

ダンパーの耐力ならびに剛性偏心をパラメーター とした1層立体骨組の振動台実験 その3 解析的検討

薩川恵一¹, 和田智子², 山田 哲³, 前澤将男⁴,
磯貝大介⁴, 北村春幸⁵, 和田 章⁶

- 1 博士(工学) 東京理科大学助手 理工学部建築学科 (〒278-8510 野田市山崎 2641)
2 大学院生 東京工業大学大学院生 環境理工学創造専攻 (〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4159)
3 博士(工学) 東京工業大学助教授 建築物理研究センター (〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4159)
4 学部生 東京理科大学大学生 理工学部建築学科 (〒278-8510 野田市山崎 2641)
5 博士(工学) 東京理科大学教授 理工学部建築学科 (〒278-8510 野田市山崎 2641)
6 工博 東京工業大学教授 建築物理研究センター (〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4159)

After the Hyogoken-Nanbu earthquake, building which used the damper as an earthquake resistant member is increasing. The damper is used for not only new construction but also seismic repair. In case of the seismic repair, strength eccentricity or stiffness eccentricity may occur in damper system by the constraint of floor planning. It become an important problem to evaluate the effect of the eccentricity in the damper system on the earthquake performance of the building structures. In this study, in order to clarify this problem experimentally, a series of full-scale shaking table test of 1 story steel frame is carried out. Main parameter in this experiment is strength eccentricity and stiffness eccentricity in the damper system. In this part, experimental result is verified by response analysis.

Key Words: Shaking Table Test, Steel Building Structure, Eccentricity, Hysteresis Damper, Response Analysis

1. はじめに

その2で実大レベルの一層立体鋼構造骨組に性能の異なる履歴型ダンパーを組み込んだ試験体の振動台実験を行い、実験的に剛性偏心と耐力偏心による主架構のねじれ挙動に及ぼす影響を明らかにする。そして本報では、立体骨組の解析モデルを作成し、さらにダンパーの性能を様々に変化させることにより、主架構のねじれ挙動を定量的に把握することを目的とする。

2. 解析概要

(1)解析モデル

図1に本研究で用いたモデルを示す。対象としたモデルは基本的な一質点3自由度のモデルである。一層部の諸元を表*に示す。解析においては、構面ごとの主架構、ダンパーを完全弾塑性型の履歴モデルをとっておき、時間刻みを0.001秒、平均加速度法により計算している。柱のせん断耐力及びせん断剛性を表*に示す。またダンパー剛性は、文献*における提案式で算出した。そしてダンパーは、まず完全弾塑性型でモデル化している。減衰は、6体の試験体でのパルス加振結果の平均から8%とし

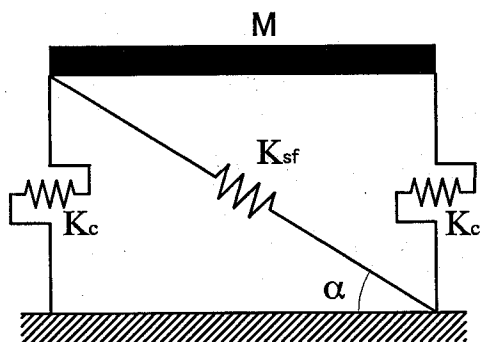


図-1(a) 解析モデル(立面)

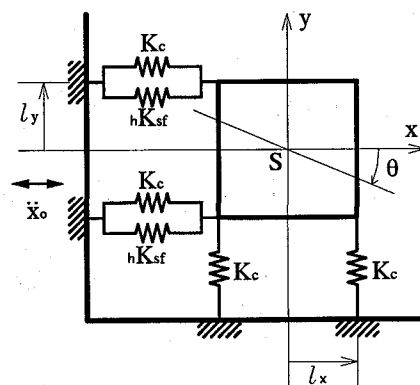


図-1(b) 解析モデル(平面)

