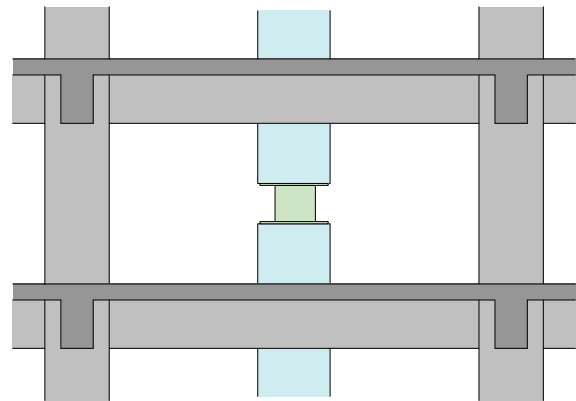


# R C建物への制震ダンパー適用技術の開発

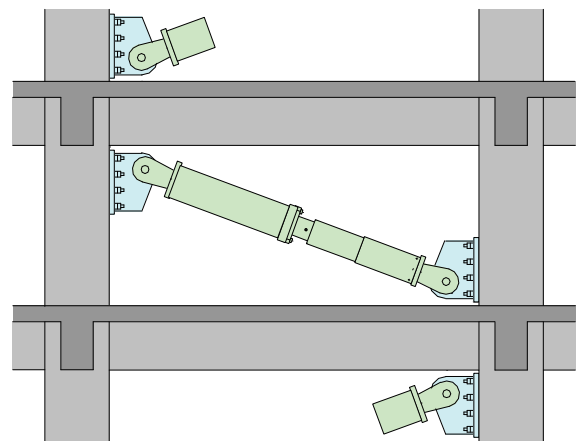
安井健治\* 早川邦夫\* 岡 靖弘\*\*  
岸本 剛\* 山上 聡\* 野口 聡\*\*\*

## 1. はじめに

近年、超高層集合住宅の需要が増し超高層RC造建物が数多く建設されている。建物の高層化に伴い高軸力に対応するため超高強度の材料を用いることが多くなり、断面形状が相対的に小さくなる傾向にある。その結果として、地震時の応答変形量の低減や居住性の確保を目的とし制震ダンパーの付加が必要となる場合も生じている。制震ダンパーの適用例を図-1に示す。S造を対象とした制震ダンパーについては、これまでに極低降伏点鋼を用いた弾塑性ダンパーおよび軟塑性材料を用いた長尺型ブレースダンパーの開発を行い実施物件に適用してきた<sup>1),2)</sup>。本報告では、1層1スパンの鉄筋コンクリート造の架構を取り出し、間柱型弾塑性ダンパー、ブレース型軟塑性ダンパーおよびそれらの併用型ダンパーを組み込み、振動実験を行いその減衰性能を検証したので報告する。ブレース型軟塑性ダンパーについては接合部ガセットプレートと取付アンカーボルトを対象とした静的加力試験結果も併せて報告する。



(a) 間柱型履歴ダンパー



(b) ブレース型軟塑性ダンパー

図-1 制震ダンパー適用例

## 2. 接合部実験

### 2.1 実験概要

ブレース型制震ダンパーの架構内へ組み込みは梁端部への定着を避け柱頭・柱脚部側面へ定着するものとし、接合部ガセットプレートの形状を考慮しダンパーの減衰力作用軸はスラブ天端または梁下端部と柱芯との交点を通るものとした。柱への定着は先端に機械式定着板を取り付けたアンカーボルトによる。アンカーボルトの設計は鋼構造における露出柱脚のアンカーボルトの設計に準拠し、引張・せん断、曲げを负担するものとする。

