

す。コンクリートと冶具は平面応力要素，鉄筋はトラス要素，ダンパーはビーム要素でモデル化した。なお H 鋼のモデル化に関しては断面形状による塑性域の広がり表現するため，フランジはビーム要素，ウェブは平面応力要素でモデル化した。材料構成側に関して，コンクリートの圧縮応力-ひずみ曲線は修正 Ahmad モデル，テンションスティフニング特性は出雲モデル，ダンパーは Bauschinger 効果を考慮でき，移動硬化側に適用される修正 Menegotto-Pinto モデルとした。

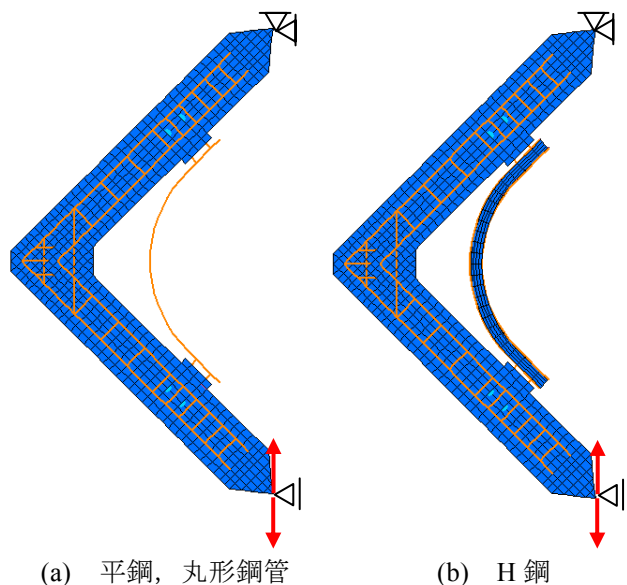
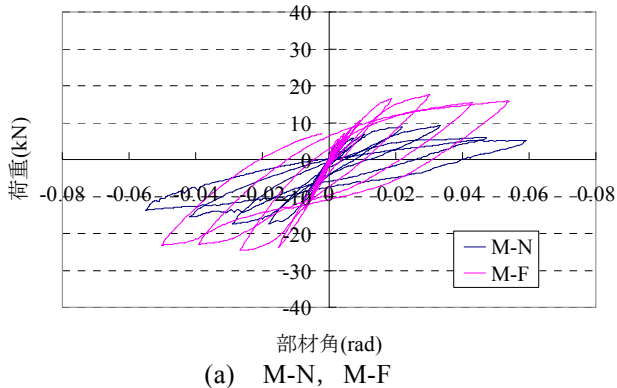
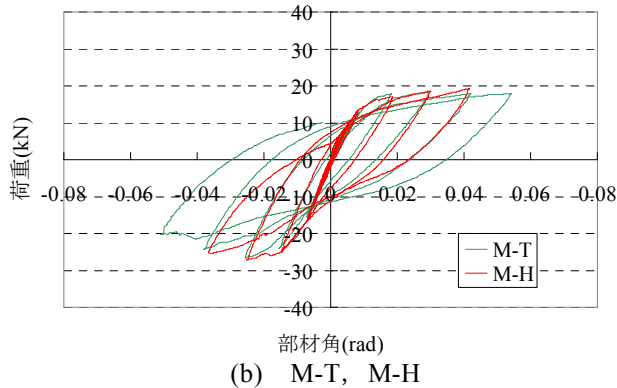


