



# 制振鋼構造の開発と その設計式に関する一連の研究

---

玉井 宏章  
長崎大学・教授

# 論文の構成

---

- 第1章 制振ブレースと鋼材ダンパーの機構に関する開発
- 第2章 地震時変形性能の検証法の構築
- 第3章 塑性変形性能の計量法と鋼材ダンパー（せん断パネル）の設計法の提案
- 第4章 新しい主架構部材と接合方法の開発
- 第5章 制振鋼構造建物の合理的制振設計と地震応答性状に関する研究

# 第1章 制振ブレースと鋼材ダンパーの機構に関する開発(1/2)

機構を介して塑性化をさせる部材を限定した鋼材ダンパーを提案した。剛性，耐力が調整でき，塑性変形能力も格段に向上させる機構を考案した。

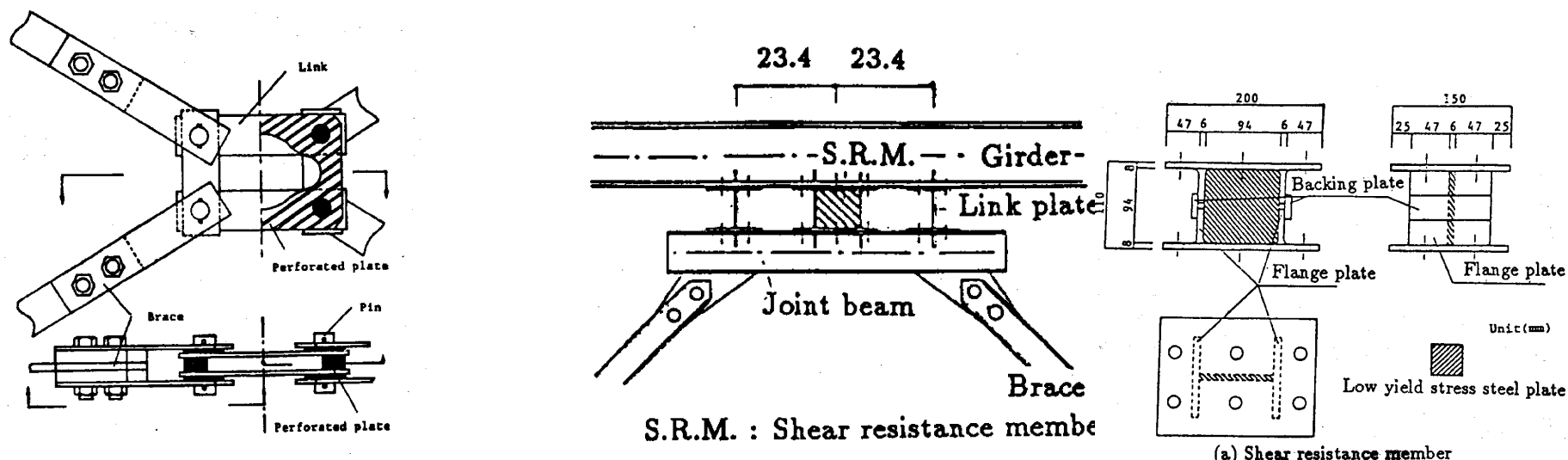
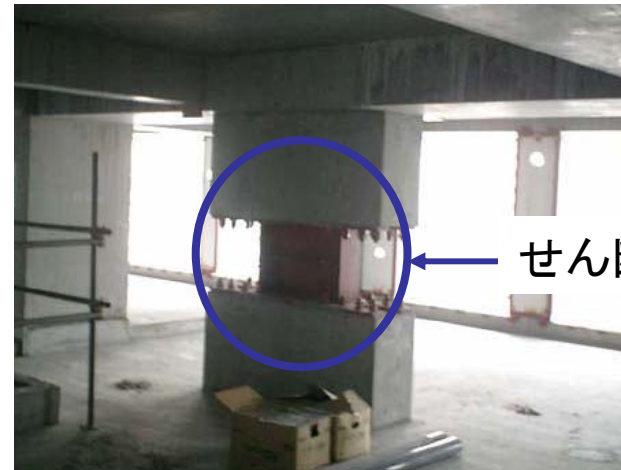


