

B-2

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2 3層1スパンRC造フレームの解析スタディー

Analytical Study on RC Frame with RC stud-type Damper

Part2 : Analytical study of three layer one span RC frame

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

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

Abstract : In this paper, for the purpose of grasping the influence of the damper on the peripheral frame and the damping effect of the damper of the RC frame with RC stud-type Damper, conduct an analysis study of the RC frame with RC stud-type Damper.

1. はじめに

前報では、ダンパー単体および RC 造間柱型ダンパー(以下、間柱型ダンパー)の解析スタディーについて記し、間柱の曲げ変形より間柱型ダンパーの降伏が遅れ、エネルギー吸収性能(履歴面積)が低下したことを確認した。

本報では、間柱型ダンパーを RC 造フレームに設置した場合の、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を把握することを目的として、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。

2. 解析概要

解析対象は、3 層 1 スパン RC 造フレーム(以下、フレームのみ)、間柱型ダンパー、間柱型ダンパーを設置したフレーム(以下、間柱型ダンパー付きフレーム)とする。なお、間柱型ダンパーは前報で示した解析モデルを用いた。解析には、3 次元フレーム汎用解析プログラム RESP-F3T¹⁾を用いた。

解析モデル図を Fig.1 に、各部材断面表を Table1 に示す。フレームのみの解析モデルは、スパン 9000mm, 階高 3850mm, 全高 11550mm である(Fig.1 a)。間柱型ダンパー付きフレームの解析モデルは、フレームのみの解析モデルの各層スパン中央に間柱型ダンパーを設置した(Fig.1 b)。

解析諸元を Table2 に、ダンパー諸元を Table3 に示す。各部材ともに、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。間柱水平ばねは、前報同様に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。間柱水平ばねの弾性剛性はダンパーの水平剛性と間柱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。ダンパーも LD12-6, LD16-8 の 2 タイプについて解析を行った。

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 $R=1/100\text{rad}(=115.5\text{mm})$ 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。なお、解析評価対象は中間層部分である 2 層部分とする。

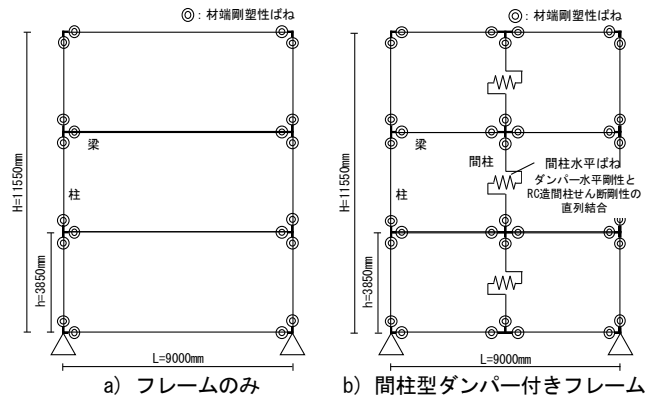


Fig.1 Analysis model diagram

Table1 Cross section

	梁	柱	間柱
部材断面			
B x D [mm]	350 x 900	550 x 900	250 x 1100
主筋	12-D22	18-D19	20-D22
せん断補強筋	2-D13@150	2-D13@100	2-D10@100

※全部材 $F_c=36.8\text{N/mm}^2$

Table2 Analysis parameter

部材	要素	成分	モデル	復元力特性
梁	ビーム	曲げ	材端バネ (M-θ型)	トリリニア (Takedaモデル)
		軸方向	-	-
		せん断	水平バネ	トリリニア (原点指向型)
柱	ビーム	曲げ	材端バネ (M-θ型)	トリリニア (Takedaモデル)
		軸方向	弾性	リニア
		せん断	水平バネ	トリリニア (原点指向型)
間柱	ビーム	曲げ	材端バネ (M-θ型)	トリリニア (Takedaモデル)
		軸方向	-	-
		せん断	水平バネ	バイリニア (ノーマル)

Table3 Damper characteristics

LSPD type	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

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

3. 解析結果

3.1 片押し解析結果

R=1/100rad 到達時の節点位置での曲げモーメント図を Fig.2 に示す. 間柱型ダンパー付きフレーム (Fig.2b, c))は, 間柱と梁の接合する節点に曲げモーメントが作用するため, 梁の曲げモーメント勾配が大きくなり, フレームのみより節点位置での曲げモーメントが大きくなった. ダンパー耐力が大きい LD16-8 では, より大きな曲げモーメントが生じている.

間柱型ダンパー付きフレームの層せん断力-層間変位関係を Fig.3 に, 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)の推移について Fig.4 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. また, 参考として前報で示した間柱型ダンパーの負担せん断力-層間変位関係(図中---)と, フレームのみの負担せん断力-層間変位関係(図中---), また, これらの足し合わせによる層せん断力-層間変位関係(図中---)を示す.

フレーム負担せん断力は, 間柱型ダンパーを設置したことで, フレームのみより大きくなった. また, 降伏変位は間柱型ダンパーよりさらに遅れた. なお, ダンパー降伏時の層間変形角は, LD12-6 で 1/811rad, LD16-8 で 1/240rad であった.

