

ねじり破壊型免震支承用移動制限装置の振動台実験

鉄道総合技術研究所
川口金属工業
京都大学工学研究科

正会員
正会員
フェロー

○豊岡 亮洋・池田 学
鷗野 禎史・清水 和弘
家村 浩和

1. はじめに

鉄道構造物の支承形式としては、固定・可動式のものが一般的である。これは、常時の列車走行性を確保するためのものであるが、大規模地震時には支承のみならず橋脚、下部構造にも被害を及ぼす恐れがあり、近年では鉄道橋に対しても、構造系を免震化した地震時水平力分散設計が採用される事例がみられる。しかし、免震構造においては常時の使用においても変位応答が生じる可能性があり、それに伴う軌道狂いが列車走行に影響を及ぼすことが懸念されている。

本報告では、鉄道橋に免震構造を導入するにあたってのこうした問題点を解決するため、主に線路直角方向の挙動に着目し、常時は固定、大規模地震時には免震構造に移行する移動制限装置を開発するとともに、その性能を振動台実験により検証した。

2. サイドブロック破断型デバイス

免震鉄道構造物に用いる移動制限装置を設計するにあたっては、常時の使用性と地震時の高耐震性とを同時に満足する構造とするため、以下のように要求性能を設定した。

1. 線路方向には免震構造のみとし、移動制限装置は免震支承の応答を阻害しない
2. 線路直角方向に対して、常時および高頻度低レベルの地震（0.15G程度）に対しては、列車走行性に影響する線路直角方向の変位を拘束する
3. 線路直角方向に対して、大規模地震下（0.3G程度以上）においては移動制限装置が破断し、線路方向・線路直角方向ともに免震構造とする

上記設計仕様を満足する移動制限装置として、本研究では、図-1に示すように、本来ストッパーとして用いられているサイドブロックの基部を慣性力によりねじり破壊させる、ねじり破壊型サイドブロック（以下SBと称する）を提案する。この基部のねじり部の断面積を変えることで抵抗力を調整することが可能である。本実験に用いる試験体としては、別途報告する静的試験の結果より、ねじり部断面積が40×15mm、荷重作用位置からねじり部分までの高さが約200mmのものをを用いた。

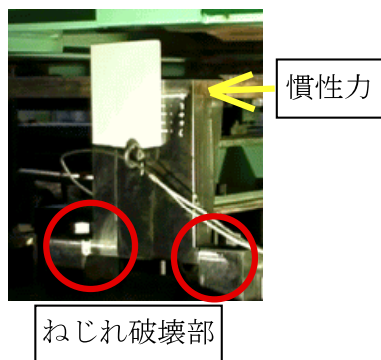


図-1: ねじり破壊型移動制限装置

3. 実大振動台および試験体の諸元

本実験は、京都大学防災研究所の大規模強震応答実験装置（実大振動台）により行った。この振動台は、±250mmのストローク範囲において最大1Gの入力を再現することが可能である。

図-2に示すように、振動台上に免震支承およびスラブ板を設置し、加振軸方向に2体のSB供試体を設置した。支承はHDR（G4）を用い、3分力計により支承の反力を直接計測した。また、スラブ板上には錘を設置し、重量が10tfになるよう調節した。なお、リニアガイドによりスラブ板重量の一部を受け持たせる構造としており、これにより免震構造のみの固有振動数は1Hz程度となっている。

加振入力としては、「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」に規定されている、L1（想定常時、以下L1と表記）およびL2スペクトルII適合波（大規模地震動、L2S2と表記）のうち、G1地盤のものをを用いた。最大加速度は、振動台の変位制約からそれぞれ137gal、600galとした。

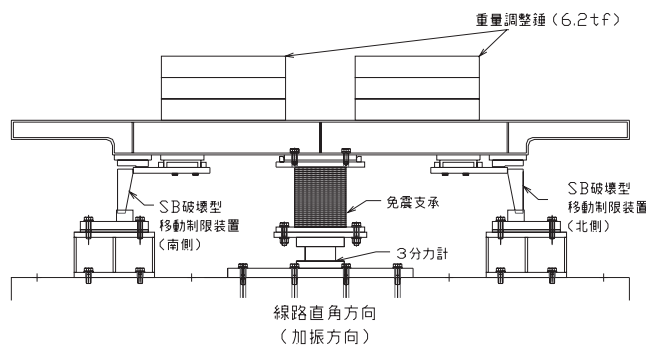


図-2: SB試験体設置状況

4. 実験結果と考察

図-3, 5には、それぞれL1（137gal）およびL2S2（600gal）入力時の、スラブの相対変位（=支承の変位）、絶対加速度、および支承の反力を示す。図は、別途行った移動制限装置なしの場合の試験結果（赤線）との比較となっている。また、図-4, 6には、支承および2体のSB供試体それぞれの変位-荷重履歴を示す。SB供試体の反力は、桁の慣性力から支承の反力を差し引くことにより求めている。また、図中のSBの履歴は、静的試験により得られた荷重-変位関係との比較で示している。

(1) L1 線路直角方向入力

図-4より、常時および小規模地震時にはSBはほぼ弾性域にとどまっていることが分かる。また、スラブの変位応答も最大5mm程度に抑制された。加速度応答にはパルス的な挙動が見られるが、これはSBとスラブとが衝突した時の衝撃によるものである。

(2) L2S2 線路直角方向入力

L2S2においては、図-6から分かるようにSBはほぼ完全に破断している。このときの破断状況を図-7に示す。図-5の変位応答をみると、最大応答は免震のみの場合の約半分