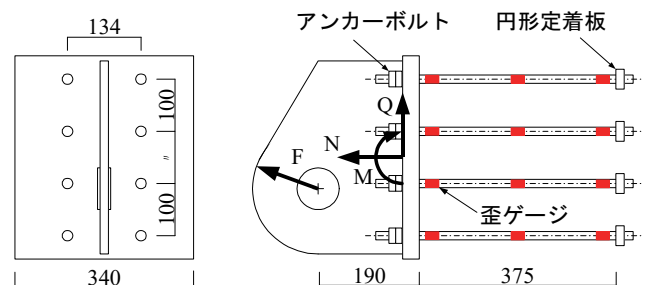


図-2 接合部試験体

\*技術研究所 \*\*東京支社建築設計部 \*\*\*管理本部知的財産課

## 2.2 実験方法

柱脚部のダンパー接合部分を取り出し静的加力実験を行った。試験体の縮尺は約1/2とし、取り付けるダンパーの減衰力は300kNを想定した。アンカーボルトは縮小模型の配筋等を考慮した結果、最大耐力360kNとして設計した。接合部試験体を図-2に、使用した異形鉄筋、ねじ部および定着板の諸元を表-1に示す。実験は静的ジャッキ(1000kN)により正負交番漸増繰り返し載荷を行った。実験概要を図-3に載荷スケジュールを図-4に示す。

## 2.3 実験結果

±300kNまでの各荷重ピーク時のアンカーボルトの歪み分布を図-5に示す。最下段のA4, A8においても接合部ガゼットプレート側歪みのみが大きく変化しており鉄筋中心、端部の歪みは小さい。図-6には

表-1 アンカー部諸元

|       | 形状・寸法    | 規格       |
|-------|----------|----------|
| 鉄筋    | D16      | SD490    |
| ねじ    | M20      | GNH55 相当 |
| 円形定着板 | φ38, t16 |          |

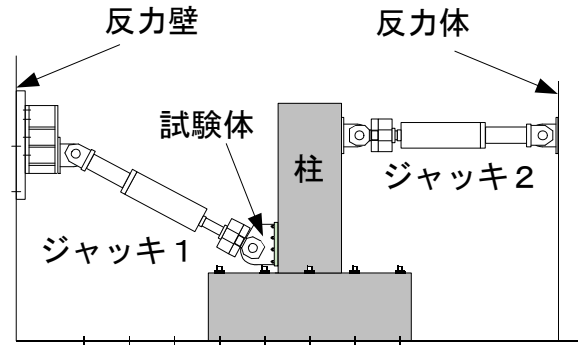


図-3 実験概要

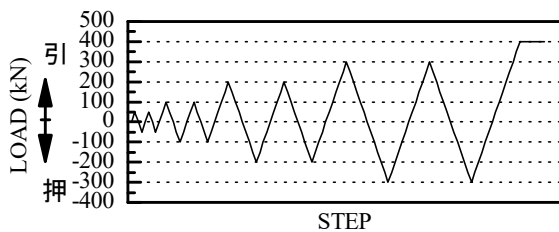


図-4 載荷スケジュール

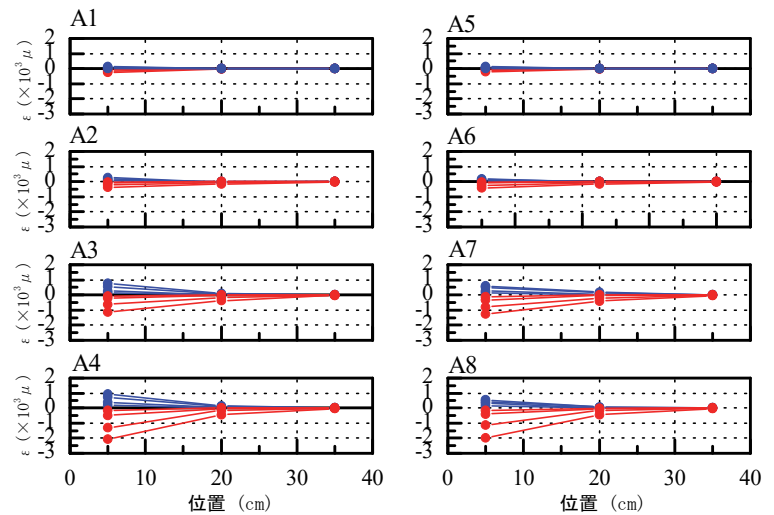
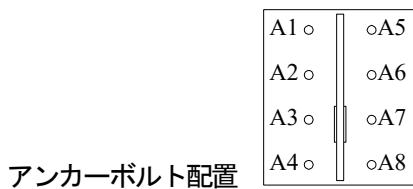


