

V-59

交番繰り返し荷重を受けるRC部材の履歴復元力特性のモデル化

○東北大学 学 倉田幸宏

東北大学 学 中村泰介

東北大学 正 尾坂芳夫

1. はじめに

コンクリート構造の耐震安全性を保证するためには、部材の終局に至る履歴復元力特性を把握することが極めて重要である。本研究では、RC部材の実験結果を基にして、同一変位において交番繰り返し荷重を受ける部材の各サイクルでの最大荷重は繰り返し数の増加と共に低下する現象と最大荷重以降の包絡線が低下する現象とを考慮した履歴復元力特性のモデル化の方法を提案することを目的としている。

2. 実験概要

表-1に供試体諸元を示す。

表-1 供試体諸元

実験で用いた供試体は、1辺40cmの矩形断面を有し有効高さ $d=35$ cm、せん断スパン長 $a=140$ cmせん断スパン比 $a/d=4.0$ のRC柱である。変動要因は軸方向鉄筋比 PL 、帯鉄筋比 PW および軸圧縮応力度 σ である。載荷は軸力を一定に保ち、正負交番繰り返し水平荷重を静的に加えた。初期曲げひび割れが発生したときの載荷点水平変位 δ_c で交番繰り返しを1回、その後部材降伏変位 δ_y （最外縁の軸方向鉄筋歪が降伏歪に達した時を降伏とした。）を基準に、その整数倍の各変位で5回づつ正負交番繰り返し載荷を行った。

柱No.	降伏 変位 (mm)	軸方向 鉄筋比 (%)	帯鉄筋比 (%)	軸力 (kg/cm ²)	$\delta u / \delta y$
T-1	6.9	0.950	0.357	15	7
T-2	13.0	3.800	0.357	15	5
T-3	11.0	2.149	0.238	15	5
T-4	11.0	2.149	0.158	15	4
T-5	10.5	2.149	0.285	15	5
T-6	10.4	2.149	0.178	10	5
T-7	10.5	2.149	0.357	40	4
T-8	10.0	2.149	0.357	0	6
T-9	9.0	1.490	0.357	15	5
T-10	9.1	1.490	0.238	15	6
T-11	9.0	1.490	0.158	15	5

3. 実験結果及び考察

(1) 同一変位での繰り返しによる荷重の低下割合(R)について

同一変位での1サイクル目から2サイクル目の荷重の低下は3サイクル目以降の低下に比べてかなり大きく、各変位での1サイクル目から i サイクル目の荷重の低下割合 $(R) = (1 - P_i / P_1)$ は変形が進むにつれて小さくなる。ところがある変位レベルを越えると3サイクル目以降も大きく荷重が低下した（図-1参照）。繰り返しを受ける部材には、いわゆる安定変位レベル（同一変位で繰り返しを行うと荷重の値がある変位に収束する変位レベル）と不安定変位レベル（荷重がある値に収束せずに低下する変位レベル）とがある。これら両変位レベルの境界を終局と定義しその時の変位を終局変位とした。降伏以降の変位レベルでの低下の割合(R)は次式で表すことができる。

$$R = a + b \cdot n$$

$$a = 19.24 - 0.68 \cdot PL - 62.6 \cdot (\sigma / f_c')$$

$$b = -2.84 - 1.09 \cdot PL + 8.08 \cdot PW$$

P_1 : 各変位での1サイクル目の荷重 P_i : i サイクル目の荷重

$n = \delta / \delta_y$ (δ_y は部材降伏変位)

f_c' : コンクリート圧縮応力度 (kg/cm^2)

以上のことから、軸方向鉄筋比や軸圧縮応力比が大きい程低下の割合は大きくなる。また帯鉄筋比が大きくなると低下の割合は小さくなる。

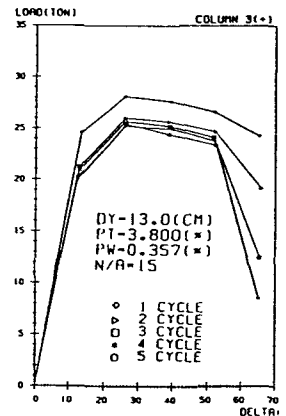


図-1 各サイクルの包絡線

(2) 1 サイクル目の包絡線について (図-2 参照)

