

一定軸力下で曲げを受ける鉄筋コンクリート柱の破壊影響領域に関する解析的研究

名古屋工業大学 学員 ○水谷圭吾

中部大学 正員 水野英二 三重大学 正員 畑中重光

1. まえがき

これまで筆者らは、曲げを受ける RC 柱のポストピーク挙動解析を行うに際し、「分割要素長さ」に依存しない有限要素解析結果（特に、荷重 - 変形曲線）を得るための解析手法を考案した¹⁾。しかし、「破壊領域」の特定に関しては、本解析手法がコンクリートの構成モデルにひずみ軟化型構成モデルを採用したため、「分割要素長さ」の影響を受けユニークな「破壊領域」を得ることは困難であった。それゆえ、本研究では、破壊領域を特定する際に「分割要素長さ」に依存しない新たな解析手法を考案することを目的とする。

2. 破壊影響領域解析

2.1 破壊影響領域

本研究で定義した「破壊影響領域」とは、RC 柱の荷重 - 変形曲線に影響を及ぼす「柱基部からのある一定領域」のことを意味する。それゆえ、本解析では RC 柱の柱基部からある一定領域に対してコンクリート強度を増加させ、RC 柱の最大耐力の変動とコンクリート強度増加領域との関係を解析的に検討し、「破壊影響領域」の特定を試みた。本解析では、破壊影響領域に影響をおよぼす要因としてせん断スパン比 S 、軸力比 P/P_y 、鉄筋比および強度比（主鉄筋降伏強度とコンクリート強度との比）などを考え、これらの要因を組み合わせ、変動させることにより「破壊影響領域」に及ぼす影響について考察した。

表 - 1 解析ケース 1

せん断スパン比 S	要素数	軸力比 P / P _y	コンクリート強度増加率 (%)
4	20	H 供試体 0.12m (m = 0, ~ , 7)	10, 20, 30, 40, 50
5	25	N 供試体 0.11n (n = 0, ~ , 8)	
6	30		
7	35		

2.2 供試体概要および解析モデル

本解析では、高強度材料からなる H 供試体と普通強度材料からなる N 供試体²⁾を採用した。材料の諸強度、断面形状(450 mm × 450 mm)および寸法については文献 2) を参照されたい。構成モデルとして鋼材部分には修正二曲面モデル³⁾を、コンクリート部分にはひずみ軟化型モデル¹⁾を用いてプッシュオーバー解析を有限要素解析プログラム FEAP⁴⁾により行った。

2.3 分割モデルならびに解析概要

RC 柱全要素のコンクリート強度が均一な「基本」供試体および RC 柱基部より N 要素目までのコンクリート強度を一定割合(10%, 20%, 30%, 40%, 50%)だけ増加させた供試体に対して、プッシュオーバー解析を行った。表 - 1 に示す解析ケース 1 ではせん断スパン比および軸力比を考慮した解析を、一方、表 - 2 に示す解析ケース 2 では強度比、主鉄筋比、および帯鉄筋比を考慮した解析を行った。

2.4 破壊影響領域の解析的な定義

一例として、スパン比 $S = 5$ 、軸力比 $P/P_y = 12\%$ 、コンクリート強度増加率 50%と設定することにより、H 供試体を

表 - 2 解析ケース 2

		主鉄筋降伏 強度 σ_y (MPa)	コンクリート 圧縮強度 f_c' (MPa)	コンクリート 強度増加率 (%)
強度比	2	235.0	100.0	10, 20, 30, 40, 50
	6	399.0	65.7	
	12	795.0	65.7	
	22	795.0	37.1	
	32	795.0	25.0	
	40	795.0	20.0	
主鉄筋比 (%)		0.3125, 0.625, 1.25, 2.5, 3.75, 5.0		
帯鉄筋比 (%)		0.093, 0.186, 0.372, 0.744, 1.116, 1.488, 1.860		

