

鋼製ダンパーを用いた伝統木造軸組建物における傾斜復元力特性の改善

正会員 ○ 小出 孟*
同 藤川 大輝**
同 井戸田秀樹***

伝統木造軸組 柱脚 鋼製ダンパー
復元力特性

1. 序論

限界耐力計算では、各耐震要素ごとに耐力を算出し、それらを足し合わせることで、建物の耐震性能を評価している。図1に示す一般的な伝統木造軸組の各耐震要素の復元力特性を図2に示す¹⁾。寺社や神社などに見られる伝統木造軸組で用いられる柱径は300mm程で木造軸組住宅と比較すると太径であり、柱の剛体回転を許す場合であれば、傾いたときに元に戻ろうとする傾斜復元力を考慮することができる²⁾。しかし、その傾斜復元力は損傷限界を過ぎると減少しはじめ、図3に示すような幾何学的条件より柱径以上の層間変形では負に転じP-A効果を進めることになる。また繰返し変形を受ける場合、逆行型の履歴のため履歴によるエネルギーの吸収が見込めない。

そこで、本研究では、傾斜復元力を有する伝統木造軸組の柱に対し、柱脚部に取り付けるエネルギー吸収デバイスを提案し、実験に基づいてその傾斜復元力の改善効果を検証する。

2. エネルギー吸収デバイスの提案

石場立てである伝統構法の柱は図4に示す三次元的な回転を伴うロッキング運動を示す。ゆえに、軸方向の自由度のみを考慮した座屈拘束ブレース等のダンパーではこのロッキング運動に追従できない。そこで鋼板をスリット状に切り出した図5のような鋼製スリットダンパーを考案する。このような鋼板に孔を開け孔の端部に応力を集中させ塑性化を促し、塑性ひずみによるエネルギー吸収をさせる履歴型のダンパーは一般的に壁などの層間変形を起こす箇所では剪断型として用いられることが多い。今回のような挙動を示す伝統木造軸組の柱脚部では、柱脚の側面と基礎に固定することで、柱のロッキング挙動に追従しながら十分にエネルギー吸収が可能であると考えられる。

また、この鋼製ダンパーは柱脚部への設置を想定しているため、室内の意匠に影響しないことや、施工面での合理性、損傷部の取り換えのみで済む復旧工事の合理化などが期待できる。

3. 引張試験による鋼製ダンパーの性能検証

3.1 実験概要

試験体に用いた鋼材の材料特性を表1に、試験体一覧を表2に示す。試験体は実在する柱脚金物と同等の荷重で先にスリット部が塑性化するように部材寸法を決めた。一方のスリット端部の塑性部が他方のスリット端部に及ぼす影

