

膨張材を用いた高耐久性プレキャストボックスカルバートの弾性解析及び曲げ試験

ランデス株式会社 正会員 ○松岡 智
ランデス株式会社 正会員 細谷 多慶
秋田大学 フェロー 川上 洵

1. はじめに

コンクリート製品に用いられるコンクリートが高強度で高耐久であっても、外力により曲げひび割れが発生すると製品自身の耐久性は低下する。このため、曲げひび割れ耐力の向上を図る目的として膨張コンクリートの使用が有効と考えられる。本研究は、コンクリート製品向けに開発された高耐久性コンクリートに膨張材を用いてプレキャストボックスカルバートを製作し、曲げひび割れ耐力について仕事量一定則による弾性解析と曲げ強度試験結果を比較し、弾性解析による評価方法およびケミカルプレストレスによるひび割れ耐力の向上を定量的に明らかにした。

2. 実験概要

2. 1 配合

配合表を表-1に示す。コンクリート製品向けに開発された高耐久性のコンクリートは、セメントの一部に高炉スラグ微粉末、細骨材の全量に高炉スラグ細砂を用いており、水結合材比25%の高強度かつ高耐久のコンクリートである¹⁾。

表-1 配合表

供試体名	Gmax (mm)	W/B (%)	C/B (%)	s/a (%)	Unit content (kg/m ³)						
					W	C	GGBS	BFS	G15	Ex	AD
HSRC	15	25	40	50	160	256	384	828	792	—	4.54
HSCP	15	25	40	50	160	236	354	828	792	50	3.89

2. 2 基本物性試験

圧縮強度、静弾性係数、曲げ強度および長さ変化率を各JISの試験方法により測定した。

2. 3 曲げ強度試験

プレキャストボックスカルバートの曲げ強度試験により、曲げひび割れ耐力を確認する。寸法形状および曲げ強度試験方法の略図を図-1に示す。JIS試験荷重P(1種:51.7kN/m, 2種:77.5kN/m)では、幅0.05mm以上のひび割れが発生しないことを確認²⁾し、エトリングイト系膨張材(50kg/m³)の効果を考慮した弾性解析結果と曲げ強度試験結果を比較する。

3. 弾性解析

曲げひび割れ耐力は、コンクリートの全断面有効と平面保持を仮定し、ラーメンの構造解析により算定する。また、長さ変化率試験B法による膨張ひずみをを用いた仕事量一定則からケミカルプレストレスを算定する。ケミカルプレストレスは、膨張ひずみが断面の高さ方向に直線分布し鉄筋により拘束され、鉄筋に導入されるケミカルプレストレインは、その位置における膨張ひずみと一致すると仮定する³⁾。なお、以下ではケミカルプレストレスを考慮した弾性理論をCP理論とする。

4. 実験結果および考察

4. 1 基本物性値

圧縮強度 f_c 、静弾性係数 E_c 、曲げ強度 f_b および長さ変化率 ϵ_{cps} (負号は収縮)の測定結果を表-2に示す。HSRC(鉄筋コンクリート)とHSCP(膨張材使用の鉄筋コンクリート)を比較すると、圧縮強度、

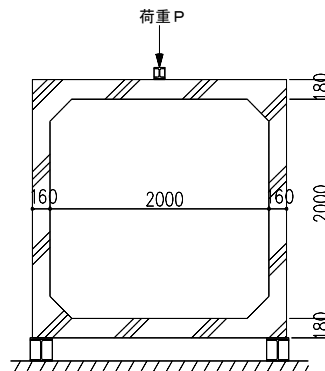


図-1 曲げ強度試験

表-2 基本物性の測定値

	HSRC	HSCP
f_c (N/mm ²)	78.5	78.8
E_c (kN/mm ²)	41	43
f_b (N/mm ²)	5.27	5.88
ϵ_{cps}	-242×10^{-6}	-132×10^{-6}

静弾性係数および曲げ強度は、すべて 1.1 倍程度で大きな差はない。基本物性試験による HSRC と HSCP の長さ変化率は、収縮であり、それらの測定値の差 110×10^{-6} が膨張ひずみと考えられる。なお、鉄筋は SD295A 降伏点 363 N/mm^2 である。

4. 2 頂版中央部のたわみと曲げひび割れ耐力

頂版中央部のたわみを図-2 に示す。ひび割れ発生荷重は、どちらも 2 種規格値 77.5 kN/m を満足している。HSRC は 82.5 kN/m 、特に HSCP は 115 kN/m であり、1.39 倍と大きい。これは、曲げ強度の差と比べ大幅な増加であり、ケミカルプレストレスが有効に作用していると考えられる。また、ひび割れ発生までのたわみは、HSRC および HSCP とともに理論値とよく一致しているため、HSCP においても弾性理論が成立すると考えられる。

