(V－61) RC単柱のランダム載荷実験におけるせん断強度低下に対する実験的研究

*武蔵工業大学工学部 学生会員 松田 佑治 藤田 幸弘
*武蔵工業大学工学部 正会員 吉川 弘道
**東急建設技術研究所 正会員 服部 尚道

1. はじめに

外力に対して抵抗するせん断強度には，コンクリート負担分 Vc，せん断補強筋負担分 Vs が挙げられる．RC 単柱において，コンクリート負担分 Vc の低下は，載荷履歴(繰返し回数，変位振幅)による影響が大きいと報告されている [1]．これまで RC 単柱の静的載荷実験の載荷履歴において直下型地震は，静的漸増 3 回繰返し載荷履歴，海洋プレート型地震は，静的漸増 10 回繰返し載荷履歴としてきた [2]．そこで今回は，直下型地震，海洋プレート型地震の実波形をもとに動的解析により作成したランダムな載荷履歴で実験を行った．これらの実験において，コンクリート負担分 Vc の劣化過程の推移について比較し，検討した．

2. 対象試験体

表 1 に各試験体の載荷履歴を示す．載荷履歴において，直下型地震を想定した試験体はS12試験体，海洋プレート型地震を想定した試験体はS15試験体を用い，それぞれの載荷履歴を，静的漸増繰返しと静的ランダム載荷の 2 通りの方法で実験を行った．

表 1 各試験体の載荷履歴

試験体名	想定地震	繰返し回数	静的漸増	静的ランダム入力地震波
S12-1-3	直下型地震	13	3回繰返し	－
S12-0-RSD		20	－	神戸海洋気象台記録地震波(N-S成分)
S15-1-10	海洋プレート型地震	40	10回繰返し	－
S15-0-RSD		43	－	開北橋記録地震波

ランダム載荷履歴は，直下型地震の神戸海洋気象台記録地震波(N-S 成分)と，海洋プレート型地震の開北橋記録地震波を入力地震波として動的解析を行い，その応答変位を載荷履歴として作成されたものである．

3. コンクリート負担分 Vc の算出方法

せん断強度 V は，実験時に載荷する外力 P とし，コンクリートによる負担分 Vc，せん断補強筋による負担分 Vs の和とするものとした．

$$P = V$$
$$V = Vc + Vs$$
$$\therefore Vc = V - Vs$$
$$Vs = n \cdot A_w \cdot \sigma_w$$
$$\sigma_w = E_w \cdot \varepsilon_{w\max} \quad (0 \le \varepsilon_{w\max} \le \varepsilon_{wy})$$
$$= f_{wy} \quad (\varepsilon_{wy} \le \varepsilon_{w\max})$$
$$n = d/\tan\theta / s$$
$$l = n \cdot s$$

P ：載荷荷重(N)
V ：せん断強度(N)
Vc ：コンクリート負担分(N)
Vs ：せん断補強筋負担分(N)
n ：せん断ひび割れ発生区間におけるせん断補強筋の数
A_w ：1 本当りのせん断補強筋の断面積(mm²)
σ_w ：せん断補強筋の応力度(N/mm²)
E_w ：せん断補強筋の弾性係数(N/mm²)
f_{wy} ：せん断補強筋の降伏応力度(N/mm²)
ε_w ：せん断補強筋のひずみ
$\varepsilon_{w\max}$ ：せん断ひび割れ発生区間におけるせん断補強筋の最大ひずみ
ε_{wy} ：せん断補強筋の降伏ひずみ
θ ：せん断ひび割れの角度(°)
s ：せん断補強筋の配筋ピッチ(mm)
d ：柱断面の有効高さ(mm)
l ：せん断ひび割れの高さ(mm)

図 1 にせん断ひび割れと帯鉄筋ひずみゲージ貼り付け位置を示す．せん断補強筋負担分 Vs の算出方法は，せん断ひび割れ通過区間における帯鉄筋から計測されたひずみを，全てその区間内のひずみ値の最大値に置き換えて算出した．ただし，帯鉄筋降伏までではその通過区間内の帯鉄筋の最大ひずみ量とし，帯鉄筋降伏後は代表するせん断ひび割れを通過する帯鉄筋がすべて降伏しているものとした [1]．

計測された帯鉄筋ひずみ値を，直接帯鉄筋ひずみ量として Vs を算出する方法では，ひずみゲージ貼り付け位置が必ずしもせん断ひび割れ上にあるとは限らないため，せん断ひび割れがその帯鉄筋上を通過していても，帯鉄筋ひずみが実際のひずみ量よりも小さく計測されてしまうと考えられる．そこで，ひずみ量を最大値に置換する方法では，せん

Key words: RC 単柱，ランダム載荷履歴，せん断強度，コンクリート負担分 Vc，帯鉄筋ひずみ
連絡先：*〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL:03-3703-3111(内線 3241) FAX:03-5707-1165
**〒229-1124 神奈川県相模原市田名字曽根下 3062-1 TEL:0427-63-9507 FAX:0427-63-9503