表-1 試験体の諸元

M (t)	Ir (t・mm ²)	h (%)
33.6	435.3	8

表-2 柱の性能

Qcx (kN)	Qcy (kN)	Kc (kN/mm)
30.3	30.3	1.4

て計算している。そして一層部分の重量は33.6tとしている。また一層部分の回転剛性は435.3(t・mm²)としている。

なお、入力波形は、神戸NS波と八戸EW波の二種類とし、振動台上に設置した加速度計により得られた測定値を入力している。

文献1)における提案式から求めたスリットプレートの弾性剛性を用いて解析をした結果と実験結果を比較したものを示す。図3は試験体AAの結果を示しており、入力波は神戸NS波(最大速度20Kine)

S:一層部の重心位置

M:一層部の総質量

Kc:柱のせん断剛性

Ksf1:構面1に設置したダンパーの軸剛性

Ksf2:構面2に設置したダンパーの軸剛性

lx:重心から構面までのy方向距離

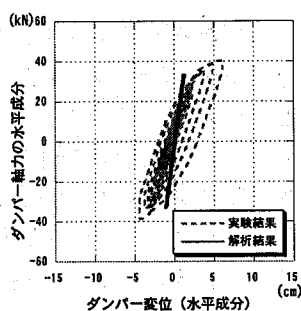
ly:重心から構面までのx方向距離

cosα:0.86

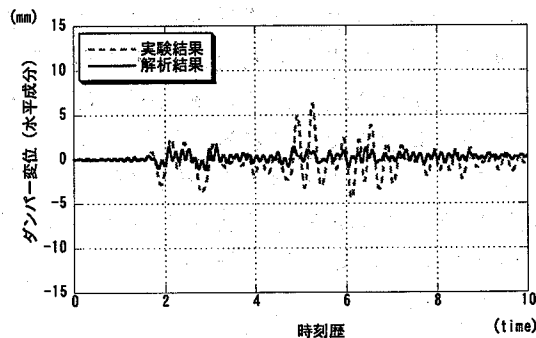
20Kine)を使用している。解析結果は、ほぼ弾性域での挙動しか示さず、あまり実験結果を反映していないものとなっている。

次に実験結果から除荷剛性から求めたスリットプレートの軸剛性を用いて試験体AAについて解析を行った。その結果を図4に示す。入力波は神戸NS波(最大速度20Kine)を使用している。解析結果は、当然弾性剛性の傾きがほぼ一致するものの、実験値より、変位が相対的に低く抑えられており、何らかの条件が必要とされることがわかる。

そこで、スリットプレートを内包するブレースが、スリットプレート以外の部分でも変形するこ

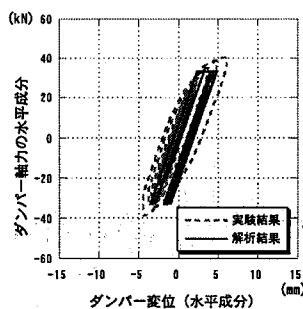


(a) 荷重変位関係

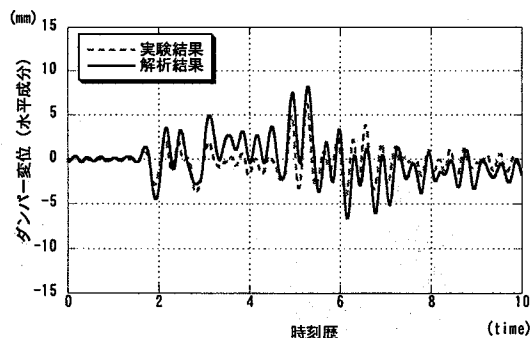


(b) 変位時刻歴

図-3 解析結果(試験体:AA、加振条件:神戸NS波最大速度20Kine)



(a) 荷重変位関係



(b) 変位時刻歴

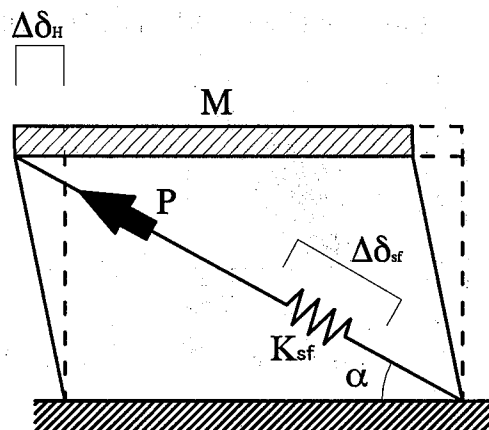
図-4 解析結果 (試験体: AA、加振条件: 神戸 NS 波最大速度 20Kine)

