

サステナブルビル構造システムに関する研究 -複数の柱部材と床部材の設置による柱梁接合部の影響-

岩田研究室 200570172 平田 倫央

1. サステナブルビル構造の概要

建築構造分野からの地球環境負荷削減を目標とし、構造全体の長寿命化を第一に、それが叶わない場合には容易に部材に解体し、さらに部材のリユースを可能とする図1に示すような「サステナブルビル構造システム」が提案された¹⁾。

サステナブルビル構造システムの接合方法は、従来のラーメン構造などとは異なっており、梁部材端部に溶接された接合部ユニットから柱部材のフランジ部に鋼棒を通し、鋼棒に初期張力を入れて締め付け、接合とするものである。柱梁接合部に生じる曲げモーメントの大きさにより柱梁接合部が離間するまでが剛接合、その後半剛接合を経て接合部ユニット内のすべての鋼棒が完全に塑性化すると、ピン接合の段階的に接合状態が変化するメカニズムを有している。

この構造システムでは、主架構を塑性させないことを目的とした柱梁接合部のメカニズムにより、主架構と地震エネルギー吸収部材を明確に分離することができる。すなわち、大地震時であっても主架構である柱部材と梁部材を弾性域に留め、地震力は方杖状に設置した制振部材としての座屈拘束ブレースのみによって吸収することにより、主架構を継続使用することができる。

2. 研究の目的

現在までに、この構造システムの柱梁接合部の力学的特性は、実験により明らかにされた²⁾。また、この力学的特性を解析においてほぼ正確に表現できる力学モデルを構築し³⁾、一般的な建物に適用可能なことを構造解析により示した⁴⁾。

しかしながら、図2に示すような従来のT字型試験体は、柱梁接合部の変形性能のメカニズムを詳細に検討することを目的としていたため、複数の柱部材や床部材の設置による梁部材の軸力の向上になどを考慮していなかった。そのため、この構造システムを用いて実際に設計する建築における、柱梁接合部の挙動については不明確であった。

本研究は、1層1スパンのサステナブルビル構造システムの部分架構の床なしと床ありの試験体に対して載荷実験を行う。複数の柱部材や床部材の設置による梁部材の軸力の向上に伴う、柱梁接合部の挙動を分析する。加えて、試験体をモデル化したものを解析し、実験結果と比較することで既往の解析法³⁾の妥当性を検証する。