① 最大荷重 P_{max} と降伏荷重 P_y との関係

最大荷重は $2\delta y$ で発生するものとする。

$$P_{max} = 1.2 P_y \quad (\text{平均値} = 1.19, \text{変動係数} = 2.77\%)$$

② 最大荷重 P_{max} と終局荷重 P_u との関係

終局荷重 P_u と $\mu = \delta u / \delta y$ は以下の式で与える。

$$P_u = 0.9 \cdot P_{max}$$

$$\mu = 6.2 - 3.1 \cdot \log P_L - 23.8 \cdot \sigma / f_c' + 4.6 \cdot (P_w)^{0.5}$$

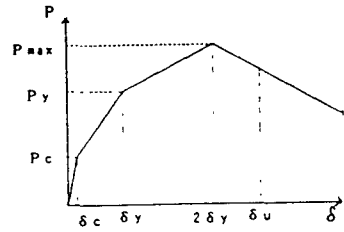


図-2 包絡線

4. 履歴復元力特性のモデル化 (図3～図5 参照)

(1) 降伏前は原点指向型とする。

(2) 降伏後の包絡線を進む直線 seg4 について

載荷は seg4 をそのまま進み U 点を越えた時 seg10 を進む。

除荷は seg5 へ進む。

(3) 降伏後の包絡線上からの戻りの直線 seg5 について。

載荷は seg5 を戻り包絡線に達したらその直線上を進む。

除荷は除荷剛性 K_m によって進み、荷重 0 点との交点を X_0 点とする。 $K_m = (P_y / \delta y) (1/n)^{0.4}$ とする。

(4) X_0 点から最大点に向かう直線 seg6 について。

載荷は最大点を指向して進む。(最大点が Y 点に達してない場合は Y 点を指向して進む。) 包絡線に達したらその直線をそのまま進む。除荷は seg7 にすすむ。

(5) seg6 上の点からの戻りの直線 seg7 について

載荷は seg7 をそのまま戻り、包絡線に達した場合その直線をそのまま進む。除荷は除荷剛性 K_m によって進み、荷重 0 点との交点を X_1 点とする。

(6) X_1 から U_m に向かう直線 seg8 について

U_m は既に述べた荷重低下率による低下点。載荷は包絡線に達するまでは seg8 を進み、包絡線に達した時その達した直線をそのまま進む。除荷は seg7 に進む。

(7) seg8 上の点からの戻りの直線 seg9 について

載荷は seg9 をそのまま戻り、包絡線に達した場合その直線をそのまま進む。除荷は除荷剛性 K_m によって進み、荷重 0 点との交点を X_2 点とする。

(8) 最大荷重後の包絡線上の直線 seg10 について

載荷は包絡線上を進む。除荷は seg9 に進む。

(9) 終局荷重以降の包絡線上の直線 seg11 について。

載荷は包絡線上を進む。除荷は seg9 に進む。

(10) 最大変位を下回って荷重が反転する場合の剛性は 1 サイクル前の剛性と等しいものとする。

(11) 終局以降の荷重 0 からの載荷は繰り返しの度に 10% 下がった荷重点を指向するものとする。

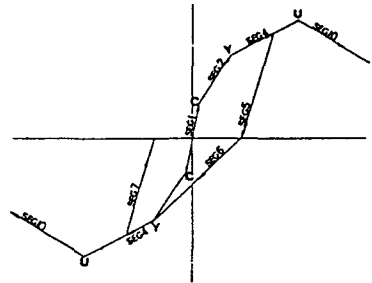


図-3 履歴ループのモデル化 (1)

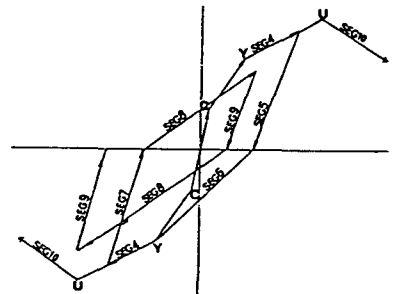


図-4 履歴ループのモデル化 (2)

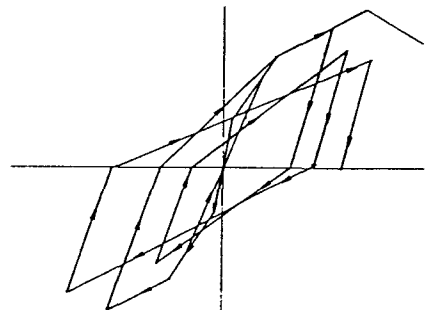


図-5 履歴ループのモデル化 (3)