

## 鉄道橋の耐震補強

(財)鉄道総合技術研究所  
池田 学

## 鉄道橋の耐震補強

1. 鋼鉄道橋の耐震設計の変遷
2. 鋼鉄道橋の地震被害事例
3. 兵庫県南部地震以降の鉄道構造物の耐震対策の取り組み
4. 鋼鉄道橋の耐震補強事例
5. 鋼鉄道橋の耐震補強における留意点
6. 最近の取り組み

### 1. 鋼鉄道橋の耐震設計の変遷

#### 鋼鉄道橋の耐震設計の変遷(1)

- 明治45年鋼鉄道橋設計示方書（最初の設計基準）  
→（地震動の影響に関する記載なし）
- 昭和3年鋼鉄道橋設計示方書  
→「橋桁ト下部構造トノ取付ケ設計ニ際シテハ地震動ヲ考慮スヘシ」
- 昭和15年鋼鉄道橋設計示方書  
～昭和49年建造物設計標準（鋼鉄道橋）  
→震度法  
設計震度：水平0.2、鉛直0.1

#### 鋼鉄道橋の耐震設計の変遷(2)

- 昭和58年建造物設計標準（鋼鉄道橋）  
～平成4年鉄道構造物等設計標準（鋼・合成構造物）  
→周期 $<0.3$ (sec)：震度法  
0.3(sec) $<$ 周期 $<2.0$ (sec)：修正震度法  
2.0(sec) $<$ 周期：動的解析

平成7年兵庫県南部地震発生

- 平成11年鉄道構造物等設計標準（耐震設計）  
→L1地震動、L2地震動の2段階の地震動を考慮  
降伏以降（塑性域）の耐力・変形性能を考慮  
部材の損傷レベルの照査（軽微な損傷を許容）

### 2. 鋼鉄道橋の地震被害事例

- ・平成7年 兵庫県南部地震

### 鋼鉄道橋の地震被害の傾向

- 鋼製橋脚
  - ・ 損傷事例は少ない（構造物の数が少ない）
- 主桁
  - ・ 支点部付近の損傷事例が多い
- 桁支承部の損傷事例が多い
  - ・ サイドブロック、アンカーボルト、ソールプレート、沓座等
- 落橋防止工（桁連結工など）の損傷事例がある
- 今までのところ、全般的に、コンクリート構造物に比べて大きな損傷を受けた構造物は少ない

### 3. 兵庫県南部地震以降の 鉄道構造物の耐震対策の 取り組み

#### 鉄道構造物の耐震対策の取り組み(1)

国土交通省（鉄道局）からの通達等

- 平成7年7月  
既存鉄道構造物に係る鉄道補強の緊急措置について
- 平成13年6月  
既存鉄道構造物の耐震補強に関する指針
- 平成15年6月  
新幹線の構造物の耐震補強について  
（平成15年5月 宮城県沖地震により高架橋柱に被害）

#### 鉄道構造物の耐震対策の取り組み(2)

- 目標：大規模地震に対して構造物が崩壊しない
- 対象線区：新幹線、輸送量の多い在来線
- 主な対象構造：
  - ・ RCラーメン高架橋およびラーメン橋台（RC柱）
  - ・ 開削トンネル（RC中柱）
  - ・ RC橋脚等で大規模地震に著しい損傷が想定される
- 主な補強内容：
  - ・ RC部材→せん断補強（せん断破壊の防止）
  - ・ 落橋防止工の設置→落橋の防止 等

#### 鉄道構造物の耐震対策の取り組み(3)

- 鋼構造物の耐震対策の取り組み
  - ・ 落橋防止工の設置
  - ・ RC構造物の補強を優先して実施鋼製橋脚は、緊急耐震補強の主たる対象構造にはなっていない。



現状は、

- ・ 重要構造物のうち、大規模地震時に損傷が想定される構造物から徐々に対策を講じている段階

#### 鉄道構造物の耐震対策の取り組み(4)

- 最近の鉄道の地震対策
  - (1) 新幹線脱線対策協議会
    - ・ 地震検知・警報装置による脱線防止対策
    - ・ 逸脱防止対策 等
  - (2) 鉄道駅耐震補強事業
    - ・ 主要な駅の耐震補強
    - ・ 駅利用者の安全の向上&発災時の応急活動拠点
  - (3) 地下鉄等災害情報基盤整備事業
  - (4) 緊急地震速報

## 4. 鋼鉄道橋の耐震補強事例

### 既設鋼鉄道橋の特徴(1)

- 既設鋼鉄道橋の特徴
  - ・多様かつ複雑な構造形式および部材
    - －部材端部がヒンジ構造が多い
    - －斜角を有する構造が多い
    - －変断面部材が多い
    - －形鋼、あるいは形鋼を組合せた部材が多い
  - ・多種多様な材料
    - －構造用鋼材：錬鉄、鋼
    - －接合用鋼材：リベットが大半、ボルト、溶接
  - ・鉄道や道路と交差する箇所が多い
  - ・駅部・乗り換え跨線橋等にも鋼構造を多用