図1 各種，鋼材ダンパーシステムの構成要素と機構

- 1-1. ブレース付架構の制振装置に関する研究 その1 履歴減衰装置の復元力特性，  
玉井宏章，近藤一夫，花井正実，日本建築学会構造系論文報告集，第387号，pp.24-34，1988.5.
- 1-2. X型制振ブレース付剛接架構の機構と弾塑性性状について(その2)せん断接合型ブレース架構，  
玉井宏章，近藤一夫，花井正実，日本建築学会構造系論文集，第543号，PP.153-160，2001.5.

# 第1章 制振ブレースと鋼材ダンパーの機構に関する開発(2/2)

せん断パネルについて、パネルに溶接を伴わない補剛材を用いることで普通鋼によっても塑性変形性能に富んだ鋼材ダンパーが作成しうることを示した。



せん断パネル

図2 鋼材ダンパーシステムの実施工例

1-3. 低降伏応力度鋼のK型制振ブレースへの適用について、

玉井宏章, 竹中啓之, 近藤一夫, 中村雄治, 花井正実, 鋼構造論文集, 第1巻, 第1号, pp.41-52, 1994.3.3.

1-4. 普通鋼を用いた制振ブレースエネルギー吸収部材のパネル面外補剛効果とエネルギー吸収性能について、

玉井宏章, 近藤一夫, 花井正実, 岩岡信一, 龍神弘明, 藤波健剛, 構造工学論文集, Vol.44B, pp.493-502, 1998.

## 第2章 地震時変形性能検証法の構築(1/2)

阪神淡路大震災では中規模の鉄骨建物における露出柱脚の被害が多かった。露出柱脚は軸力によって剛性と耐力が変化し通常の曲げバネでは表わせない。仮動的実験を実施して露出柱脚の剛性と耐力の軸力依存性を示し、地震時の応答性状から、新たな露出柱脚の数値復元力モデルを構築した。

