

I-281

曲線免震連続桁橋の等価線形化手法による地震応答解析

(株)熊谷組技術研究所 正会員 細田 信道
 (株)熊谷組技術研究所 正会員 ○金子 誉
 (株)熊谷組土木設計部 正会員 黒田 孝貴

1. はじめに 筆者らは、円弧状の平面線形をもつ曲線免震連続桁橋の地震応答性状について、免震装置部を非線形要素でモデル化した解析を通して検討を行ってきた[1]。これまで、円弧中心角が90°までの限られた検討ケースではあるが、曲線半径および地震入力方向に関するパラメータ解析から、免震装置に作用するせん断力が直線免震橋の約-15%~+10%程度の範囲で変化する結果が得られている。いずれの橋脚、橋台上の免震装置もほぼ同時刻に最大応答をとり、また十分に塑性領域に達していたことから、曲線橋であっても等価線形化手法による解析が適用可能であると考えた。そこで、免震曲線橋について非線形解析および等価線形解析から得られる最大応答値を比較してみたので、その結果を以下に報告する。

2. 解析方法 検討対象橋梁は図-1(a)に示す橋長140mの4径間連続PC桁橋(等径間)で、中心角が90°の円弧状の平面線形を有する。橋脚3基は正方形断面(2.5×2.5m)、高さ15mのT形RC橋脚であり、橋台2基は逆T式橋台である。免震装置のモデル化は、非線形解析では8本のバイリニア型せん断バネ要素を水平面内に22.5°づつ方向を変えて配置し、降伏面を円形に近づけたMSS要素[2]を、等価線形解析では各橋脚、橋台位置における上部構造の接線方向と法線方向の直交2方向に配置した等価線形バネ要素を用いた。

水平面内の方向による地震動強度の変化が無い場合を想定し、1成分地震記録(修正開北橋記録)を用いて地震入力方向を変えた解析を行い、各下部構造断面主軸成分の最大応答値を非線形解析と等価線形解析で比較した。地震入力方向は、非線形解析では図-1(b)の9方向、等価線形解析では同図(c)の2方向とした。等価線形解析では、図-2(a)に示すX方向地震入力によりi橋脚の最大応答値の接線(法線)成分 $R_{i,TX}$ ($R_{i,NX}$)が、同様に同図(b)のY方向地震入力により $R_{i,TY}$ ($R_{i,NY}$)が得られるので、同図(c)の θ 方向地震入力に対する最大応答の接線(法線)成分 $R_{i,T}(\theta)$ ($R_{i,N}(\theta)$)は(1)式((2)式)の重ね合わせで求めた。

$$R_{i,T}(\theta) = R_{i,TX} \cos \theta + R_{i,TY} \sin \theta \quad (1)$$

$$R_{i,N}(\theta) = R_{i,NX} \cos \theta + R_{i,NY} \sin \theta \quad (2)$$

3. 解析結果 図-3は地震入力方向と免震装置に作用する最大せん断力の関係を、非線形解析と等価線形解析で比較したものである。地震入力方向を変えたときの最大値(図中▼印)は、非線形解析と等価線形解析で最大4%の違いであり、曲線免震橋に対して等価線形解析で十分対応でき、しかも直交2方向別途地震入力による解析のみを行って、(1)式および(2)式の合成により各橋脚主軸成分の最大応答値が得られるといえる。

4. モード解析 等価線形化手法の適用性が確かめられたので、当該橋梁のモード解析を行ってみた。図-4は、主要3モードにおける上部構造のモード形を水平面上に描いたものである。このモデル場合、重心位置と剛心位置(下部構造と免震装置の水平剛性による)がY軸方向においてずれていたため、2次モードはY軸方向の並進モードであるのに対し、1、3次モードはX軸方向の並進運動と重心回りの回転運動の連成モードとなり、それぞれY軸上の1点を不動点とする回転運動として現れている。

5. おわりに 本報告は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一環として行われたものである。

参考文献

- [1] 金子、他：曲線免震連続橋の地震応答性状について、第21回地震工学研究発表会、平成3年7月
 [2] 例えば、日本建築学会：免震構造設計指針、平成元年9月

