考慮し、計測時間は加熱開始から 10 分までとした。

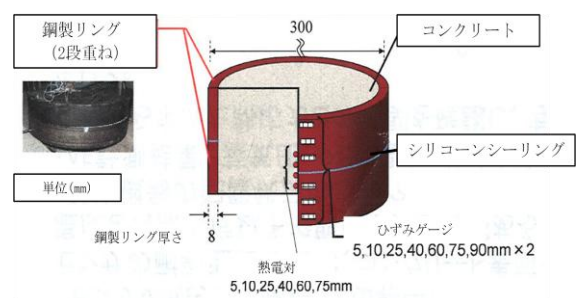


図-1 供試体概要

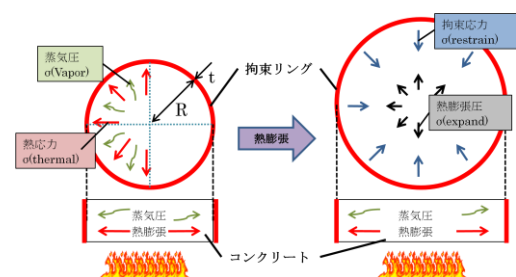


図-2 熱応力測定方法の概要

3. 実験結果および考察

図-3 に蒸気圧の測定結果を、図-4 に熱応力の算出結果をそれぞれ示す。図-5 に AE 累積ヒット数を示す。蒸気圧は時間経過とともに加熱面から非加熱面へ応力が移行していることがわかる(図-3 参照)。蒸気圧の急

キーワード 爆裂, 拘束リング, 非破壊評価, AE 法, 蒸気圧, 熱応力

連絡先 〒525-8577 草津市野路東 1-1-1 立命館大学 理工学部 環境システム工学科 TEL 077-599-4350

激な下降は蒸気圧パイプ付近で爆裂による破壊が生じ、測定不能になったためである。加熱面から 10mm の位置における 4 から 6.5 分までの約 2.5 分間において、蒸気圧および熱応力に大きな変動が見られた。さらに AE 累積ヒット数に関しても 5 分以降急激に上昇しており、この 2.5 分間に着目し、爆裂現象に関わる応力について考察していくこととした。4 から 6.5 分における加熱面から 10mm の位置における蒸気圧を上昇区間と下降区間に分け図-6 に示すように AE 法からひび割れ種類の評価を試みた。ひび割れの種類としては引張型とせん断型の 2 種類とし、RA 値 (=立ち上がり時間/最大振幅値) と平均周波数の関係から区分けした。文献 1) によれば、RA 値が小さく平均周波数が高い場合は引張型であり、RA 値が大きく平均周波数が低い場合せん断型とされている。表-1 より、蒸気圧の上昇区間である 4 から 4.8 分までは引張型が主であり、熱応力の上昇区間である 4.8 から 6.5 分まではせん断型が占める割合が多い。加熱面から 5mm の高さでも似たような傾向を示していた。既往の研究²⁾によれば、せん断型のひび割れが卓越した場合は熱応力が作用し、引張型のひび割れが卓越した場合は蒸気圧が作用していると言われている。今回の結果は上記と一致している。これより、爆裂現象は急激な温度上昇に伴う蒸気圧の影響から引張型の破壊が生じ、その後ひび割れの増加とともに蒸気圧が減少し、熱応力が卓越することより破壊形態がせん断型に移行していくと推察される。また、図-3, 4 より応力が高さ方向に移動していることから爆裂現象は引張とせん断を繰り返しながら破壊が進んでいることがわかった。

4. まとめ

本研究では加熱面から 10mm の高さに着目し、AE 法から算出した RA 値と平均周波数の関係を用いることでコンクリートの爆裂現象による破壊形態は卓越する応力によって変化することがわかった。爆裂現象は急激な温度上昇に伴う蒸気圧の影響から引張型の破壊が生じ、その後ひび割れの増加とともに蒸気圧が減少し、熱応力が卓越することより破壊形態がせん断型に移行していくと推察される。

謝辞

本実験を行うにあたり、太平洋マテリアル株式会社の谷部徹氏にご協力頂いた。ここに謝意を表する。

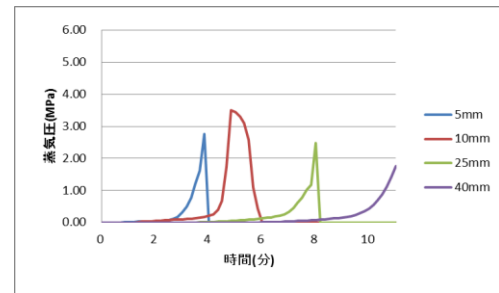


図-3 蒸気圧測定結果

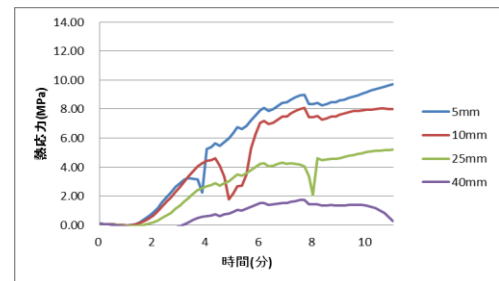


図-4 熱応力測定結果

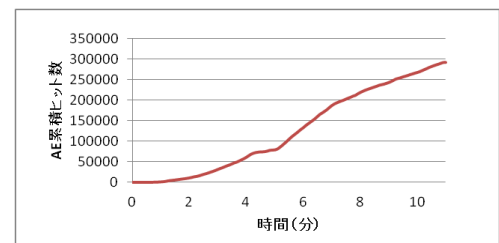


図-5 累積 AE ヒット数の推移

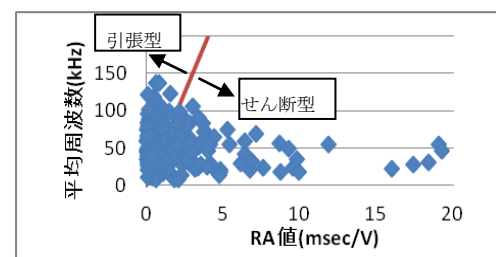


図-6 RA 値と平均周波数との関係

表-1 ひび割れ種類の割合

区切り時間 (分)	ひび割れ種類 (%)	
	せん断型	引張型
4-4.8	48.8	51.2
4.8-6.5	53.4	46.6

参考文献

- 1) 大津政康：アコースティック・エミッションの特性と理論・構造物の診断と破壊現象解析-第2版，森北出版，2005
- 2) 小澤満津雄，森本博昭：高温環境下における天然繊維を添加した高強度コンクリートの爆裂抑制効果，土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)，Vol.69, No.3, pp.324-336, 2013