

人工軽量骨材コンクリート応力-ひずみ関係に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○ Ha Ngoc Tuan 九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
 国土交通省 正会員 光武孝弘 (株) 長大 フェロー 秋元泰輔
 PC 建設業協会九州支部 正会員 吉村 徹 九州大学大学院 正会員 矢葺 亘

1. はじめに

人工軽量骨材を構造物に用いる場合, (1) 慣性力低減による構造物全体としての耐震性の向上, (2) 基礎構造物の減少化等の利点が考えられる。ただし, それら利点を十分発揮しかつ耐震安全性を確保するためにコンクリート材料としては基礎物性値の準備が不十分である。そこで本研究では, 部材のモデル化および耐震性能評価を行うために必要な拘束効果を考慮した軽量コンクリート応力-ひずみ曲線の提案を行う。

2. 実験概要と実験結果

2.1 シリンダー実験

本研究では, 単位質量が約 1900 kg/m^3 の人工軽量骨材を利用したコンクリートを使用した。配合強度 $20, 30, 40 \text{ N/mm}^2$ の3種類テストシリンダーを対象とし, 実験を行った。表-1に実験結果を示す。各配合強度とも, それ以上の圧縮強度を実現出来ている。また引張強度は圧縮強度の $1/17 \sim 1/18$ であった。ヤング係数は同強度の一般的な普通コンクリートの約60%であった。表-2および図-1に強度-ヤング係数に関する実験結果を示す。図-1より, 圧縮強度とヤング係数には, 以下のような関係があることが明らかになった。

$$E_c = 0.15f_c' + 12.64 \quad (\text{式-1})$$

E_c : 軽量コンクリートヤング係数 (kN/mm^2)

f_c' : 軽量コンクリート圧縮強度 (N/mm^2)

2.2 中心軸圧縮実験

1) 実験概要

供試体は, 主鉄筋SD295D6の8本を配置した $20 \times 20 \text{ cm}$ 正方形断面を有する高さ 60 cm の柱とした。帯鉄筋(SD295D6) 間隔を変えた6ケース(普通コンクリート3ケース)(体積比 $\rho_s = 0\% \sim 2.51\%$) について荷重とひずみを計測した。供試体一覧を表-3に示す。配合強度 40 N/mm^2 に対する合計6体の軽量コンクリートをDシリーズ, 3体の普通コンクリートをEシリーズ, 同様に配合強度 30 N/mm^2 に対して, FシリーズとGシリーズと呼ぶ。載荷は変位制御により荷重を作用させた。また応力の算出は全断面有効として考えた。

2) 実験結果

図-3, 4のD, EシリーズとF, Gシリーズの実験結果通して, 次のことが分かった。①軽量コンクリートは普通コンクリートと比較して, 横拘束筋による最大応力時のひずみの増加が少ない。②強度が下があれば最大応力時のひずみが小さくなる。③上昇領域で $\sigma - \epsilon$ 曲線は線形に近い。

さらに目視より, すべての軽量コンクリート供試体

表-1 シリンダー試験結果

配合強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	ヤング係数 ($\times 10^4 \text{ N/mm}^2$)	単位質量 (kg/m^3)
20	30		1.7	
30	43.81	2.48	1.83	1910
40	54.35	2.99	2.03	1910

表-2 ヤング係数実験結果

セメント	W/C	圧縮強度	ヤング係数
早強	30	54.1	20.7
	35	52.8	20.4
	40	43.8	18.3
	40	48.6	20.4
普通	45	41.4	19
	50	37	18.8
	40	42.4	19
低熱	45	40	18.9
	50	27.2	16.4

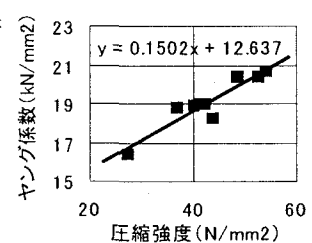
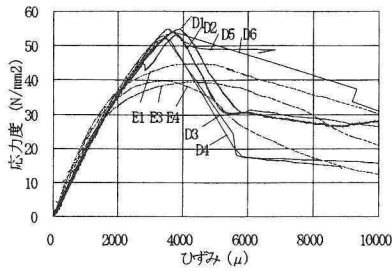