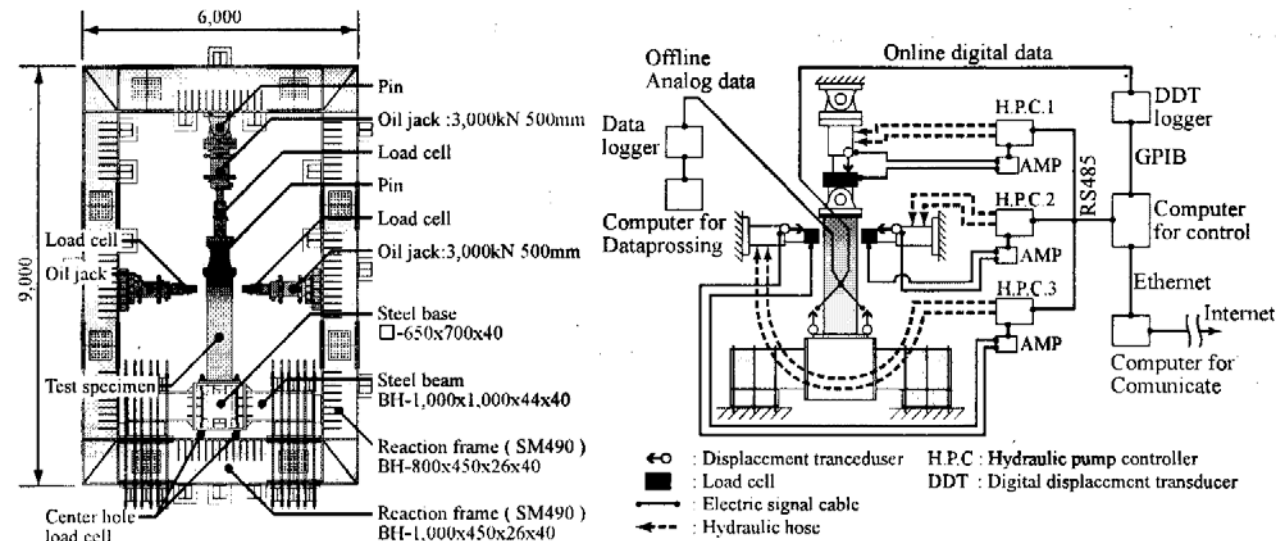


図3 実大柱脚の仮動的実験システム

2-1. 分散型実験システムによる統合化耐震性能評価法に関する研究 - 露出柱脚を有する5層鉄骨建物の評価 - 玉井宏章, 高松隆夫, 山西央朗, 多田元英, 松蔭知明, 日本建築学会構造系論文集 第631号, pp.1665-1672, 2008.9.

2-2. 変動軸力と繰り返し曲げを受ける露出柱脚の載荷実験, -変動軸力下の半剛接特性-, 玉井宏章, 日本建築学会構造系論文集, 第567号, pp.149-156, 2003.5.

## 第2章 地震時変形性能検証法の構築(2/2)

- 加力誤差を克服する手法を用いた仮動的実験手法を提案して、制振ブレース建物が激震に対して、塑性変形性能が十分であることをこの手法で明らかにした。
- 柱脚や梁柱接合部を実験対象とすると回転成分を有する系の固有角振動数は非常に高く、通常法では解が発散・振動し実験実施が困難であった。この難点を数値減衰( $\alpha$ 法)と仮定剛性を変化させる直接積分法を考案して解決した。

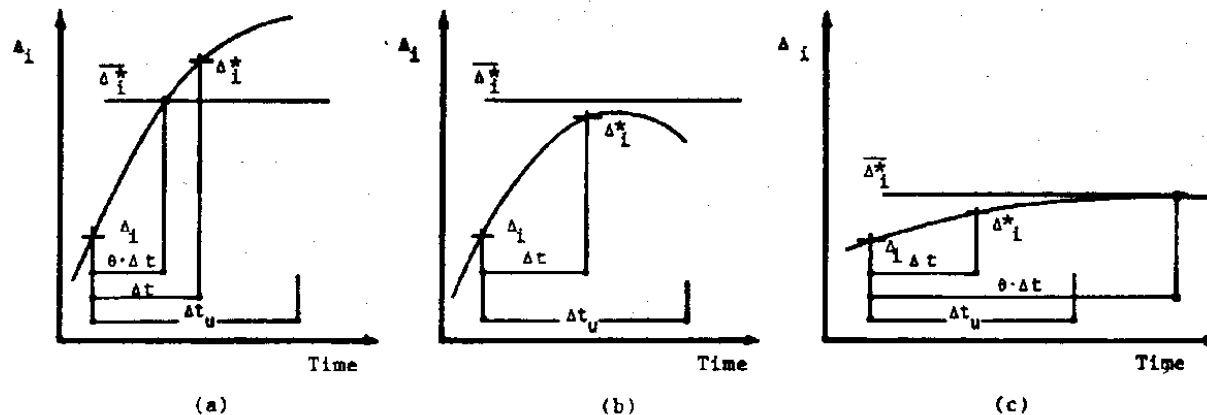


図4 時刻修正による加力誤差除去の概念

2-3. ブレース付架構制振装置のオンライン・コンピュータ制御地震応答実験、

玉井宏章, 近藤一夫, 花井正実, 日本建築学会構造系論文報告集, 第411号, pp.107-116, 1990.5.

2-4. 回転を接続自由度にもつサブストラクチャー仮動的実験のための直接積分法

玉井宏章, 日本建築学会構造系論文集 第625号, pp.433-440, 2008.3.

# 第3章 塑性変形性能の計量法と鋼材ダンパー(せん断パネル)の設計法の提案(1/2)

- 地震のような非定常振幅下においても損傷を適切に評価できる累積損傷度に着目し, 疲労関係式を求めて設計資料を整備し, 累積損傷則, レインフロー計数法から累積損傷度を求める方法を提案し, 非定常振幅疲労試験を行って妥当性を確認をした.

