

ブロック型倒壊方向制御構造の耐力評価のための静的載荷試験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○豊岡亮洋、室野剛隆、小野寺周、布川博一

1. はじめに

想定を超える地震動に対して、構造物の倒壊という「危機」を完全に防止することは困難であるが、仮に倒壊したとしても居住地域や緊急輸送道路や復旧スペース等を支障する方向には構造物を倒壊させないことで危機耐性を確保することが可能である¹⁾。著者らはこうした構造を実現する「倒壊方向制御構造」を提案しており、振動台実験を通じて倒壊方向を制御可能であることを確認している²⁾。本稿では、ラーメン高架橋を対象とした静的載荷試験を通じ、倒壊方向制御構造を設計する際に必要となる、水平方向の履歴や耐力、変形性能を評価した結果を報告する。

2. 試験概要

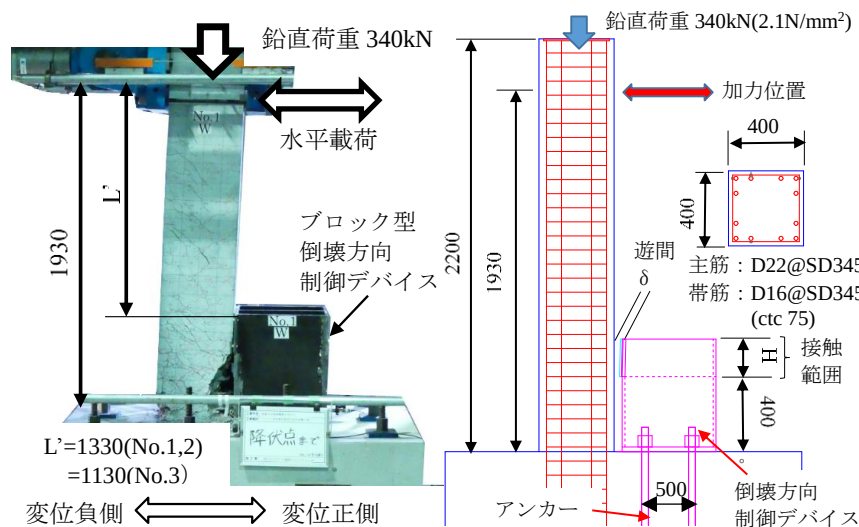


図1 載荷試験および試験体の概要 (単位:mm)

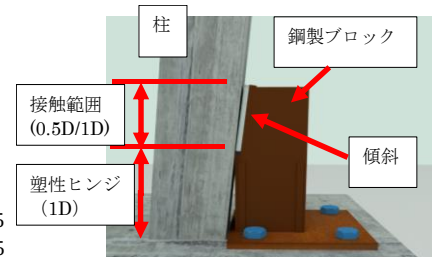


図2 倒壊方向制御ブロック

表1 試験条件

試験体	接触範囲 H	接触変位 δ
No.1	0.5D	4 δ_y (56mm)
No.2	0.5D	6 δ_y (90mm)
No.3	1.0D	6 δ_y (84mm)

図1のように、RC ラーメン高架橋柱の半スパン分の柱試験体(1/2.5 スケール程度)を3体製作し、鉛直荷重を作用させた状態で水平方向(ピン支持)に変位制御静的載荷を実施した。この諸元や寸法、配筋等は、過去に実施した柱単体の静的交番載荷試験と同一であり、柱単体の水平荷重～水平変位履歴が得られている。本試験では、この柱単体の水平挙動を基本として、倒壊方向制御構造を組み込むことによる水平方向の履歴や耐力、変形性能の変化を評価する。以下ではこの柱単体の試験を「基本試験」と称する。

倒壊方向制御構造は図2のブロック型デバイスを対象とし、PC アンカーでスタブに設置した。設計にあたっては、既往の振動台試験において、柱とブロックが線接触し局所的に柱に損傷が生じたことから、柱とブロックが面接触するよう、接触面に約1.5度の傾斜を設けた。また、ブロックと柱の接触位置には、厚さ10mmのシリコンゴムを貼付し、緩衝材とした。

試験はいずれも鉄筋降伏時の変位 δ_y (約14mm)を基準とした正負交番載荷により行い、正負両側で耐力低下が生じる領域(8～10 δ_y)まで実施した。試験では変位正側にブロックを配置した。

供試体設計にあたっては、ブロックと柱の接触タイミングおよび接触範囲をパラメータとした。接触タイミングは図1におけるブロックと柱の間の遊間 δ で調整し、事前の静的非線形解析等の結果を基に、最大耐力点(M点=6 δ_y)付近でブロックの拘束効果が生じる2ケースを設定した。これは、通常の耐震設計が行われている範囲では、ブロックの拘束に伴う柱の損傷や非線形挙動を生じさせないための配慮である。また、図1における接触範囲Hは、柱の塑性ヒンジ形成を阻害しないよう、高さ1D(D=400mm)位置から0.5Dおよび1Dの範囲で接触するように2ケース設定した。以上の試験条件と試験体との対応を表1に示す。