とを仮定し、その変形する箇所を一本の弾性バネに集約して解析を行う。この算出の概念を図-2に示す。この弾性バネ(K_d)は、一層部を構成する錘の加振方向の変位を軸方向に修正したものとダンパー部にかかる軸力から算出される剛性(K_b)と、ダンパー部に設置した作動トランス計から得られた変位とダンパー部にかかる軸力から算出される剛性(K_{sf})から次式(1)によって示される。

(1)式を用いて、それぞれの加振結果について弾性バネ(K_d)を算出し、すべての試験体の平均値を取ると26 (kN/mm)となった。そこで本研究では、このバネ剛性の値を用いて解析を行うこととする。

(2) 解析結果

またスリットプレートの履歴モデルを表3に示すようにバイリニア型とする。なお二次剛性は、実験結果に基づき算出している。このモデルで解析

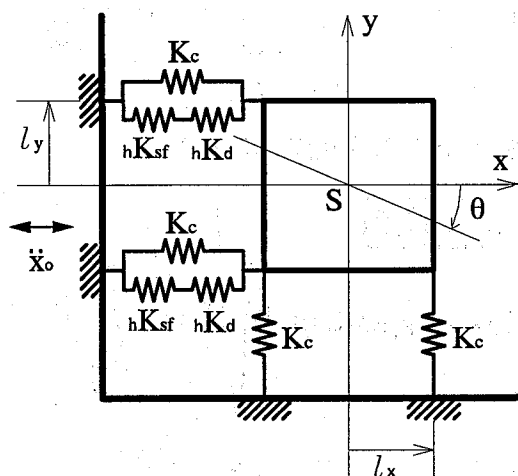


$$K_b = P / \delta_H \cos \theta$$

$$K_{sf} = P / \delta_{sf}$$

$$\frac{1}{K_b} = \frac{1}{K_d} + \frac{1}{K_{sf}}$$

図-2 弾性バネの算出方法

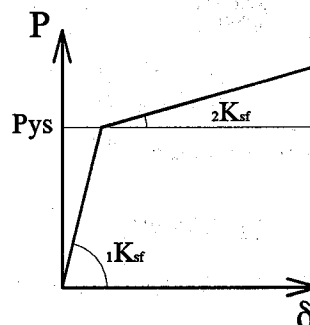


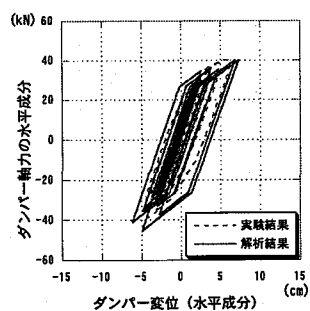
K_d : 弾性バネの軸剛性

図-5 解析モデル(平面)

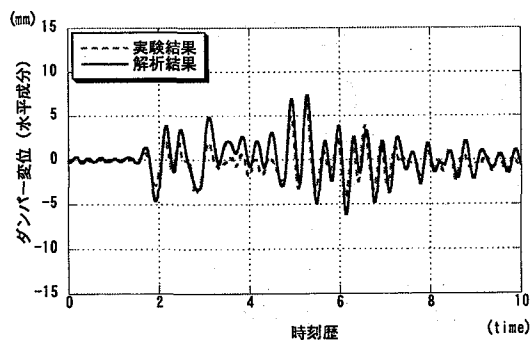
表-3 スリットプレートの履歴モデル

試験体	1 K_{sf} (kN/mm)	2 K_{sf} (kN/mm)
A	15.2	3.00
B	18.1	0.90
C	12.4	0.65
D	10.2	0.65