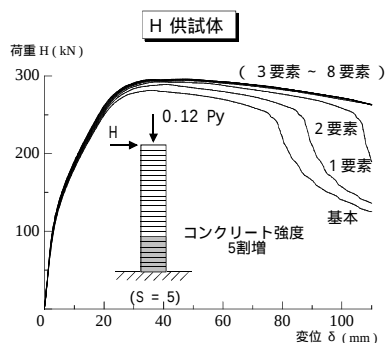


図 - 1 荷重 - 変形曲線

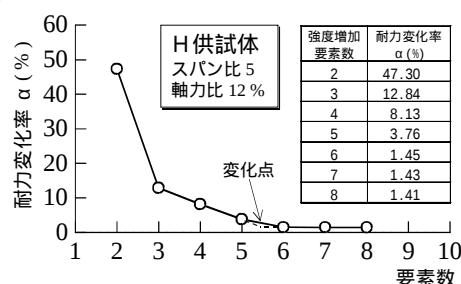


図 - 2 耐力変化率

キーワード：破壊影響領域、RC 柱、塑性ヒンジ長さ、敏感度解析、ファイバー解析

連絡先 〒487-8501 春日井市松本町 1200 中部大学工学部土木工学科 TEL:0568-51-9542 FAX:0568-51-1495

基部から8要素目まで順次コンクリート強度増加させた場合の荷重 - 変形曲線を図 - 1 に示す。本研究では、基本供試体の最大耐力を H_0 とし、N 要素目までコンクリート強度を増加させた供試体に対する最大耐力 H_N の変化率を次式 (1) に示す耐力変化率 α として定義する。

$$\alpha = (H_N - H_{N-1}) / (H_{N-1} - H_0) \quad (1)$$

図 - 2 に耐力変化率 α (%) を示す。図から 5 ~ 6 要素目以降は耐力変化率 α が定常的になることが分かる。ここでは、耐力変化率 α が定常的になる点、すなわち、5 ~ 6 要素目を変化点と定義し、柱基部より 4 ~ 5 要素目までを「破壊影響領域」とした。耐力変化率抽出点の違い、分割要素長さの違い、およびコンクリート強度増加率の違いが「破壊影響領域」に及ぼす影響を解析的に考察した結果、ほぼ同一の変化点が得られた。ここではその詳細については割愛する。以下の考察では、要素長さ 9 cm、コンクリート強度増加率 50 % に基づく解析結果を示す。

3. 解析結果および考察

解析結果より以下の考察ができる。せん断スパン比および軸力比が増加するに伴って破壊影響領域は増加するが（図 - 3 参照）、強度比、主鉄筋比、および帯鉄筋比の変動はそれ程破壊影響領域に影響しないことが分かった（図 - 4、図 - 5、および図 - 6 参照）。図 - 7 に示すコンクリートのひび割れ・圧壊進展図、および図 - 8 に示す主鉄筋の降伏進展図と本研究の「破壊影響領域 (0.86 D)」とを比較すると、コンクリートの圧壊域はおよそ 0.43 D で約半分、鉄筋の引張降伏領域はおよそ 0.8 D でほぼ等しい値となっている。

