

V-3 高炉スラグ碎石鉄筋コンクリートばりの強度特性に関する基礎的研究 ——単鉄筋コンクリートの挙動について——

日曹マスタービルダーズ(株) 正会員 ○大内 千彦
ピーエスコンクリート(株) 正会員 森島 修
防衛大学校 正会員 加藤 清志

1. ま え が き

筆者らは前報^{1),2)}で、推定応力-縦ひずみ・体積ひずみ曲線式を求め、総供試体数588個の実測応力-ポアソン比曲線と対応させることで推定曲線式が比較的よく実験値と一致することを述べた。本報告では、前報で示した応力-縦ひずみ曲線式を用いて高炉スラグ碎石コンクリートを用いた場合における単鉄筋長方形ばりの力学的特性値を求め、他の曲線式を用いた場合、および天然骨材コンクリートの場合の主として曲げ破壊モーメントを比較・検討したものである。

2. 種々な応力-縦ひずみ曲線式

Desayi³⁾は、初期接線弾性係数(E_i)を終局割線弾性係数(E_s)の2倍と仮定して(1)式に示す応力-縦ひずみ曲線式を示した。

$$\sigma = \frac{E_i \cdot \epsilon}{1 + \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_{CB}}\right)^2} \quad (1)$$

ここに、 σ ：圧縮応力(kgf/cm²) ϵ ：圧縮ひずみ ϵ_{CB} ：単純圧縮終局ひずみ

加藤⁴⁾は、対数減衰率をパラメーターとし、接線弾性係数と対数減衰率との関係を数式化することで(2)式のような簡便な応力-縦ひずみ曲線式を示した。

$$\sigma = \frac{3}{2} \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_{CB}} \right)^2 \right\} E_s \cdot \epsilon \quad (2)$$

筆者らは、高炉スラグ碎石コンクリートの応力-縦ひずみ曲線式を実験的に得られた変形特異点の物理常数で表わすことを主眼とし、(3)式のような応力-縦ひずみ曲線式を示した。

$$\sigma = \frac{E_i}{\epsilon_{CB}^2} \{ E_i (\epsilon - \epsilon_{CB})^2 + E_s \cdot \epsilon \cdot (3 \epsilon_{CB} - 2 \epsilon) \} \quad (3)$$

3. 高炉スラグ碎石コンクリートを用いた単鉄筋長方形ばりの曲げ破壊モーメント

いま、(1)~(3)式を ϵ で積分することで応力-縦ひずみ曲線下の面積(A)が求まる式が与られ、また、(1)~(3)式に ϵ を掛けてさらに ϵ で積分することで、長方形ばりの中立軸に対するモーメント(M)が求まる式がそれぞれ得られる。高炉スラグ碎石コンクリートの実験的に得られた値を(A)および(M)の式に代入し、3者の計算例の比較を示したものが表-1である。 σ_{CB} が240kgf/cm²の場合、高炉スラグ碎石コンクリートの E_i は E_s の約2倍となり、Desayiの仮定と一致する。したがって、本研究で示した計算値はDesayiの示した値とほぼ一致することとなる。しかし、圧縮強度が増大すれば E_i/E_s の値は減少し、したがって、Desayiの示した値とは異なる。とくに、 $\sigma_{CB}=600$ kgf/cm²の場合、曲げ破壊モーメントはDesayiの値に比し約一割小さい値となり、むしろ加藤の値に近い結果となった。同様に、天然骨材コンクリートを用いたDesayiおよび加藤の場合と高炉スラグ碎石コンクリートの場合の単鉄筋長方形ばりの力学的性質を示せば表-2のとおりとなる。また、コンクリートの圧縮強度の変化に伴う曲げ破壊モーメントの変化を示せば図-1のようである。これらから、やはりコンクリートの圧縮強度が小さい場合($\sigma_{CB}=240$ kgf/cm²の場合)では天然骨材コンクリートの場合と大差ないものの、圧縮強度が大である場合($\sigma_{CB}=600$ kgf/cm²の場合)では高炉スラグ碎石コンクリートの曲げ破壊モーメントはDesayi式による天然骨材コンクリートの場合より最大約11%小さい値となるが、加藤式による天然骨材コンクリートの場合とほぼ一致する結果となった。