図-5 歪み分布

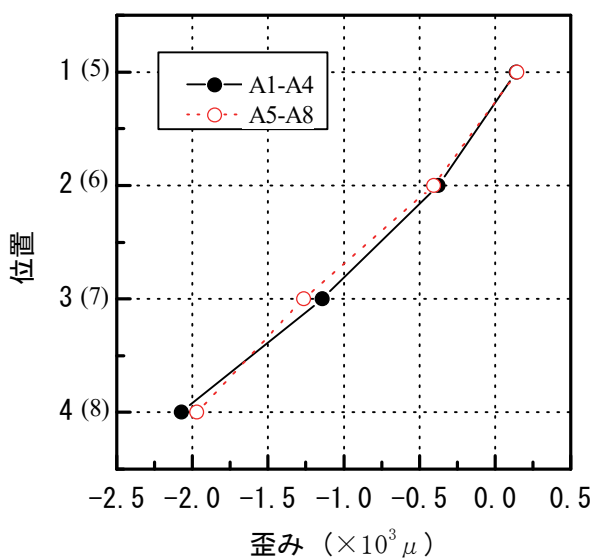


図-6 歪み分布(-300kN 載荷時端部)

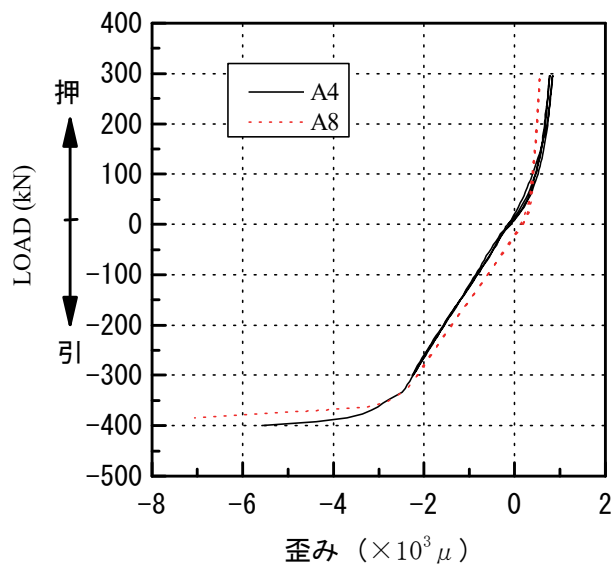


図-7 歪み-荷重関係(-400kN 載荷時)

300kN 引張時のアンカーボルト端部の歪み分布を上下方向について示す。上段鉄筋から下段鉄筋に向けて比例して歪み値が大きくなっており曲げモーメントを負担していることが分かる。図-7には-400kN 載荷時のA4, A8の載荷端部鉄筋歪みと荷重の関係を示す。ほぼ設計通りの強度を発揮している。

### 3. 架構実験

#### 3.1 架構実験概要

超高層RC建物に適用する制震ダンパーとして間柱型の履歴ダンパー、ブレース型のビンガムダンパーおよび両者の併用型を対象とする。各ダンパーを組み込んだRC架構の減衰性能を把握するために、想定する超高層RC建物の中間階の1構面を取り出し、制震ダンパーを組み込んだ状態で加振機を用いて動的載荷実験を行った。

#### 3.2 試験体

試験体は1層1スパンの柱および梁で構成される骨組みに制震ダンパーを組み込んだ約1/2縮尺の模型試験体である。想定した架構は層間変形が大きくダンパーの耐力が大きくなる中間階を想定し、コンクリート強度は  $F_c 36 \text{ N/mm}^2$  とし梁端降伏先行型架構として設計している。試験体は組み込むダンパー毎に製作するが配筋、コンクリート強度等は同一としている。RC造骨組み試験体の概要を図-8に諸元を表-2に示す。間柱の組み込み方法および弾塑性ダンパーの取り付け部を検討するため、間柱型試験体と併用型試験体については間柱、弾塑性ダンパーの組み込み方法は異なる方法を用いた。

