# 繰返し荷重を受ける RC 部材の破壊モード判定方法の提案

名古屋大学大学院	学生会員	○九里	和哉		
名古屋大学大学院	正会員	中村	光,国枝	稔, 上田	尚史
大阪工業大学	正会員	井上	晋		

#### 1. はじめに

繰返し荷重下における RC 部材の代表的な破壊モードには、曲げ破壊モードと、曲げ降伏後せん断破壊モード がある.曲げ降伏後せん断破壊モードとなる部材では、最大荷重以降の軟化勾配は、曲げ破壊モードの部材の最 大荷重以降の軟化勾配に比べて不安定であり、かつ、急激に水平抵抗力を失うことがある. したがって、想定を 越えるような地震荷重が作用した場合に、どのような破壊モードが生じるかを判定しておくことは重要と考えら れるが、現状の設計では終局変位の算定の際に破壊モードの判定は行われていない、そこで本研究では、既往の RC 部材の正負交番繰返し載荷試験の実験データを収集し、その実験結果を基に破壊モードの判定方法を提案する.

### 2.評価に用いた実験データ

実験データのパラメータ範囲 表-1 (cm)

(Mpa

(%)

(%)

ЪĆ

0.04

算定值(°)

(a) 曲げ降伏後せん断破壊部材

0.1

0.15

30

D10

19.4

25

0.39

0.11

0

1.16

0.06

0.08

0.1

0.2

90

D32

72.1

6.1

1.64

2.27

0.23 ~

3.48

~

断面高さ

引張鉄筋径

fc

せん断スパン比

引張鉄筋比

帯鉄筋比

軸力比

0.1

0.08

0.06\_

迴 金0.04

0.02

0

0.2

0.15

<sup>承</sup>0.05

0

ς. 漫 0.1 0.02

0.05

M



## 3. 既往の評価式の適用性

既往の評価式として、土木学会コンクリート標準示方書設計編 10に示され ている終局変位算定式(以下,示方書式)の実験データへの適用性を調べた. 曲げならびに曲げ降伏後せん断破壊部材ごとの終局部材角の算定値と実験値 を図-1に示す.いずれの破壊モードにおいても妥当に評価できることが確認 された.

### 4.曲げ降伏後せん断破壊する部材の終局変位算定式の作成

上述したように示方書式は、破壊モードによらず終局変位を評価できる.た だし、このことは破壊モードの判定ができないことを意味するものである.本 研究では,曲げ降伏後せん断破壊する部材のみの終局変位算定式を作成し,破 壊モードによらない示方書式と組み合わせることで,破壊モードの判定を行う 方法を提案する.曲げ降伏後のせん断破壊が生じる理由としては、図-2に示

すように,帯鉄筋以外が受け持つせん断 耐力(V<sub>c</sub>)が,正負交番繰返し載荷下で, 変位の増加に伴い低下するとの考え方が ある. そこで、その考え方に基づき、式 (1)から実験データにおける Vcの低下量 a を求め、靭性率との関係を示したのが 図-3 である.

 $V_{mu} = \alpha V_c + V_s$ 



キーワード 破壊モード,曲げ降伏後せん断破壊,曲げ破壊,終局変位,繰返し載荷

(1)

連絡先 〒464-0814 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 材料形態学グループ Tel 052-789-4484

図-3 において α を安全側に評価するように式(2)に示すような靭性率に対す る低減係数 α の式を作成した.

(2)

 $\alpha = 1.25 - 0.25 \mu$ 

式(1)と式(2)を組み合わせることで、せん断耐力の低下を考慮した靭性評価式が式(3)のように表される.

 $\mu = (1.25V_c + V_s - V_{mu})/(0.25V_c)$ (3)

図-4 に実験値と式(3)の算定値の関係を示す.式(3)は、曲げ降伏後せん断破 壊部材の終局部材角を安全側に小さなばらつきで評価できることが分かる.