### 鋼鉄道橋の耐震補強

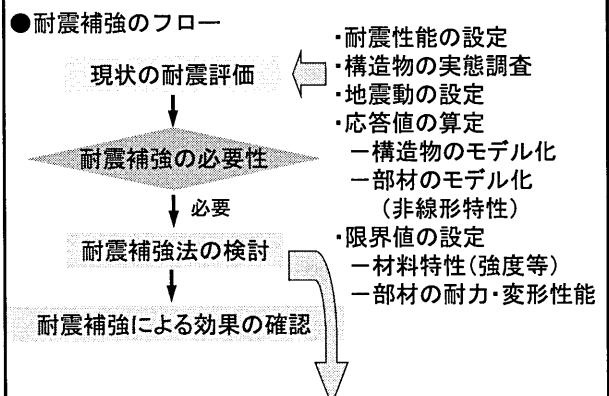
- 既設鋼鉄道橋の耐震補強の難しい点
  - ・地震時の評価が難しい
    - －応答値の算定方法
      - (構造物のモデル化：全体or一部)
      - (部材のモデル化：線形or非線形性の算定)
    - －限界値の設定方法
      - (材料強度、部材の耐力・変形性能)
  - ・対策工法が限定される
    - －スペースの制約
    - －施工時の制約
      - (作業時間が短い、施工スペースが小さい)

### 鋼鉄道橋の耐震補強事例(1)

- 鋼製橋脚の耐震補強
  - ・基部にコンクリート充填
  - ・リブ補強
  - ・角部の補強
- 桁支承部の補強
  - ・落橋防止工の設置 (ほとんどの箇所を実施済み)
    - －支承部の損傷事例が多い
    - －落橋の防止

## 5. 鋼鉄道橋の耐震補強における留意点

### 耐震補強における留意点(1)



## 耐震補強における留意点(2)

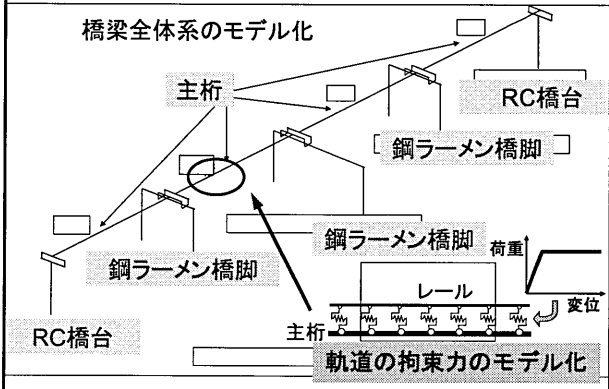
- 耐震補強法の検討の際に考慮すべき点
  - ・弱点となりうる箇所の特定
  - ・目標とする耐震性能
    - －耐力or/and変形性能の向上
  - ・使用材料(材質、リベット、溶接)
  - ・部材の断面構成
  - ・構造全体系の力学的なバランス
    - －支持状態(FM、ヒンジ構造、分散(免震))
    - －一部の補強による他部材への影響
  - ・施工性
  - ・維持管理性
  - ・コスト

## 6. 最近の取り組み

### 最近の取り組み

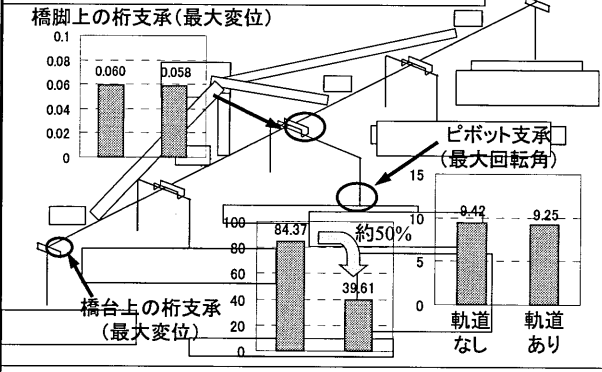
- 既設構造物の耐震性評価に関する最近の研究内容
  - ・構造物と軌道の連成挙動の評価
    - 軌道の影響を考慮することにより、地震時の構造物の応答が低減する傾向がある。
  - ・支承(桁支承、ピボット支承)の耐力評価・モデル化
    - 地震時に支承部が弱点となる可能性がある。
    - 構造物の耐震性評価は、支承をモデル化して構造全体系で解析を行う必要がある。
  - ・変断面柱を有する鋼ラーメン橋脚のモデル化
  - ・既設橋梁の免震構造化・制震装置の適用 など

### 軌道の影響の評価(1)



### 軌道の影響の評価(3)

#### 解析結果の一例



### 参考文献

- ・運輸省監修: 鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物), 1992.10
- ・運輸省監修: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999.10
- ・日本鉄道施設協会: 鉄道土木構造物の維持管理, 1998.9
- ・仁杉巖監修: 鉄道土木構造物の耐久性, 2002.8
- ・運輸省鉄道局監修: よみがえる鉄路(阪神・淡路大震災鉄道復興の記録), 1996.5
- ・多田晴美: 地震対策の現状と課題, 日本鉄道施設協会誌, 2006.10
- ・鉄道総合技術研究所: 支承部の耐震補強設計の手引き, 1996.3
- ・安原他: 鋼鉄道橋支承部の損傷と復旧, 橋梁と基礎, 1996.8
- ・JR東日本: 特集「新潟県中越地震と鉄道」, SED, 2005.8
- ・安原真人(学位論文): 鋼製橋脚を有する既設鉄道橋の耐震性能評価