また, ダンパーの実効変形比の割合は, 間柱柱頭柱脚曲げひび割れ以前の大梁端部曲げひび割れ発生の影響から割合は低下していき, ダンパーが降伏することにより, LD12-6 で 0.98, LD16-8 で 0.80 まで上昇した. 両タイプ

ともにダンパーの実効変形比は, フレーム内に設置された間柱型ダンパーが間柱型ダンパーよりも上昇した.

間柱と梁の接合する節点での回転角推移を Fig.5 に示す. 節点回転角は時計回りに回転し, 間柱柱頭柱脚で曲げひび割れが生じたことを機に, LD12-6 は頭打ち, LD16-8 はさらに回転した. 節点回転角が時計回りに回転することで, 降伏変位の遅れが生じた. しかし, ダンパー降伏後からは反時計回りに回転した. そのため, ダンパーの実効変形が大幅に上昇したと考えられる.

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.6 に示す. 間柱型ダンパー負担分は節点回転角の影響で降伏変位が遅くなったために, 履歴面積が小さくなった.

4. まとめ

RC 造間柱型ダンパーを設置した 3 層 1 スパン RC 造フレームの解析から得られた知見を以下に示す.

- ・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, フレーム負担せん断力が大きくなる.
- ・間柱と梁の接合する節点回転角が時計回りに回転することで降伏変位が遅れ, 履歴面積が小さくなる.

【参考文献】

- 1) 構造計画研究所: RESP-F3T 利用者マニュアル, 2017

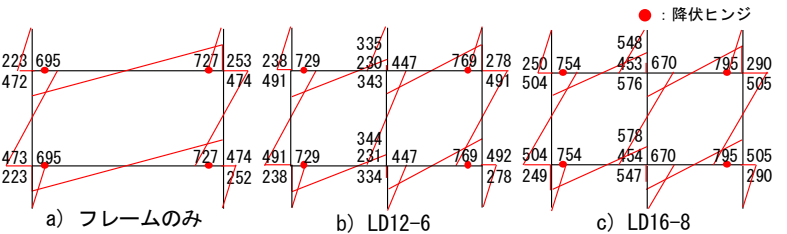


Fig. 2 Bending moment at node position when R=1/100rad

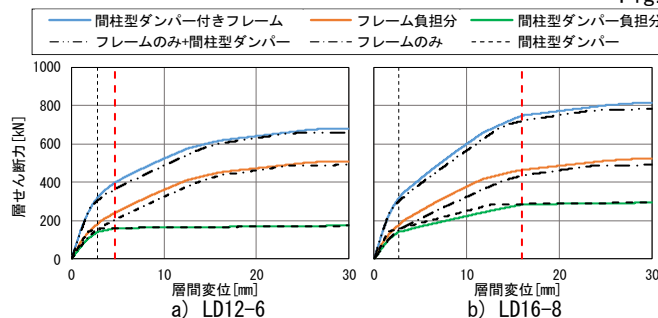


Fig. 3 Story shear force-displacement relationship

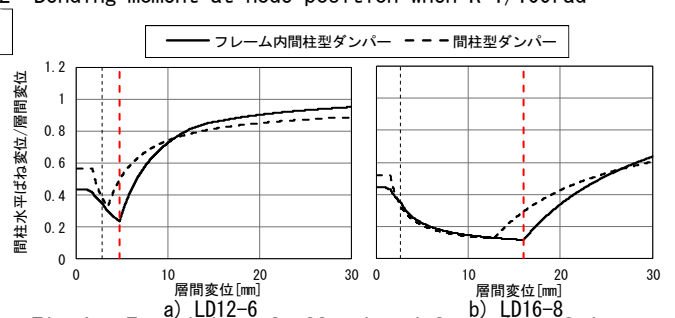


Fig. 4 Transition of effective deformation of damper

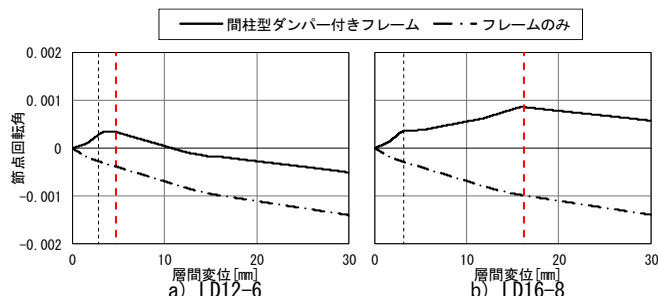


Fig. 5 Transition of rotation angle of node

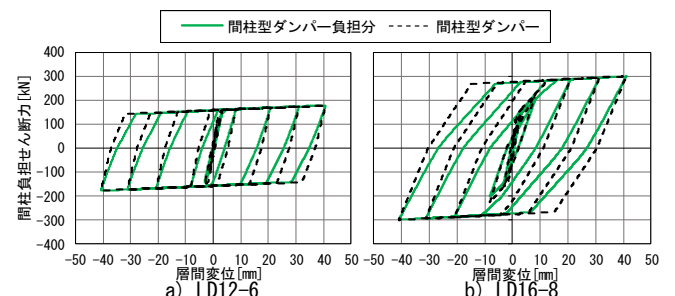


Fig. 6 Repeat analysis result