

鉄道免震構造に対するボルト破断型緩衝ストッパーの実験的研究

日本鑄造株式会社	正会員	原田 孝志	日本鑄造株式会社	正会員	○山崎 信宏
鉄道総合技術研究所	正会員	池田 学	鉄道総合技術研究所	正会員	豊岡 亮洋
			京都大学	フェロー	家村 浩和

1.はじめに

鉄道橋の耐震設計における地震動には、構造物の耐用期間内に数回程度発生する大きさの L1 地震動と耐用期間内に発生する回数は少ないが大きな強さをもつ L2 地震動がある。免震および分散設計された橋梁に対して、L1 地震動では車両の走行性を安定させるため、橋軸直角方向への移動を固定するストッパーを設置する。しかし、このストッパーは下部工に過大な水平力を作用させないため、L2 地震動では確実に壊れなければならない。ストッパー破断中は橋梁の挙動に急激な変化が起きないようにし、破断後はアイソレーターもしくはダンパーに荷重の伝達をさせることが望ましい。

本研究では、ストッパーの性能把握を目的として、ボルトを段階的に破断させるストッパーの実験を行ったので報告する。

2. ボルト破断型緩衝ストッパーの構造

考案したストッパーの構造概念図の例を図 1 に示す。なお、この構造は橋軸直角方向のみ固定としている。L1 地震動では、円孔部に配置するボルトのせん断耐力により橋軸直角方向を固定している。L2 地震動が生じるとまず円孔部のボルトが破断し、続いて菱形孔部のボルトが段階的に破断していく。以降、菱形孔部の形状を変え、本数を少なくすることにより破断荷重を降下させ衝撃的な挙動を防止する構造となっている。

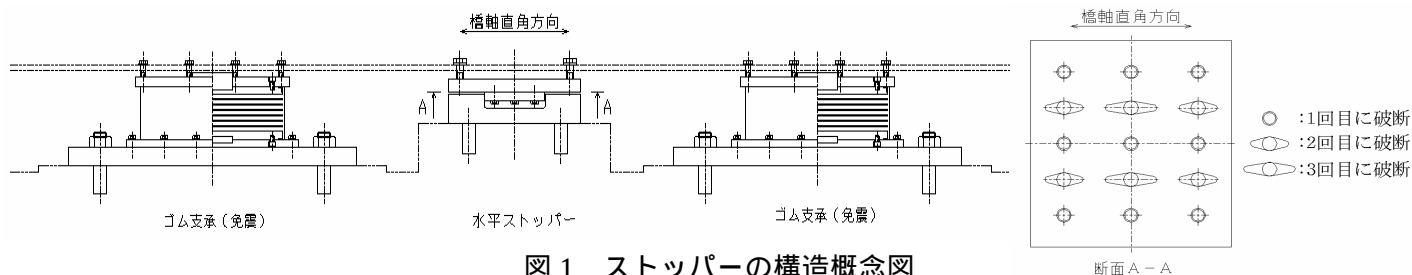


図1 ストッパーの構造概念図

ボルトとボルト孔の関係を図2に示す。1回目の破断用ボルト孔を橋軸直角方向へ変形の少ない円孔に、2回目以降の破断用ボルト孔には変形可能な菱形孔を用いる。円孔部のボルトが破断する際、菱形孔部のボルトは菱形孔壁に接触しているため、急激な荷重低下を防止している。そして、菱形孔部のボルトは破断耐力に至るまでボルト孔を塑性変形させながら押し進む機構となっている。3回目以降の破断は、菱形孔部の水平移動距離を長くした孔とすることで、同様の効果が得られると考えられる。ストッパー破断時までの水平変位を大きくすることにより、エネルギーの吸収機能を付加させている。

Figure 2 consists of three cross-sectional diagrams of a plate with a width of 150. The first diagram shows a circular hole with a diameter of 32, positioned 100 units from the bottom edge. The second diagram shows a diamond-shaped hole with a width of 150. The third diagram is a detailed view of the 'A' section, showing the diamond-shaped hole and the bolt passing through it. The bolt is shown in a cross-section with a diameter of 12.

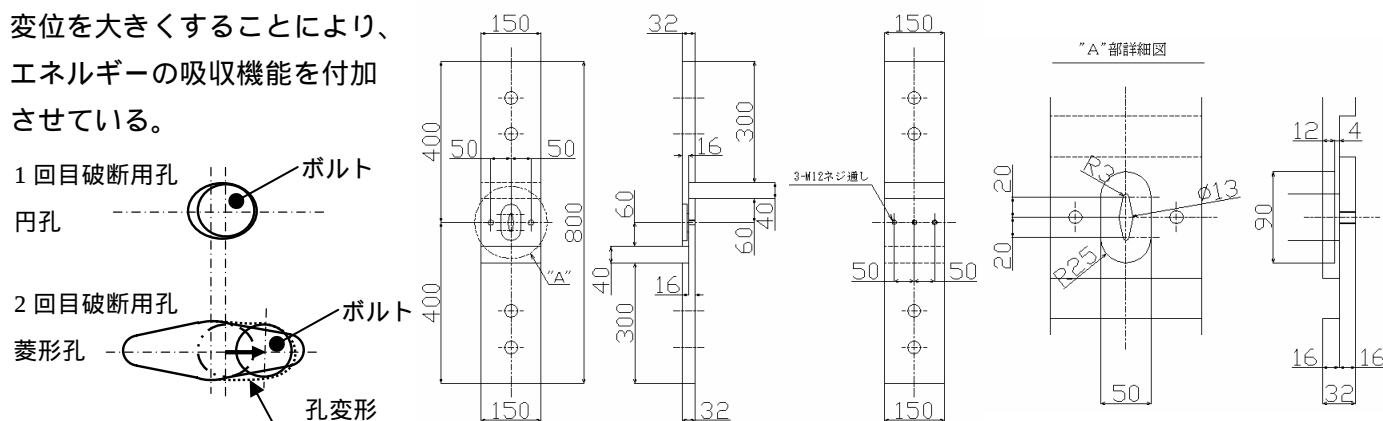


図2 ボルトとボルト孔の関係

図3 試験体の形状と寸法

キーワード：鉄道 免震設計 分散設計 ボルト破断 移動制限 緩衝ストッパー せん断破壊 機能分離支承

連絡先：〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町 2-1 日本鑄造(株) TEL:044-355-5033 FAX:044-333-4575