図-4.1 解析モデル



(a) M-N, M-F



(b) M-T, M-H

図-4.2 荷重-部材角関係 解析結果 M型

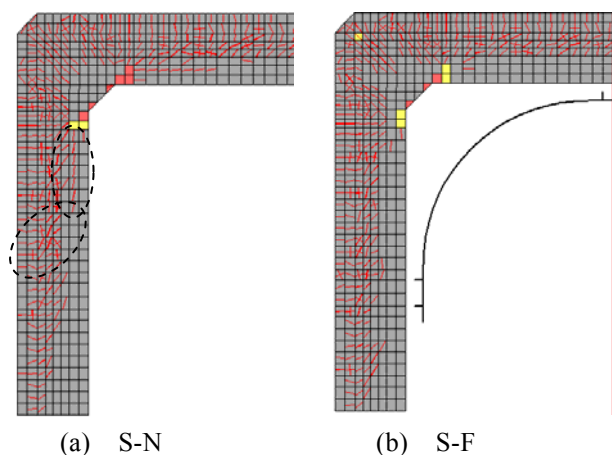


図-4.3 ひび割れ図 S型 3/100rad

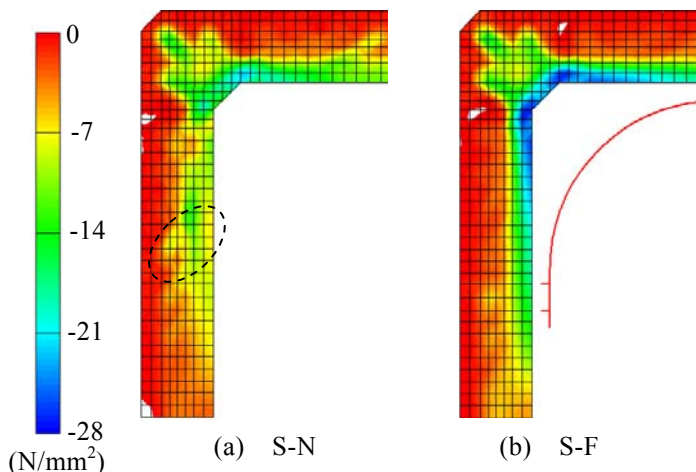


図-4.4 最小主応力コンター図 S型 3/100rad

4.2 解析結果

4.2.1 履歴特性

図-4.2 に解析で得られた M 型の荷重-部材角関係を示す。履歴性状に関して，実験と比べると無補強時の復元力特性に違いが見られるが，実験と同様にダンパーを設置することで履歴性状が紡錘形に移行していることや，耐力・剛性がほぼ一致していることから，実験結果を概ね再現出来ていると言える。また実験時に十分な耐力・履歴特性を発揮出来ていなかった H 鋼も，解析では端部の接続が十分剛であるため，他の供試体と同程度，もしくは高い性能を発揮していることが分かり，ダンパーと RC 架構との接続が十分剛であれば期待した性能を発揮することが期待できると考えられる。

4.2.2 破壊性状

図-4.3, 図-4.4 に解析で得られた S 型のひび割れ図及び最小主応力コンター図を示す。無補強時に図中点線部に示すようなせん断破壊型特有の明瞭なせん断ひび割れや主鉄筋に沿った付着割裂ひび割れ，コンター図に示すような斜め方向の圧縮応力の流れが確認されるが，ダンパーを設置することで，前述のひび割れが抑制され，また斜め方向の圧縮応力が発生せず，曲げ破壊型の応力状態へと移行していることが認められる。

4.2.3 減衰効果

図-4.5 に解析で得られた M 型供試体の荷重-部材角関係から算出した等価粘性減衰定数-部材角関係を示す。なお、M-H は解析において部材角 3/100 以降に実際には起こらなかったダンパーの変形が発生したため、以降の算出結果は削除した。部材角 1/100 まではダンパー設置の有無によらずほぼ同じ値を示しているのに対し、部材角 2/100 程度で H 鋼・丸形鋼管が、部材角 3/100 程度で平鋼が減衰効果を発揮している。これは図-4.6 に示すダンパーに平鋼を用いた既往の架構実験³⁾で得られた結果とも同等な傾向を示していることが分かる。さらに解析で得られた荷重-部材角関係から、RC・ダンパーそれぞれの履歴を抽出したものの一例を図-4.7 に示す。このように抽出したダンパーの履歴から算出した等価粘性減衰定数を図-4.8 に示し、前述 2 章のダンパー単体の要素実験結果と比較すると、平鋼に関しては小さな部材角で要素実験の方が高い値を示しているが、H 鋼・丸形鋼管は要素実験と同等の値を示していることが分かり、RC 架構に設置した際にもダンパー単体の実験と同等のエネルギー吸収性能を発揮すると考えられる。

