

# 低添加型膨張材を用いたコンクリートのひび割れ抵抗性 に関する基礎的研究

西日本支社

開発部

石田邦洋

## 1. はじめに

コンクリート構造物には各種のひび割れが発生し、そのひび割れは、鉄筋腐食の要因となり、中性化などを促進する。特に、初期材齢期に発生したひび割れは、その要因と程度によっては、重大な初期欠陥をもたらし、さらには、構造物の耐久性を大きく損なうことが懸念されている。これらの対策として、膨張材を使用する機会が多くなり、近年では、低添加型膨張材 ( $20\text{kg/m}^3$ ) 開発がされている。

ここで、膨張材の使用効果(ひび割れ抵抗性)は、膨張材の種類と使用量などの配合条件、鉄筋量と配置方法等の拘束条件、環境条件ならびに養生条件などに大きく依存することから、膨張コンクリートの基礎的な力学性状を定量的に評価することは重要と考えられる。

本研究は、低添加型膨張材を使用した場合のコンクリートのひび割れ抵抗性に関する基礎データに資するため、膨張材量と湿潤養生期間および水粉体比をパラメータとして曲げ実験等により、実験的検討を試みたものである。本稿では、その一部について概説する。

## 2. 本研究の目的

本研究の目的は下記のとおりである。

### 2.1 普通強度の膨張コンクリートの曲げ特性の検討

普通強度( $W/P=44\%$ )の膨張コンクリートについて、小型はりを作製し、膨張材量と湿潤養生期間が、曲げ強度(ひび割れ発生時におけるコンクリート下縁応力)に及ぼす影響や曲げ応力-ひずみ関係について検討する。

### 2.2 高強度膨張コンクリートの基礎性状の検討

高強度膨張コンクリート( $W/P=30\%$ )の圧縮強度、ヤング係数、曲げ強度およびコンクリートと鉄筋の付着性状について検討する。

### 2.3 普通・高強度膨張コンクリートの鉄筋ひずみ検討

普通および高強度の膨張コンクリートについて、小型はりを作製し、膨張作用を拘束する鉄筋に発生するひずみについて検討する。

### 2.4 普通・高強度膨張コンクリートのひび割れ抵抗性検討

普通および高強度の膨張コンクリートについて、膨張材量、試験材齢および水粉体比をパラメータとし、曲げ応力-ひずみ関係を求め、コンクリートのひび割れ抵抗性について検討する。また、初期圧縮ひずみを推定することにより、膨張材により導入される初期応力の簡易な推定方法を提案する。

## 3. 膨張コンクリートを用いた RC はりの曲げ実験

膨張コンクリート自身のひび割れ抵抗性におよぼす影響を明らかにするため、湿潤養生期間、膨張材量等をパラメータとして、図-1に示すような供試体により、曲げ実験(図-2参照)を行った。供試体は、実際の橋梁 RC 床版の鉄筋比を考慮し、 $100 \times 140\text{mm}$  の矩形断面の中心に D13 鉄筋(SD295A, 鉄筋比 0.95%)を配置した RC はり(長さ 1000mm)としたことから、実験供試体サイズは、実床版の約 2/3 モデルに相当する。また、曲げひび割れに対する鉄筋の補強効果ができるだけでなくともに、膨張コンクリートの長さ変化を軸方向に拘束するため、断面中央に鉄筋 1 本のみ張出し埋設した RC はりとした。

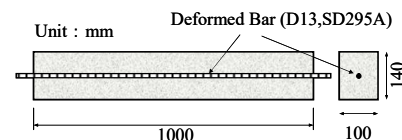


図-1 供試体形状

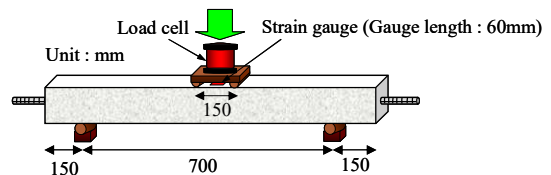
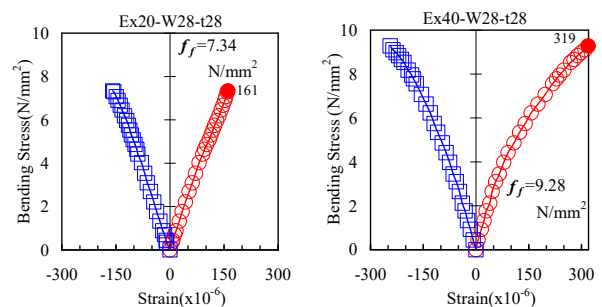


図-2 荷状況図

一例として、湿布養生期間・試験材齢 28 日における曲げ応力-ひずみ曲線を図-3に示す。図-3(a)は低添加型膨張材を標準添加量 ( $20\text{kg/m}^3$ ) 使用したものの、図-3(b)は、膨張材を標準添加量の 2 倍使用した場合の実験結果である。図中の記号は、Ex: 膨張材量, W: 湿布養生期間(days), t: 試験材齢 (day) を示す。

