

レンズダンパーを組み込んだ RC 造間柱の水平加力実験
その 3 エネルギー吸収性能に関する検討

Experiment on RC Studs with Lens Damper Subjected to Lateral Loading
Part 3 : Consideration about the Energy Absorption Performance

○新保拓海¹, 小山大樹¹, 坂本駿仁¹, 山崎康雄², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

*Takumi Shinbo¹, Daiki Koyama¹, Shunji Sakamoto¹, Yasuo Yamasaki², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

Abstract : This study is concerned with the structural performance of the RC studs with the lens type shear panel damper (LSPD) using the low yield point steel. This paper shows the examination energy absorption performance of the RC studs with LSPD.

1. はじめに

本研究は、低降伏点鋼を用いたレンズ型せん断パネルダンパー(以下、LSPD)を取り付けた RC 造間柱の構造性能に関する研究である。

既報(その 1~2)¹⁾では、LSPD の取り付け方法として、PC 鋼棒を用いる案(RCT), アンカーボルトを用いる案(RCN), 間柱にはめ込む案(RCA)の 3 種類を考案し、その実験結果について記し、各試験体ともに安定した履歴特性が得られていることを確認している(Fig.1~3)。

本報(その 3)では、LSPD を取り付けた RC 造間柱のエネルギー吸収性能を確認することを目的とし、RC 造間柱部の曲げ剛性と LSPD を取り付けた RC 造間柱の等価剛性および等価粘性減衰定数について記す。

2. RC造間柱部の曲げ剛性

LSPD を RC 造間柱に取り付けた際、RC 造間柱部のひび割れの進展による剛性低下の影響により、LSPD の性能が十分に発揮されないことが考えられる。本章では曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係から実験時の RC 造間柱部の曲げ剛性について記す。

下間柱脚部の曲げモーメント M と曲率 ϕ の関係を Fig.4 に示す。曲率は主筋に貼付したひずみゲージより求めた。 $M-\phi$ 関係は実験時に目視でのひび割れが確認されていない RCT と、特長的な取り付け方法でひび割れが確認された RCA について示す。また、上間柱は下間柱と同様の挙動を示しており、ここでは割愛する。なお、両試験体の間柱断面は $250\text{ mm} \times 1100\text{ mm}$, 主筋は RCT が 4-D19, RCA が 20-D25 である。

Fig.4 a)より RCT の $M-\phi$ 関係は弾性の挙動を示しており、材料試験結果より算出した弾性剛性と概ね一致している。よって、 $M-\phi$ 関係からも RC 造間柱部にひび割れは発生していないことが確認できた。

Fig.4 b)より RCA の $M-\phi$ 関係は、材料試験結果より算出した弾性剛性と初期では一致しているが、早期に非線形の挙動を示している。その等価剛性は材料試験結果から算出した弾性剛性より低下したが、その後の多数回の繰返し载荷を受けても剛性の低下はなく、最大荷重経験まで概ね一定値を保っている。