つまり、RC 架構に設置した際にもダンパーの断面形状を H 鋼、丸形鋼管に代えることで減衰効果を平鋼よりも早期に発揮し得ることが分かった。

5. 結論

本実験・解析により得られた結論を以下に示す。

- 1) 破壊性状に関して、せん断破壊に至るように設計した RC 供試体に対してダンパーを設置することでひび割れ性状・応力状態を曲げ破壊型へ移行できることを確認した。
- 2) 履歴性状に関して、無補強時にスリップ型を示す供試体に対してダンパーを設置することでエネルギー吸収性能に富んだ紡錘形に移行することを確認した。
- 3) 減衰効果に関して、平鋼を用いた既往架構実験で部材角 3/100 から減衰効果を発揮した傾向が本実験・解析でも確認され、それに対して H 鋼・丸形鋼管を設置した供試体が部材角 2/100 以前で減衰効果を発揮することが確認された。

参考文献

- 1) 財団法人 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説—コンクリート構造物，1992
- 2) 島端 嗣浩：湾曲状仕口ダンパーの耐震補強へ適用に関する研究，大阪市立大学大学院工学研究科修士論文，2008.2
- 3) 中田 裕喜：湾曲状ダンパーによる高架橋耐震補強方法に関する研究，大阪市立大学大学院工学研究科修士論文，