##### a. 間柱型試験体

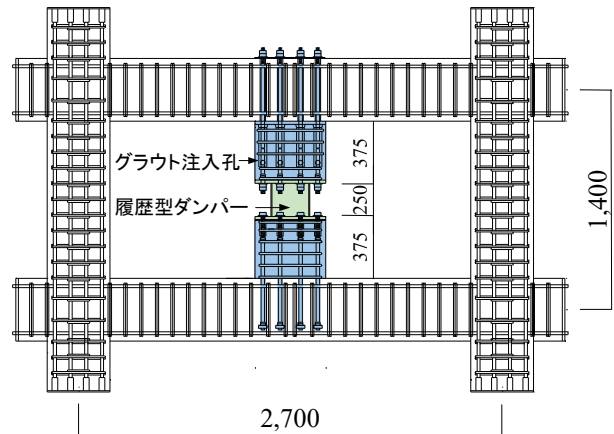
弾塑性ダンパーを組み込む間柱型試験体は、下間柱はコンクリート打ち込みとし、上間柱および弾塑性ダンパーは後付としグラウトを注入し組み込む方法とした。組み込む弾塑性型ダンパーはSM材を使用して製作し、耐力は骨組み試験体の縮尺から実大ダンパーの1/4程度になるように設計している。

##### b. ブレース型試験体

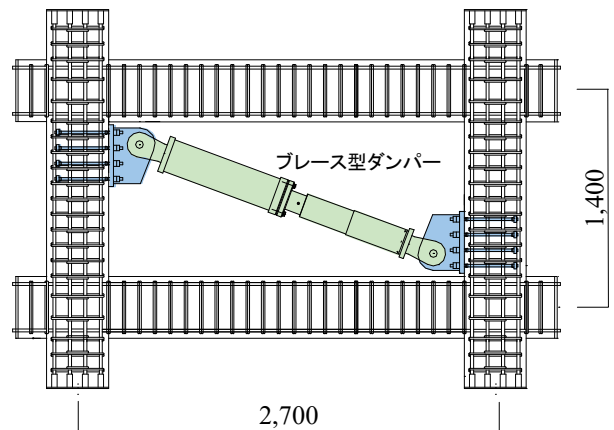
ブレース型軟塑性ダンパーを組み込むブレース型試験体は接合部実験を参考にガゼットプレートを取り付けるため柱頭・柱脚部側面に円形定着板によるアンカーボルトを埋め込んでいる。ブレース軸は梁上下端と

表-2 試験体諸元

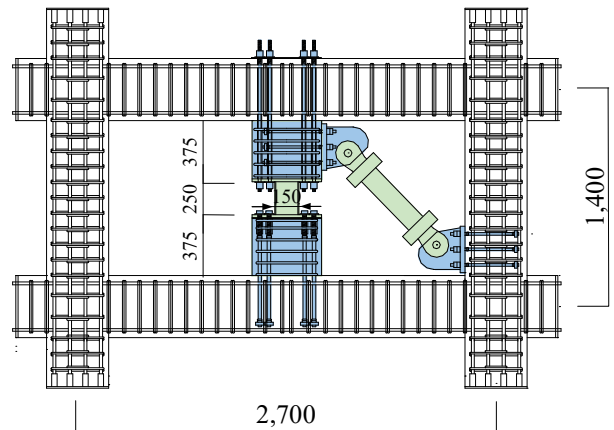
|    | B×D<br>(mm) | $F_c$<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | 主筋                | 帯筋                   |
|----|-------------|------------------------------|-------------------|----------------------|
| 柱  | 400×400     | 36                           | 12-D22<br>(SD490) | 4-D10@100<br>(SD345) |
| 梁  | 300×400     | 36                           | 4-D19<br>(SD390)  | 4-D10@100<br>(SD685) |
| 間柱 | 450×300     | 36                           | 10-D19<br>(SD390) | D13@75<br>(SD345)    |



(a) 間柱型試験体



(b) ブレース型試験体



(c) 併用型試験体

図-8 試験体概要

柱芯の交点を通っている。軟塑性ダンパーの減衰力は間柱型試験体の弾塑性ダンパーと同程度なるように設定した。

c. 併用型試験体

併用型試験体は間柱型弾塑性ダンパーとブレース型軟塑性ダンパーを併用している。上側間柱の取付けと弾塑性ダンパーの取付については共にPC鋼棒により締め付ける方法としている。それぞれのダンパーは同程度の耐力を有し併せて間柱型試験体、ブレース型試験体と同程度になるように設定している。

