

免震を考慮した斜張橋の地震応答解析

鹿児島大学工学部 学生員 黒田 兆次
鹿児島大学工学部 正 員 河野 健二
鹿児島大学工学部 増田 貴文

1. まえがき

わが国のような地震多発国においては、構造物の動的特性を明確にし、耐震性を検討することは、構造物の安全を計る上からも重要である。橋梁の耐震設計は、一般には地震により発生する断面力に抵抗できるように部材の剛性を大きくするものである。しかし近年、地震に対して剛性の大きさを抵抗するのではなく、地震により構造物に発生する力を少なくして、耐震性のある構造物をつくること、すなわち免震構造物が考えられるようになってきた。そこで、今回側径間がP C桁からなる主桁を有する複合斜張橋において免震構造を導入することにより構造物に及ぼす影響について検討した。

2. 地震応答解析及び結果

斜張橋のような構造物の動的応答解析において、基礎-地盤系の影響を考慮する場合、動的サブストラクチャー法が有用である。本解析では、基礎-地盤系は加振振動数に独立な一定の動的特性を持つ、バネ・ダッシュポット系で置換することにより、インピーダンス・マトリックスを用いて評価した後、動的サブストラクチャー法によって全体系の運動方程式を求めた。この場合、上部構造物においてその基礎を固定したときの固有値解析を行って応答を支配する振動モードを求め、地盤-基礎系に対する運動方程式を加えて、全体系での運動方程式を求めている。実地震動は入力に対する地震応答解析を行うため、本解析では線形加速度法の一つである、Newmark's β Method を用いている。

免震構造においては、まだまだ未知な部分も多く色々な研究が成されている。免震支承が全体の構造物の応答に及ぼす影響を把握しておくことは、免震分野の研究において必要であると思われる。本研究では、免震支承の特性を変化させることにより、応答に及ぼす影響について、実際の地震動である EL CENTRO NS, EL CENTRO EW, TAFT N21E を入力することにより応答評価を行い、同等の条件にするために最大加速度を 200gal に設定した。また、地盤の変動性が免震を有する構造物に及ぼす影響についても応答評価を行った。

図-1 は解析モデルを示したものであり、側径間はP C桁からなる主桁を有する斜張橋である。本解析では橋軸方向の面内振動に対する応答解析を行っている。また、免震支承は桁と塔の間に導入することにより、主桁中央部A点での制振効果を試みた。初めに免震の特性を非線形として扱い、その後等価線形化法による応答解析を行った。

図-2 はせん断波速度を 300m/s、減衰定数 20% を固定し、免震支承の剛性を変化させた場合の水平方向の最大応答変位の変化を示したものである。3つの地震波に対する応答は、ほぼ同等の変化を示している。免震支承の剛性の増加にともない主桁部の応答は減少するが、その変化は固定支承に近づくにつれて小さくなる。このため免震支承の減衰の増加による応答への影響について調べてみる。図-3 は地盤条件は先程と同様にして免震支承の剛性を約20,000ton/mに固定し、その減衰を 2% から 30% に変化する場合の水平方向の最大応答の変化を示したものである。免震支承の減衰を増加させるとそれにとまって、それぞれの地震波において応答が減少することが分かる。このため免震支承の効果を高めるためにはその剛性と減衰の適切な選択が必要になることが分かる。さらに地盤と構造物の動的相互作用を考慮した場合、免震支承が応答に及ぼす影響について調べる。図-4 は免震支承の剛性を約20,000ton/mに、減衰を 20% に固定し、上層地盤のせん断波速度が 100m/s で、下層地盤のせん断波速度が 200m/s から 700m/s に変化する場合のA点の水平方向の応答の最大変位応答を示したものである。地震波により多少の相違はあるものの、動的相互作用の影響は余り見られない。図-5 はせん断波速度をそれぞれ 300m/s とし、免震を考慮しない場合と、考慮した場合には剛性を約20,000ton/m、減衰を 2%, 30% の場合の、A点の水平方向での変位応答の時刻歴を示したものである。免震を考慮した場合にはかなりの制振効果を望むことができるのが分かる。

図-6 は免震支承をバイリニア型で表し等価線形化法により応答解析を行ったものであり、せん断波速度を 300m/s とし、初期剛性を約 20,000ton/m、減衰を 2% とした場合の変位応答の時刻歴を示したものである。適切な剛性や減衰の選択により最大応答の推定は可能になるとと思われるが、免震支承の非線形性を把握

