

付着に基づく高強度膨張コンクリートの伸び能力

山口大学大学院 学生会員 ○七村祐輔
西日本高速道路(株) 正会員 浜梶方希
山口大学大学院 正会員 吉武 勇
呉工業高等専門学校 正会員 三村陽一

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の高層化・高耐久化に伴い、コンクリートの高強度化が進んでいる。一般に水セメント比が小さい高強度コンクリートでは、水和反応による発熱や自己収縮による体積変化が著しく、これに起因したひび割れが発生しやすい傾向にある。この収縮補償用として膨張材がしばしば用いられるようになってきた。ここで供試体寸法 $100 \times 100 \times 1560\text{mm}$ の RC 棒部材を用いた既往の一軸引張実験において、呼び強度 $24(\text{N/mm}^2)$ のコンクリートではひび割れが生じたが、膨張材を添加した高強度コンクリートではひび割れが生じず、終局的な鉄筋ひずみの増加がみられた。そこで本研究では、高強度膨張コンクリートを用いた $50 \times 50 \times 1560\text{mm}$ の RC 棒部材の実験供試体を作製し、材齢 3 日および 7 日で一軸引張実験を行った。

2. 実験概要

本研究の配合表を表-1 に示す。本研究では、水粉体比 $W/P=30\%$ 、粉体量 $P(C+Ex)=520\text{kg/m}^3$ と一定にした。本研究では、現場打ち RC 橋梁床版へ適用するため、早強ポルトランドセメントを使用した。膨張材には標準添加量 20kg/m^3 の石灰系低添加型膨張材(密度 3.14g/cm^3)を用いた。本研究では、膨張コンクリートの伸び能力を検討するため、膨張材添加量を 0, 20, 30, 40kg/m^3 とした 4 種類のコンクリートを打設し、同バッチで実験供試体 3 体を作製した。

本研究で用いた実験供試体を図-1 に示す。断面寸法 $50 \times 50 \times 1560\text{mm}$ の RC 棒部材とし、実験供試体の断面中央には、横ふし型異形鉄筋 D13(SD295A)を、両端から 100mm ずつ張出して埋設した。実験供試体の中央から片側 650mm ずつ(計 1300mm)の定着長を設けた。

コンクリートにより付着拘束を受ける鉄筋ひずみを計測するため、図-1 に示すように、定着端面(0D)、定着端面から 325mm(25D)および供試体中央(50D)に検長 3mm のひずみゲージを貼り付けた。

本研究では、一軸引張実験を行うまで実験供試体を水中養生した。鉄筋およびコンクリートともに引張応力が作用するように、図-2 に示す一軸引張載荷装置を用いて、材齢 3 日および 7 日において一軸引張実験を行った。また、ひずみを 0.5kN ごとに測定し、実験供試体にひび割れが発生するまで載荷した。

本研究のように定着長が長い実験供試体を用いた両引き載荷では、既往の研究において図-3 に示すように、鉄筋ひずみとコンクリートひずみが概ね一致することが報告されている。これは鉄筋とコンクリートが充分に一体化し、軸剛性(EA)に応じて応力分担しているためである。そこで本研究では、式(1)を用いて実

表-1 配合表

W/P (%)		30			
W/C (%)		30	31	32	33
Unit weight (kg/m ³)	Admixture	0	20	30	40
	High early strength Portland cement	520	500	490	480
	Water	156			
	Fine aggregate	737			
	Coarse aggregate	945			

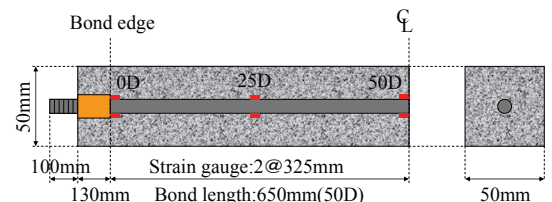


図-1 実験供試体

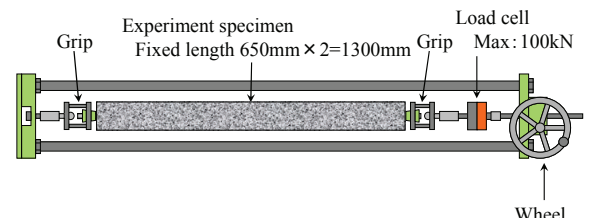


図-2 一軸引張載荷装置

験供試体中央(50D)におけるコンクリートの負担する応力 σ_c を求めた。

$$\sigma_c = \frac{E_s \times \varepsilon_{s0} \times A_s - E_s \times \varepsilon_{s50} \times A_s}{A - A_s} \quad (1)$$

