

支承の構造特性を考慮した橋梁の地震挙動

梅林建設（株） 正会員 ○新納 真治
広島大学工学部 正会員 藤井 堅

1. はじめに

兵庫県南部地震では鋼製支承の被害が目立ったが、既設のゴム支承は被害地域全体の約 5%に過ぎないことや被害事例があったこと等、支承の被害には不明な点も多くあることから、鋼製支承とゴム支承を対比させ、地震における被害調査、地震動における動的応答解析から、両者の耐震性を検討した。

2. 支承の被害調査

調査は建設・周辺地盤条件の異なる阪神高速 3 号神戸線、神戸市港湾幹線道路の 2 路線を対象に、支承の被害程度を構造上から分類¹⁾してまとめた。3 号神戸線では総数 10,063 個のうち、14.81%が大被害を受けた。その内訳を Fig.1 に示す。Fig.1 から、大被害を受けたのはすべて鋼製支承で、ゴム支承その他は小被害であった。港湾幹線道路では総数 3,286 個のうち、35.4%が大被害を受けた。その内訳を Fig.2 に示す。Fig.2 から、密閉ゴム支承板支承の被害が 94.92%と大半を占め、ゴム支承その他にも被害が生じており、ゴムを用いた支承に被害がみられる。この対照的な被害を考察し、以下にまとめた。



Fig.1 3号神戸線

橋軸直角方向の大きな慣性力や上下地震動の影響から、構造上鋼製支承に過大な慣性力が集中したこと、支承背の高い鋼製支承に浮上り・転倒作用が生じたこと、地震が真冬の早朝という低温時に発生したため、温度変化の影響を受けやすい鋼製支承が脆性破壊を生じたこと等から、3 号神戸線では、鋼製支承被害が多かったと思われる。一方、埋地地盤の液状化により過大变位をともなった長周期地震動が生じ、これに共振しやすい長い固有周期をもった橋梁が多かったこと、ゴム支承のゴムがせん断変形できなくなるほどの過大变位が生じた可能性があること等から、港湾幹線道路では、ゴム支承被害が多かったと思われる。また、鋼製支承が損傷した後、支承自体が上部構造を損傷させる凶器となった事例も多く、復旧に時間がかかったが、道路橋示方書の基本方針²⁾から考えると、ゴム支承にメリットがあるといえる。

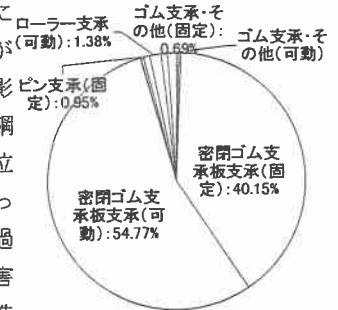


Fig.2 港湾幹線道路

3. 解析モデル

解析では Fig.3 に示す支間長 40 m、重量 588 MN の鋼桁の上部構造、直径 180 cm の円形断面の RC 橋脚からなる 2 径間高架橋を全体モデルとし、いずれの部材も弾性とした。橋脚の基礎は十分剛

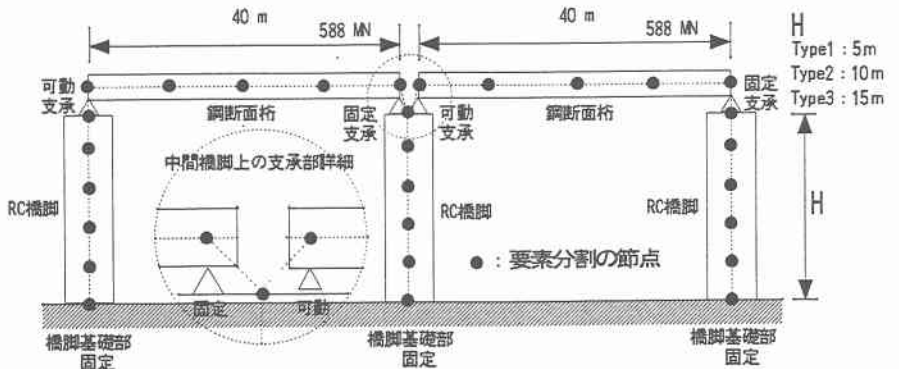


Fig.3 2径間高架橋モデル

であるとして固定した。また、橋脚の高さを 5, 10, 15 m と変え、全体モデルの固有周期を変化させた。支承は左側橋脚に可動支承、中間橋脚に固定、可動支承、右側橋脚に固定支承をそれぞれ配置した。支承は

ばね要素でモデル化し、水平ばねは Fig.4 に示す 2 つの段階を考慮した。鉛直ばねは十分剛で離れないものとし、回転方向はヒンジ条件を満足するよう十分小さくした。