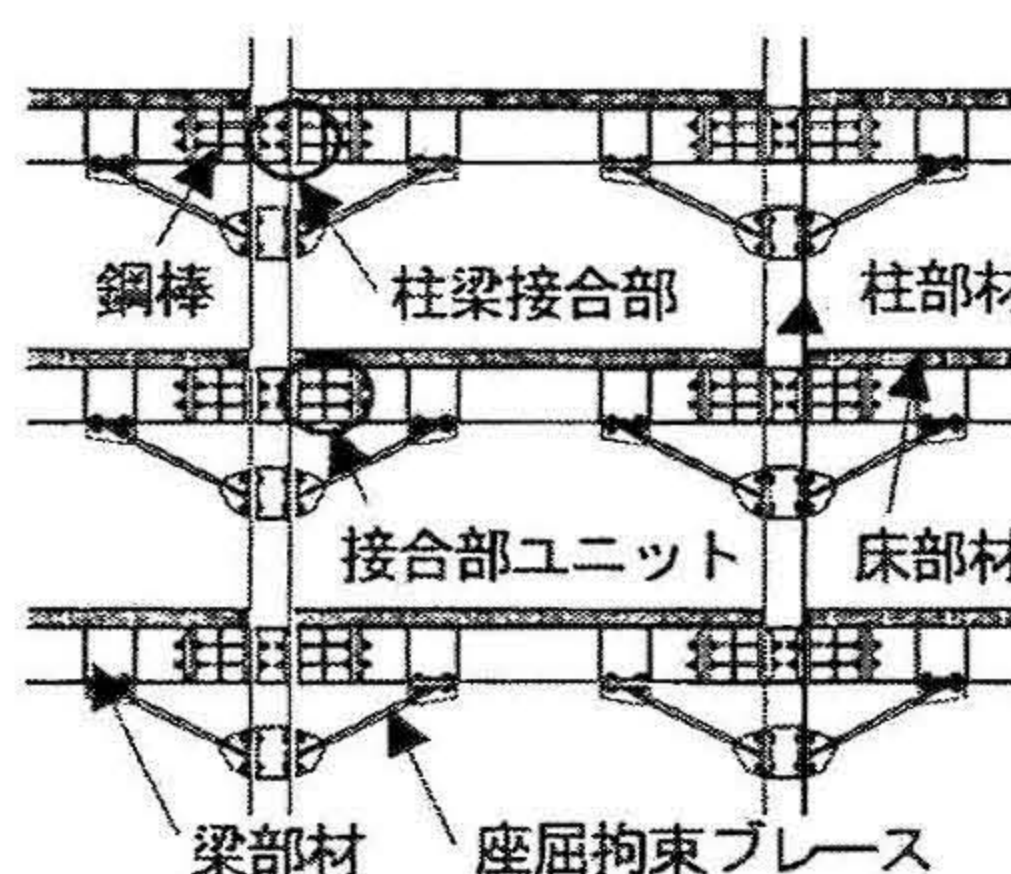


図1 構造システム

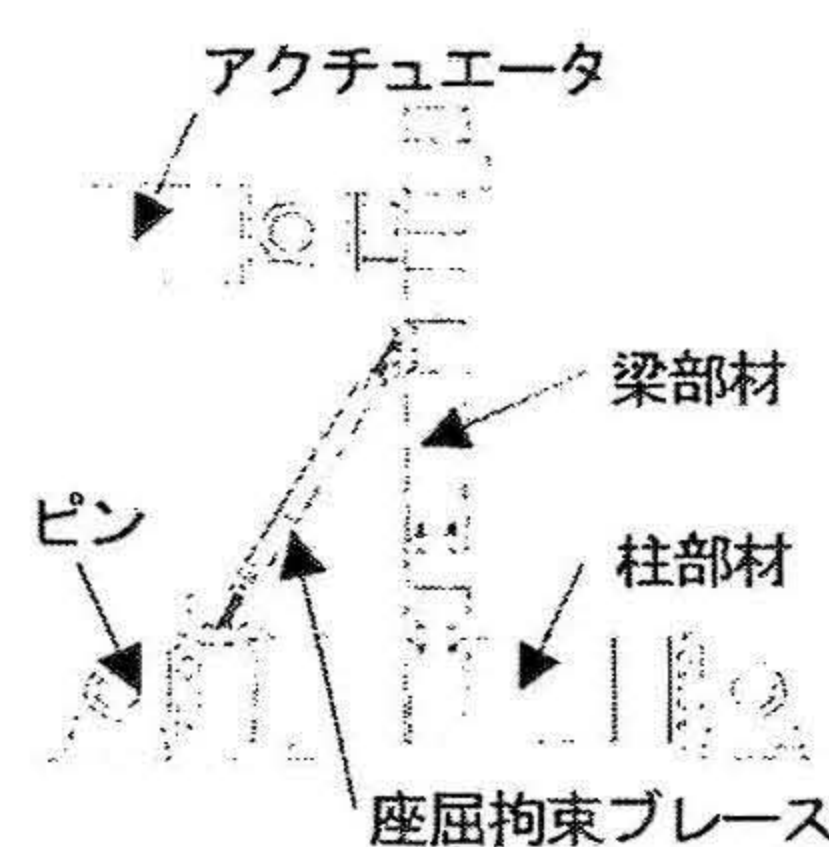


図2 T字型試験体

3. 実験計画

3.1 試験体設定

従来の試験体は、図2に示したような柱梁接合部を90度回転させ取り出した実大T字型になっており、柱部材両端をピン支持とするものであった。

今回の試験体の設定にあたっては、柱部材の端部での塑性化が生じないことと、床部材の接合方法と設置範囲を考慮し、試験体の規模を考える必要がある。柱部材の端部での塑性化については、載荷梁と載荷装置の架台に両端部をピン接合とした柱部材を挟み込むことで、載荷時に生じる反力を無効とし、柱部材の端部に塑性化が生じないようにする。床部材の接合方法については、完全合成梁を目標として施工するため接合部の引抜きとせん断を安全側に考慮したピッチでの接合とする。床部材の設置範囲については、梁部材に対してのコンクリート床の有効幅までとする。

