

地盤条件の変化が多径間連続免震橋の 地震応答に及ぼす影響

大住 道生¹・運上 茂樹²

¹正会員 工修 建設省土木研究所 耐震研究室 (〒305 茨城県つくば市旭 1 番地)

²正会員 工博 建設省土木研究所 耐震研究室 (〒305 茨城県つくば市旭 1 番地)

多径間連続免震橋は、下部構造に与える地震力を軽減するとともに、桁の連続化により伸縮装置の減少を可能とし走行時の快適性が向上するなどの利点がある。しかし、橋長の増加により、連続した 1 橋梁の中で地盤条件が変化することを想定する必要があると考えられる。

本報告は、最大 1600m の橋長を有する連続免震橋の連続区間内において地盤条件が変化する場合、および橋脚に入力される地震動に位相差がある場合について動的解析を行い、橋脚、支承、主桁に生じる断面力、変位を求め、多径間連続橋の地震応答特性に及ぼす地盤条件の変化、入力位相差の影響について検討した結果をまとめたものである。

Key Words : menshin bridge, multi-span continuous bridge, effect of ground condition, multi-support excitation

1. はじめに

多径間連続免震橋は、下部構造に与える地震力を軽減するとともに、桁の連続化により伸縮装置の減少を可能とし、走行時の快適性の向上、交通振動・騒音の低減、維持管理の合理化などの利点がある。しかし、橋長の増加により、連続した 1 橋梁の中で地盤条件が変化することや入力位相差の影響を考慮する必要がある場合もあると考えられる。

そこで、本研究では連続長 240m,960m,1600m の 3 種類の連続免震橋を対象に、地盤条件変化部のある場合と無い場合の動的解析を行い、地盤条件の変化の影響や地震動の入力位相差の影響について検討した。

2. 解析方法

解析対象とした橋梁の諸元は表-1 に示すとおりであり、支間長 40m の PC 箱桁橋を対象に、径間数を変化させた。

解析には図-1 に示すような多質点系の骨組構造モデ

表-1 解析対象とした橋梁条件

平面線形	直線橋
上部構造形式	PC 箱桁
支間長	40 m
径間数	6, 24, 40 径間
下部構造	張出し式橋脚 (矩形断面) 高さ: 12m
基礎構造形式	I 種地盤: 直接基礎 II 種地盤: 杭基礎
免震装置	高減衰積層ゴム支承 (2 方向免震)

ルを用いた。ここで、地盤条件の違いにより、基礎の地盤バネが変化することが考えられるが、地盤種別の違いにより基礎形式も変化するので、ここでは結果的に基礎の地盤バネはすべて等しいと仮定した。また、橋脚の剛性については基部は降伏剛性、上部は弾性剛性とし、免震支承の剛性としては等価剛性を用いた。

解析では、地盤種別 (I 種、II 種、I 種と II 種の混合)、径間数 (6, 24, 40 径間)、位相速度 (125~4000m/s、同位相) をパラメータとして変化させた。入力地震動と