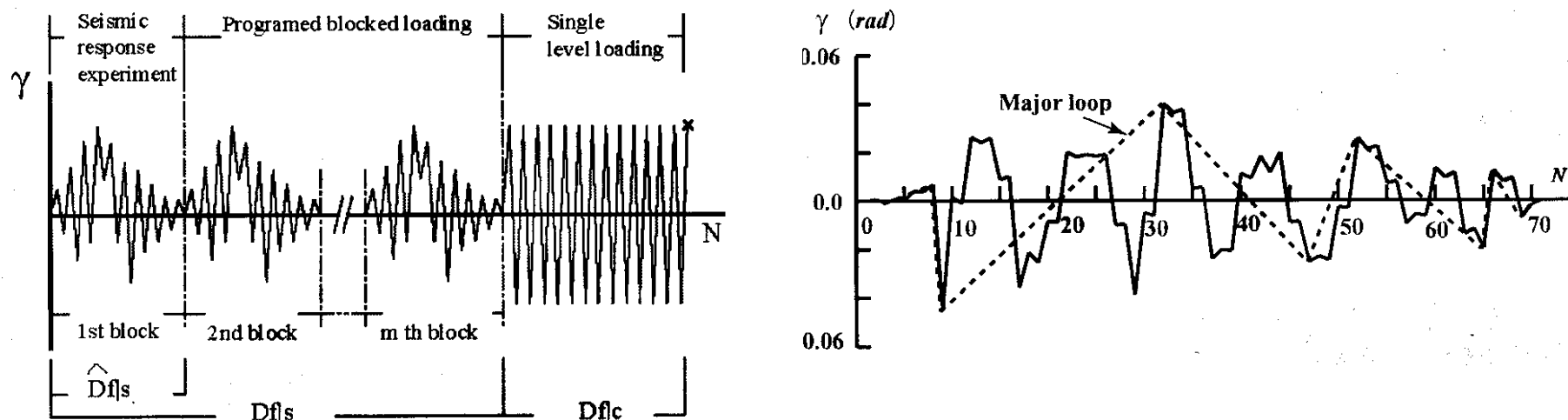


図5 非定常振幅疲労試験の加力プログラムと波形の計数例

- 3-1. 履歴減衰装置の極低サイクル疲労特性と実地震応答下における疲労寿命の予測,  
玉井宏章, 近藤一夫, 花井正実, 日本建築学会構造系論文集, 第462号, pp.141-150, 1994.8.
- 3-2. せん断パネルダンパーの累積損傷度について,  
玉井宏章, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻, 第707号, pp.147-155, 2015.1.

# 第3章 塑性変形性能の計量法と鋼材ダンパー(せん断パネル)の設計法の提案(2/2)

- せん断座屈を起させない, パネルの厚さ, **基準化幅厚比**を定めた.
- 設計降伏せん断荷重を過大にせず, せん断座屈を防ぐためにはスチフナを適切に設けることが必要となる. 弾性せん断座屈解析を基に, **必要となるスチフナの形状, 本数**を提案した.