試験体の規模については、本学の実験機器を使用し実験を行うため、載荷装置の規模を考慮し、試験体寸法をチューブ構造モデルの縮尺1/2.5とする。主要部材のサイズを、表1に示す。ここで、鋼棒の初期張力は鋼棒の引張試験により得られた降伏荷重の1/3の値とする。

表1 1/2.5モデル化

	主架構		鋼棒			
	柱部材	梁部材	本数	材長 [mm]	直径 [mm]	初期張力[N/mm ²]
チューブ構造モデル	H-458×417×30×50×3000	H-600×200×11×17×12000	4	400	21	223
試験体	H-150×150×7×10×1200	H-200×100×5.5×8×4800	4	160	13	212

3.2 試験体

試験体は、図3に示すような高さ1200mm、幅4800mm、奥行1200mmの床なしと床ありの2体とする。試験体の設定にあたっては、既往の解析⁴⁾で性能が明らかにされたサステナブルビル構造に適しているとされるチューブ構造モデルの外周構造から、地動最大速度0.75m/s相当の地震波をかけたときの動的解析結果において損傷が一番大きかった部分を抜き出す。

床あり試験体の床部材は、チューブ構造モデルにおいて床部材のスラブ部分の高さが150mmと設計されていたので、厚さ12mmのキーストンプレートに普通コンクリートを打ち込み、床部材のスラブ部分の有効高さを60mmとする。