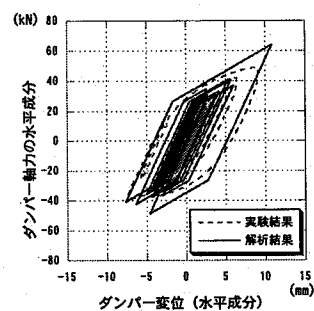


(a) 荷重変位関係

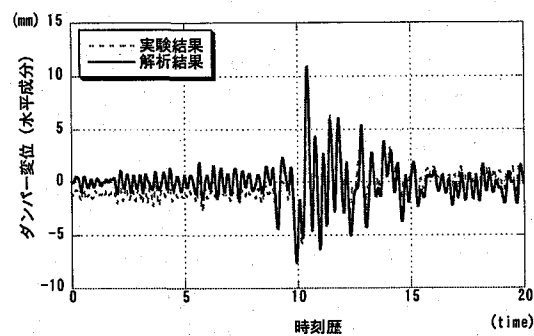


(b) 変位時刻歴

図-6 解析結果（試験体：AA、加振条件：神戸 NS 波最大速度 20Kine）

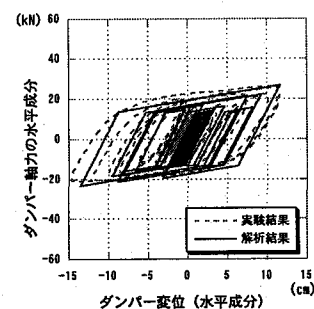


(a) 荷重変位関係

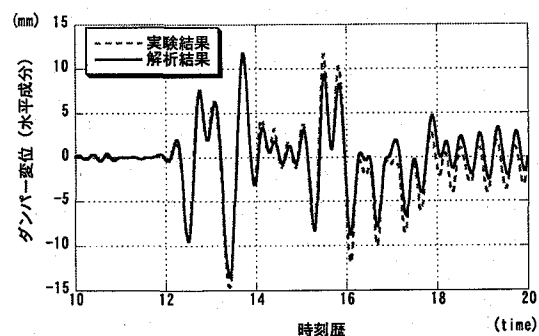


(b) 変位時刻歴

図-7 解析結果（試験体：AA、加振条件：八戸 EW 波最大速度 30Kine）

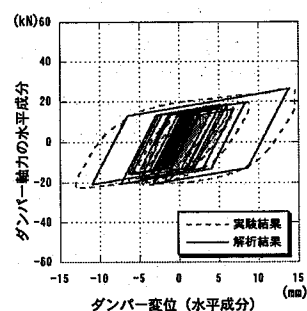


(a) 荷重変位関係

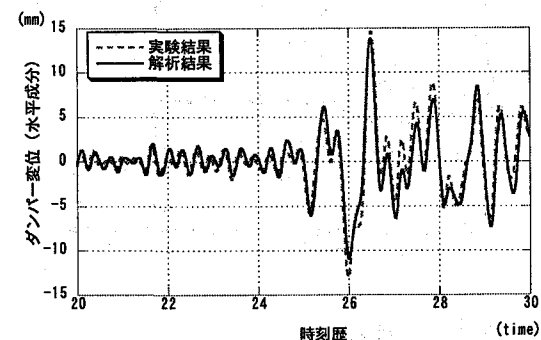


(b) 変位時刻歴

図-8 解析結果（試験体：DD、加振条件：神戸 NS 波最大速度 20Kine）

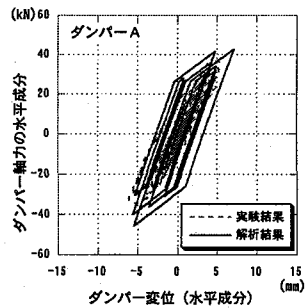


(a) 荷重変位関係

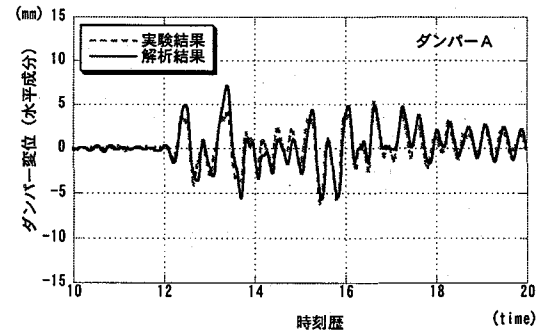


(b) 変位時刻歴

図-9 解析結果（試験体：DD、加振条件：八戸 EW 波最大速度 25Kine）

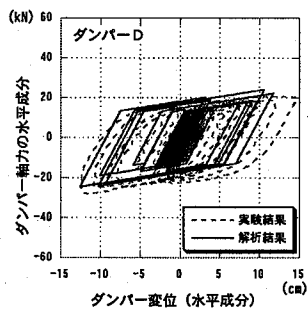


(a) 荷重変位関係

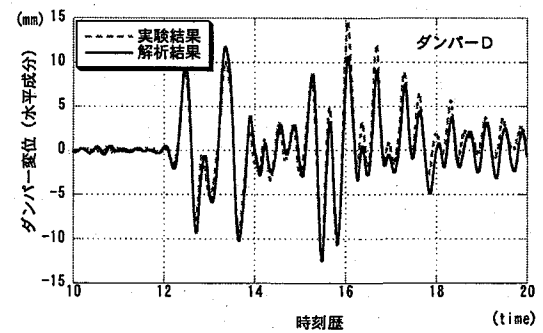


(b) 変位時刻歴

図-10 解析結果（試験体：AD、加振条件：神戸NS波最大速度20Kine）