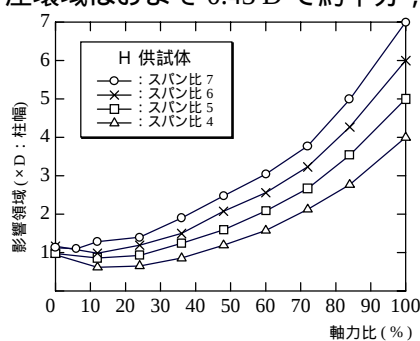


図 - 3 (軸力比・せん断スパン比)と破壊影響領域

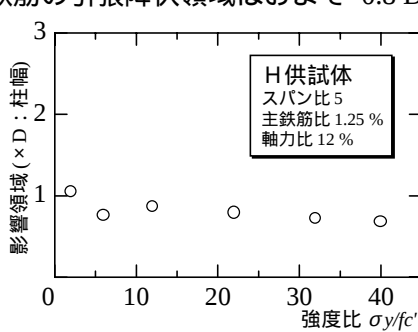


図 - 4 強度比と破壊影響領域

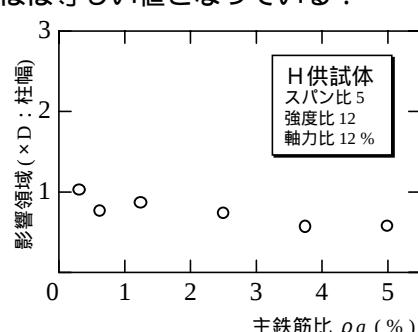


図 - 5 主鉄筋比と破壊影響領域

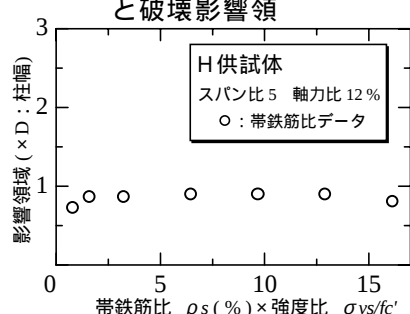


図 - 6 (帯鉄筋比 × 強度比)と破壊影響領域

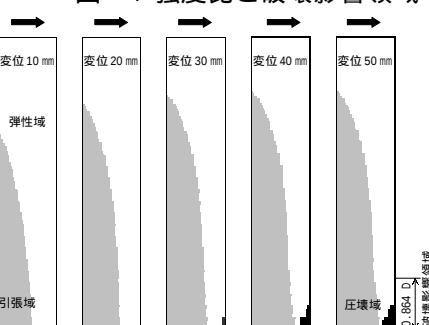


図 - 7 コンクリートの損傷進展

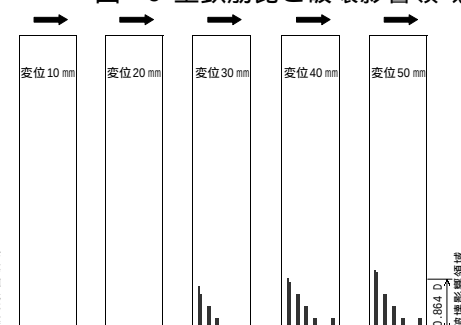


図 - 8 鉄筋の降伏進展

4. まとめ

- (1) コンクリート強度増加領域と耐力変化率との関係より耐力変化点を決定し「破壊影響領域」を定義した。
- (2) 破壊影響領域に対する要因を解析的に検証した結果、強度比、主鉄筋比および帯鉄筋比は破壊影響領域に大きな影響を及ぼさないことが分かった。
- (3) コンクリートのひび割れ・圧壊域および主鉄筋の降伏領域を損傷図によって示したが、本研究で求められた「破壊影響領域」と何らかの関連があることが分かった。

謝辞：中部大学総合工学研究所補助金（第6部門B）、ハイテクリサーチ研究費（文部科学省）ならびに平成14-15年度文部科学省科学研究費補助金（基盤研究C、研究代表者：水野英二）を受けたことを付記し、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 水野英二、松村寿男、畑中重光：繰り返し荷重を受ける鉄筋コンクリート柱のポストピーク挙動解析，コンクリート工学論文集，第13巻3号，pp.47-60, 2002.
- 2) 足立幸郎，運上茂樹，長屋和宏，林昌弘：高軸力下における高強度 RC 部材の変形性能に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 21, No. 3，pp.169-174, 1999.
- 3) 水野英二ら：鋼素材に対する修正二曲面モデルの一般定式化，構造工学論文集，土木学会，Vol.40A，pp.235-248, 1994.
- 4) Zienkiewicz, O.C.: The Finite Element Method, Third Ed., (吉織雅夫、山田嘉昭監訳「マトリックス有限要素法」)，培風館，1984.