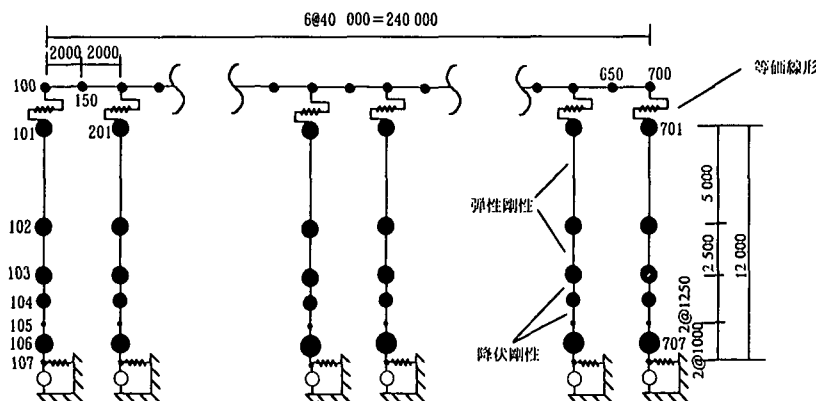


図-1 解析モデル

しては、道路橋示方書耐震設計編に規定されるⅠ種地盤、Ⅱ種地盤の地震時保有水平耐力法に用いるタイプⅡの標準波を用いることとし、地盤条件に応じてそれぞれ入力した。

3. 解析結果

(1) 地盤条件の変化の影響

a) 橋軸方向入力

図-2は、24径間連続免震橋(連続長 960m)の連続区間の中間に地盤条件変化部がある場合の橋軸方向入力に対する免震支承の最大変位を示したものである。ここで、橋脚番号1から12までがⅠ種地盤内にあり、橋脚番号13から25はⅡ種地盤内にある。なお、ここには、それぞれ地盤条件がⅠ種の場合、Ⅱ種の場合についても比較のため示している。

免震支承の最大変位は地盤条件変化部においても顕著な差は見られず、ほぼ一定という結果となっている。これは、地盤条件の違いがあっても橋全体としては一体となって振動するためと考えられる。そしてその値は、橋梁全体がⅠ種地盤内にある免震支承の最大変位、および橋梁全体がⅡ種地盤内にある免震支承の最大変位の間に入っている。免震支承の変位は橋脚にかかる水平力に影響するため、橋脚の曲げモーメントについても同様の傾向になる。

このときに、主桁に生じる最大軸力を計算してみると図-3のようになる。これによると、地盤条件が均一である場合には主桁にはほとんど軸力は作用していないが、地盤条件が変化する場合は、本ケースでは主桁軸力は最大値約 3100(tf)となる。これは地盤条件の変化による影響であり、地盤条件の変化点で主桁の軸力は最も大きい。

つぎに、径間数が40径間の場合について示すと、それぞれ図-4、図-5のようになり、免震支承の最大変位は24径間の場合と同様であるが、主桁の軸力は最大約 5500(tf)になった。

これらの値が主桁の軸力として設計上の許容値内に

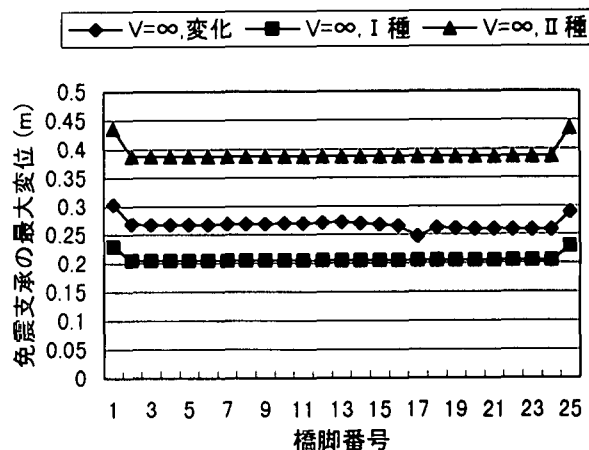


図-2 地盤条件の変化による 24 径間連続橋の免震支承の最大変位

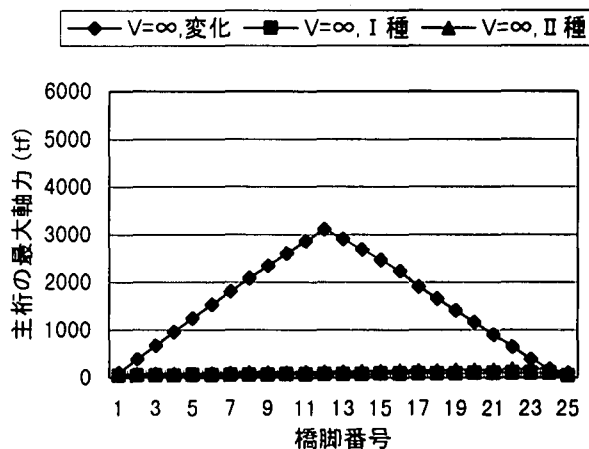


図-3 地盤条件の変化による 24 径間連続橋の主桁の最大軸力

収まっているかどうか照査を行った。主桁に作用する力として、桁の自重、橋面荷重、活荷重、PC線による有効プレストレス、そして地震時の支承から作用する水平力を考慮した結果、表-2に示すように、径間数24(連続長 960m)の場合は、中間支点および支間中央の桁上縁で引張軸力が耐力を越えるが、補強により対処でき