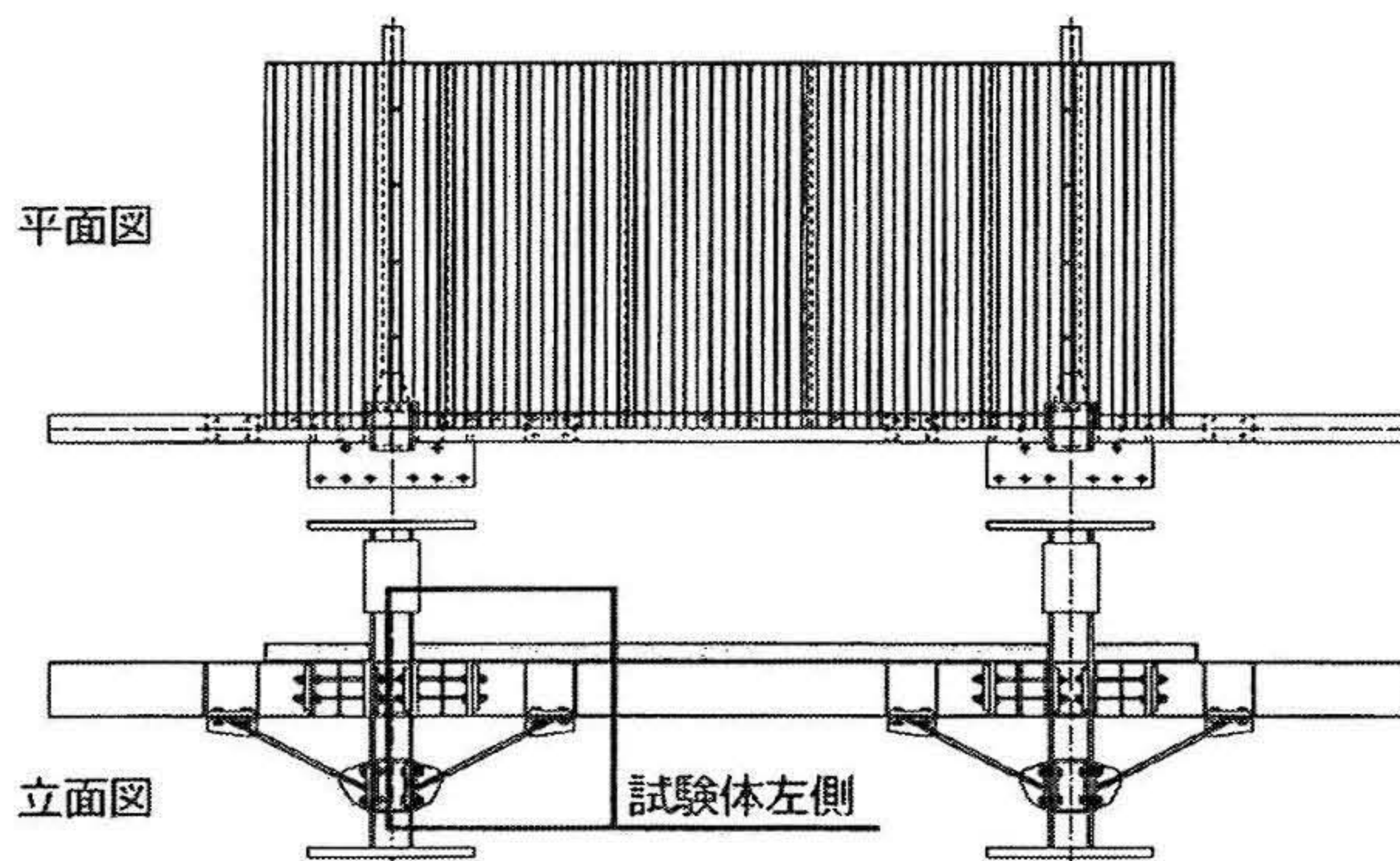


図3 床あり試験体

3.3 荷重計画

図4と写真1に実験装置を示す。試験体は、各柱部材両端をピン支持とし、面外方向変位を拘束する治具を設置する。また、荷重梁に取り付けられたアクチュエータを用い、変位制御による静的正負交番漸増繰返しを行う。