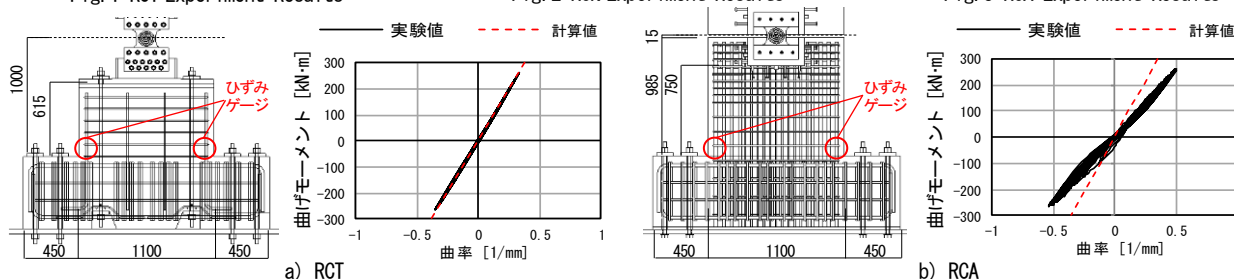
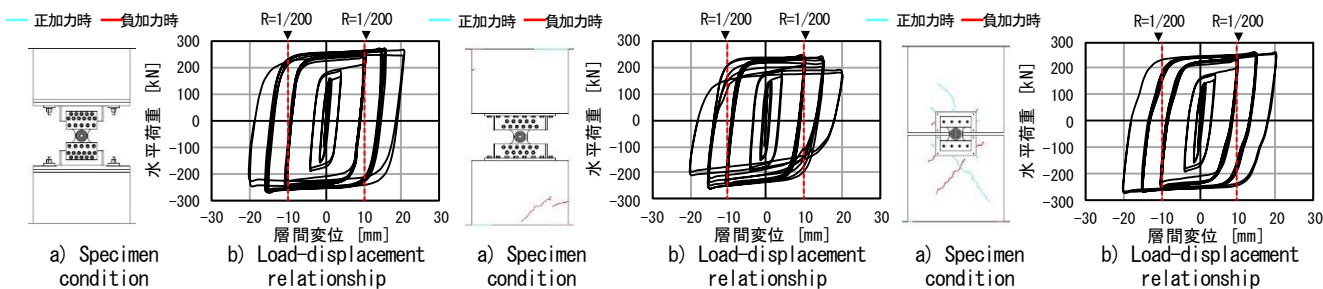


Fig. 4 M- ϕ relationship

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 西松建設株式会社 3: 日大理工・教員・海建 4: 日大・名誉教授

3. 等価剛性および等価粘性減衰定数

LSPD を取り付けた RC 造間柱の変形量に応じた剛性とエネルギー吸収量の変化を定量的に把握するため、LSPD を取り付けた RC 造間柱の等価剛性および等価粘性減衰定数について検討する。

3.1 等価剛性の推移

LSPD 降伏後の RC 造間柱全体の等価剛性の推移を Fig.5 に示す。等価剛性は、式(1)に示すように、各サイクルの水平荷重と、層間変位の正負の最大値を結ぶ直線の勾配とする。

$$K_{eq} = \frac{P_{max}^+ - P_{max}^-}{\delta_{max}^+ - \delta_{max}^-} \quad (1)$$

K_{eq} : 等価剛性

P_{max}^+, P_{max}^- : 1 サイクルの正負最大荷重

$\delta_{max}^+, \delta_{max}^-$: 1 サイクルの正負最大層間変位

各試験体の等価剛性は LSPD 降伏後から低下し、R=1/200 rad では、各試験体 23 kN/mm 程度で一定値を示している。その後の 16 サイクル目(R=1/133 rad)以降、部材角が大きくなるごとに等価剛性は低下していくが、各試験体ともに同部材角では一定値を示している。

3.2 等価粘性減衰定数の推移

LSPD 降伏後の RC 造間柱全体の等価粘性減衰定数の推移を Fig.6 に示す。等価粘性減衰定数は式(2)により算出し、ポテンシャルエネルギーは式(3)により求めた。

$$h_{eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W}{W} \quad (2)$$

$$W = \frac{K_{eq}}{2} \left(\frac{\delta_{max}^+ - \delta_{max}^-}{2} \right)^2 \quad (3)$$