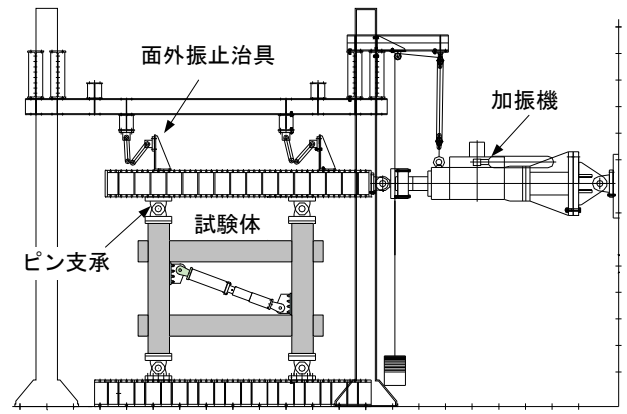
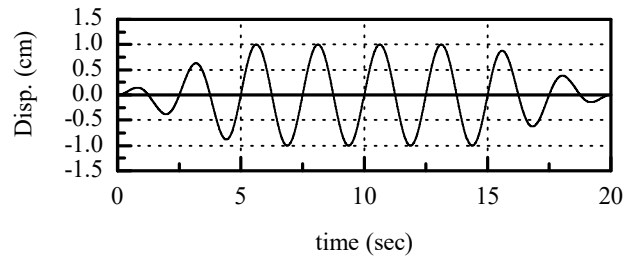
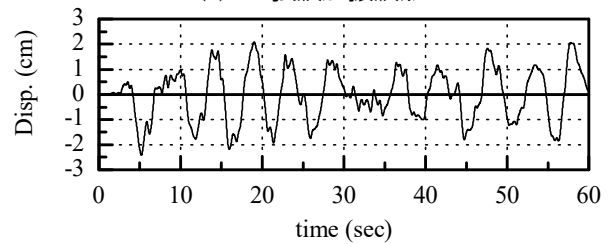


図-9 試験概要



(a) 正弦波加振波形



(b) 地震応答波

図-10 加振波

3.3 実験方法

実験は、いずれの試験体も図-9に示すように柱下部のピン支承を反力床に固定し柱上部のピン支承に加力梁を取り付け加振機(±300mm、±1000kN)により載荷を行った。上下のピン支承ともピンの位置はほぼ上下階柱高さの中央としている。試験体架構の基本的性状把握するためブレース型試験体については軟塑性ダンパーを組み込む前に架構のみで動的実験を行った。

3.4 加振波

加振は基本性状を把握するため正弦波加振と地震応答時の性能を確認するため、解析により得られた建物の層間変形波形による加振を行った

a. 正弦波

加振波形は正弦波8波とし漸増2波+定常4波+漸減2波とする。周期は想定した高層RC造建物の1次固有周期2.5秒とする。加振波波形を図-10(a)に示す。加振する振幅レベルは層間変形角をパラメータとして1/800, 1/400, 1/200, 1/150, 1/100, 1/67, 1/50とする。ブレース型試験体における架構のみの加振については架構の損傷を避けるためほぼ弾性域範囲と考えられる層間変形角1/800, 1/300で加振を行った。

b. 応答波

想定建物に地震波が入力した時の応答計算を実施し層間変位が大きくなる中間階における層間変位波形で加振を行った。加振する振幅レベルは最大値が層間変形角1/100となるようにした。

3.5 実験結果

a. 正弦波加振

各層間変形角における等価減衰定数を表-3、図-11に示す。等価減衰定数の算定は正弦波定常4波中3波目の履歴により算定した。架構のみの場合について1/300より大きなケースはブレース型試験体の結果

表-3 等価減衰一覧

|       | 1/800 | 1/400 | 1/200   | 1/100   |
|-------|-------|-------|---------|---------|
| 架構のみ  | 0.030 | 0.027 | (0.027) | (0.069) |
| 間柱型   | 0.096 | 0.088 | 0.074   | 0.150   |
| ブレース型 | 0.028 | 0.040 | 0.092   | 0.153   |
| 併用型   | 0.035 | 0.098 | 0.152   | 0.190   |