断ひび割れ通過区間の帯鉄筋ひずみ最大値を正確な値と仮定し，その通過区間内の帯鉄筋ひずみを全てせん断ひび割れ通過区間の最大ひずみ値とした．

4. 実験結果

図 2, 3 に各試験体の初期せん断強度(土木学会 [3] に準ずる)に対する作用せん断力の比 $Vc/Vco_{-土木}$ と塑性率 μ との関係を示す．また，Priestleyらの提案式[4]を，せん断強度 Vc_{-Pri} を初期せん断強度 Vco_{-Pri} で正規化した劣化曲線として併記した．コンクリート負担分 Vc の劣化形状をみると，正負交番漸増 3 回繰返し載荷の S12-1-3 では，Vc が Priestley らの提案式と同じ $\mu = 2$ で劣化し始めていた．S12-0-RSD の最大応答変位経験前は，耐力が落ちず Vc が劣化しなかったのに対し，最大応答変位経験後になると，Vc の劣化が見られた．

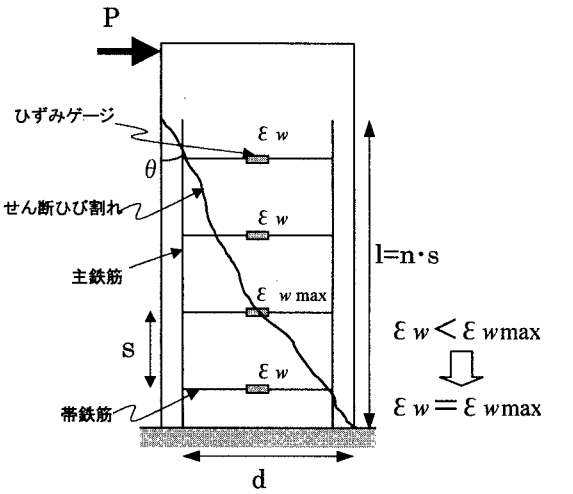

図 1 せん断ひび割れと帯鉄筋ひずみゲージ貼り付け位置

正負交番漸増 10 回繰返し載荷の S15-1-10 は正負に大変位の繰返しを多く受けているので，Vc が S15-0-RSD のランダム載荷終了後における片側単調増加載荷と比較して，Vc の勾配は急であった．

S15-0-RSD では，S12-0-RSD と同様，最大応答変位経験後において Vc の劣化形状が見られた．しかし，S12-0-RSD と比較すると，ランダム載荷における最大応答塑性率の Vc の劣化では，S15-0-RSD の方が大きかった．これは，最大応答変位経験後の繰返し回数が S15-0-RSD の方が多いからである．

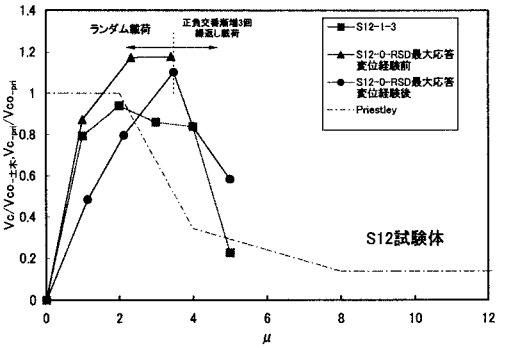

図 2 S12 試験体のコンクリートせん断強度劣化

静的漸増繰返し載荷とランダム載荷を比較すると，Vc の劣化の傾きがランダム載荷の方が緩やかであった．これは，ランダム載荷実験では大変位(最大応答変位=静的漸増繰返し載荷における終局変位)を 1 回経験しただけで，その他の繰返しでは小さい変位が多かったのに対し，正負交番漸増繰返し載荷では，終局変位に近い大変位を多く経験していたためである．

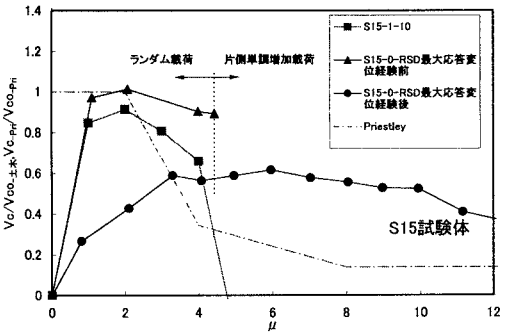

図 3 S15 試験体のコンクリートせん断強度劣化

5. まとめ

- S15-0-RSD において，片側単調増加載荷では，正負交番載荷に比べ,Vc の低下が見られなかった．
- ランダム載荷実験の比較から，繰返し回数を多く受けると Vc の劣化が大きくなっている．
- 正負交番漸増繰返し載荷から，大変位が正負に繰返しを多く受けると，Vc が劣化する傾向が見られる．

【参考文献】

1)服部・宮城・吉川・藤田:載荷履歴の異なる RC 単柱のせん断強度の低下に関する研究，土木学会第 54 回年次学術講演会，V249, pp.498-499　2)藤田・吉川・宮城・服部:載荷履歴が異なる RC 単柱の耐震性評価に関する研究，土木学会第 54 回年次学術講演会，V250, pp.500-501　3)土木学会:コンクリート標準示方書(平成 8 年制定) 耐震設計編，1996.7　4)Priestley, M.J.N. and Panlay, T. : Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, 1995.10