表-1 高炉スラグ碎石コンクリートを用いた単鉄筋長方形ばりの計算例の比較

	Desayi式	加藤式	本実験式
推定応力-縦ひずみ曲線式	$\sigma = \frac{E_i \cdot \epsilon}{1 + \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_{CB}}\right)^2}$	$\sigma = \frac{3}{2} \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_{CB}}\right)\right) \times E_s \cdot \epsilon$	$\sigma = \frac{\epsilon}{\epsilon_{CB}} \left\{ E_i (\epsilon - \epsilon_{CB})^2 + E_s \cdot \epsilon (3\epsilon_{CB} - 2\epsilon) \right\}$
一般的データ	$\epsilon_f = 0.003$ $\epsilon_s = 0.00133$ $E_i = 2E_s$	$\epsilon_f = 0.003$ $E_s = \frac{\sigma_{CB}}{\epsilon_{CB}}$ $\epsilon_s = 0.00133$	$\epsilon_f = 0.003$ $E_s = \frac{\sigma_{CB}}{\epsilon_{CB}}$ $\epsilon_s = 0.00133$
高炉スラグ碎石コンクリートの特性値	$\epsilon_{CB} = 0.0024$	$\epsilon_{CB} = 0.0024$	$\epsilon_{CB} = 0.0024$ $E_i = 200\sigma_{CB} + 180000$
$A = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon$	240 600	180.7 ϵ_f 451.7 ϵ_f	166.4 ϵ_f 416.0 ϵ_f
$M = \int_0^{\epsilon_f} \sigma \cdot \epsilon d\epsilon$	240 600	108.7 ϵ_f^2 271.8 ϵ_f^2	103.1 ϵ_f^2 257.8 ϵ_f^2
中立軸 (n)	240 600	0.692d 0.692d	0.693d 0.693d
圧縮の合力 (C)	240 600	125.0bd 312.6bd	115.3bd 288.3bd
内力間距離 (z)	240 600	0.725d 0.725d	0.737d 0.737d
曲げ破壊モーメント (M _R)	240 600	90.63bd ² 226.6bd ²	84.98bd ² 212.5bd ²
終局つり合い鉄筋比 (P)	240 600	125.0/ σ_{sy} 312.6/ σ_{sy}	115.3/ σ_{sy} 288.3/ σ_{sy}
備考	d:有効高さ B:断面の幅 σ_{sy} :鉄筋の降伏点		

表-2 天然骨材コンクリートと高炉スラグ碎石コンクリートの単鉄筋長方形ばりの計算例の比較

	Desayi式 (天然骨材コンクリートの場合)	加藤式 (天然骨材コンクリートの場合)	本実験式 (高炉スラグ碎石コンクリートの場合)
一般的データ	$\epsilon_f = 0.003$ $\epsilon_s = 0.00133$ $E_i = 2E_s$ $\epsilon_{CB} = 0.00177$	$\epsilon_f = 0.003$ $E_s = \frac{\sigma_{CB}}{\epsilon_{CB}}$ $\epsilon_s = 0.00133$ $\epsilon_{CB} = 0.0021$	$\epsilon_f = 0.003$ $E_s = \frac{\sigma_{CB}}{\epsilon_{CB}}$ $\epsilon_s = 0.00133$ $\epsilon_{CB} = 0.0024$ $E_i = 200\sigma_{CB} + 180000$
$A = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon$	240 600	192.0 ϵ_f 480.0 ϵ_f	169.7 ϵ_f 424.2 ϵ_f
$M = \int_0^{\epsilon_f} \sigma \cdot \epsilon d\epsilon$	240 600	109.9 ϵ_f^2 274.8 ϵ_f^2	101.5 ϵ_f^2 253.8 ϵ_f^2
中立軸 (n)	240 600	0.692d 0.692d	0.693d 0.693d
圧縮の合力 (C)	240 600	133.0bd 332.4bd	117.6bd 294.0bd
内力間距離 (z)	240 600	0.704d 0.704d	0.721d 0.721d
曲げ破壊モーメント (M _R)	240 600	93.60bd ² 234.0bd ²	84.72bd ² 221.8bd ²
終局つり合い鉄筋比 (P)	240 600	133.0/ σ_{sy} 332.4/ σ_{sy}	117.6/ σ_{sy} 294.0/ σ_{sy}
備考	d:有効高さ B:断面の幅 σ_{sy} :鉄筋の降伏点		

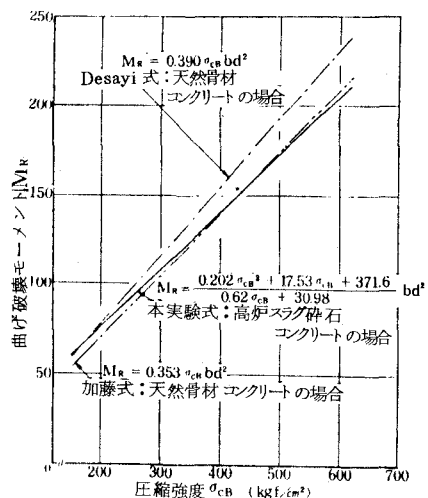


図-1 圧縮強度の変化に伴う曲げ破壊モーメントの変化

4. あとがき 本研究は筆者らが関東学院大学在籍中に行なったものであり、元関東学院大学綾亀一教授の御指導をいただいた。また、本研究を発表するに当たり、日曹マスタービルダーズ(株)中央研究所 児玉和巳所長および中川脩課長の御理解を賜った。付記して謝意を表する。

5. 参考文献 1)森島・大内・加藤:土木学会第37回年講概要集, S.57.10, pp.125~126. 2)大内・綾・加藤:土木学会第37回年講概要集, S.57.10, pp.127~128. 3)Desayi, P. & Krishnan, S.: ACI Jour. Proc., V. 61, No. 3, 1964, pp.345~350. 4)加藤:研究開発四季報, 第5巻, S.54.9, pp.22~25.