に抑えられ、かつ応答後半においては免震のみ場合の応答にほぼ一致しており、地震時のピーク応答を押さえつつ、徐々に免震構造に移行する構造となっていることが分かる。

塑性域におけるSBの挙動は、静的試験の結果よりも大きな値が出ているが、これはSBの反力を全体の慣性力から支承反力を差し引くことにより求めているため、本来治具のガタや衝突により消費されるエネルギー吸収も、全てSBによるものとして計算されたためと考えられる。

また、L1入力の場合と同様に、図-5の加速度応答においても、衝突によるパルス的な応答がみられた。今後本デバイスを適用するにあたっては、衝突部に緩衝装置等を設けることにより、こうした応答を抑制する必要があると考えられる。

謝辞:本実験の実施にあたっては、京都大学工学研究科 中西伸二技術専門官、学生諸兄をはじめ多くの方々にご助力頂きました。ここに記して謝意を示したいと思います。

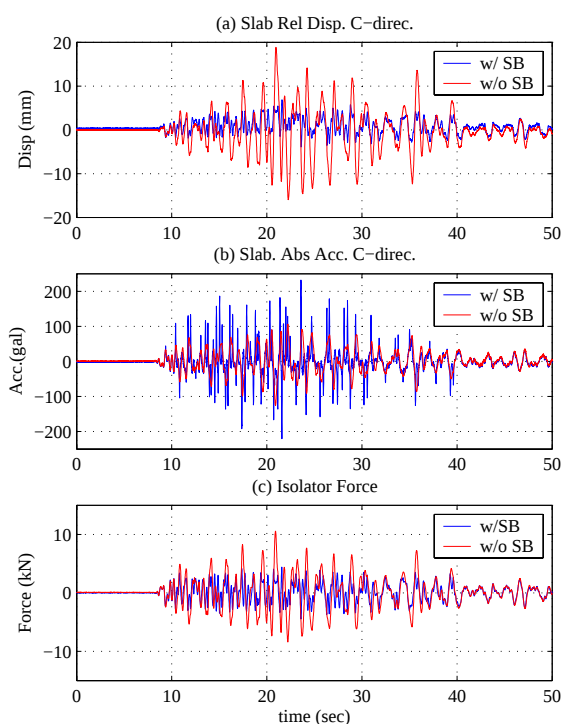


図-3: スラブ相対変位・絶対加速度・支承反力 (L1G1)

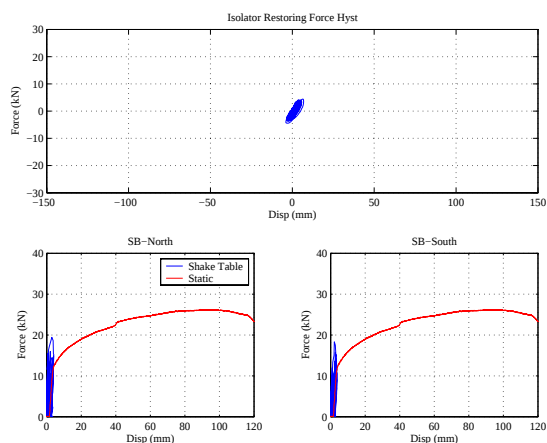


図-4: 支承およびSB履歴 (L1G1)

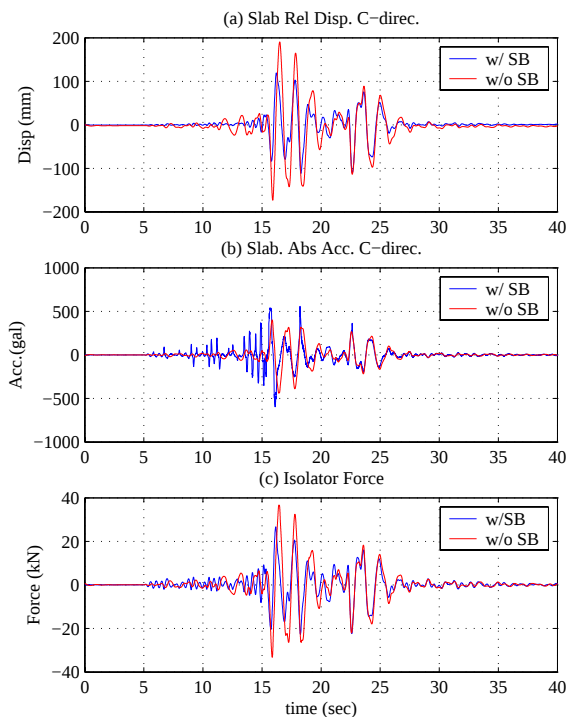


図-5: スラブ相対変位・絶対加速度・支承反力 (L2S2-G1)

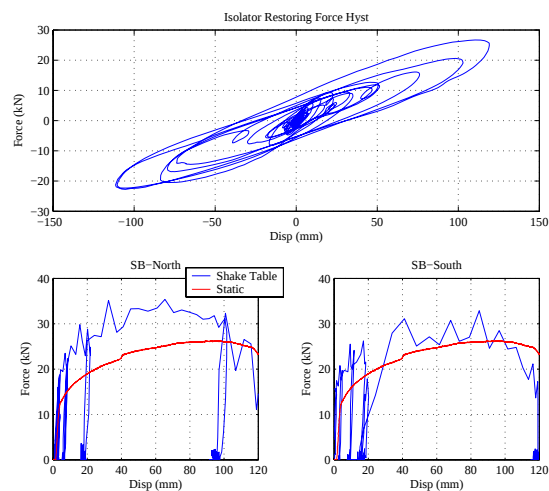


図-6: 支承およびSB履歴 (L2S2-G1)



図-7: SB 供試体破断状況