ここで、 σ_c ：コンクリートの負担する応力、 E_s ：鉄筋のヤング係数、 ε_{s0} 、 ε_{s50} ：0D、50Dにおける鉄筋ひずみ、 A_s ：鉄筋の断面積、 A ：実験供試体の断面積を表す。

3. 実験結果および考察

材齢3日および7日における一軸引張実験から得られた応力-ひずみ関係を図-4に示す。なお、図-4に示す応力-ひずみ関係は実験供試体3体において、限界ひずみが最大値を示したものである。図-4に示すように、膨張材添加量の増加に伴い、限界ひずみが増加する傾向にある。特に、Ex30およびEx40においては限界ひずみの向上が顕著にみられた。また、Ex0における応力-ひずみ関係が線形的なものであったのに対し、Ex20、Ex30およびEx40における応力-ひずみ関係は上に凸となる非線形的なものであった。これは図-5に示すように、鉄筋によって拘束を受ける膨張コンクリートの場合、圧縮場から引張場に移行するまでの初期圧縮ひずみが付与されたためと考えられる。

表-2に円柱供試体($\phi 100 \times h200$)を用いて求めた割裂引張強度と一軸引張実験から得られた引張強度の関係を示す。表-2に示すように、膨張材添加量の増加に伴い、割裂引張強度は低下する傾向にある。これは膨張材添加量の増加につれ、コンクリートの自由膨張が大きくなり、コンクリートの組織が弛緩したためと考えられる。また、各材齢および配合において、一軸引張実験から得られた引張強度が割裂引張強度を上回った。高強度膨張コンクリートでは、コンクリートの自由膨張を鉄筋で拘束することにより導入されたケミカルプレストレスが寄与したものと考えられる。

4. まとめ

本研究は、膨張材添加量の異なるRC棒部材を用いた一軸引張実験を行い、高強度膨張コンクリートの伸び能力を求めたものである。本研究で得られた知見を以下に要約する。

(1) 膨張材を添加していないEx0および標準添加量を添加したEx20においては、材齢3日および7日ともにコンクリートの伸び能力が 150×10^{-6} 程度と大きな差はみられなかった。しかしながら、標準添加量以上を添加したEx30およびEx40において、材齢3日ではコンクリートの伸び能力が 190×10^{-6} および 200×10^{-6} 程度、材齢7日ではコンクリートの伸び能力が 200×10^{-6} および 270×10^{-6} 程度と顕著に向上した。

(2) 円柱供試体($\phi 100 \times h200$)による割裂引張強度と一軸引張実験から得られる引張強度を比較した場合、各材齢・配合においても一軸引張実験から得られた引張強度が割裂引張強度を上回った。

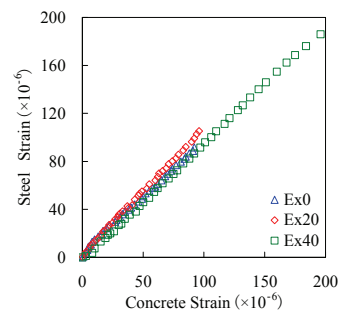


図-3 完全付着領域における鉄筋ひずみとコンクリートひずみの関係

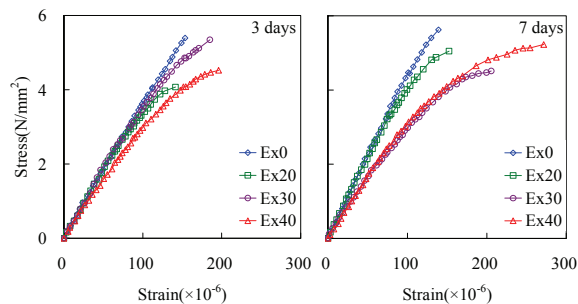


図-4 応力-ひずみ関係

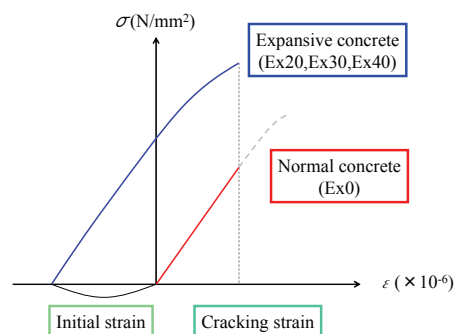


図-5 応力-ひずみ関係模式図

表-2 引張試験の結果

Age of 3 days	Splitting Tensile Test (N/mm ²)	Uniaxial Tensile Test (N/mm ²)
Ex0	4.2	5.4
Ex20	4.0	4.1
Ex30	2.7	5.3
Ex40	2.4	4.5

Age of 7 days	Splitting Tensile Test (N/mm ²)	Uniaxial Tensile Test (N/mm ²)
Ex0	4.1	5.6
Ex20	3.8	5.0
Ex30	3.5	4.5
Ex40	3.3	5.2