

1. まえがき

構造物を地震から守るには、一般住宅に見られる筋交いを入れて水平力に対する構造体強度を高める方法、比較的low層なビルの下にゴムあるいは鋼バネを入れて構造体の固有周期を長くする方法、さらには、屋上にプールを置いたり、錘をアクティブに移動して振動波を乱す方法などもあるが、ここでは橋梁構造物に作用する水平力を減衰性能を以って和らげる免震構造を多用したアーチ橋の対策例について述べる。

2. 振動エネルギーの行方

エネルギーは普遍であるから、外力によってもたらされた振動エネルギーの多くは熱となって構造物の中に蓄えられる。例として壁から突出した鉄筋に人が乗った場合を考えると、鉄筋の変形が弾性変位以内であれば与えられたエネルギーは、反発力として鉄筋の内部に備蓄されるが、弾性域を超えて塑性化するとエネルギーが熱に変えられたと見ることが出来る。針金を塑性域まで繰り返し曲げると曲げた箇所が熱くなるのはこのためである。

実はこのように塑性化しやすく所要機能を失わない材料が、地震エネルギーを吸収するために活用されている。

3. 振動エネルギーを吸収する素材

金属の鉛は、力を加えて塑性変形させても常温で再結晶して元の性能を維持できるので、古くからエネルギーの吸収材として活用されてきた。橋梁の部材としてもゴム支承の中にはめ込んで、免震効果を活用してきた。また近年においては塑性変形するゴムを開発して支承に用いている。

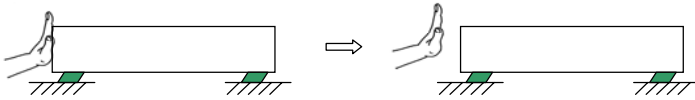


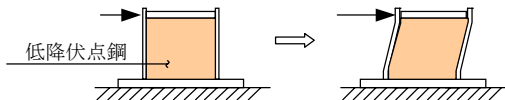
図-1 免震支承では、押す手を離しても桁が戻ってこない

4. 振動エネルギーを吸収する部材

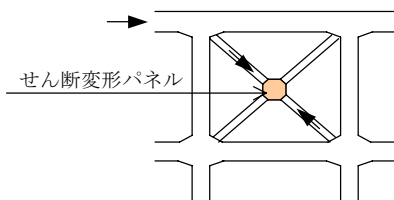
素材そのままの活用に限ると免振機能物体はごくごく限られた物となるが、形を変えて組合せたり、流動体を活用することによって、免振機能を有する部材が数々開発されている。

