

レンズダンパーを取付けた RC 造間柱の構造解析モデルに関する検討

Study on Structural Analytical model of RC Studs with Lens Damper

○坂本駿仁¹, 北嶋圭二², 中西三和², 安達洋³

*Shunji Sakamoto¹, Keiji Kitajima², Mitsukazu Nakanishi², Hiromi Adachi³

Abstract: It is pointed out from a study of the past that a problem occurs when I model a material beyond the coverage of the empirical formula. In this study, it analyzes analytical model using a fiber model and confirms the validity of the analysis model.

1. はじめに

建物の弾塑性解析を行う際には、部材を線材としてモデル化する(Fig.1). 代表的なモデル化として、材端剛塑性ばねモデルが一般的に広く用いられている。材端剛塑性ばねを用いてモデル化を行う際には、既往の実験から得られた実験式^[1]を用いて、部材の復元力特性を把握しておく必要がある。しかし、実験式の適用範囲を超えた部材に使用すると問題が生じてしまうことが既往の研究からも指摘されている^[2]。

本研究では、部材の寸法や配筋、材料の応力-ひずみ関係から部材の弾塑性挙動を求めることができるファイバーモデルを用いて RC 柱部材を線材にモデル化する。なお間柱型に用いられる柱部材はシアスパン比が小さい為、せん断変形を考慮する必要がある。そこでファイバーモデルに水平弾塑性ばねを組み合わせてモデル化をし、本解析モデルの解析結果と実験結果の比較検討を行う。

2. RC 造間柱単体の解析

2.1 解析概要

解析対象試験体は RCT 試験体, RCA 試験体^[3]の RC 造間柱部とする(Fig.2)。解析には 3 次元フレーム汎用

解析プログラム RESP-F3T^[4]を用いる。RC 造間柱の解析モデルを Fig.3, 断面の要素分割を Fig.4 に示す。解析モデルの曲げ特性はファイバーモデル、せん断特性は水平弾塑性ばねでモデル化した。ファイバーモデルは、上下 RC 造間柱端部 0.5D(D:部材せい)の区間に設定した。部材の断面は各試験体ともに部材幅を 250mm, 部材せいを 1100mm とした。部材断面の要素分割は、せい方向に 30 分割とした。また断面の材料特性は、材料試験結果を用いた。それぞれの材料試験結果を Table1, 2 に示す。ファイバーモデルのコンクリートの構成則は NewRC モデルとし(Fig.5), 鉄筋は Bi-linear モデルとした(Fig.6)。なお, RCA は早期に曲げひび割れが生じていたため、コンクリートの引張強度は考慮せずに解析した。