キーワード 危機耐性、倒壊方向制御構造、ブロック型デバイス、正負交番載荷試験

連絡先 〒1185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7336

3. 試験結果と考察

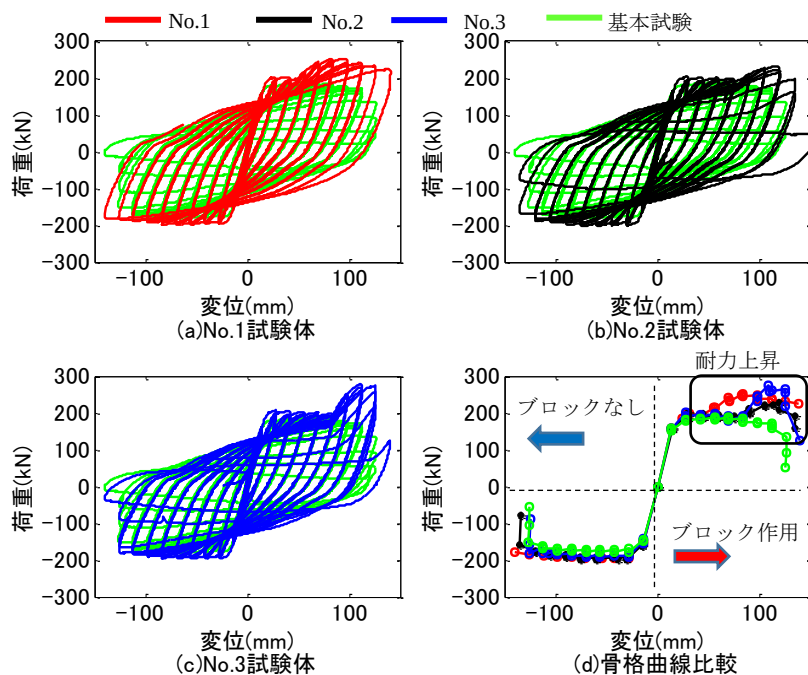


図3 各試験の水平変位～水平荷重履歴

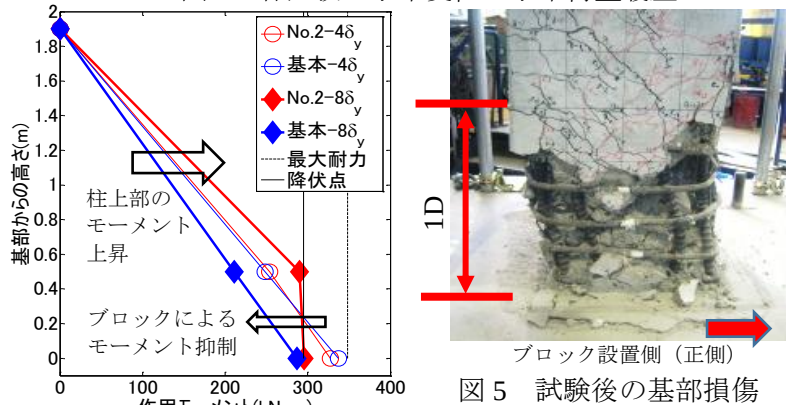


図4 作用モーメント分布 (No.2)

図5 試験後の基部損傷 (No.2)

荷重作用位置は高さ 500mm の点とした。ブロックが作用する前の変位 $4\delta_y$ では、基本試験と No.2 試験体はほぼ同様のモーメント分布となっている。一方、変位 $8\delta_y$ では基本試験とは異なり、ブロックの水平抵抗によるモーメントの影響で基部の作用モーメントが低減し、逆に高さ 200mm 以上では図 3(d)に示した載荷荷重の増加に伴い柱モーメントが基本試験よりも増加した。このように、せん断スパン低減により本来作用モーメントが小さい柱の上部に曲げ抵抗を分散させ、耐力上昇を図ることが倒壊方向制御構造の耐力メカニズムであると推定される。図 5 には、No.2 載荷終了後の基部の状態を示す。基本試験と同様に、柱は主鉄筋座屈とコアコンクリートの圧壊で終局を迎えている。ブロックが作用しない負側では通常の載荷と同様の損傷を受けること、また図 4 からブロックを設置した場合も最大モーメントは基部 1D 程度で生じており、最終的な破壊や耐力低下は倒壊方向制御構造においても基部の損傷で生じたと推定される。

4. まとめ

ブロック型の倒壊方向制御構造の耐力を正負交番載荷試験で評価した結果、今回の試験の条件では柱単体の耐力と比較して 12～36%程度の耐力の非対称性が得られた。これはせん断スパンの低減により、本来作用モーメントが小さい柱の上部に曲げ抵抗が分散されたためと推定される。今後は、遊間、接触範囲が耐力に与える影響を検討するとともに、地震時に倒壊方向を制御するために必要な耐力上昇量を検討する。なお、本研究の一部は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

【参考文献】1) 齊藤, 室野, 本山: 地震時における構造物の倒壊に対する危機耐性機構の一考察, 第 70 回年次学術講演会 I-144, 2015. 2) 豊岡, 室野, 實地, 齊藤: 危機耐性に優れた倒壊方向制御構造の振動台実験, 第 72 回年次学術講演会 I-645, 2015.