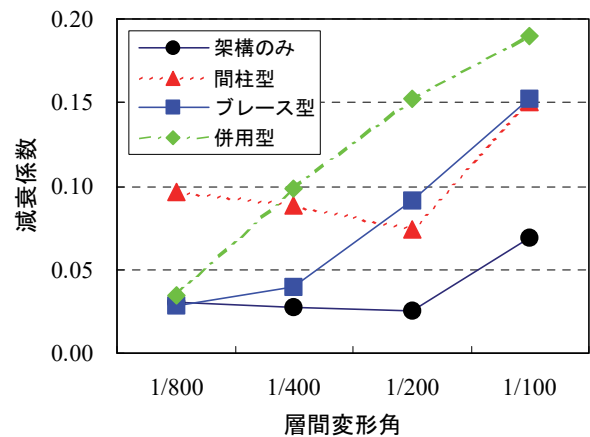
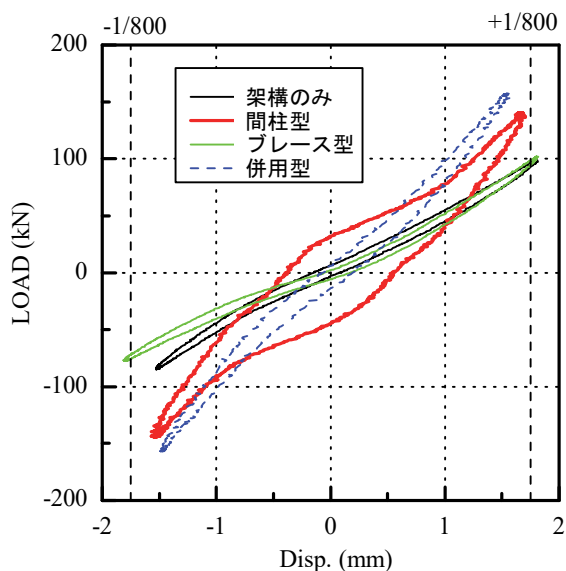
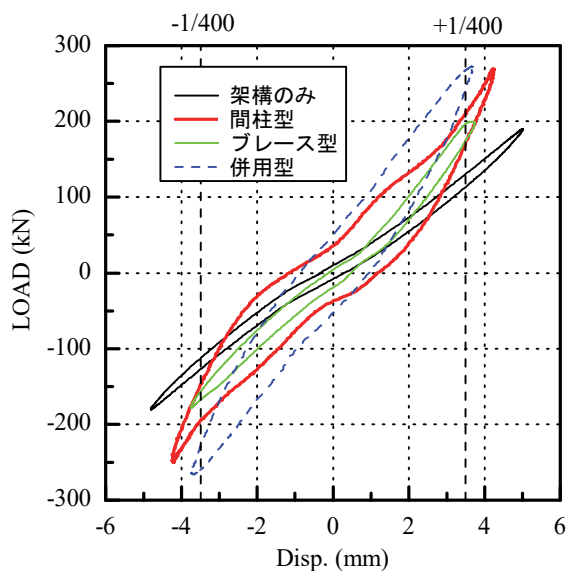