3. 静的载荷試験

試験体形状を図 3 に示す。使用鋼材は SS400、ボルトは M12、ボルトの強度区分は 8.8 とした。1 回目の破断部位を円孔部のボルト 2 本(破断荷重:100kN)とし、2 回目の破断部位を菱形孔部のボルト 1 本(破断荷重:50kN、水平移動可能距離:約 20mm)としている。また、円孔部のボルト孔径は 14mm である。

試験は、図 4 に示すように油圧サーボ式 500kN 試験機を用いて一面せん断方式による圧縮試験で行った。圧縮試験は試験体によるバラツキを考慮して 2 体行っている。载荷速度は 0.5mm/s、すべてのボルトが破断するまで荷重を载荷した。なお、ボルトには JIS B 1051 に示される保証荷重の 25%を軸力として導入している。トルクは次式により算出し、試験前にトルクレンチを用いて管理した。

$$T = KdN = 37.7N \cdot m$$

ここに、K:トルク係数(0.25)、d:ねじの呼び径(M12)、N:導入軸力(12.2kN)

4. 試験結果と考察

表 1 に試験結果を、図 5 に荷重と変位の関係を示す。1 回目の破断荷重の平均は 103kN、2 回目の破断荷重の平均は 49kN 程度となっており、ボルトの破断強度とほぼ等しくなっている。一方、1 回目破断時の変位は平均で約 3.3mm であり、円孔部のボルト孔径がボルト径 + 2.0mm であることから、ボルトならびにボルト孔に変形が生じたと思われる。また、2 回目破断時の変位は約 19.5mm となっており、菱形孔部のボルトがボルト孔壁を塑性変形させ、菱形孔の寸法とほぼ等しい移動量となった時、破断したと考えられる(写真 1、写真 2 参照)。

1 回目のボルト破断後の目標荷重に対する低下率は 60%程度となっており、円孔部のボルト破断後、荷重が 0 に落ち込むことなく 2 回目の破断用ボルトに移行していることを示している。さらにこの荷重低下率を低減することで、より効果が高められるものと考えられる。

5. まとめ

今回の試験により、1 回目破断後の荷重を 0 まで低下させずに次の破断へ移行することを確認した。これは、円孔と菱形孔を組み合わせるボルトを配置するシンプルな機構の緩衝ストッパーにより、段階的な破断が行われていることを示している。また、1 回目破断時の荷重低下量は、ボルト本数や菱形孔部の形状を変更することにより設定できるものと考えられる。

6. 今後の課題

本機構を用いた動的载荷試験を行い、ストッパーの破壊状況や性能把握を行う必要があると思われる。また、より段階的に荷重の低下するストッパーを製作して試験を行い、橋梁への適用を確認したい。

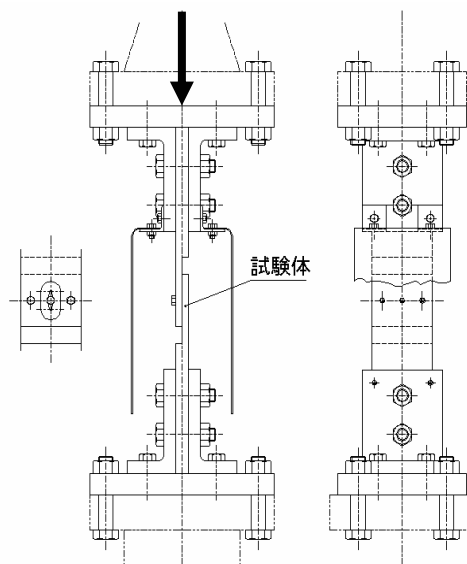


図 4 試験概要図

表 1 試験結果

試験体NO.		荷重 (kN)	変位 (mm)
A-1	1回目破断時	104.2	3.081
	2回目破断時	47.6	18.960
A-2	1回目破断時	102.1	3.512
	2回目破断時	50.2	19.987

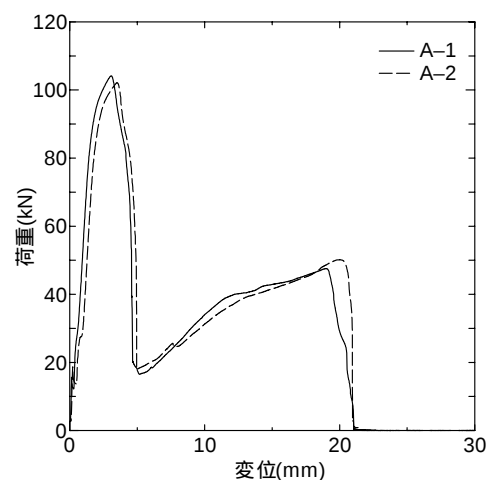


図 5 荷重と変位の関係



写真 1

ボルト孔の変形状態



写真 2

ボルトの破断状態