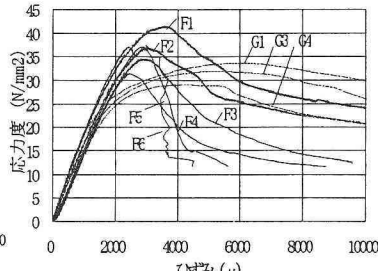
図-1 圧縮強度-ヤング係数関係

表-3 中心軸圧縮実験供試体一覧

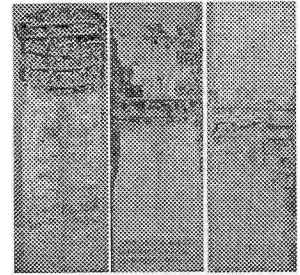
供試体 名前	断面 形状 高さ (cm)	コンクリート		帯鉄筋			
		種類	無拘束強度 (配合強度) (N/mm^2)	記号 直径 (mm)	σ_{xy} (N/mm^2)	間隔 (mm)	体積比 ρ_s (%)
D1	20x20 50	軽 量	54.66 (40)	SD295 D6	344	26	2.51
D2						36	1.81
D3						57	1.15
D4						95	0.69
D5						143	0.46
D6						570	0.00
E1	20x20 50	普 通	39.87 (40)	SD295 D6	344	36	1.81
E2						57	1.15
E3						95	0.69
F1	20x20 50	軽 量	37.12 (30)	SD295 D6	344	26	2.51
F2						36	1.81
F3						57	1.15
F4						95	0.69
F5						143	0.46
F6						570	0.00
G1	20x20 50	普 通	29.10 (30)	SD295 D6	344	36	1.81
G2						57	1.15
G3						95	0.69



図—3 応力—ひずみ曲線 (40N/mm²)

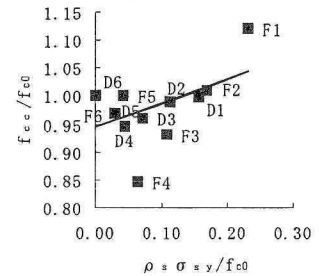


図—4 応力—ひずみ曲線 (30N/mm²)

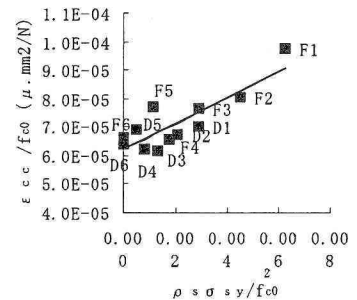


(a) D2 (b) F2 (c) E2

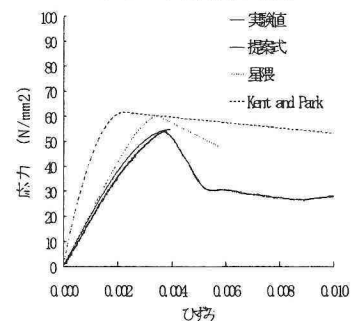
写真—2 破壊形状



図—5 最大応力—拘束効果関係



図—6 最大応力時点の
ひずみ—拘束効果関係



図—8 既往モデルと比較

において最大応力以降の挙動はコンクリートの急激な剥落等より脆性的であることも確認した。写真—2に供試体破壊形状を示す。

3. 応力—ひずみ曲線のモデル化と既往の研究との比較

3.1 モデル手法

現在、道路橋示方書¹⁾においては、応力—ひずみ曲線の上昇域を次式で表している。

$$f_c = E_c \varepsilon_c \left\{ 1 - \frac{1}{n} \left[\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \right]^{n-1} \right\} \quad (\text{式—2}) \quad \text{ただし, } n = \frac{E_c \varepsilon_{cc}}{E_c \varepsilon_{cc} - f_{cc}}$$

f_{cc} : 最大圧縮応力 (N/mm²), ε_{cc} : 最大応力時のひずみ, E_c : ヤング係数 (N/mm²) 本研究もこの手法を参考に、式—2中の f_{cc} および ε_{cc} と横拘束筋拘束効果との関係を実験結果の回帰分析より提案した。また上述の脆性破壊特性を考え、本モデルでは最大応力点を終局点とし、上昇域関数だけをモデル化することとした。

3.2 モデル化の結果と考察

図—5および図—6に f_{cc} および ε_{cc} と拘束効果との関係と実験結果を示す。 f_{c0} を無筋供試体強度とすれば、これらの関係は次式に表すことが出来た。

$$f_{cc} = 0.945 f_{c0} + 0.43 \rho_s \sigma_{sy} \quad (\text{式—3})$$

$$\varepsilon_{cc} = 6.229 \times 10^{-5} f_{c0} + \frac{0.00453 \rho_s \sigma_{sy}}{f_{c0}} \quad (\text{式—4})$$

式—2～4をともに、提案式と実験結果の比較を図—8に示す。また同時に道示式(星隈式²⁾)、Kent and Park³⁾の式も併記する。 f_{cc} 、 ε_{cc} の算出に、普通コンクリートのパラメータを用いた道示式の初期勾配が強度や材料によらず一定でKent and Park式ともに実験値との差が大きいが、提案式は上昇域の実験結果を精度よく表現している。

4. まとめ

本実験を通して、軽量コンクリートの基礎的特性を検討した。設計用の強度—ヤング係数関係を把握し、帯鉄筋による拘束効果を考慮した応力—ひずみモデルを道路橋示方書に参考して提案した。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説：V耐震設計編，1996年12月
- 2) 星隈，川島，長屋：鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査に用いるコンクリート応力—ひずみ関係：土木学会論文集 No. 520/V-28, 1-11, 1995. 8
- 3) Kent, D. C and Park, R.: Flexural member with confined concrete, J. Struct. Div., ASCE, Vol. 97, No. 7, pp1969-1990, 1971