

B-1

RC 造間柱型ダンパーを設置した RC 造フレームに関する解析的研究

その1 ダンパー単体および RC 造間柱型ダンパーの解析スタディー

Analytical Study on RC Frame with RC stud-type Damper

Part 1 : Analytical Study on Damper alone and RC stud-type Damper

○亘健太郎¹, 小山大樹², 坂本駿二², 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

*Kentarō Watari¹, Daiki Koyama², Syunji Sakamoto², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

Abstract : In this paper, for the purpose of grasping the influence of the bending deformation component of the stud on the damping effect of the damper, conduct an analysis study of the damper alone and the RC stud-type damper.

1. はじめに

近年、地震時に入力されるエネルギーをダンパーへ吸収させることで建物の損傷を抑える制震構造が広く普及されている。その中でも、ダンパーの取付け部材を間柱とした間柱型ダンパーは開口部を塞ぐことなく設置できる特徴を有する。

間柱型ダンパーは、ダンパーの取付け部材が間柱のために、ダンパーは間柱の曲げおよびせん断抵抗により支持される。そのため、ダンパー単体では層間変位とダンパーの変形は同一(Fig.1 a))だが、間柱型ダンパーでは間柱に曲げ変形が生じ、ダンパーの変形は層間変位よりも小さくなる(Fig.1 b)).

間柱型ダンパーを柱と梁に囲われたフレーム内に設置した際には、ダンパーの取付け部材は間柱、梁、柱となり、ダンパーはそれらの曲げおよびせん断抵抗によって支持される。したがって、Fig.2 c)に示すように間柱型ダンパーを設置したフレームは、間柱と梁の接合する節点で曲げモーメントが作用することで、周辺フレームの曲げモーメントが大きくなる。ダンパー耐力が大きくなると、より大きな曲げモーメントが作用するため、周辺フレームへ及ぼす影響が大きくなる。

また、間柱と梁の接合する節点の回転角は時計周り方向に回転する。そのため、ダンパーの変形は層間変位に対しさらに小さくなり(Fig.3 a)), 制震効果が低下する可能性がある。これに対し、節点の回転角がフレームのみの様に、反時計周り方向に回転すれば、ダンパーの変形は層間変位に対し大きくなる(Fig.3 b)).

一方、間柱型ダンパーを設置した多層フレームの中間層部分では、Fig.4 に示すように上下階に取り付く間柱型ダンパーの負担せん断力により、節点にかかる曲げモーメントが 2 倍となり、その回転角は増大する。これらフレームや間柱が RC 造である場合、ひび割れにより剛性低下が生じる等、より複雑な関係性を示す。

本研究では、RC 造間柱型ダンパーを設置した RC 造フレームの、ダンパーが周辺フレームへ及ぼす影響および間柱型ダンパーのエネルギー吸収性能(履歴面積)を把握することを目的として、RC 造間柱型ダンパーを設置した 3 層 1 スパン RC 造フレームの解析スタディーを行う。

本報(その 1)では、第一段階の検討として、間柱の曲げ変形成分がダンパーの制震効果に及ぼす影響を把握することを目的として、ダンパー単体と RC 造間柱型ダンパーの解析スタディーを行う。