なお、曲げ試験結果から設計基準強度 50 N/mm^2 より算定した鉄筋の降伏規格 168 kN/m および破壊規格 197 kN/m を満足している。

4. 3 頂版中央部のひずみ

HSRC の頂版中央部ひずみを図-3 に示す。HSRC のひび割れ発生までのひずみは、理論値とよく一致している。

また、HSCP の頂版中央部ひずみを図-4 に示す。膨張ひずみを測定値 110×10^{-6} として仕事量一定則により算定すると、実験値と一致していない。CP 理論値と実験値が一致するには、膨張ひずみを 500×10^{-6} として仕事量一定則により算定する必要がある。この場合、引張部コンクリートの見掛けの曲げひび割れ強度は 1.42 N/mm^2 の強度増加となる。

5. まとめ

(1) 膨張材によるケミカルプレストレスを仕事量一定則により算定し、弾性解析結果と実測値を比較するとよく一致しており、CP 理論による弾性解析が成立している。
(2) JIS での曲げ強度試験 2 種規格荷重 77.5 kN/m を HSRC は 1.06 倍、HSCP では 1.39 倍、ともに満足している。

(3) エトリンガイト系膨張材を 50 kg/m^3 使用することで、ケミカルプレストレスによる曲げひび割れ耐力の増加が確認できた。

謝辞：本研究の遂行に際し、ハレーサルト工業会の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

- 1) Jariyathitipong Paweena ほか：高炉スラグを使用した高耐久コンクリート、コンクリート技術大会技術講演会発表論文集, pp.135-140, 2013
- 2) 全国ボックスカルバート協会：プレキャストボックスカルバート設計・施工マニュアル 平成 23 年版, 2011
- 3) 栖原健太郎ほか：膨張コンクリートを用いた C P C はりの曲げひび割れ幅の評価、コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.2, pp.229-234, 2009

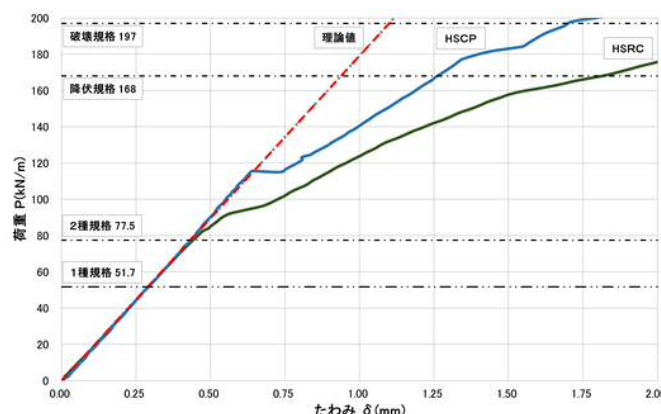


図-2 頂版中央部たわみ

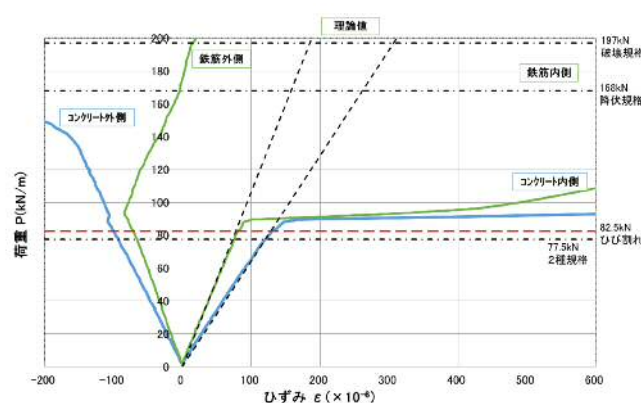


図-3 HSRC頂版中央部ひずみ

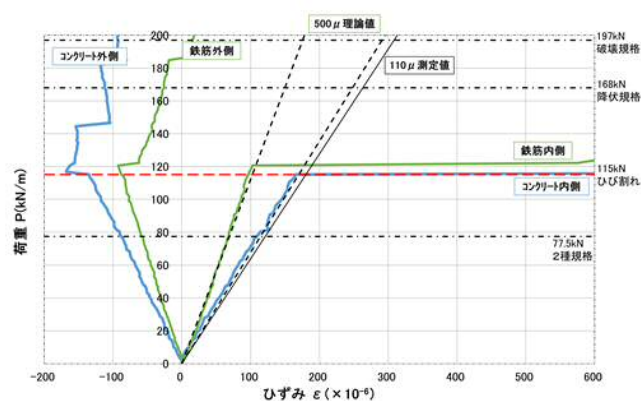


図-4 HSCP 頂版中央部ひずみ