

## 鋼材の座屈特性を利用した 鉄道免震用緩衝型移動制限装置の振動台実験

京都大学工学研究科  
オイレス工業株式会社  
鉄道総合技術研究所

フェロー  
正会員  
正会員

家村 浩和  
○池永 雅良・仲村 崇仁・手塚 光広  
池田 学・豊岡 亮洋

### 1. はじめに

鉄道構造物を免震化するにあたっては、鉄道構造物特有の問題である常時の列車走行性を確保しつつ大地震時の安全性を担保するため、常時・小規模地震においては固定、大規模地震時には破壊する移動制限装置を免震構造系と組みあわせることが望ましいと考えられる。本研究では、鋼材の座屈を利用したトリガー装置を移動制限装置として開発し、免震構造と組み合わせた場合の性能を振動台実験により検証した。

### 2. 座屈型トリガー

免震鉄道構造物に付加的に導入する移動制限装置に対しては、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、以下のような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壊し、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、図-1に示すように、基部に切り込みを入れたブロックおよび背面の鋼板より構成される、座屈型トリガー構造（以下座屈トリガーと称する）を提案した。本装置の特性としては、常時・小規模地震に対しては、ブロックおよび鋼板が構成するトラス構造により抵抗し変位を抑制するとともに、大地震時には鋼板が塑性座屈することで、構造系をゆるやかに免震構造に移行させるものである。座屈荷重・変位は、鋼板の寸法により調節可能である。本デバイスの静的試験結果については別途報告する。

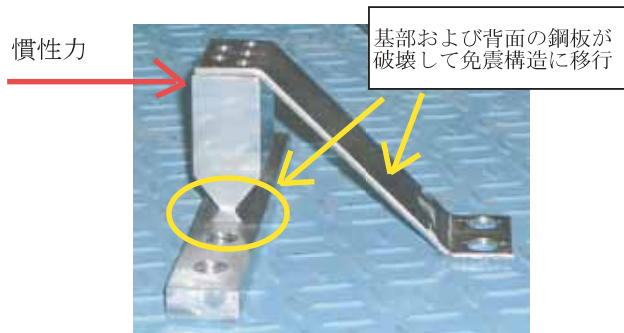


図-1: 座屈トリガー装置

### 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、 $\pm 250$  mm

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、座屈トリガー供試体を加振軸方向に2個配置した。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、スラブ板重量が約10tfになるように錘を上載した。なお、本試験体は支承の他に、リニアガイドによっても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地盤のものを用いた。最大加速度はそれぞれ137 gal, 500 galとした。

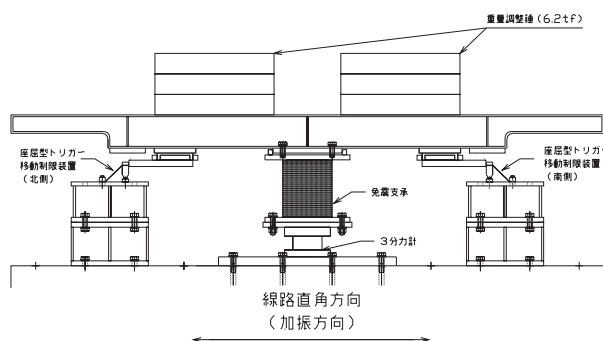


図-2: 振動台への試験体設置状況

### 4. 実験結果と考察

図-3,5には、それぞれL1(137 gal)およびL2S2(600 gal)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、別途行った免震支承のみの場合の試験結果（赤線）との比較となっている。また、図-4,6には、同様にL1, L2S2時の支承および2基の座屈トリガーそれぞれの変位・荷重履歴を示す。座屈トリガーの反力は、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。

#### (1) L1 線路直角方向入力

図-4より、小規模地震時には座屈トリガーの挙動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数mm程度に抑制されている。加速度応答のパルス的な挙動は、トリガーとスラブとの衝突時の衝撃によるものであるが、瞬間的な衝撃力であるため構造系、特に免震構造系に対してはそれほど影響を与えるものではないと考えられる。

#### (2) L2S2 線路直角方向入力

L2S2においては、図-6および図-7から分かるように、2

基の座屈トリガーは完全に座屈し、構造系は免震のみの状態に移行していることが分かる。図-5の変位応答をみると、免震のみの場合は応答初期に大変形が生じているが、座屈トリガーを設置した場合、この変位応答を半分程度に抑えながら徐々に破壊し、免震のみの応答に漸近していることが分かる。また、座屈トリガーがある程度のエネルギー吸収を受け持っているため、支承自体の反力も低減された。

以上のことから、今回試作した座屈トリガーにより、先に述べた鉄道橋の免震構造に求められる性能を確保することが可能であることが示されたと考えられる。今後、実際の構造系に適用可能なレベルでの供試体設計、静的試験等を行うとともに、免震構造系全体を対象とした試設計等を行う予定である。

