

鉄道構造物における免震・制震構造の 成立性と近年の開発動向

鉄道地震工学研究センター(地震応答制御)

豊岡 亮洋



Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造導入の効果

鉄道構造物の要求性能を考慮

- 絶対加速度低減による構造物の損傷低減
- 絶対変位応答低減による軌道等の損傷低減

キーワード:

- 構造系の剛性を低下させる(免震構造)
 - 長周期化、相互作用力の低減
- 構造系の減衰を増大させる(免震・制震構造)
 - 振動エネルギーの吸収

主たる塑性化(非線形化)・エネルギー吸収を
免震・制震構造に集中させる



Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造の適用の留意点

【適用条件】免震構造の効果が得られにくい例

- 軟弱地盤上の構造、元々の固有周期が長い構造
- 地盤と橋梁との共振が生じる可能性がある場合
 - 構造自体の周期が長いと免震構造のメリットが少ない
 - 周期を延ばすことで逆に共振を生じる可能性がある
 - 免震効果は構造・地盤・地震動の特性に依存
 - 制震構造の採用・併用が効果的な場合もある

【応答値算定】

- 変位・速度・加速度に依存した非線形挙動が生じる
- 複数モードが卓越する可能性
 - 非線形特性を考慮した時刻歴動的解析が必要
 - 装置の非線形挙動を試験等で把握する必要



Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造の適用の留意点

【設計上の配慮】

- 取り付け部における強度の確保(特に制震構造)
 - 想定以上の荷重が生じる可能性がある
 - 摩擦系の装置により制震力を頭打ちにさせる構造の検討
- 可動領域・遊間の十分な確保(免震・制震構造)
 - 極端な長周期化は難しい(期待できない)場合が多い(低剛性化と減衰効果に主に期待)
- 適切な品質管理が必要
 - 鉄道用ゴム支承についてはSRS34で規定(鋼・合成標準)
 - 道路橋支承便覧の規定など
 - 常時・地震時の要求性能に応じた材料・物性試験
- 基礎構造物の応答低減効果の確認(免震・制震構造)



Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造の適用の留意点(鉄道構造特有)

【列車の走行安全性】

(線路直角方向・鉛直)

- 常時の列車走行安全性の確保
 - 鉛直: 想定荷重による圧縮変形量を抑制(免震支承の鉛直剛性の確保)
 - 線路直角方向: 移動制限装置により拘束

【軌道による拘束効果】

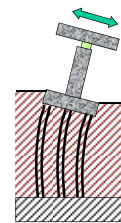
(主に線路方向)

- 軌道構造が免震・制震効果に及ぼす影響



Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造における基礎の応答



上部構造物・地表面付近
慣性力の影響が卓越

深い位置
地盤変位の影響が卓越

免震・制震構造で慣性力が現象減少
→ 基礎の負担減になるとは限らない場合がある
(地盤変位を適切に考慮する必要がある)



Railway Technical Research Institute

➤軌道構造が免震・制震構造の挙動に及ぼす影響

軌道による拘束効果

免震・制震構造の線路方向変形が抑制され
減衰効果が十分に発揮できなくなる？

慣性力

道路橋

軌道拘束力

軌道の影響により
応答に差異？

慣性力

鉄道橋

短スパンの橋梁において影響が大きい

Railway Technical Research Institute

➤新しい制震構造(負剛性):絶対応答低減効果

分散ゴム支承橋梁

荷重

変位

橋脚

慣性力

荷重

変位

負剛性摩擦ダンパー設置

荷重

変位

慣性力

相互作用力(絶対加速度)・絶対変位の低減

摩擦減衰による相対・絶対変位応答の抑制

●桁-橋脚間のみかけの剛性低下($k_s \rightarrow k_s - k_{ns}$)

●相互作用力(絶対加速度)・絶対変位の低減

●摩擦減衰による相対・絶対変位応答の抑制

Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造の適用例

桁水平力

ゴム支承

●固定-可動構造

➡分散・免震化により桁の地震力を配分

➔損傷の集中を避ける構造

➔落橋防止構造としても機能

Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造の適用例

●既設橋脚の耐力・変形性能が不足する構造

●既設河川橋脚等で下部工の補強が困難

➔免震化+制震構造による減衰性の向上

➔損傷の抑制:制震構造のみでも適用可

Railway Technical Research Institute

➤免震・制震構造の適用例

●既設(免震)構造における線路直角方向の損傷抑制

●新設構造における高機能な免制震構造

(1)常時の列車走行性確保
➔トリガー機能

(2)地震時の絶対応答低減
(構造被害低減+走行安全性)
➔負剛性制震
(免震支承単独よりも効果的)

トリガーのみ、ダンパーのみの導入も可能
➔分散支承からの機能アップ

Railway Technical Research Institute

➤まとめ

●免震・制震構造の概要とその効果

- 剛性低下(免震構造)による長周期化、相互作用力低減
- 減衰増大(免震・制震構造)による応答抑制
- ➔絶対応答(加速度、変位)の低減に寄与する

●鉄道構造物への適用に際して考慮すべき事項

- 適用条件、設計で配慮すべき事項、基礎の応答への影響
- 列車走行安全性への配慮、軌道構造が及ぼす影響評価

●鉄道総研における最近の研究開発事例

- 線路直角方向の免震化(大規模地震時)を図るトリガー装置
- 絶対応答の低減を図る制震装置(負剛性摩擦ダンパー)

免制震構造の適用に対する技術支援を実施しています
(適用条件・構造計算・ディテール等)

Railway Technical Research Institute