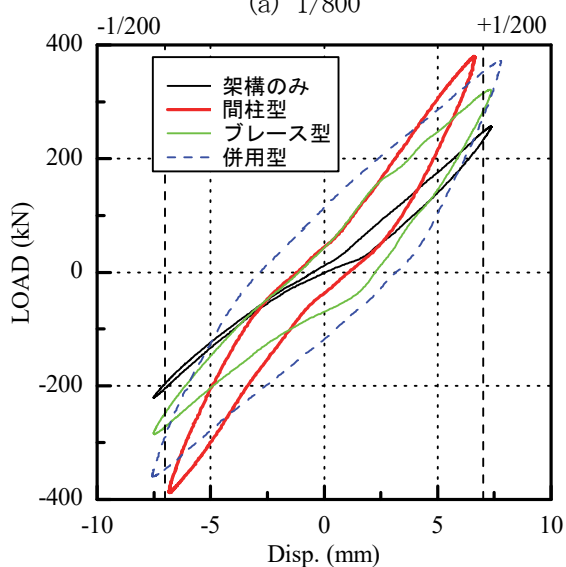
図-11 層間変形角-減衰定数



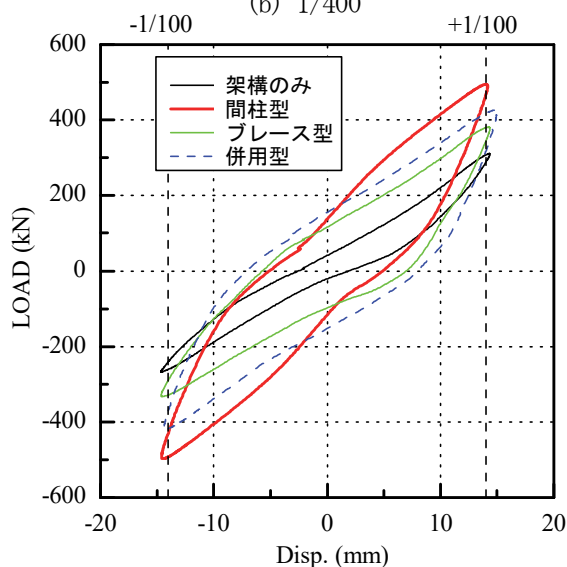
(a) 1/800



(b) 1/400



(c) 1/200



(d) 1/100

図-12 正弦波加振結果

よりダンパーによる減衰力を除いたものを用いた。間柱型弾塑性ダンパーでは層間変形角 1/800 で  $h=0.096$  と他のダンパーに比べ減衰性能が大きい、その後 1/200 まで漸減し 1/100 で大きくなっている。ブレース型軟塑性ダンパーは層間変形角 1/400 程度までは小さいがそれ以上では振幅の増大と共に大きくなっている。併用型ダンパーは振幅の増大と共に大きくなっていることが分かる。図-12 に各層間変形角における層間変形と架構の荷重を示す。図中には正弦波定常4波中3波目の履歴を示している。間柱型弾塑性ダンパーは層間変形の増大と共に相対的に全体の剛性が大きくなっている。