実験結果から、標準添加量の膨張材量を用いた場合には、



(a) 膨張材量  $20\text{kg/m}^3$

(b) 膨張材量  $40\text{kg/m}^3$

図-3 曲げ応力-ひずみ関係

普通コンクリートと同様に、限界ひずみまで概ね線形的なひずみ挙動を示すが、膨張材量が増加するにつれ、ひずみ挙動の非線形性がより顕著にあらわれ、曲げ強度  $f$  およびみかけの伸び能力が大きくなることがわかった。

#### 4. 曲げ実験に基づく膨張コンクリートのひび割れ抵抗性評価

前述の曲げ応力-ひずみ関係から、膨張材により導入されるプレストレスを求め、曲げ強度の推定を試みた。推定においては、コンクリートの実質的な伸び能力を一定と仮定し、下記の2つの手法により推定を試みた。

**CASE-1:** 普通および膨張コンクリートの最大引張ひずみ差から初期圧縮ひずみと初期応力を推定し、推定した初期応力に普通コンクリートの曲げ強度を加算して曲げ強度を推定する。

**CASE-2:** 曲げ実験で得られた曲げ強度から、有効初期圧縮ひずみを推定し、これに基づき曲げ強度を推定する。

図-4 に初期圧縮ひずみと有効圧縮ひずみについて示す。

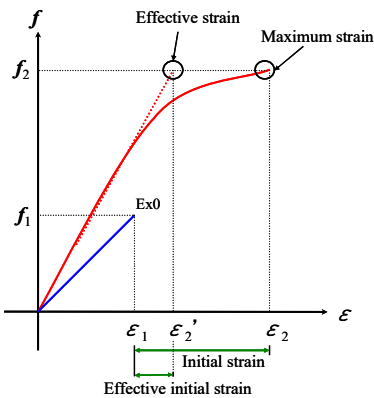


図-4 初期圧縮ひずみと有効圧縮ひずみ

次に一例として、湿布養生期間・試験材齢が共に28日で、膨張材量が0, 20, 30, 40kg/m<sup>3</sup>の場合の実験結果と推定値の比較を、図-5, 図-6に示す。

これらの結果から、CASE-1では、膨張コンクリートの曲げ強度は、膨張材量が増加するにしたがって実験値と推定値の乖離が大きくなったが、CASE-2では、図-4(b)のような非線形なひずみ挙動を示す膨張コンクリートについても、概ね妥当な評価が可能となることがわかった。

#### 5. まとめ

まとめについては、その他の研究成果も含めて示す。

##### 5.1 普通強度の膨張コンクリートの曲げ特性の検討

標準添加量の膨張材量を用いた膨張コンクリートでは、曲げ荷重下において、普通コンクリートと同様に、限界ひずみまで概ね線形的なひずみ挙動を示すが、膨張材量が増加するにつれ、ひずみ挙動の非線形性がより顕著にあらわれ、普通コンクリートに比べて、曲げ強度およびみかけの伸び能力が大きくなることがわかった。

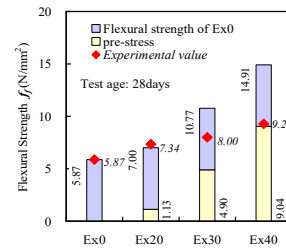


図-6 CASE-1の実験結果と推定値の比較

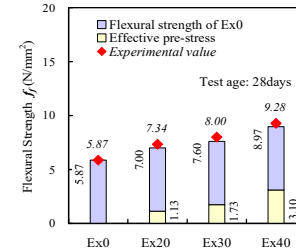


図-7 CASE-2の実験結果と推定値の比較

#### 5.2 高強度膨張コンクリートの基礎性状の検討

圧縮強度、ヤング係数、割裂引張強度および曲げ強度は、膨張材量が増加するにつれ、いずれも低下する傾向にある。

膨張材を添加した場合、一般的な強度のコンクリートの  $\tau/fc^{2/3}-S/D$  関係と相関性がみられず、膨張材を添加した場合は付着の評価手法を検討する必要がある。

ケミカルプレストレスが十分に作用するまでに必要となる鉄筋の定着長さは、部材端部から鉄筋径の15倍~20倍程度が必要であることがわかった。

#### 5.3 普通・高強度膨張コンクリートの鉄筋ひずみの検討

W/P=51%で膨張材量が2倍(40kg/m<sup>3</sup>)の場合には、鉄筋ひずみは  $760 \times 10^{-6}$  程度となり、膨張材の拘束により、最大で、降伏ひずみの約50%が生じることがわかった。

#### 5.4 普通・高強度膨張コンクリートのひび割れ抵抗性の検討

普通強度の膨張コンクリートの場合には、本研究で提案した手法により、膨張コンクリートのひび割れ抵抗性を評価することは可能であるが、高強度膨張コンクリートでは、適用ができないことから、評価手法の検討が望まれる。

#### 6. おわりに

本稿は、著者が博士後期課程の在籍期間中に行った“低添加型膨張材を用いたコンクリートのひび割れ抵抗性に関する研究”について一部を概説したものです。

筆者を社会人学生として博士後期課程に入学することを許可頂き、3年間ご支援ならびにご協力を頂きました株式会社ピーエス三菱の皆様方に深く深く感謝致します。

**Key Words:** 膨張材、ひび割れ抵抗性、曲げ強度、プレストレス



石田邦洋