荷重は、図5に示すように層間変形角を変位制御目標とし、正負2回ずつを繰返し行う。荷重の加力は、試験体の左側の座屈拘束ブレースが圧縮になる右側方向から始める。

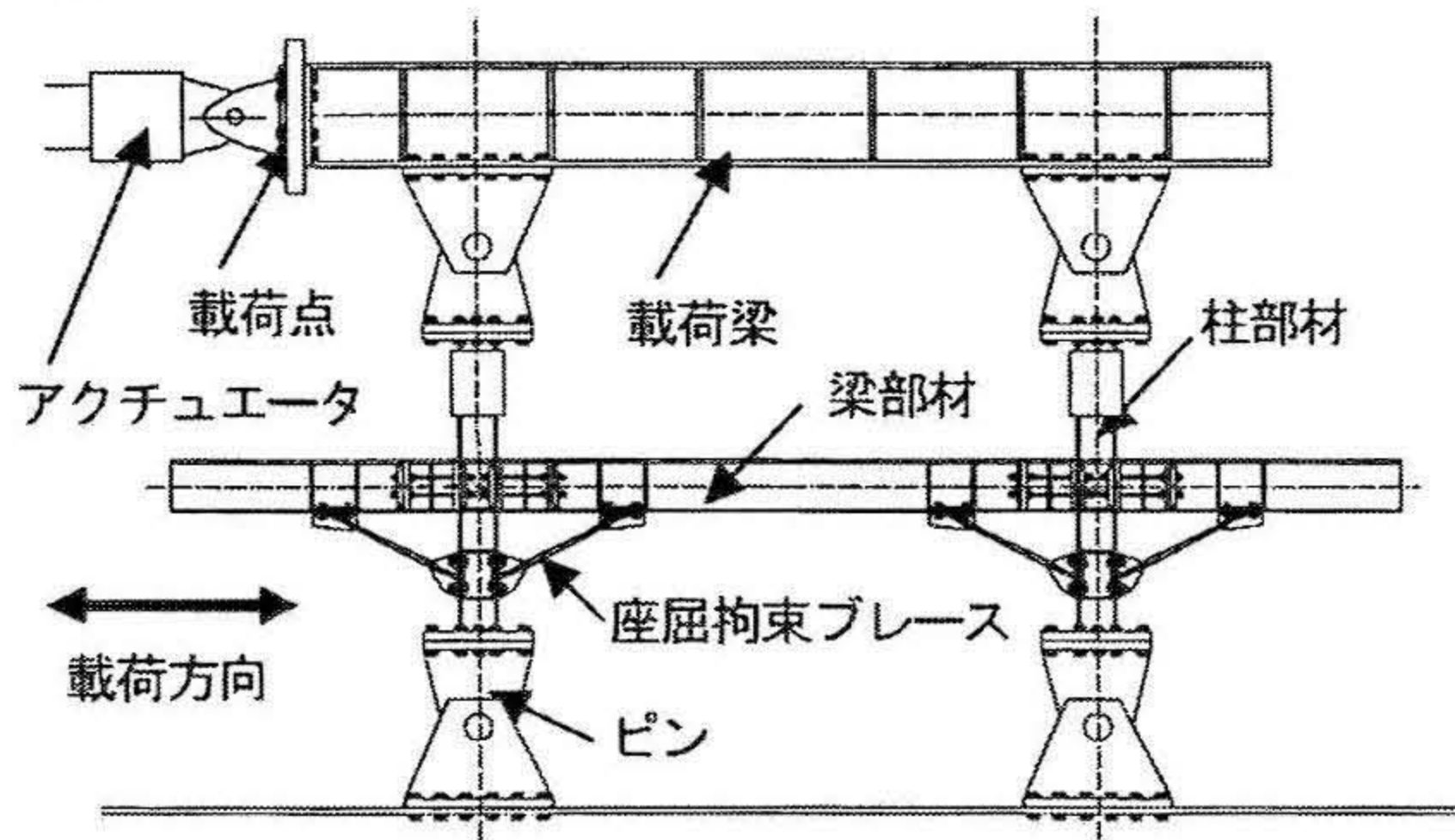


図4 実験装置

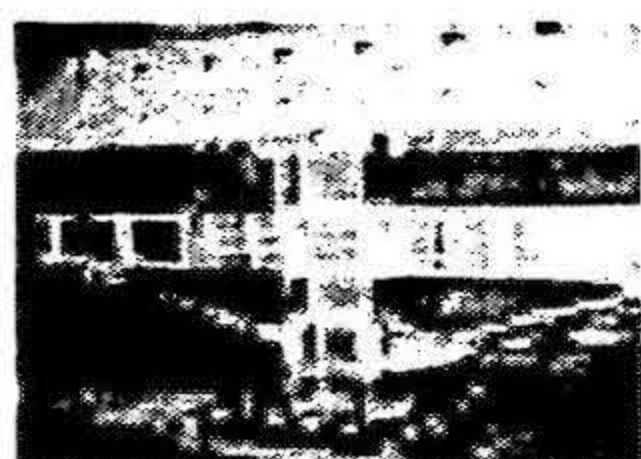


写真1

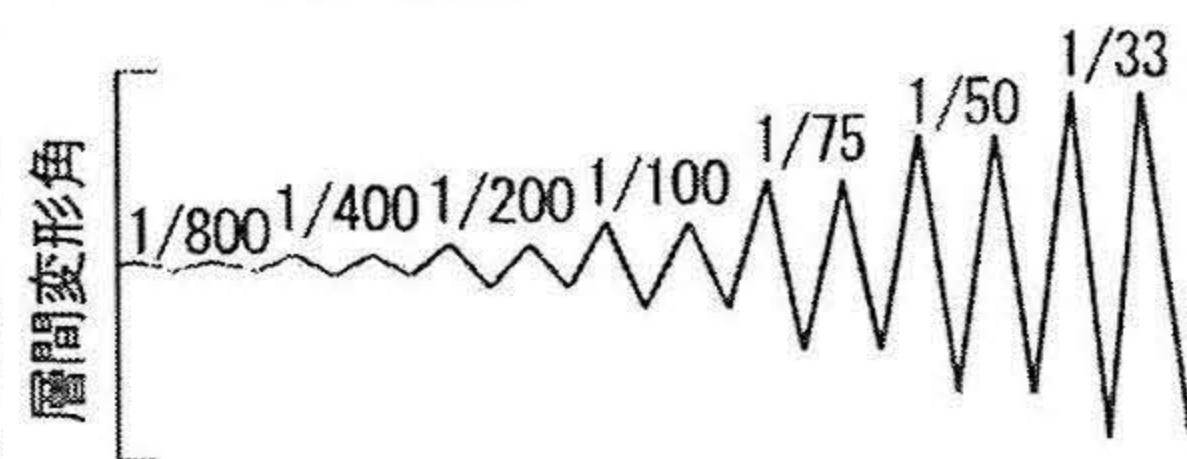


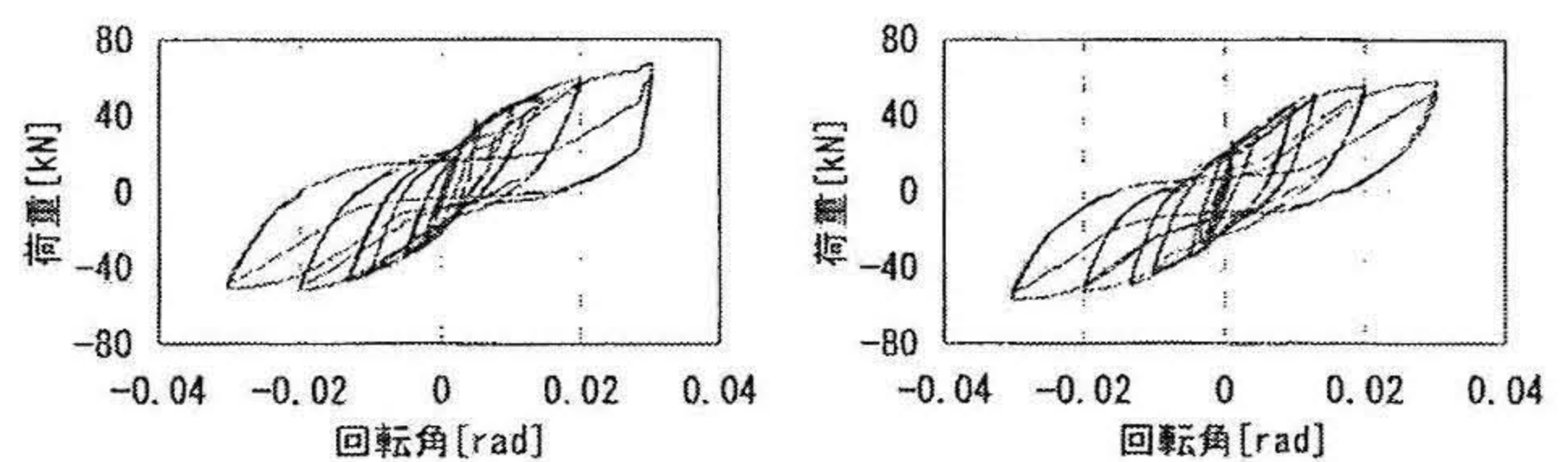
図5 荷重履歴

4. 実験結果

4.1 全体挙動

両試験体の荷重と回転角の関係を図6に示す。両試験体ともに安定した履歴ループを描き、最終状態である回転角0.03rad(層間変形角1/33相当)まで急激な耐力低下が生じることなく荷重を終了している。

両試験体の柱梁接合部が離間を始めるまでの初期剛性は、圧縮側と引張側ともに、床なし試験体より床あり試験体の方が12%から17%高い。両試験体の最終耐力は、圧縮側と引張側ともにほぼ同等である。また、床あり試験体は、最終状態において両柱部材周りのスラブ部分に生じたクラックとキーストンプレートの変形により床部材の形状が変化し、床部材と梁部材が離間した。