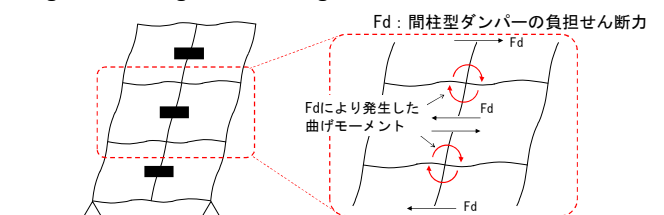
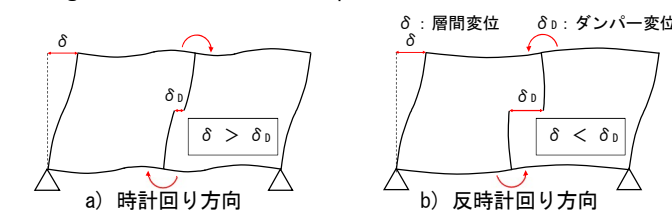
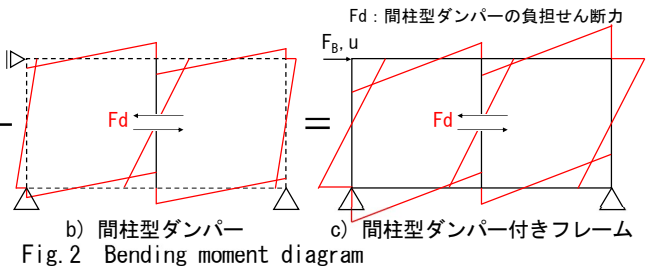
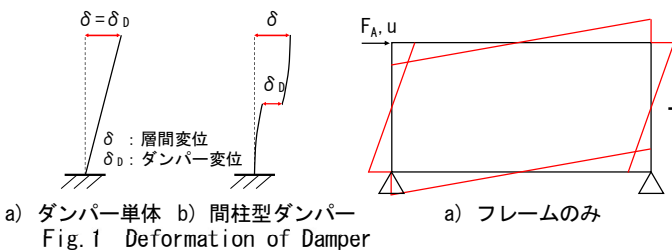


Fig. 1 Deformation of Damper Fig. 2 Bending moment diagram Fig. 3 Deformation of Damper by rotation direction of node Fig. 4 Bending moment of node of intermediate layer

1: 日大理工・学部・海建 2: 日大理工・院(前)・海建 3: 日大理工・教員・海建 4: 日大・名誉教授

2. 解析概要

解析対象は、ダンパー単体と RC 造間柱型ダンパー(以下、間柱型ダンパー)とする。解析には、3次元フレーム汎用解析プログラム RESP-F3T²)を用いた。

2.1 ダンパー単体の解析モデル

ダンパー単体は、1本の弾塑性せん断ばねでモデル化し、履歴特性はノーマルバイリニアを用いた。ダンパーはレンズ型せん断パネルダンパー¹⁾を使用し、Table1に示すように、耐力の異なる LD12-6 と LD16-8 の2タイプについて解析を行った。また、両タイプ共に降伏時剛性低下率を初期剛性に対し1/300に設定した。

2.2 間柱型ダンパーの解析モデル

解析モデル図を Fig.5、部材断面表を Table2 に示す。間柱型ダンパーは、上下間柱とダンパーの3部材を1本の直列部材としてモデル化した(階高 H=3850mm)。曲げ特性を材端剛塑性ばねで、せん断特性を水平ばねでモデル化した。水平ばねの弾性剛性は、ダンパーの水平剛性と RC 造間柱部分のせん断剛性を直列結合して求めた等価剛性とし、履歴特性はノーマルバイリニアを用いた。ダンパーはダンパー単体の解析モデルと同じ LD12-6 と LD16-8 を使用した。

解析は、変位制御による片押し解析と正負交番の繰り返し解析を行う。頂部水平変位を片押し解析で $R=1/100\text{rad}(=38.5\text{mm})$ 到達まで、繰り返し解析で $R=1/3333, 1/1333, 1/500, 1/200, 1/133, 1/100\text{rad}$ を目標層間変形角とし、解析を行った。

3. 解析結果

間柱型ダンパー(図中—)とダンパー単体(図中---)の解析結果を比較検討する。

3.1 片押し解析結果

間柱負担せん断力-層間変位関係を Fig.6、層間変位に対する間柱水平ばね変位の割合(以下、ダンパーの実効変形比)の推移を Fig.7 に示す。なお、これ以降図中黒の破線を間柱柱頭柱脚曲げひび割れ発生時、赤の破線をダンパー降伏時とする。