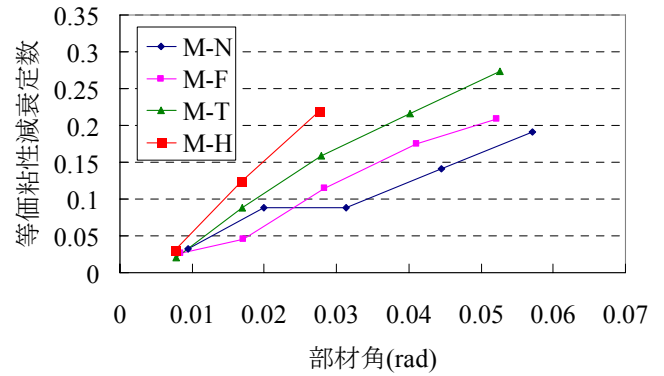


図-4.5 等価粘性減衰定数-部材角関係 M 型

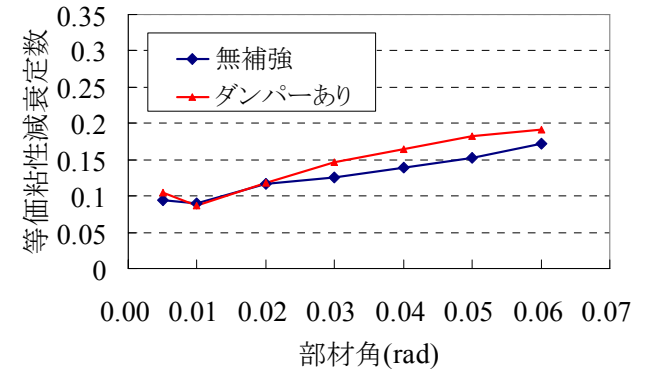


図-4.6 既往架構実験結果³⁾

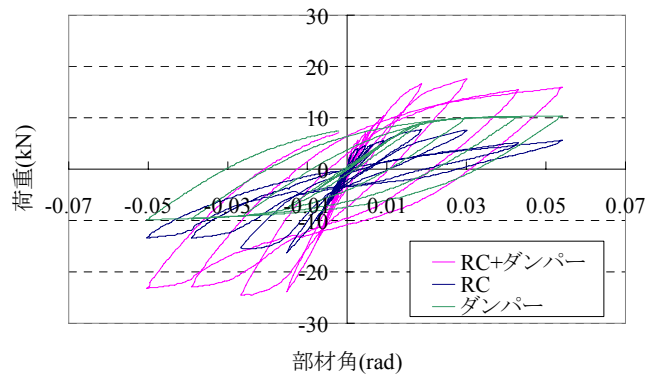


図-4.7 RC・ダンパー履歴の抽出例 M-F

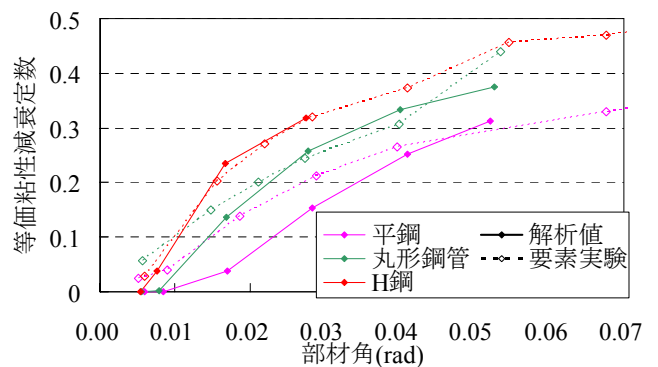


図-4.8 ダンパー単体での比較結果 M 型

2009.2

- 4) 財団法人 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説—耐震設計，1999
- 5) 大木 皓平：湾曲状型鋼ダンパーを用いた耐震補強に関する研究，大阪市立大学大学院工学研究科修士論文，2011.2

討議等

◆討議 [吉中 進 先生]

部材角 2/100 は実際にはどの程度の規模の地震が作用することを想定しているのか、またその部材角にどういう意味合いがあるのか？

◆回答：部材角 2/100 は現行の鉄道構造物等設計標準において、レベル 2 地震動が作用した際に耐震性能 II を満足するための残留応答変位に対応しています。

◆討議 [藤本 益美 先生]

ダンパーの材質を SS400 よりも高級なものを用いると性能はどうなるのか？

◆回答：低降伏点鋼などを用いければより早期の減衰効果が期待できると考えられますが、現段階では経済性を考慮して SS400 での適用を考えています。

◆討議 [谷口 徹郎 先生]

RC 供試体の M 型と S 型はどういう違いがありますか？

◆回答：M 型と S 型では主鉄筋およびせん断補強筋の配筋状況に違いがあり、M 型はダンパーを設置しない状態で曲げ破壊が、S 型はせん断破壊が先行して起こるように設計したのになります。

◆討議 [吉中 進 先生]

S 型、M 型の供試体には実構造物ではどのような意味合い、違いがありますか？

◆回答：S 型は旧基準で設計されたせん断補強筋が少なく、脆性的に破壊するものとしての位置づけで、ダンパー設置による破壊形式の移行を確認するために設けました。なお M 型は主に現行の設計基準で曲げ破壊型であるが靱性に乏しいものとしての位置づけで、主に減衰効果を把握するために設けました。

◆討議 [角掛 久雄 先生]

解析で抽出したダンパーの等価粘性減衰定数と要素実験との比較において、平鋼が要素実験と解析で違う値を示していることの原因は何ですか？

◆回答：要素実験ではダンパーを湾曲状にする際に塑性変形を与えており、その影響が復元力特性に現れていると考えています。

◆討議 [谷口 徹郎 先生]

ダンパーを設置すると、柱中腹部では作用せん断力が増大すると考えられますが、せん断破壊はしないのですか？

◆回答：ダンパーを設置することによって柱中腹部のせん断スパン比が小さくなり、ディープビーム効果によってせん断耐力が増大し、それ増大したせん断耐力によって抵抗します。