① ダンパーブロック

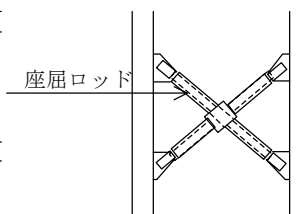
右図ウェブを座屈させて構造物を塑性変形させる



② ダンパーブレース—I

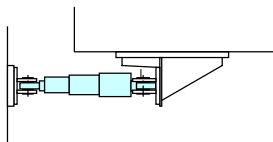


③ ダンパーブレース—II



芯材座屈後の変形量を制約するため、保護パイプを設けている。

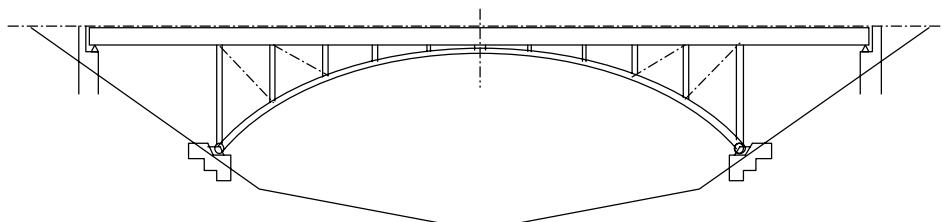
④ 機械式ダンパー（ビンカムダンパー）



粘性体をシリンダー内で移動させるためのエネルギーロスによって、地震エネルギーを減衰させる。

※ 上記の内、鋼板の塑性域（座屈）を利用したタイプは、使用頻度が限られるので、Level 2 の地震に対してのみの対応となる。

## 5. 耐震補強例



① 橋台部対策例

橋軸直角方向変位制限装置・落橋防止・ビンカムダンパー設置・段差防止装置

② 橋脚部対策例

橋軸ならびに直角方向変位制限装置・支承浮上り防止装置

③ 部材取付け対策例

垂直材対傾構面ならびにアーチリブ横構面へのダンパーブレースの取付け  
垂直材間への斜材挿入

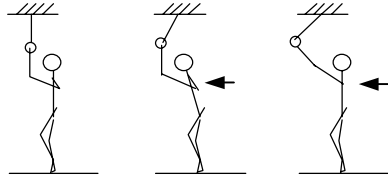
④ 部材補強例

端垂直材ならびにアーチリブへのコンクリート充填

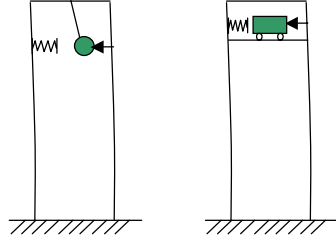
## 付 録（報告書に出てきた言葉）

### ① アクティブ

電車のつり革で、己がなにも動かないと、体の揺れは大きくなるが腕を伸ばすことと揺れを減ずることができる。この腕を伸ばす行為をアクティブという。

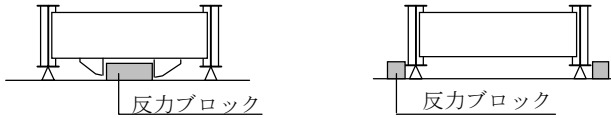


背の高い構造物において地震による揺れを減ずるため、天井から吊り下げたり、床に置いてスライドする錘を、変位の方向に押し（アクトして）、反力を得ることで構造体の揺れを減ずる装置をアクティブダンパーという。



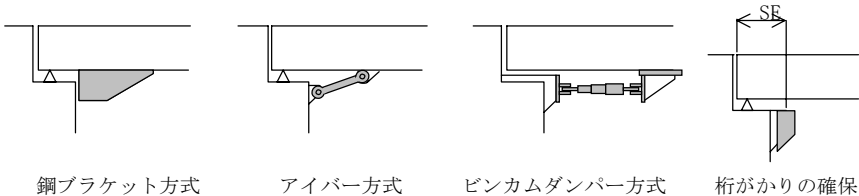
### ② 橋軸直角方向変位制限装置

橋台部の支承が破壊した場合でも、桁が大きく変位して機能しなくなるように、変位の量を制限するもの。



### ③ 橋軸方向変位制限・落橋防止対策

橋軸方向の変位量の大きな橋では、支承構造とは別に落橋を防ぐための対策を講じる。



鋼ブラケット方式

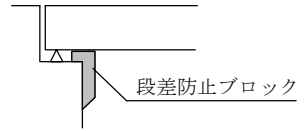
アイバー方式

ピンカムダンパー方式

桁がかりの確保

④ 段差防止

ローラ支承のローラが飛び出したりした場合などでも、橋面に大きな段差をつくらず、救急車などの緊急車両の走行を妨げないようにするもの。

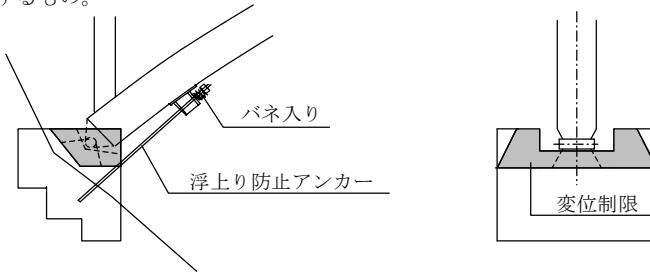


⑤ 橋脚部支承浮上り防止装置

橋脚のピン支承部には、地震時の繰り返し荷重によって大きなアップリフトが生じることがある。一方、数mmの浮上りを許容すると荷重が抜けることから、ピンカラーなど強度の小さな部位が破損した後も破損前程度の浮上り拘束力を保つべく変位許容アンカー（パネ入りアンカーボルト）で橋台に定着する。

⑥ 橋脚支承部変位制限装置

橋脚のピン支承部のピンが外れても橋梁機能を失うことのないように支承部の変位を制限するもの。



⑦ ダンパーブレース

垂直材の対傾構ならびにアーチリブの横構部材としてダンパーロッドを用いることで橋軸直角方向の地震エネルギーを吸収して揺れを抑える。

⑧ 剛性増加工

端垂直材にコンクリートを充填する。アーチリブにコンクリートを充填する。垂直材間に斜材を追加する。ピン支承をコンクリートで包んで固定化するなどして各部材ならびに橋梁全体の剛性を高める。