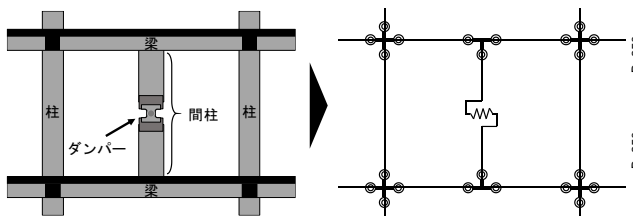


Fig.1 Conception diagram of the analysis modeling

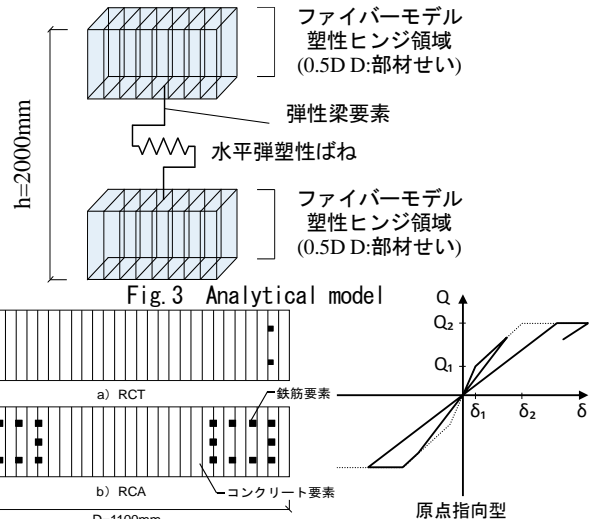


Fig.3 Analytical model Fig.6 Shear property

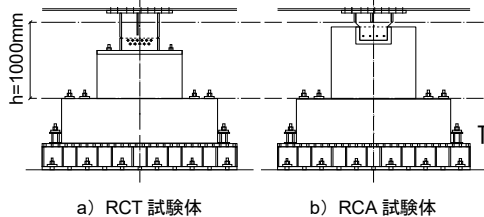


Fig.2 Outline of Specimens

Table 1 Concrete Test Results

試験体名	圧縮強度 [N/mm ²]	ヤング係数 [x10 ⁴ N/mm ²]	せん断弾性係数 [x10 ⁴ N/mm ²]
RCT	47.7	2.98	1.24
RCA	44.9	2.92	1.22

Table 2 Reinforcement Bar Test Results

種類	鉄筋	降伏応力 [N/mm ²]	ヤング係数 [x10 ⁴ N/mm ²]	せん断弾性係数 [x10 ⁴ N/mm ²]
SD345	D19	388.6	17.47	6.73
	D25	406.1	19.24	7.38

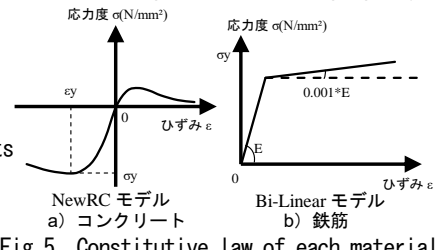


Fig.5 Constitutive law of each material

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

解析モデルの境界条件は、下端を固定、上端は軸方向を自由とし、面外方向変形を拘束した。解析は実大静的加力実験の加力サイクルの柱頭変位の2倍の変位を変位制御で作用させ、高さ1000mmの荷重、変位を評価する。なお、RCTはPC鋼棒によりRC造間柱部に軸力(868.5kN)が作用しているため、初期圧縮軸力を与えた状態で解析した。せん断特性は原点指向型とし、また終局時のせん断変位が部材角 $R=1/250rad$ となるように剛性低下率を設定した(Fig.6)。

2.2 解析結果

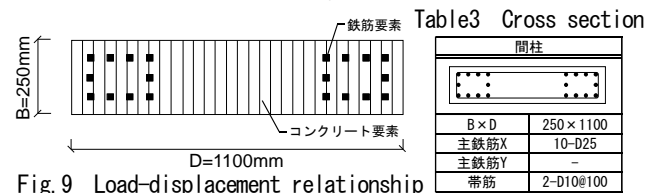
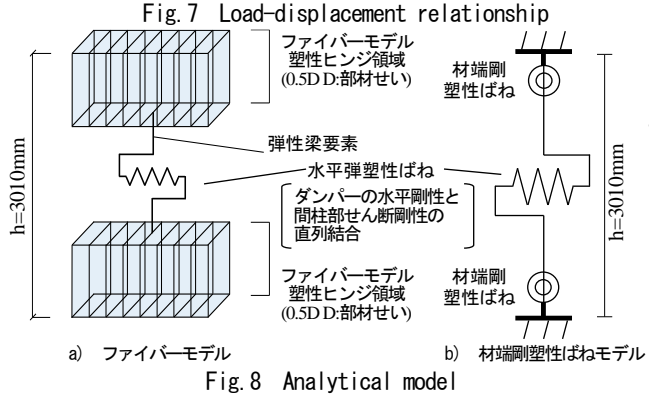
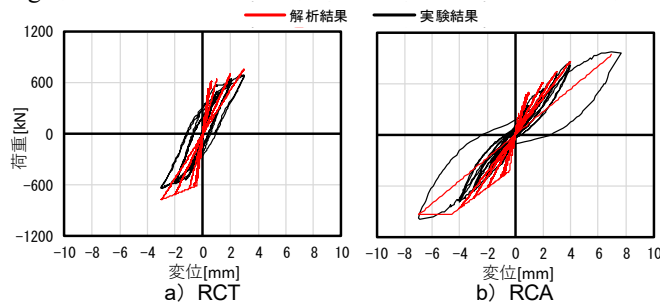
RCTとRCAの2体の試験体の解析結果と実験結果の比較をFig.7に示す。各試験体共に実験結果と概ね一致しており、RC造間柱単体を本解析モデルで、再現できていることが確認できる。また、RC部材の剛性の低下も概ね再現できていることが確認できる。