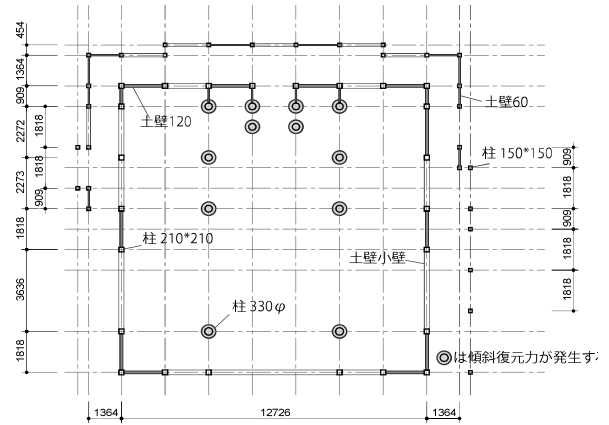


図1 伝統木造軸組 平面図

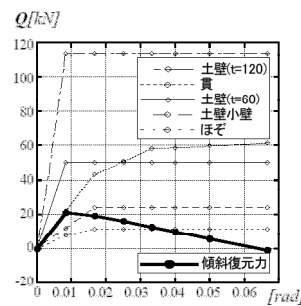


図2 復元力特性

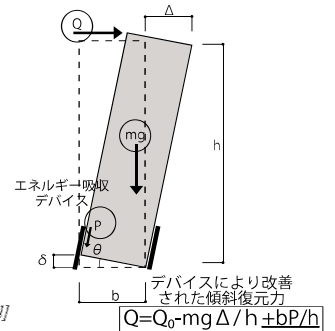


図3 傾斜復元力



図4 ロッキング運動

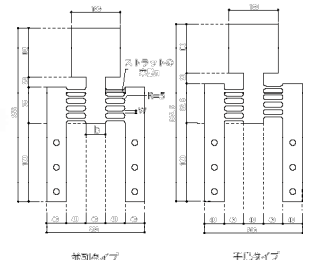


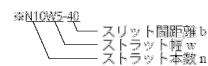
図5 提案するデバイス形状

表1 材料特性

試験片名	板厚t (mm)	降伏点σ _y (N/mm ²)	引張強さσ _u (N/mm ²)	降伏比 (%)	ヤング率E (×10 ⁴ N/mm ²)	一連伸び (%)	破断伸び (%)
試験片1	9	305	382	77.3	206342	21.7	39.2
試験片2		297	368	76.7	234985	21.4	38.7

表2 試験体一覧

試験体No.	試験片名	板厚t (mm)	スリット長さ(mm)	スリット端部R(mm)	ストラット本数n(本)	ストラット幅 (mm)	スリット間距離(mm)
1	N10W5-40	9	40	5	10	5	40
2	N10W7.5-40					7.5	
3	N16W5-40					16	
4	N10W5-25					10	



Improvement of tilt restoring force characteristics in traditional wooden frame building using steel dampers

IDOTA Hideki, FUJIKAWA Daiki, KOIDE Hajime

響を確かめるため、ストラットの幅 w 、本数 n 以外に中心軸のストラット間距離もパラメータにした。

荷重は万能試験機により単調荷重と変形角 1/120、1/60、1/40、1/30、1/25、1/20、1/15、1/10(rad) に相当する変位サイクルで正方向 2 回漸増繰返し荷重を行う。

3.2 実験結果・考察

図 6 に各試験体の繰返し・単調荷重試験の結果を示す。横軸に各変位に相当する変形角 θ を降伏変位 θ_y で無次元化したもの、縦軸に荷重 P を全スリット端部が全塑性モーメントに到達したときの荷重 P_u で無次元化して整理した。

単調荷重では降伏後ひずみ硬化により耐力は上昇し、さらにストラットが張力場に入ってから急激に上昇する。試験体 2 の最大耐力が低いのは、ストラット幅が大きくなることで塑性断面係数が著しく大きくなり、全塑性耐力が大きくなるためである。単調荷重の終局状態については試験体 1 は繰返し荷重と同様図 7-(a) のようにスリット端部で破断したが、試験体 1 以外は、図 7-(b) のように首部で破断して一気に耐力を失った。これはストラットが張力場となってから首の破断強度を上回ったためと考えられる。試験体 1、4 を比較したときに繰返しの履歴に差がみられないことから、スリット間距離はスリット端部の塑性域に比べて十分に離れていれば互いに干渉せず、繰返しの履歴に関係しないことが分かった。

4. 復元力特性の改善

図 8 に各試験体の累積エネルギー吸収量の推移を示す。大変形時まで安定してエネルギー吸収していることがわかる。図 1 の建物の柱 65 本のうち約 2 割に当たる 12 本の傾斜復元力が発生する柱の両面に試験体 1 を取り付けると、図 3 の式中の下線部の復元力が加わる。図 9 より損傷限界付近では、デバイスよりも柱の傾斜復元力が支配的で、1/120rad 以降耐力が下がり始める柱の傾斜復元力に対し、デバイスの耐力上昇が起き柱自体の改善傾斜復元力は図のように上昇傾向に改善される。図 10 に安全限界での傾斜復元力の改善を示す。これより耐震性能の改善が期待できることが分かった。

なお、本実験ではダンパーの面内方向の自由度を対象に性能を確かめたが、実挙動では面外変形や接合部の変形も想定される。また本デバイスを柱に対してどのようなバランスで配置していくか、取り付け際の建物全体に及ぼす変形等に関する変化なども今後の課題として挙げられる。

