

### 応力発光材料による補修を要するコンクリート構造物の劣化状況の可視化

鹿島建設(株) 正会員 ○小泉 悠 岡田侑子 山本拓治  
 (株)ケー・エフ・シー 正会員 西里 亮 井本 厚 道上剛幸

#### 1. はじめに

我が国では、多くの社会インフラが高度経済成長期に一齐に整備されたため、今後、その急速な老朽化が懸念される。しかし、構造物の劣化状況を適切に評価できる点検技術者の数は全国的に不足しており、構造物の劣化状況を可視化できる技術の開発が求められる。著者らは、応力やひずみの増加に反応して発光する応力発光材料<sup>1)</sup>に着目し、コンクリートや鋼材に同材料を塗布し、載荷試験等によりその有効性を検証してきた<sup>2)</sup>。本研究では、老朽化したコンクリート構造物の補修に応力発光材料を適用し、補修と同時に再劣化を可視化することを目的に、2種類の室内試験を行ったので、その結果を報告する。

#### 2. はく落防止繊維シート補修工への適用性検証試験

既設のトンネルや橋梁を対象に、コンクリート面に繊維シートを貼り付け、劣化したコンクリート片の剥落を防止する補修工が進められている。ただし、剥落発生時、繊維シートの張力がコンクリート片の重力に抵抗できたとしても、その力のつり合いが永続的に保たれない可能性がある。剥落の発生は早急に発見し、速やかに通報されて対策工事が行われるべきである。そこで、このような剥落発生状況を模擬した室内試験を JSCE-K 533「はく落防止の押抜き試験方法」に準じ実施し、応力発光材料による剥落発生状況の可視化を試みた。はじめに 5mm の厚さを残し、φ100mm で中央部がコア抜きされたコンクリート被着体に下地材および接着剤を塗布し、ポリエステル製の繊維シートを貼り付けた。そして、繊維シート上に応力発光塗料(堺化学工業(株)製)を塗布した。その後、暗室にて、コンクリート被着体が破壊するまでは 1mm/min、その後は 5mm/min の載荷条件で試験を行った(写真-1 参照)。この暗室での載荷荷重は、トンネルや橋梁下部といった比較的暗い箇所における、剥落したコンクリート片の重力負荷を模擬している。

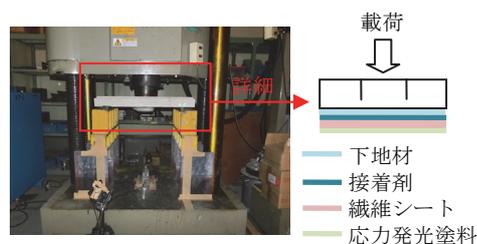


写真-1 載荷試験状況

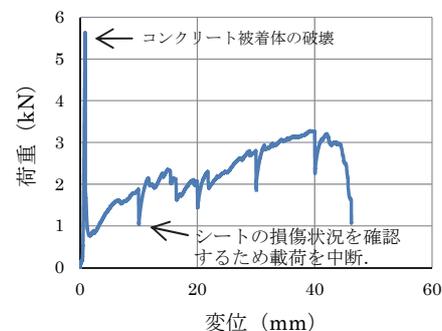


図-1 荷重-変位線図

載荷中の荷重と変位の関係を図-1 に示す。また、供試体の下方より撮影した応力発光塗膜の発光状況を写真-2 に示す。載荷に伴い繊維シートは伸び、引っ張られるが、その部分と、特に繊維シートと被着体との接着が切れていく外縁部で強い発光が認められた。荷重が増大するにつれて、それら発光部は円環状に拡大していき、発光の強い箇所と接着が切れる外縁部は常時よく対応した。これより、発光の有無や範囲に着目することで、剥落発生の有無や繊維シートの損傷の規模が可視化できたと言える。ただし、載荷終了に伴い発光は消失してしまったことから、実用化に向け、発光履歴を残すための工夫が必要と考えられた。なお、今回の試験では、ビデオ撮影を行うと同時に、色調の変化を検知可能なソフトによる画像解析を行った。その結果、発光を色調の変化として検知することがで



写真-2 応力発光塗料 発光状況 (図-1 中、変位 6mm での状態)