3. RC造間柱型ダンパー単体の解析

本章では、前章で行ったRC造間柱単体での解析結果に基づいて、レンズダンパーを取付けたRC造間柱(以下、RC造間柱型ダンパー単体)の曲げ変形特性を、ファイバーモデルを用いて線材にモデル化をし、材端剛塑性ばねを用いた解析結果と比較検討を行う。

3.1 解析概要

解析モデルをFig.8、ファイバー断面の要素分割をFig.9、解析諸元をTable3、解析対象の断面をTable4、



間柱	
B×D	250×1100
主鉄筋X	10-D25
主鉄筋Y	-
帯筋	2-D10@100

ダンパー諸元をTable5に示す。レンズダンパーは、耐力が異なるLD12-6, LD16-8, LD24-12の3タイプとした。解析対象はRC造間柱型ダンパー単体とする。解析には3次元フレーム汎用解析プログラムRESP-F3T^[4]を用いる。RC造間柱型ダンパー単体は、下間柱、LSPD、上間柱の3部材を1本の直列部材としてモデル化した。水平ばねの弾性剛性は、ダンパー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た。ファイバーモデルは、前章と同様に上下間柱端部0.5Dの区間に設定した(Fig.8a)。部材の断面は、部材幅を250mm、部材せいを1100mmとした。各材料の構成則、解析モデルの境界条件は、前章と同様とし、解析は変位増分解析による片押し解析とした。

3.2 解析結果

荷重-変位関係をFig.10に示す。図に示すように、耐力が低いLD12-6においては、荷重変位関係に差が見られないことが分かる。これはダンパーがRC造間柱よりも先に降伏してしまったためであると考えられる。また、ダンパーの耐力が上がるにつれて、荷重変位関係の差が大きくなっていることが分かる。これは、ダンパーよりも先にRC造間柱にひび割れが生じており、ひび割れ後の剛性低下率を過大に評価しているためであると考えられる。

4. まとめ

- ・本報では、RC造間柱単体の解析結果と実験結果の比較により、本解析モデルによって実験結果が概ね再現可能であることを確認した。
- ・レンズダンパーを取付けたRC造間柱は解析にて材端剛塑性ばねモデルを用いると、ひび割れ後の剛性低下を過大に評価してしまうことを把握した。

【参考文献】

- [1] 菅野俊介：鉄筋コンクリート部材の復元力特性に関する研究，コンクリートジャーナル，Vol. 11, No. 2, 1973
- [2] 永井覚ほか：高強度コンクリートを用いたRC柱の復元力特性に関する研究(既往の復元力特性算定法の検討)，日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)，pp583-584, 1992, 8
- [3] 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，日本建築学会大会梗概集，pp.575-578, 2017.8
- [4] 構造計画研究所：RESP-F3T利用者マニュアル，2017

Table 4 Damper characteristics

type	板厚 T [mm]	剛性 K1 [kN/mm]	降伏耐力 Oy [kN]	降伏変位 δy [mm]
LD12-6	12	171	160	0.94
LD16-8	16	228	284	1.25
LD24-12	24	342	640	1.87