5. 結論

- 1) ストラット間距離は塑性部がスリット端部に広がる範囲に比べて十分に離れている形状であれば、耐力、エネルギー吸収性能に影響はしないが、短すぎるとストラットの破断強度が首の破断強度を上回り首で破断する。
- 2) 本研究で用いた試験体寸法のデバイスであれば、傾斜復

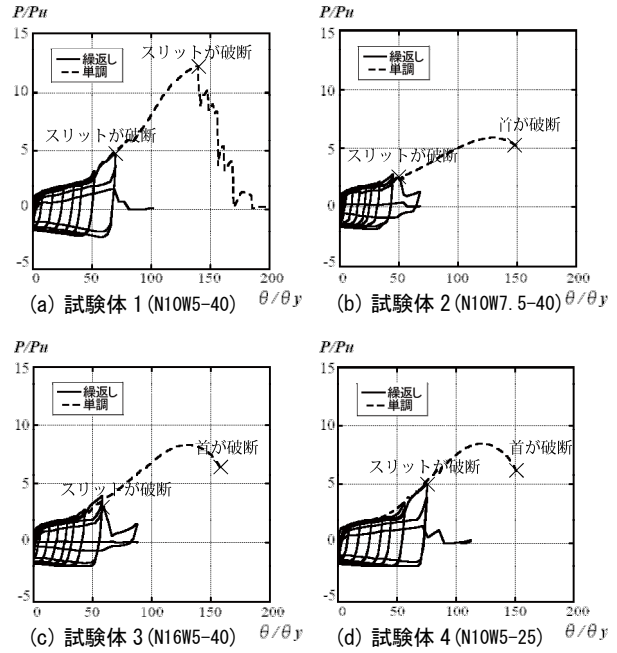


図 6 履歴曲線

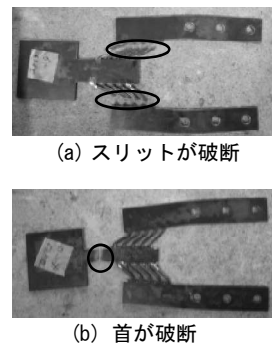


図 7 破断の違い

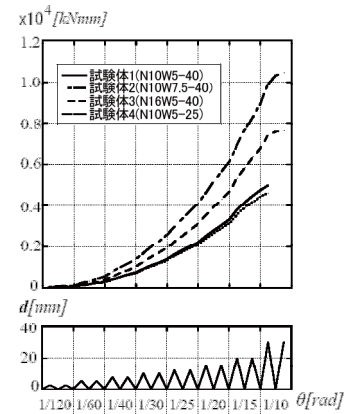


図 8 エネルギー吸収量と荷重サイクル

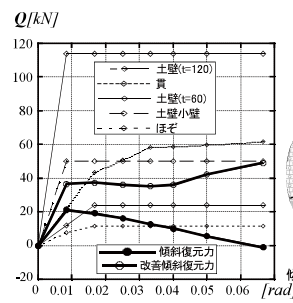


図 9 耐震要素別復元力特性

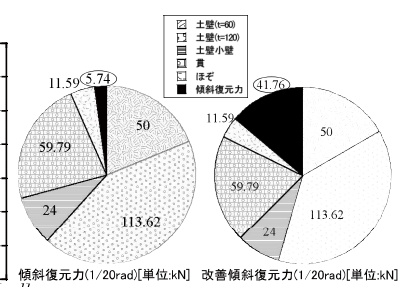


図 10 傾斜復元力の改善

元力を起こす柱（全柱の 2 割）に装着することで耐震性能の改善が期待できる。

【参考文献】

- 1) 伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル－限界耐力計算による耐震設計・耐震補強設計法
- 2) 坂静雄：社寺骨組の力学的研究（第 1 部 柱の安定復元力）、日本建築学会大会論文集、pp. 252-258、1941. 4

* 名古屋工業大学大学院工学専攻 博士前期課程
 ** 亀山建設 (株) 修士 (工学)
 *** 名古屋工業大学大学院社会工学専攻 教授・工博

* Graduate Student, Nagoya Institute of Technology
 ** Kameyama Construction, Mr. Eng
 *** Prof. Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.