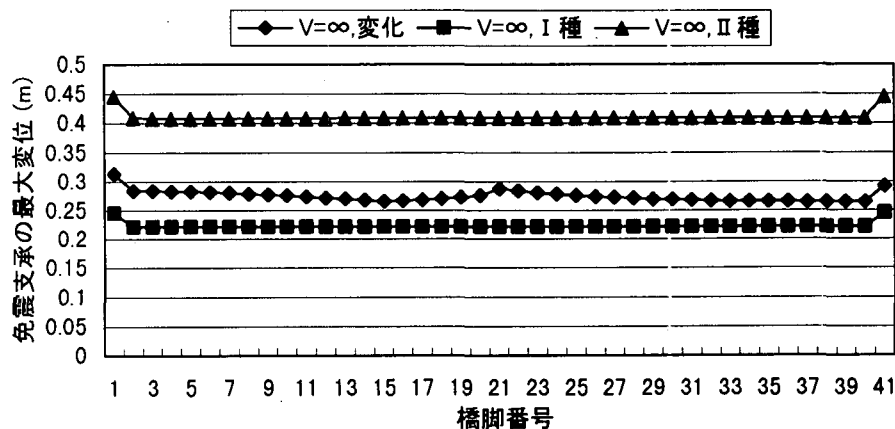


図-4 40 径間連続免震橋の免震支承の最大変位

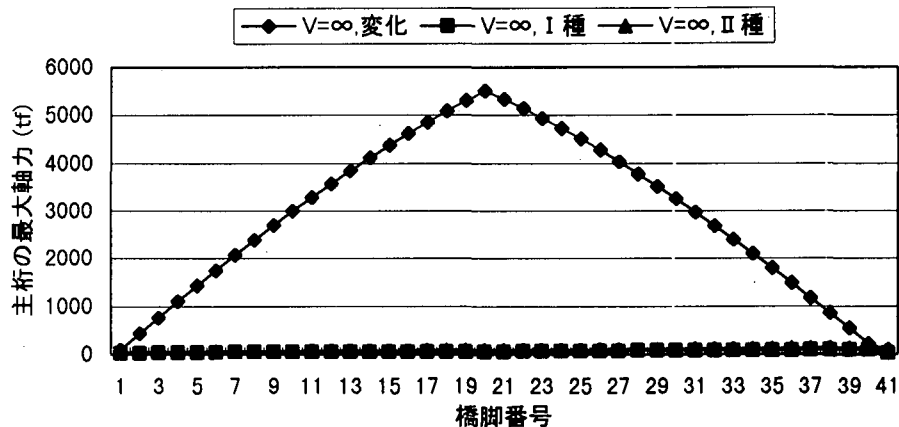


図-5 40 径間連続免震橋の主桁の最大軸力

表-2 地震時主桁の剛性応力度の照査

(kgf/cm ²)	軸力引張				軸力圧縮			
	中間支点		支間中央		中間支点		支間中央	
	桁上縁	桁下縁	桁上縁	桁下縁	桁上縁	桁下縁	桁上縁	桁下縁
桁自重	-49.264	59.442	24.622	-29.710	-49.264	59.442	24.622	-29.710
橋面荷重	-10.912	13.167	5.596	-6.752	-10.912	13.167	5.596	-6.752
地震による曲げモーメント	2.016	-2.433	2.016	-2.433	-2.016	2.433	-2.016	2.433
地震による軸力	-38.972	-38.972	-38.972	-38.972	38.972	38.972	38.972	38.972
有効プレストレス	76.891	-9.078	-12.543	98.835	76.891	-9.078	-12.543	98.835
合計	-20.240	22.126	-19.280	20.967	53.671	104.936	54.631	96.793
照査	<-15(out)	<210(ok)	<-15(out)	<210(ok)	<210(ok)	<210(ok)	<210(ok)	<210(ok)