キーワード 応力発光, コンクリート, 剥落, 繊維シート補修工, ひび割れ注入材

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤・地下水 Gr. TEL042-489-6668

きたことから、発光履歴を残す以外にも、このようなビデオ撮影と画像解析の併用も有効であると考えられる。

### 3. ひび割れ注入材・下地材への適用性検証試験

さきほどの試験では、繊維シートに応力発光塗料を塗布する状況を想定した。しかし、ひび割れ注入材や各種補修工法の前処理に用いられる下地材に応力発光材料を配合し、ひずみの増加を可視化できれば、応力発光材料を塗布する作業が省略され、計測の合理化が図られる。そこで、JIS A6024「建築補修用注入エポキシ樹脂」中の「5.4 接着強さ」測定試験に準じ、ひび割れ注入材に粉末状の応力発光材料を配合した混合材が亀裂へ含浸し、接着強度を失うことなく、かつ応力の上昇に反応して発光するか否かを調査する検証試験を行った。モルタル供試体間 1mm に、ひび割れ注入材（(株)ケー・エフ・シー製）と応力発光粉末（堺化学工業(株)製）を質量比 1:1 で混合した流体（以下、混合材と称する）を流下させ、供試体下面へも塗布した（図-2 参照）。そして、混合材が十分に硬化した後、暗室にて 3000N/min の荷重条件で 2 点荷重の曲げ試験を行った。

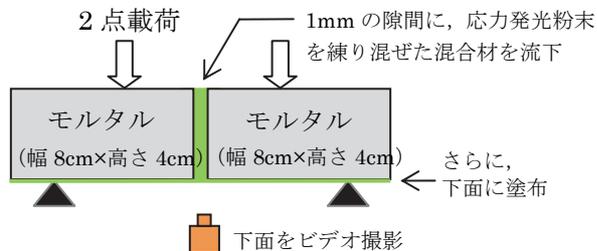


図-2 荷重試験状況

曲げ応力と時間の関係を図-3 に示す。荷重中、供試体の下方よりビデオ撮影を行ったが、曲げ応力が 7.06MPa となったとき、写真-3 に示すような発光が観察された。ただし、発光は 5 秒程度で消失し、その後、供試体は曲げ応力 8.26MPa で破壊した。供試体は、写真-3 中の強い発光箇所で破壊し、混合材を流下させた接着箇所では破壊しなかった。以上より、ひび割れ注入材に応力発光粉末を配合しても必要な接着強度は確保され、供試体が破壊する前（破壊荷重の 85.5%）に明瞭な発光が示されたことから、本材料により構造物の劣化状況が監視できると考えられた。今回、質量比 1:1 での配合としたが、応力発光粉末の比率を高めることで感度を向上させ、破壊の検知時期をより早められると考えられる。また、第一の試験で塗布対象となった繊維シートと比較し、モルタルは破壊歪みの小さな脆性材料であったため、発光時間がわずかに数秒間となり、発光の検知が難しかった。本試験においても、発光履歴の記録の必要性が示唆された。

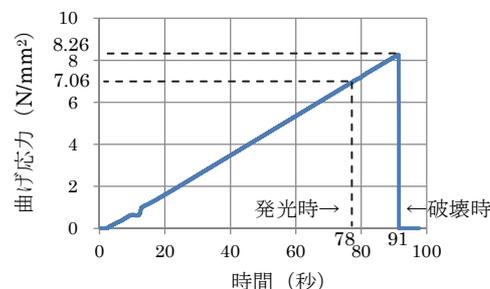


図-3 曲げ試験結果

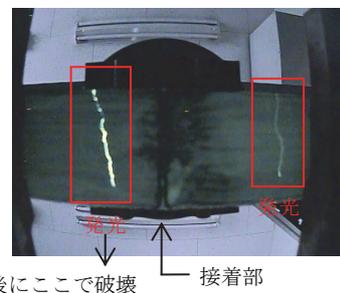


写真-3 応力発光混合材 発光状況

### 4. まとめ

補修工法・補修材料への応力発光材料の適用性を検証すべく、2 種類の室内試験を行った。第一の試験では押抜き荷重によって高伸縮性の繊維シートが引っ張られることに、第二の試験ではモルタル供試体下縁での応力・ひずみの増加（引張り）に反応し、塗布・注入された応力発光材料は明瞭な発光を示した。これより、応力発光材料を用いることで、コンクリート片の剥落発生や、剥落を引き起こす応力の増大を可視化できる可能性が示された。一方、発光履歴の記録の必要性や、より低応力で発光するための配合、蓄光の方法等々、実用化に向けての課題も挙げられたので、解決に向けて取り組んでいく所存である。最後に、本研究に用いた応力発光材料は、国立研究開発法人 産業技術総合研究所で開発され、堺化学工業(株)に技術供与されたものがベースとなっている。技術の普及に努められる国立研究開発法人 産業技術総合研究所に感謝申し上げる。

### 参考文献

- 1) 徐超男ら：応力発光による構造体診断技術，エヌ・ティー・エス，2012.
- 2) 中嶋誠門ら：応力発光体を用いた山岳トンネルの安全評価技術，土木学会第 67 回年次学術講演会，Ⅲ-111，2012.