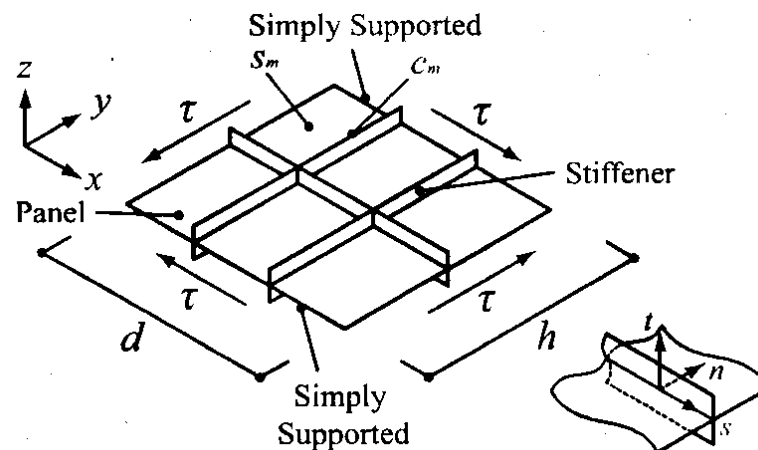
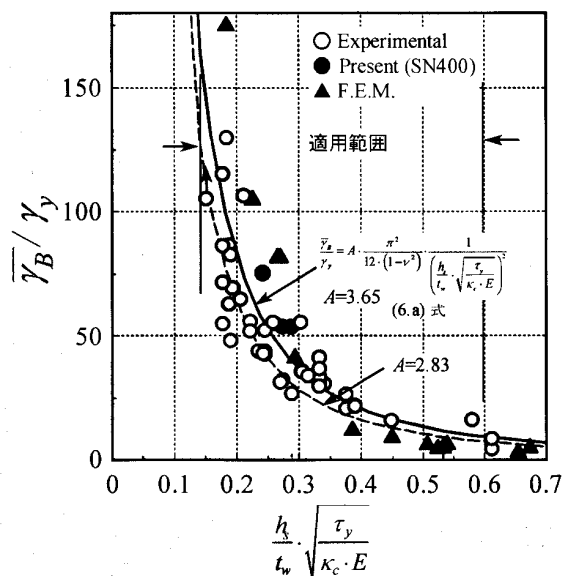


図6 せん断座屈変形角と基準化幅厚比

図7 必要スチフナ剛性比の検討用モデル

3-3. せん断パネルダンパーの等価せん断座屈変形角について,

玉井宏章, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻, 第707号, pp.137-145, 2015.1.

3-4. せん断パネルダンパーの最適スチフナ曲げ剛性比について,

玉井宏章, 妹尾 文貴, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第706号, pp.1983-1990, 2014.12.



# 第4章 新しい主架構部材と接合方法の開発

•高強度鋼H-SA700組立て梁・柱材を主架構に選定し、より効率的な制振効果をあげることを目的に、その横座屈特性を検討した。そこで求められる高い接合強度を複半月テーパ充填ボルト支圧接合によって実現し、実験的、解析的により可能性を示した。

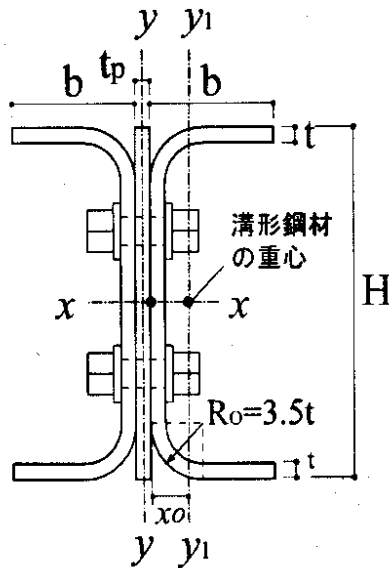


図7 高強度鋼組立て部材(主架構用)