するためには、さらに検討が必要だと思われる。

3. あとがき

斜張橋について地震応答解析を行い、免震支承が構造物の応答に及ぼす影響について検討を加えた。免震支承の構造があらゆる条件によって、応答に影響を及ぼすが、構造物の違いによっても違う結果が得られると思われるため、免震を考慮する場合構造物の応答評価においては、十分な検討が望ましいと思われる。

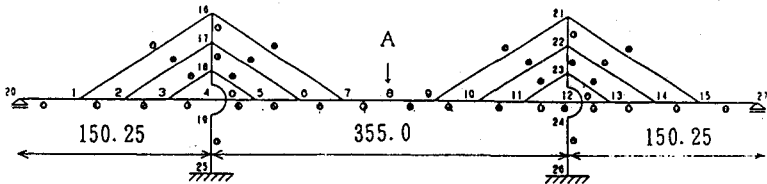


図-1. 斜張橋の解析モデル

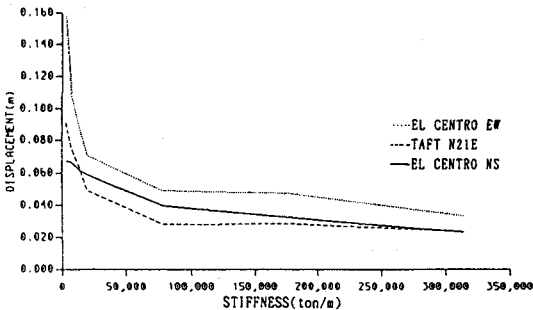


図-2. 免震支承の剛性が応答に及ぼす影響

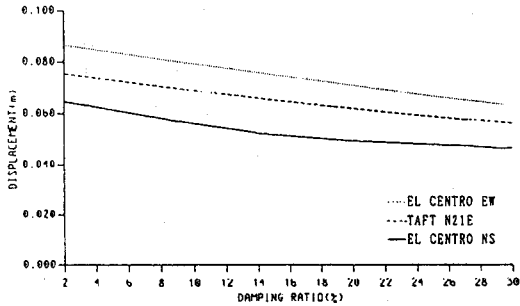


図-3. 免震支承の減衰が応答に及ぼす影響

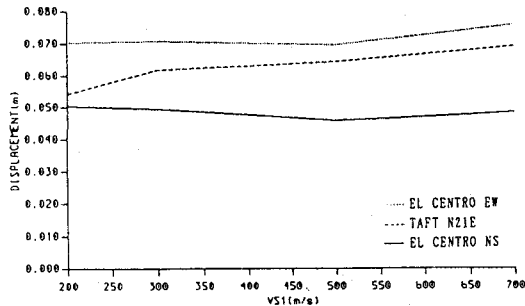


図-4. 動的相互作用の影響

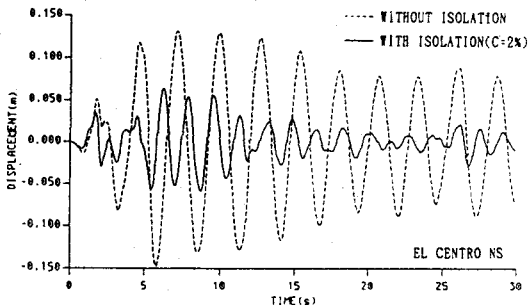


図-5. 時刻歴応答

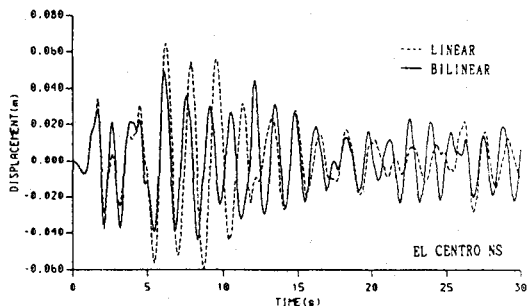
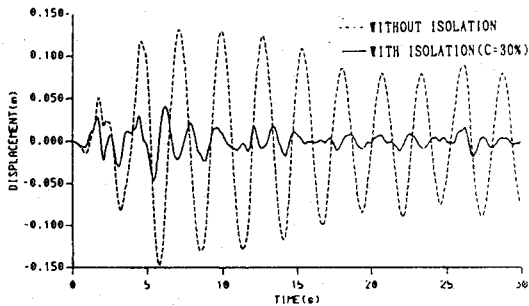


図-6. 時刻歴応答 (バイリニア)