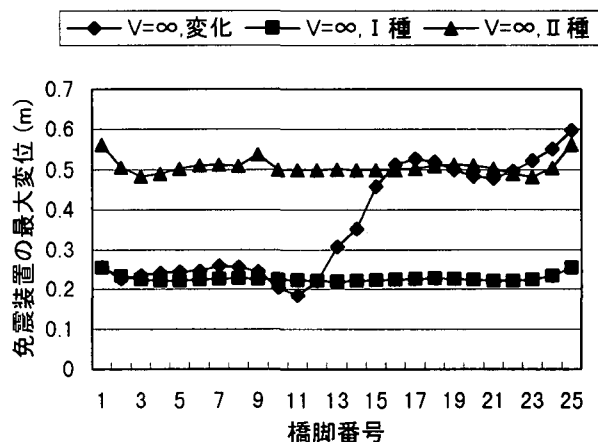


図-6 地盤条件の変化による橋軸直角方向の免震支承の最大変位

る範囲内であり、その他の点では地震荷重作用時の断面力が断面耐力を越えないことが確かめられた。また、径間数40(連続長1600m)の場合は、免震支承の剛性を調整すると対処できるレベルの軸力であることが分かった。

b) 橋軸直角方向入力

図-6は、24径間連続免震橋(連続長960m)の連続区間の中間に地盤条件変化部がある場合の橋軸直角方向入力に対する免震支承の最大変位を示したものである。これによると、地盤条件の変化部がある場合は、その付近で免震支承の最大変位は変化し、Ⅱ種地盤内で大きくなっている。この変位はそれぞれ橋全体がⅠ種地盤内にある場合、および橋全体がⅡ種地盤内にある場合

の最大変位とほぼ等しくなっている。

(2) 位相差入力の影響

a) 橋軸方向入力

図-7は、24径間連続免震橋(連続長 960m)の橋軸方向に位相速度を変化させて地震動を入力した場合の免震支承の最大変位を表したものである。ここで、位相速度が無限大ということは同位相入力を意味する。図-7をみると、免震支承の最大変位は位相速度により変化する場合がある。24径間の場合、位相速度を500(m/s)、250(m/s)としたときに両端で変位が大きくなっている。中間橋脚部では同位相入力の場合がほぼ上限値となっているが、桁端部では入力位相差がある方が大きくなっている。

つぎに、24径間連続免震橋(連続長 960m)の橋軸方向に位相速度を変化させた地震動を入力した場合の主桁の最大軸力を図-8に示す。これによると、主桁の最大軸力は位相速度によって変化し、同位相入力ではほとんど生じないが、位相速度が2000(m/s)のときに主桁軸力は最大約2500(tf)となる。

この値が主桁の軸力として設計上の許容値内に収まっているのかどうか前節と同様に照査を行った。その結果、地震荷重作用時の断面力が断面耐力を越えない範囲であることが確かめられた。

b) 橋軸直角方向入力

図-9は、橋軸直角方向に位相速度を変化させた地震動を作用させた場合の免震支承の最大変位を示したものである。これをみると、免震支承の最大変位は橋軸方向入力においては最も違い大きかった位相速度500(m/s)と同位相のものがほぼ等しくなっており、橋軸直角方向入力についてはその影響は顕著ではないと考えられる。

4. まとめ

多径間連続免震橋に地震力が作用する場合の地盤条件変化部および位相差入力の影響を動的解析により検討した。検討結果をまとめると、以下の通りである。

- 1) 地盤条件の変化部が多径間連続免震橋の連続区間内にある場合、免震支承の最大変位、橋脚基部のモーメントは、橋全体がそれぞれの地盤内にある場合の間の値となる。
- 2) 連続区間内に地盤条件の変化部がある場合、および均一地盤上でも位相差入力を考慮する場合は、橋軸方向入力主桁の最大軸力が多径間化に伴って大きくなるが、橋長1600mまでは設計により対処可能な範囲である。
- 3) 位相差入力を考慮した場合、免震支承の最大変位

