

曲線橋の地震応答解析における地震動の入力方向に関する検討

九州大学大学院 工学府

学生員 ○崔 準 祐

九州大学大学院 工学研究院

フェロー 大塚 久哲

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編¹⁾が改定されて、曲線橋は地震時の挙動が複雑である橋に位置づけられてきた。これは、曲線橋の耐震性評価については、静的照査だけでは不明な点が多く、動的挙動を把握した上での適切な耐震照査を行う必要があるからである。しかし、曲線橋においては、支承の支持方向や橋脚断面の軸線が橋脚毎に異なっている場合が多いため、橋軸方向加震や橋軸直角方向加震時の応答値が最大になるとはいえない。また、曲線橋における設計上最も不利になる地震動の入力方向については、未だに不明な点が多く、検討事例はそれほど多くない。

そこで本研究では、4径間連続曲線橋をモデル化し、地震動をあらゆる方向に入力した地震応答解析を行い、地震動の入力方向が各構造部の応答値に与える影響について基礎的検討を行った。

2. 解析モデル及び解析条件

(1) 対象橋梁

本研究で対象とした曲線橋は、一般的な曲線橋梁を参考に作成した4径間連続鋼床版箱桁橋である。橋長は200m、各支間長は50m、曲率半径は106mである。橋脚はRC単柱T型橋脚であり、断面は2.0m×1.5mの矩形断面を想定し、道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編¹⁾に準じて試設計を行った。橋脚の柱高は、全橋脚10mである。また、主桁は1個の鋼床版箱桁とした。支承は鋼製支承であり、P4橋脚支承をピン支承、残りの支承をローラー支承とした。

(2) 解析モデル及び解析条件

本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。桁及び橋脚は梁要素で、支承は線形ばね要素でモデル化を行った。支承は、桁の進行方向から法線方向にはりだした剛梁にとりつけ、支承ばねの下端を橋脚の張り出し部の剛梁に連結する構造とした。支承の支持方向は、主桁の接線方向とその法線方向、鉛直方向と設定した。また、橋脚の柱部のみ材料非線形を考慮しており、非線形復元力特性はトリニア型武田モデルとした。橋脚下の地盤は種地盤を想定しているため、橋脚基部を全て固定とし、本研究では地盤ばねを考慮していない。入力地震動は、道路橋示方書に記載されている標準波、Type211である。解析手法はNewmark β 法($\beta=0.25$)による直接積分法を用いた。積分時間間隔は0.01秒であり、応答解析時間は30秒である。減衰はRayleigh減衰を用いた。

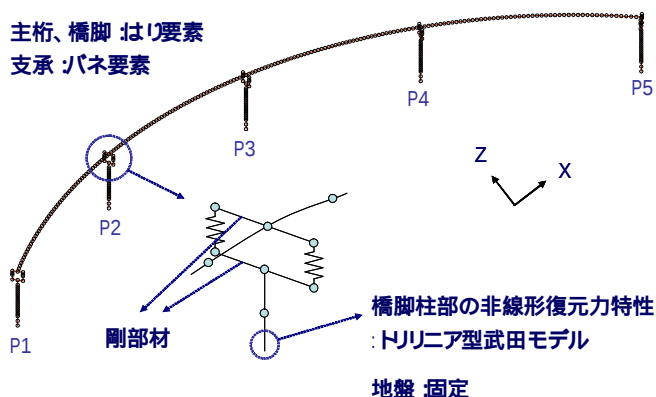


図-1 解析モデル

(3) 地震動の入力方向

本研究では、地震動の入力方向が異なる6ケースを想定して検討を行った。その詳細を図-2に示す。P1橋脚とP5橋脚を結ぶ方向を全体座標系のX軸、その法線方向をZ軸とし、各軸を基準にして15度ずつ変化させて地震動を入力した。Case_1が直線橋の場合の基準となる入力方向である。また、全てのケースに対し、3方向同時加震による検討を行った。

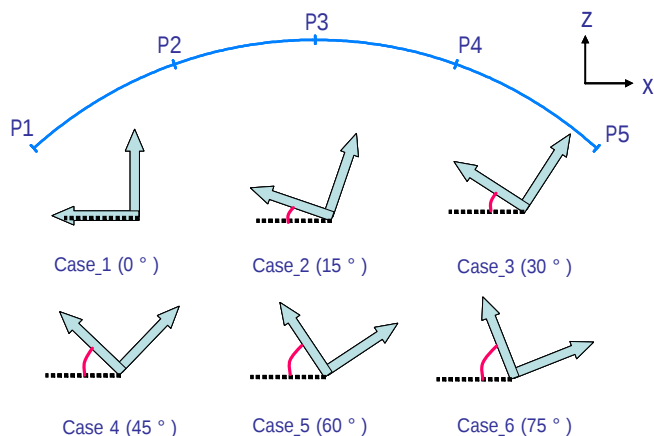


図-2 地震動の入力方向

3. 解析結果

(1) 支承反力の検討

図-3は、各ケースの入力方向に対し、接線方向と法線方向の外側の最大支承反力を示したものである。接線方向に対しては、P4支承をピン支承としているため、P4支

承に反力が集中しており、Case_3において接線方向反力が最大となる。これは、Case_3の入力方向がP4支承の支持方向に最も近似しているためと考えられる。また、Case_1に比べCase_3の最大支承反力が約350kNも大きくなっており、地震動の入力方向によって応答値が異なっていることが分かる。法線方向反力においても同様な傾向が見られており、P4支承の場合、Case_1に比べCase_2の支承反力が2倍以上大きい結果となった。