a) 床なし試験体

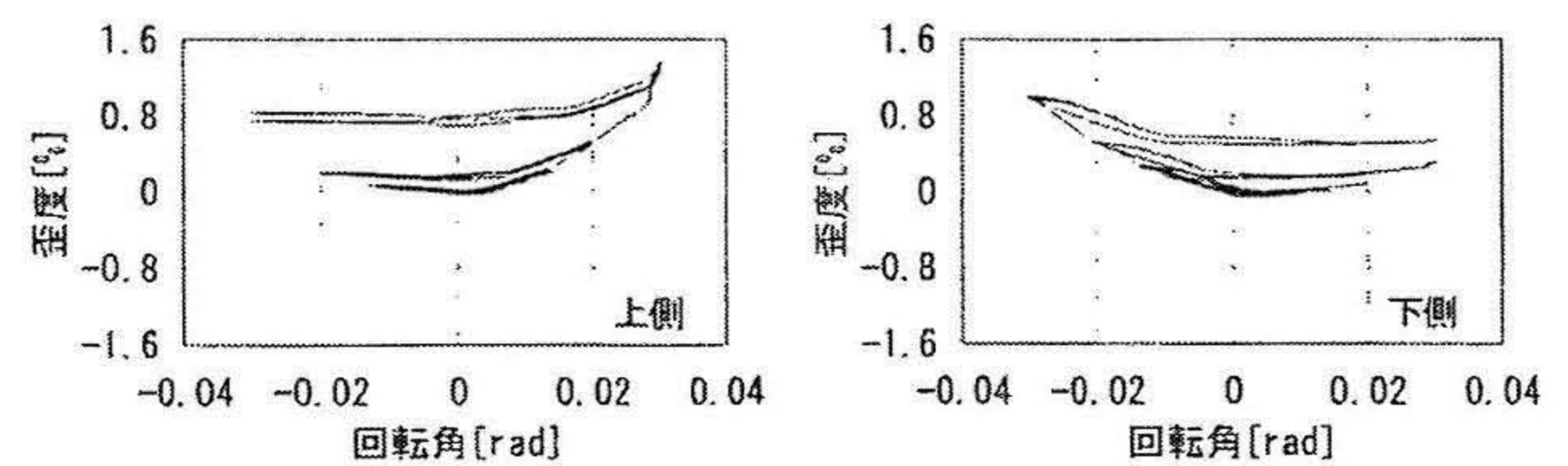
b) 床あり試験体

図6 荷重と回転角の関係

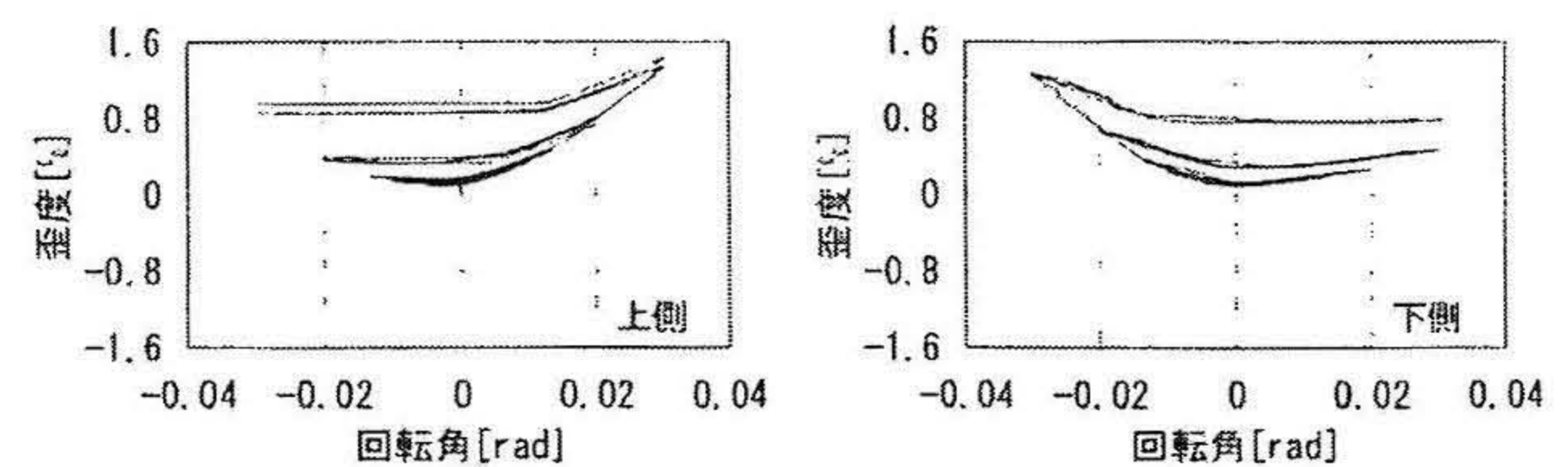
4.2 鋼棒

両試験体左側の鋼棒の上側と下側の歪度と回転角の関係を図7に示す。各鋼棒の位置は、梁部材の断面に対して荷重点を正面にしたときのものである。回転角0.005rad以上における各鋼棒の歪度の向上は、鋼棒の初期張力が解放されたことによる柱梁接合部の離間を示す。

床なし試験体の鋼棒の上側と下側の歪度は、0%を下回る値を断続的に示している。座屈拘束ブレースを設置している側の鋼棒の下側に比べて、上側の方が歪度の値が高い。床あり試験体の歪度は、0%を下回る値を示すことなく向上している。鋼棒の上側と下側の差異は、床なし試験体と同様の結果である。



a) 床なし試験体



b) 床あり試験体

図7 歪度と回転角の関係