は位相速度によって影響を受ける。中間橋脚部の支承では同位相入力の方が大きい。桁端部については、位相差入力を考慮した方が大きくなる。

- 4) 橋軸方向の位相差入力を考慮した場合、主桁の最大軸力は上考慮する必要がある程度に大きくなる場合がある。

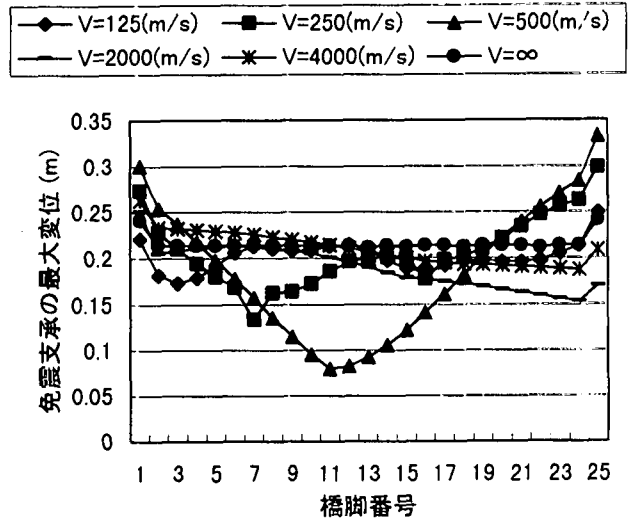


図-7 位相差入力に起因する免震支承の最大変位

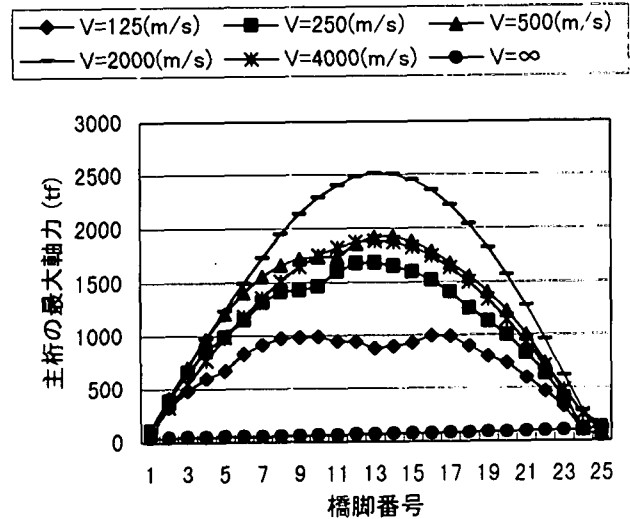


図-8 位相差入力に起因する主桁の最大軸力

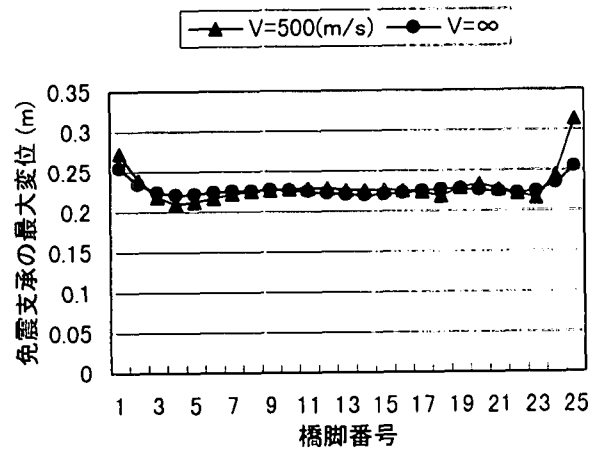


図-9 橋軸直角方向入力に起因する免震支承の最大変位