(2) 桁の断面力の検討

図-4は、全ケースに対し、各径間において発生する最大曲げモーメントをプロットしたものである。鉛直面内曲げモーメントに対しては、Case_1とCase_6において若干応答差が見られるが、全径間において応答差はほとんどない。一方、水平面内曲げモーメントの場合、側径間部において、Case_1より約9000kN.mも大きく発生するケースもあり、地震動の入力方向による影響が大きいといえる。

(3) 橋脚基部の断面力の検討

全ケースに対し、各橋脚基部の最大曲げモーメントを図-5に

示す。橋脚基部の断面力においても橋軸・直角両方向とも地震動の入力方向による影響が見られた。橋軸方向曲げモーメントの場合、P2橋脚においてCase_1よりCase_2の断面力が2倍以上大きくなるなど、全橋脚でCase_1より他Caseの断面力が大きくなる結果となった。また、橋脚の直角方向曲げモーメントと法線方向の支承反力の応答傾向がほとんど同様であることが分かる。これは、法線方向の支承に対し全て固定としているため、支承と橋脚の動的相互作用による結果であり、橋脚の直角方向曲げモーメントは、法線方向の支承反力によって大きく支配されると思われる。

4. まとめ

本研究では、全長200mを有する4径間連続曲線橋を対象とし、非線形地震応答解析を行い、地震動の入力方向が各構造部の応答値に与える影響について検討を行った。支承反力においては、各ケースによって応答値のばらつきが見られるが、地震動の入力方向が支承の支持方向に近づくほど支承反力は大きくなることが確認できた。また、各入力方向に対し、支承反力、桁と橋脚の断面力を比較検討したところ、Case_1より2倍以上応答値が大きくなるケースが確認されており、本橋梁のような各支承の支持方向が異なっている曲線橋の場合は、地震動の入力方向による影響が大きいといえる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，平成14年3月
- 2) 林川俊郎，荻島知之，Felix Daniel Ruiz Julian：地震波の入力方向に着目した曲線高架橋の非線形応答に関する研究，第26回地震工学研究発表会講演論文集，2001.8，pp.985-988

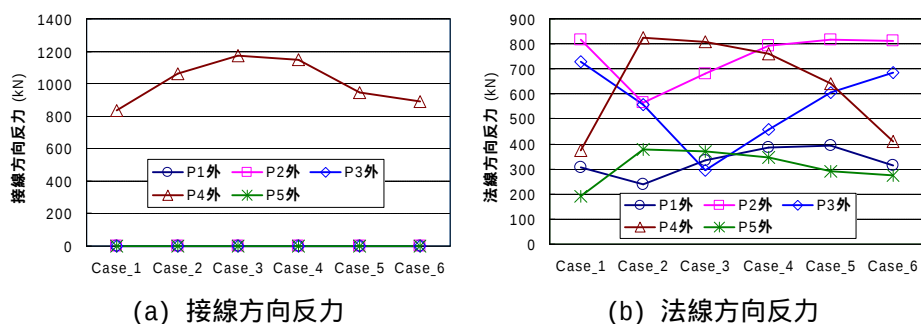


図-3 支承反力の比較

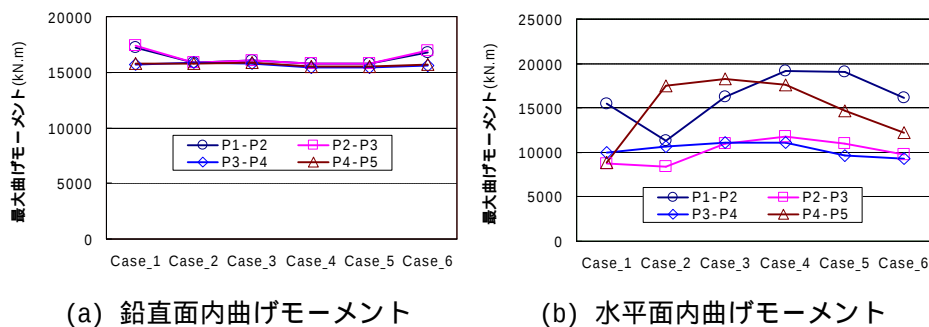


図-4 桁の断面力の比較

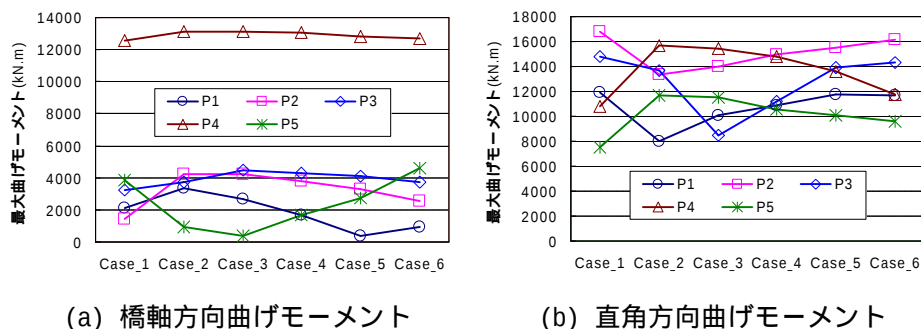


図-5 橋脚基部の断面力の比較