

立命館大学工学部 学生会員 ○田中 靖大 立命館大学工学部 正会員 内田 慎哉  
 立命館大学工学部 正会員 川崎 佑磨 群馬大学理工学研究科 正会員 小澤満津雄  
 立命館大学工学部 学生会員 小川 悠 立命館大学工学部 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。

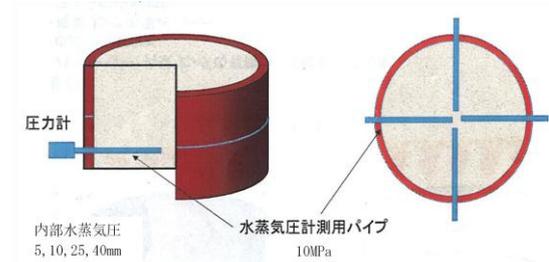
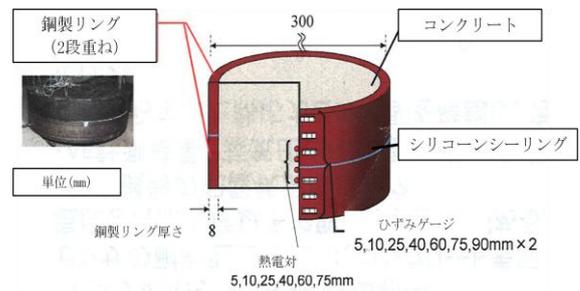


図-1 供試体概要図

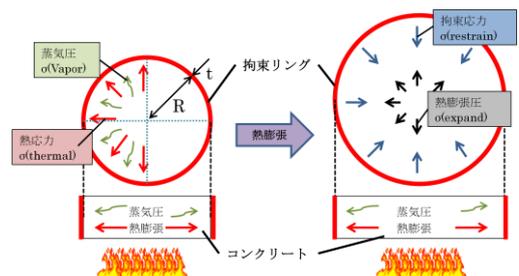


図-2 熱応力測定方法の概要図

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-4より、加熱面から10mmの位置では、4.8から6.5分までの約2分間において、急激に熱応力が上昇していることがわかる。図-5にAEヒ

数の推移を示す。6分前後において、AE発生数が飛躍的に多くなっている。しかも、この時間帯は、熱応力が上昇する時間帯とも概ね一致している。そこで、熱応力の結果に基づき表-1に示す時間に区切り、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。表より、加熱開始から4.8分までは引張型が主であり、4.8分から7分まではせん断型が占める割合が多い。それ以降は、引張型が主であった。既往の研究<sup>2)</sup>によれば、せん断型のひび割れが卓越した場合は熱応力による破壊が、引張破壊が卓越した場合は蒸気圧による破壊であると言われている。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、さらに高温で熱し続けられることで熱応力による爆裂が激しくなる。その後はもろくなった部分が引張破壊によって破壊され、爆裂は終息していくと推察される。

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
0-3	32.1	67.9
3-3.8	26.2	73.8
3.8-4	37.5	62.5
4-4.8	48.8	51.2
4.8-6.5	53.4	46.6
6.5-7	55.5	44.5
7-8	46	54
8-11	39.1	60.9

#### 4. まとめ

AE法から算出したRA値と平均周波数の関係より、コンクリートの爆裂現象を引き起こす応力は時間ごとに変化していることがわかった。本研究では加熱開始から4.8分および7から11分では蒸気圧による引張破壊が卓越し、4.8から7分では熱応力によるせん断破壊が主な破壊形態であった。

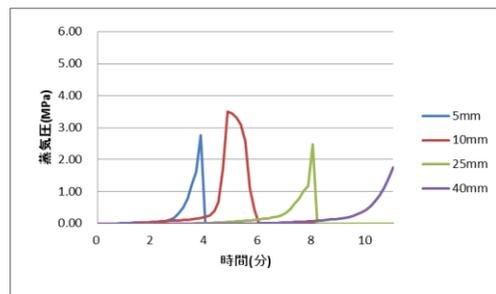


図-3 蒸気圧測定結果

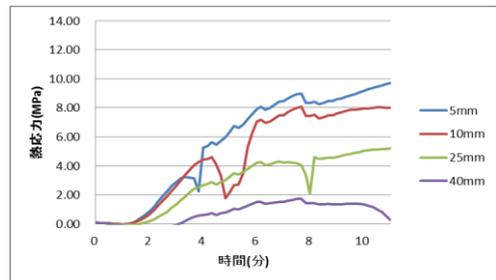


図-4 熱応力測定結果

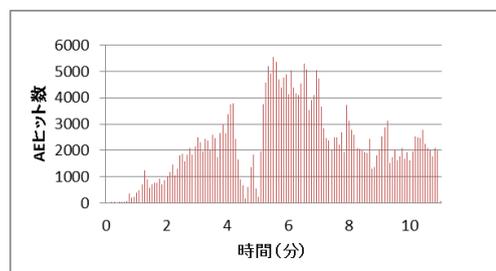


図-5 AE ヒット数の推移

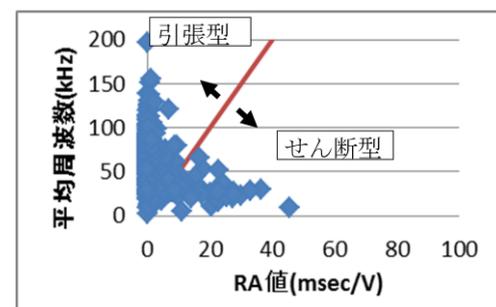


図-6 RA値と平均周波数の関係(0~3分)

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。ここに記して謝意を表する。

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