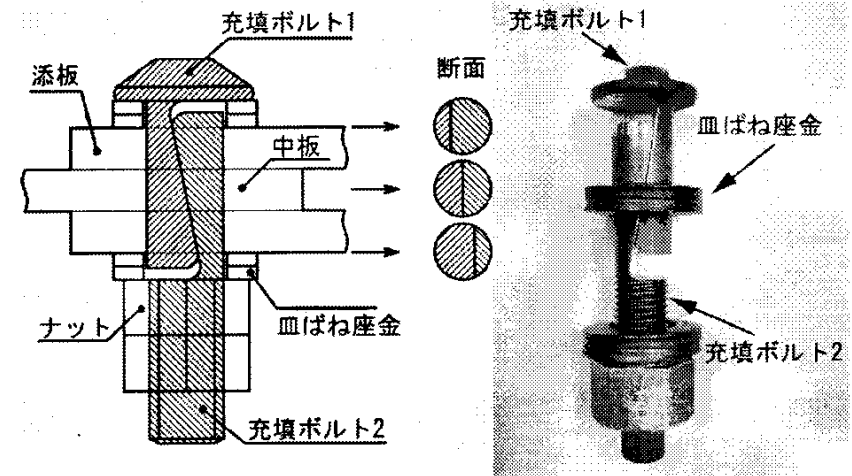
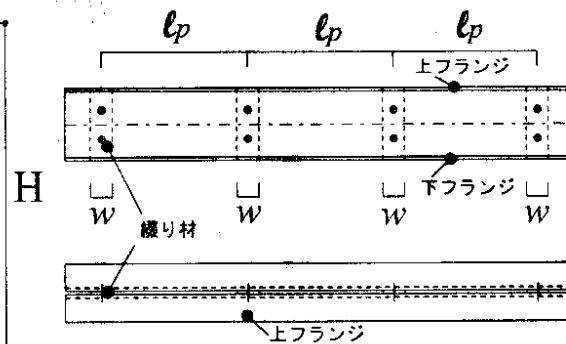


図8 複半月充填ボルト支圧接合法

- 4-1. 建築構造用高強度鋼材H-SA700Aを用いた乾式組立材の横座屈性状に関する実験的研究,  
玉井宏章, 高松隆夫, 山西央朗, 松尾 彰, 日本建築学会構造系論文集, 第660号, pp.407-415, 2011.2.
- 4-2. 複半月充填ボルト支圧接合法について,  
玉井宏章, 桐山尚大, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻, 第709号, pp.511-518, 2015.3.

# 第5章 制振鋼構造建物の合理的制振設計と地震応答性状に関する研究

- 制振構造の目標応答を達成できる以下の設計手順を示した...
- 低層から高層まで任意の高さの建物において、**適正構造特性**を参考にダンパー量を算定する。
- その後ダンパー本数, 諸元, 配置を決めて構造モデルを作成し, 複数の地震動を用いて時刻歴地震応答解析を行い, 最大層間変形角が目標層間変形角以下であることを確認する。
- 制振ブレースの高層建物の配置の1手法として**下層部に集中して設置し**, 中上層部はPCa壁で済ますという方法が考えられる。せん断モデルで建物をモデル化し, その配置方法が制振構造として効果的であるということを示した。

---

5-1. 制振装置を有する中高層架構建築の適正構造特性について,

玉井宏章, 近藤一夫, 花井正実, 広島大学工学部研究報告, 第38巻, 第1号別冊, pp.25-39, 1989.3.

5-1. 下層部に制振ブレースを有する鉄骨造高層架構の実地震性状,

玉井宏章, 国末晃寛, 近藤一夫, 花井正実, 日本建築学会技術報告集, 第2号, PP.55-60, 1996.6.

## 謝 辞

本研究は、広島大学大学院において、制振鋼構造をテーマに研究を行ったことがバックグラウンドとなっています。広島大学名誉教授花井正実先生には、本研究を行う大きなきっかけを頂きました。また、広島大学元准教授近藤一夫先生には、本研究で扱った有限要素法解析に関する研究の基本だけでなく、研究への取り組み方など、幅広いご指導を頂きました。恩師である両先生からこれまで頂いてきた数々のご指導に、心より御礼申し上げます。

また、広島工業大学名誉教授高松隆夫先生、東京工業大学名誉教授笠井和彦先生、建築研究所緑川光正先生は、研究を行う上でいろいろ便宜をはかって頂いただけでなく、機会ある毎に激励を頂きました。心より御礼申し上げます。

研究を進めるにあたっては、広島大学花井研究室および広島工業大学高松・玉井研究室、長崎大学玉井研究室のOB・OG諸氏をはじめ、多くの方のご支援、ご協力を頂きました。皆様と一緒に研究できたことを誇りに思います。どうも有り難うございました。