3) ここでは、はり要素の有限要素法と Newmark の β 法 ($\beta = 1/4$, 積分刻み時間 1/100 秒) を併用した平面骨組構造用の弾性地震応答解析プログラムを作成し、解析に使用した。質量マトリックスに

は集中質量型を用い、減衰は 1 次, 2 次振動の固有モードに対する減衰定数がそれぞれ 1% となるような Rayleigh 型減衰マトリックスを用いた。入力地震波は兵庫県南部地震時の神戸海洋気象台 NS 成分を使用し、解析モデルの橋軸方向に作用させた。

4. 解析結果

動的応答解析では固有値解析の結果から、2 径間高架橋の左側橋脚の可動支承に着目し、支承に生じる水平力、相対変位の時刻歴応答および中間橋脚の固定支承に生じる水平力の時刻歴応答を求めた。鋼製支承モデルは、相対変位が移動制限量に達すると、上部構造がサイドブロックに衝突し、可動支承に水平力が瞬間的に生じることになる。しかしながら、Fig.5 (a) から、可動支承に大きな水平力が連続的に生じており、上部構造とサイドブロックの衝突後の状態をプログラム上の問題からうまくモデル化することができなかった。そのため、衝突後の挙動は実際のものとは必ずしも同じとはいえない。しかしながら、解析結果からは、次のことがわかる。1) 短い固有周期の構造系では、水平力の時刻歴応答から、鋼製・ゴム支承ともに大きな慣性力が固定支承に集中し、可動支承よりも先に固定支承が損傷する。2) 長い固有周期の構造系では、鋼製・ゴム支承ともに固定支承に生じる水平力は小さく、相対変位の時刻歴応答から、過大変位により可動支承が損傷する可能性が高い。3) 解析では、鋼製支承とゴム支承の耐震性を十分評価することはできなかった。鋼製支承は地震時挙動が非常に複雑になることから、その挙動をうまくモデル化することができず、今後はそのモデル化を改善する必要がある。

5. 結論

鋼製支承とゴム支承を対比させ、その耐震性を検討した結果、以下の結論を得た。

1) 全体モデルの固有周期を変化させ、時刻歴応答を求めた結果、鋼製・ゴム支承ともに、固有周期が短い構造系においては可動支承よりも先に固定支承が損傷し、長い固有周期の構造系では、鋼製・ゴム支承ともに、固定支承に生じる水平力は小さく、過大変位により可動支承が損傷する可能性が高い。2) 解析では鋼製支承とゴム支承の耐震性を十分には評価できなかった。今後は鋼製支承のモデル化を改善する必要があると思われる。

[参考文献]

- 1) 土木学会鋼構造委員会：震災調査特別小委員会報告書、1998 年、2) 日本道路協会：道路橋示方書・解説 V 耐震設計編、1996 年、3) 中島、安波ら：鋼構造年次論文報告集 第 4 巻、pp9~16、1996 年

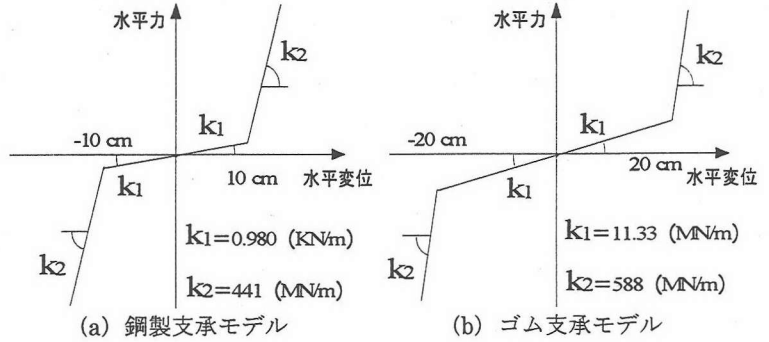


Fig.4 可動支承モデル

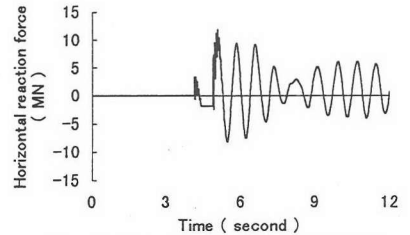


Fig.5 (a) 水平力の時刻歴応答

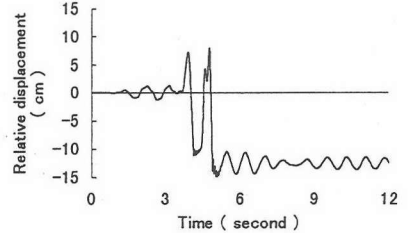


Fig.5 (b) 相対変位の時刻歴応答