両タイプ共に、間柱型ダンパーは、間柱の曲げ変形が生じるため、ダンパー単体に対して降伏変位が遅れた。ダンパー耐力の大きい LD16-8 では、間柱柱頭柱脚曲げひび割れ発生からダンパー降伏までの間に間柱の曲げ変形が進展したことで降伏変位が大幅に遅れている。なお、間柱型ダンパーのダンパー降伏時の層間変形角は LD12-6 で $1/1114\text{rad}$ 、LD16-8 で $1/302\text{rad}$ であった。また、ダンパーの実効変形比は、間柱柱頭柱脚曲げひび割れ発生から割合は低下していき、ダンパーが降伏したことにより LD12-6 で 0.90、LD16-8 で 0.68 まで上昇した。

3.2 繰り返し解析結果

間柱型ダンパー負担せん断力-層間変位関係を Fig.8 に示す。間柱型ダンパーはダンパー単体より降伏変位が遅れたために、履歴面積が小さくなった。

4. まとめ

ダンパー単体および間柱型ダンパーの解析から得られた知見を以下に示す。

- ・間柱型ダンパーは、間柱の曲げ変形が生じることで、ダンパー単体に対し降伏変位が遅れる。
- ・間柱型ダンパーは、降伏変位が遅れることで、ダンパー単体に対し履歴面積が小さくなる。

【参考文献】

- 1)名取ほか：レンズ型せん断パネルダンパーの開発(その1)、日本建築学会大会要旨集、pp.835-836. 2013

Table1 Damper characteristics

LSPDtype	板厚 t_1 [mm]	中央部厚さ t_2 [mm]	初期剛性 k_1 [kN/mm]	降伏荷重 F_y [kN]	降伏変位 δy [mm]
LD12-6	12	6	171	160	0.94
LD16-8	16	8	228	284	1.25

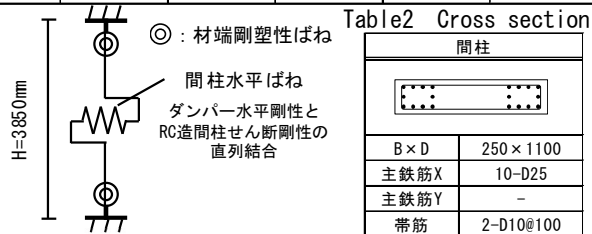


Fig. 5 Analysis model diagram

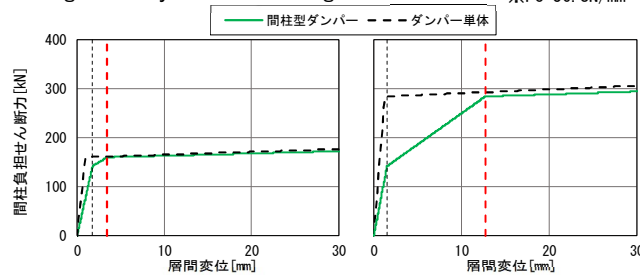


Fig. 6 Stud burden shear force-displacement relationship

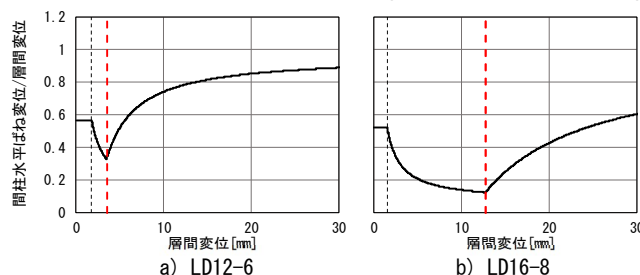


Fig. 7 Transition of effective deformation of damper

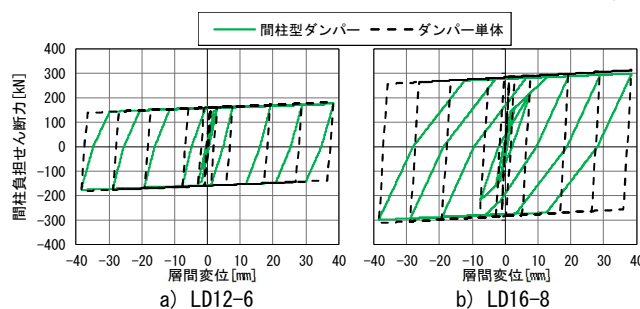


Fig. 8 Repeat analysis result