**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。

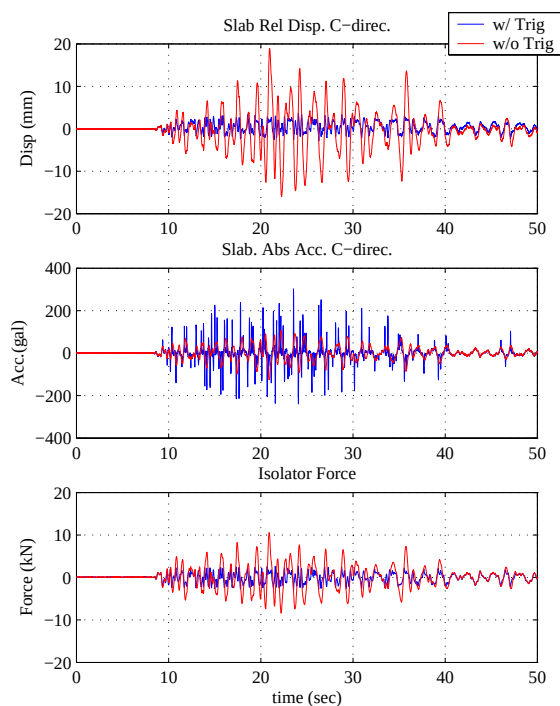


図-3: スラブ相対変位・絶対加速度・支承反力 (L1G1)

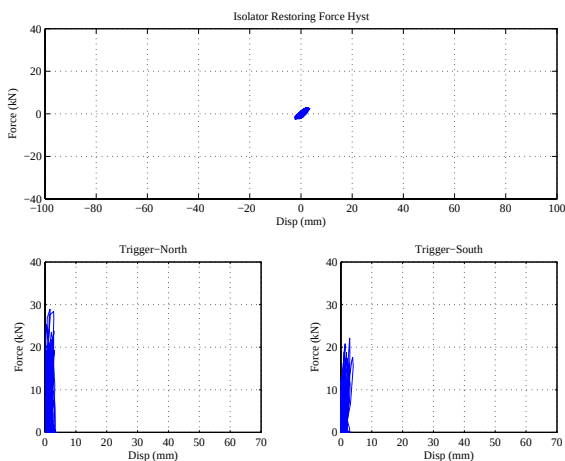


図-4: 支承および座屈トリガーの履歴 (L1G1)

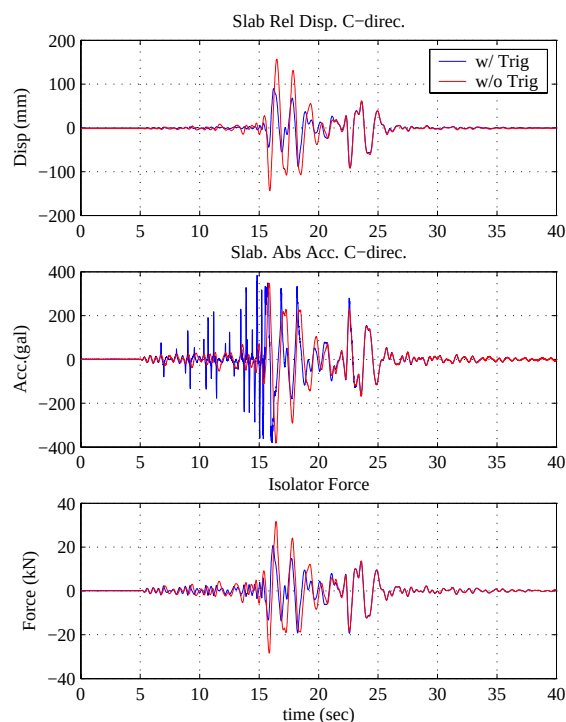


図-5: スラブ相対変位・絶対加速度・支承反力 (L2S2-G1)

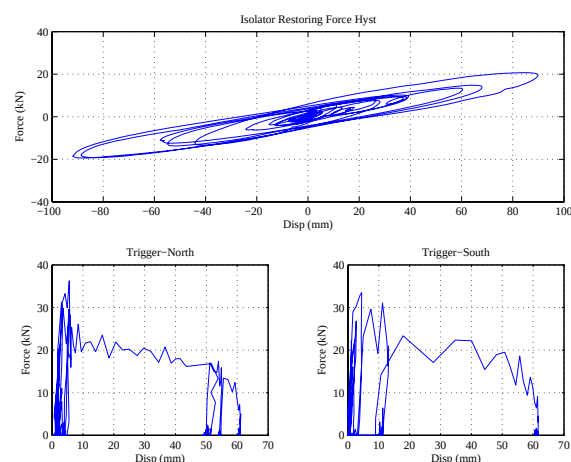


図-6: 支承および座屈トリガーの履歴 (L2S2-G1)

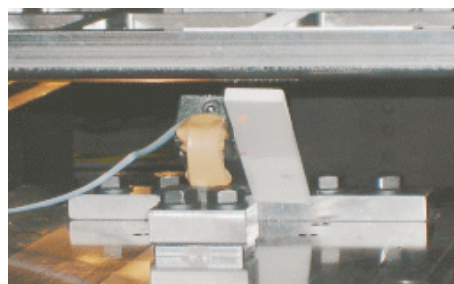


図-7: 座屈トリガー破壊状況 (L2S2-G1)