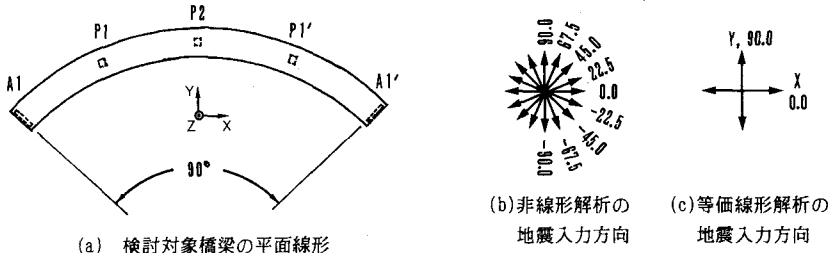


図-1 解析概要

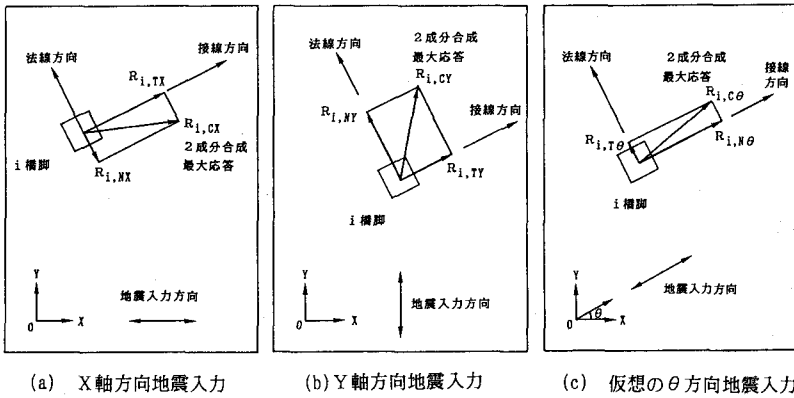


図-2 水平直交2方向地震入力による等価線形解析概要

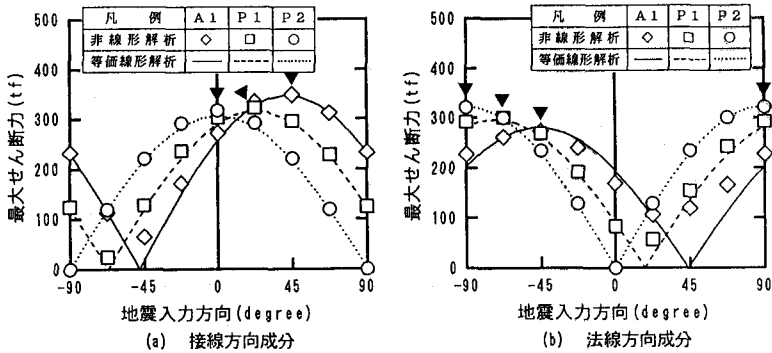


図-3 地震入力方向と免震装置の最大せん断力

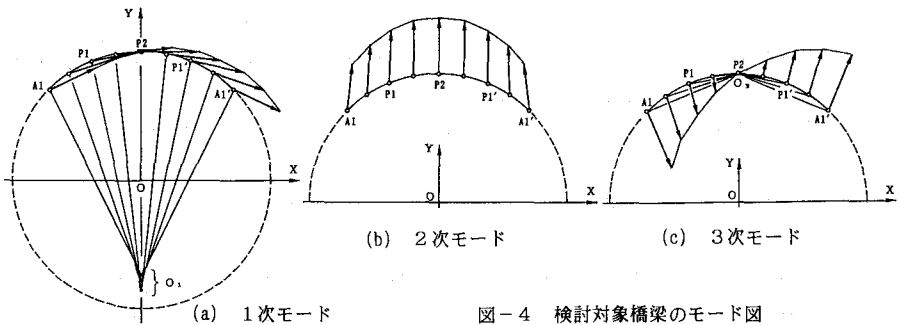


図-4 検討対象橋梁のモード図