#### 5.破壊モード判定方法

式(3)は、曲げ降伏後せん断破壊部材に対する終局部材角を安全側に評価す るものである.示方書式は、終局部材角を妥当に評価できることから、示方書 式より式(3)の算定値が小さかった場合は、曲げ降伏後せん断破壊形態と判定 する.一方、曲げ破壊する部材は基本的に  $V_s$ が大きく、式(3)では  $V_s$ が大きく なれば靱性率がある倍率を持って大きくなるような形式の式となっている.一 般に、曲げ破壊時の終局変位は  $V_s$ に応じて無限には増加しないため、式(3)を  $V_s$ が比較的大きい曲げ破壊する部材に適用した場合は、実験値を過大に評価 する傾向となる.このような式の形式から、式(3)が示方書よりも大きかった 場合は曲げ破壊と判定する.

### 6. 破壊形式判定方法の検証

図-5 に曲げ降伏後せん断破壊部材と曲げ破壊部材について式(3)と示方書式 との比較を示す.黒四角が示方書式による算定値,赤四角が式(3)による算定 値である.曲げ降伏後せん断破壊については,図-5(a)より,全てのデータに

おいて式(3)の算定値の方が示方書式より小さく,提案する方法により曲げ降伏後せん断破壊モードと判定された. 一方,曲げ破壊する部材に対しては,42個中36個のデータで式(3)の算定値の方が示方書式より大きくなり,5章 の考えから約86%の割合で曲げ破壊モードと判定された.

妥当に破壊モードの判定が出来なかったデータの一部の特徴としては、f<sup>\*</sup>c=70MPaを超える高強度コンクリートを使用したケースが含まれたことから、提案した方法は高強度コンクリート部材には適用範囲外と考えられる.

### 7. 結論

本研究では、繰返し荷重を受ける RC 部材の破壊モードの判定方法を提案した.本研究で提案した方法を既往 の実験結果を用いて検証したところ、実験で曲げ降伏後せん断破壊した部材に対して全てのデータの破壊モード を正しく判定ができ、曲げ破壊した部材に対しては、約 86%のデータにおいてその破壊モードを妥当に判定でき た.これらのことより、提案した方法を用いれば、既往の示方書式を用いながら、RC 部材の破壊モードを適切に 評価できると考えられる.

#### 参考文献

1)石橋忠良,津吉毅,小林薫,吉田徹,梅原卓也:大変形領域の交番載荷を受ける RC 橋脚の変形性能算定に関する研究,土木学会論文集, No.711/V-56, pp.45-57, 2002. 2)石橋忠良, 吉田伸一:鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究, 土木学会論文集, No.390/V-8, pp.57-66, 1988. 3)大田実:繰返し荷重下における鉄筋コンクリート橋脚の挙動に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, 第292号, pp.65-74, 1979. 4) 尾坂芳夫, 鈴木基行, 蟹江秀樹: RC 柱の履歴復元力に及ぼす載荷速度と載荷パターンの影響, 構造工学論文集, Vol.34A, pp.911-922, 1988. 5)幸左賢二,小林和夫,村山八洲雄,古澤義夫:変形性能に着目した大型模型と小模型実験の比較,コンクリート工学年次論文報告 集, Vol.16, No.2, pp.611-616, 1994. 6)渡邉忠朋,谷村幸裕,瀧口将志,佐藤勉:鉄筋コンクリート部材の損傷状況を考慮した変形性能 7)渡辺一功, 伊吹真一, 大庭光商: 円形断面を有する RC 柱の変形性能に関 算定手法, 土木学会論文集, No.683/V-52, pp.31-45, 2001. する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.2, pp.781-786, 2010. 8) 宮路健太郎, 中澤宣貴, 川島一彦, 渡邊学歩: 高強 度コンクリート及び高強度鉄筋を用いた RC 橋脚の耐震性,構造工学論文集, Vol.51A, pp.809-816, 2005. 9)村田裕志,渡辺典男,水谷 正樹、小尾博俊、福浦尚之:SD490を用いた高鉄筋比のRC橋脚の耐震性能に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.56A、pp.928-937、 2010. 10) 土木学会, 土木学会コンクリート標準示方書設計編, 2007.



図-4式(3)の適用性