b. 応答波加振

間柱型弾塑性ダンパーの応答波加振における層間変

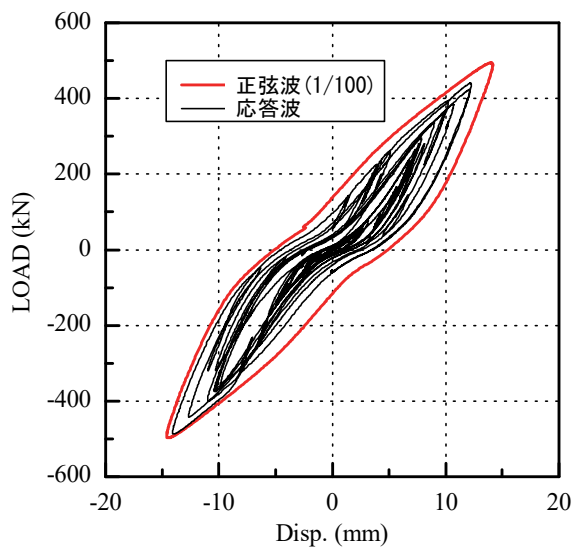


図-13 応答波加振

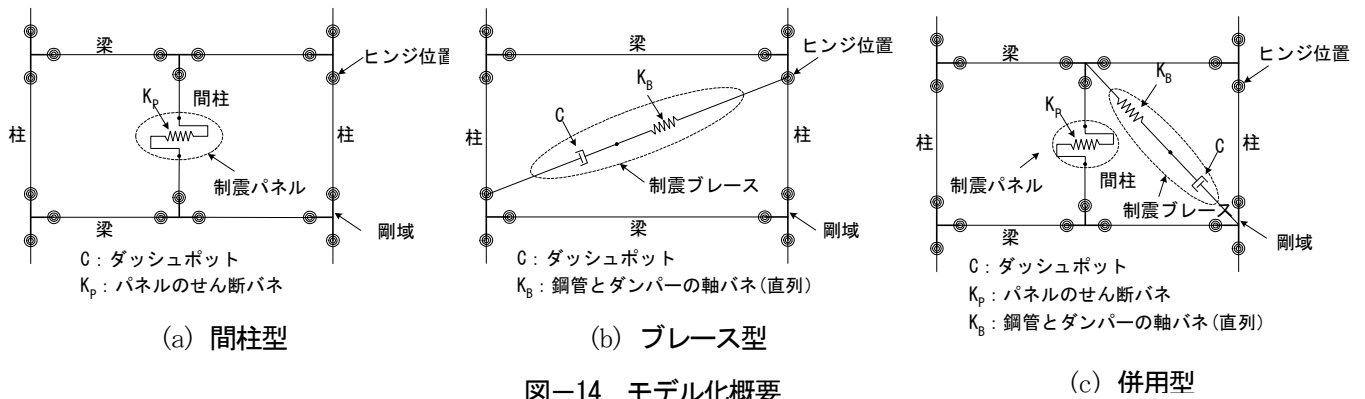


図-14 モデル化概要

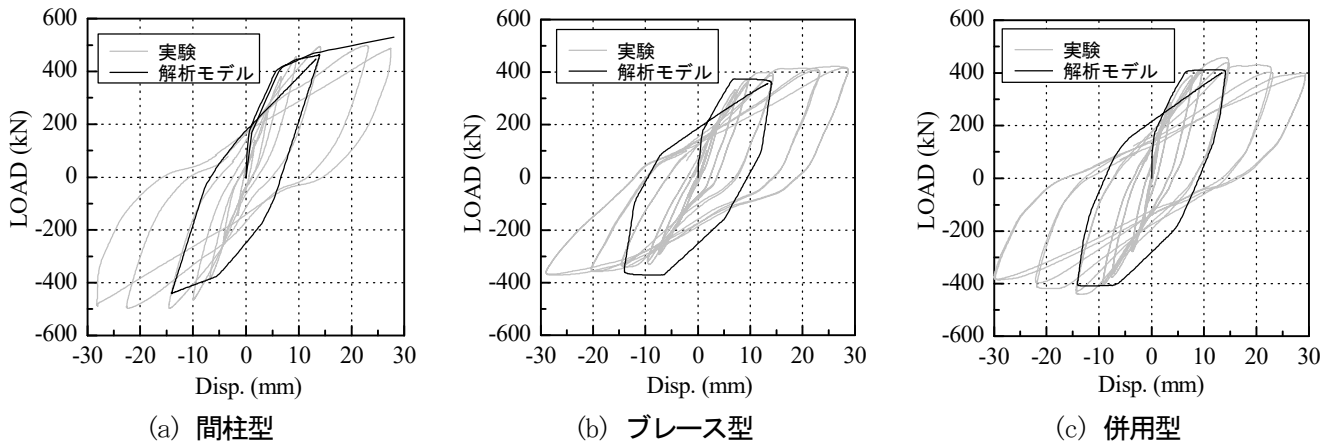


図-15 解析モデルと実験結果

位と架構の荷重を図-13 に示す。図中併せて示した正弦波加振における層間変形角 1/100 の履歴と同程度の履歴性能を示している。

#### 4. 解析モデル

図-14 に各試験体の解析モデルを示す。間柱型は梁中央に上間柱と下間柱を剛接し弾塑性ダンパーをトリリニアモデルとした。ブレース型は柱ヒンジ位置を制震ダンパーの作用軸としブレース鋼管部とダンパー部はマクスウェルモデルとした。併用型は両者の併用であるが、ブレース型ダンパーについては柱梁接合部中心と間柱梁接合部中心を結ぶ軸を作用軸としてモデル化した。各モデルの正弦波加振における層間変形角 1/100 の 1+1/4 波までの解析結果と実験結果を合わせて図-15 に示す。実験結果については正弦波定常加振の 1 波目と 2 波目を示した。

解析モデルと比較して実験結果では変形が正側から負側なる近傍でスリップ性状を示しているが、これは解析モデルでは接合部を剛域としているが、実験ではそれまでの加振により接合部等が損傷を受けているた

めと考えられる。

#### 5. まとめ

鉄筋コンクリート造建物に制震デバイスを適用するため動的架構実験を行い減衰性能を把握した。

制震デバイスの適用に当たってはブレース型と間柱型を併用した場合、微小変形時から大変形時まで安定して減衰性能を発揮した。

#### 6. おわりに

今後は実施物件対応に向けての資料を充実させたい。

#### 【参考文献】

- 1) 岸本 剛他「長尺型制震ブレースの開発」、奥村組技術研究年報、No. 27, pp. 67~72, 2001
- 2) 岸本 剛他「弾塑性ダンパーの S 造モデル建物への適用」、奥村組技術研究年報、No. 24, pp. 61~66, 1998