h_{eq} : 等価粘性減衰定数, ΔW : 1 サイクルの履歴面積

W : ポテンシャルエネルギー

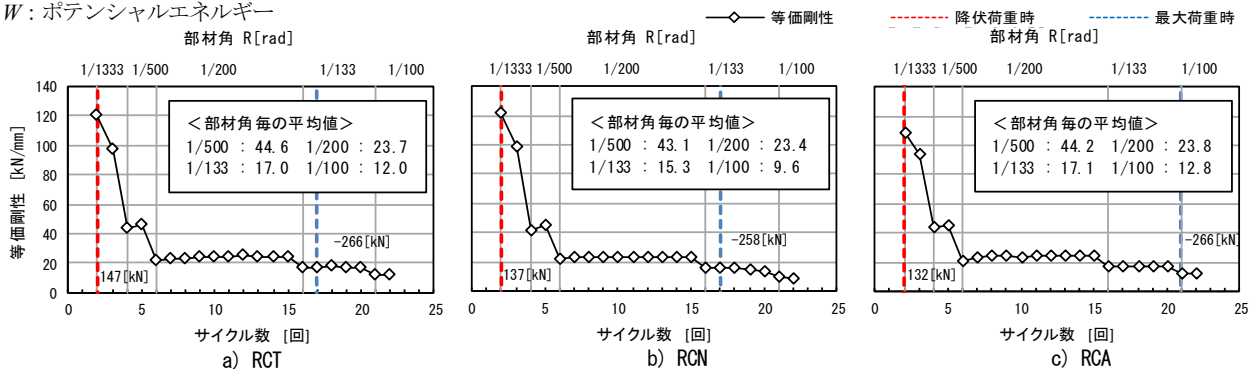


Fig.5 Transition of Equivalent stiffness

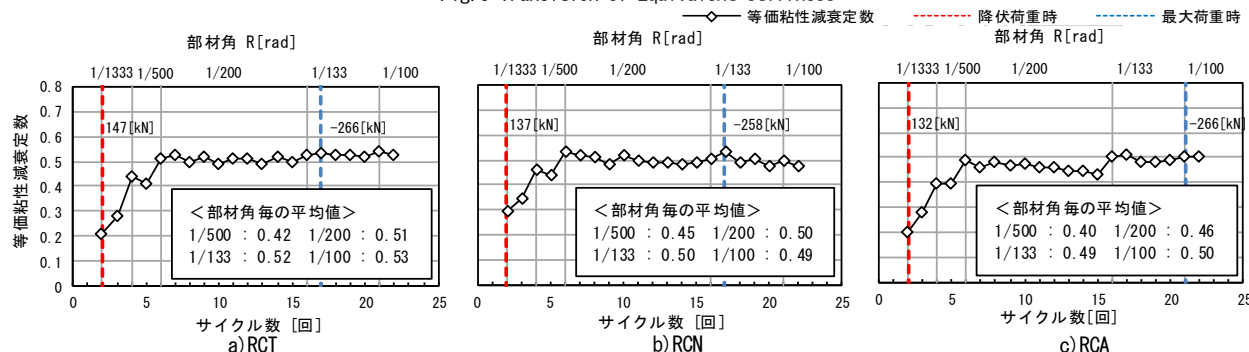


Fig.6 Transition of Equivalent Damping Factor

各試験体の等価粘性減衰定数は、LSPD 降伏後 5 サイクル目 (R=1/500 rad) まで増加している。R=1/200 rad で RCT と RCN は 0.5 程度で概ね一定であるが、RCA はサイクル数に応じ、RC 造間柱のせん断ひび割れの影響により若干低下している。その後の R=1/133 rad で各試験体ともに 0.5 程度と概ね一定値を示しており、取り付け方法の違いや RC 造間柱部のひび割れによる影響はあまり見られない。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に記す。

- M-φ 関係から RCT は、RC 造間柱にひび割れは生じていないことが確認できた。また、RCA は早期に RC 造間柱にひび割れが生じ剛性は低下しているが、その後剛性の低下は最大荷重経験までみられなかった。
- 等価剛性の推移は各試験体ともに R=1/200 rad 以降、同部材角では概ね一定であった。
- 等価粘性減衰定数の推移は各試験体ともに R=1/200 rad 以降、0.5 程度と概ね一定値を示しており、取り付け方法の違いや RC 造間柱部のひび割れによる影響はあまり見られなかった。

【謝辞】

本実験はレンズダンパー推進協議会(日本 Casting, 飛鳥建設, 鉄建建設, 青木あすなろ建設, 東亜建設工業, 西松建設)の受託研究の一環で実施したものである。ここに記し、感謝の意味を表します。

【参考文献】

- 1) 小山, 北嶋ほか: レンズダンパーを取り付けた RC 造間柱の構造性能に関する実験的研究(その 1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.575-578, 2017.8