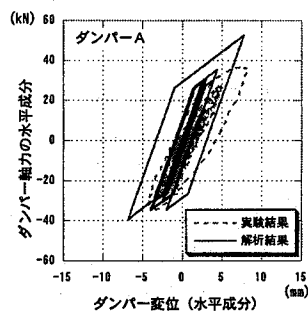


(a) 荷重変位関係

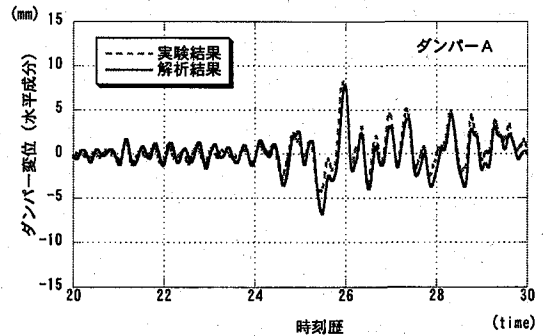


(b) 変位時刻歴

図-11 解析結果（試験体：AD、加振条件：神戸NS波最大速度20Kine）

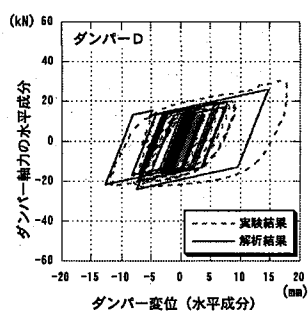


(a) 荷重変位関係

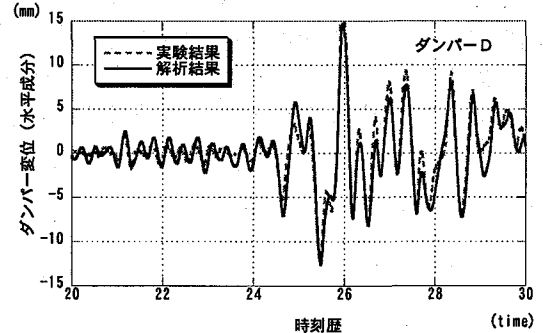


(b) 変位時刻歴

図-12 解析結果（試験体：AD、加振条件：八戸EW波最大速度25Kine）

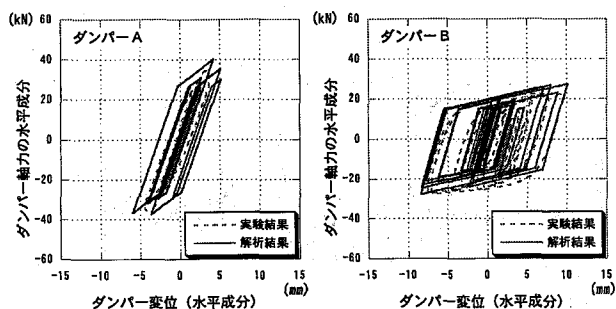


(a) 荷重変位関係

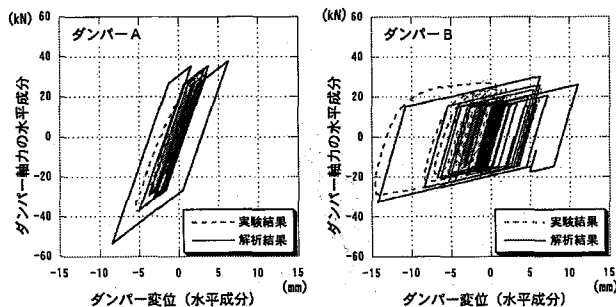


(b) 変位時刻歴

図-13 解析結果（試験体：AD、加振条件：八戸EW波最大速度25Kine）

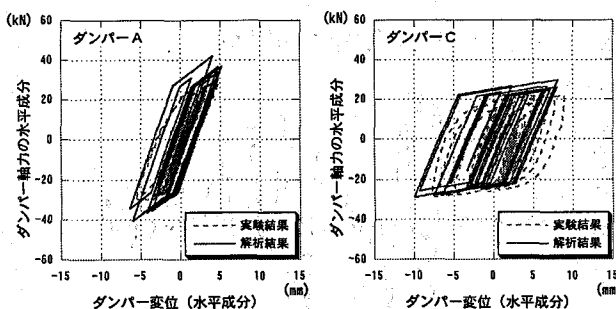


加振条件：神戸 NS 波最大速度 20Kine

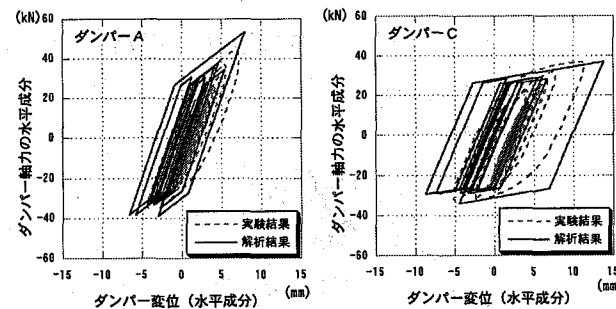


加振条件：八戸 EW 波最大速度 25Kine

図-14 解析結果（試験体：AB）



加振条件：神戸 NS 波最大速度 20Kine



加振条件：八戸 EW 波最大速度 25Kine

図-15 解析結果（試験体：AC）

した試験体 AA の結果を図 6, 7 に、試験体 DD の解析結果図 8, 9 示す。図 6, 8 は入力波を神戸 NS 波とし、図 7, 9 は入力波を八戸 EW 波としている。この解析手法で行った結果は、実験結果と良い対応を示していることがわかり、ねじれのない試験体の実験結果を追跡できることがわかる。

次にダンパー A とダンパー D の組み合わせによる耐力偏心並びに剛性偏心がある試験体の解析を行った。その結果を図 10, 11, 12, 13 に示す。実験結果と比較すると良い対応を示しており、ねじれを追跡する解析においても、一方向のみに効くバネだけでも、十分に追跡を行うことができる。

また図-14, 15 に他の試験体の結果からもわかるように解析で追跡できており、偏心を有する建物でもこのような単純なモデルでも評価できる。

3. 結び

基本的な解析モデルを用いた 1 質点 3 自由度系による弾塑性応答解析を行ったところ、実験結果と良い対応を示すことがわかった。このことは、主架構の性能と併せると膨大なパラメーターとなるダンパーの耐力ならびに剛性偏心量が建物の耐震性能に与える影響について解析的なアプローチにより評価できることを意味する。

参考文献

- 1) Amadeo BENAVENT CLIMENT, SANG-Hoon OH and Hiroshi AKIYAMA: Ultimate energy absorption capacity of slit-type steel plates subjected to shear deformations, J. Struct. Constr. Eng., A. I. J. No. 503, pp139-147, Jan., 1998
- 2) 柴田明徳：最新耐震構造解析、森北出版、1981