

免震構造物の地震応答量に及ぼす入力位相差の影響

鹿児島大学大学院	理工学研究科	学生会員	○新地 洋明
鹿児島大学大学院	理工学研究科	学生会員	Myint Htwe
鹿児島大学	工学部		清水 晋作
鹿児島大学	工学部	正会員	河野 健二

1. はじめに

多径間連続橋のような長大構造物においては地震波の伝播特性を考慮して多点入力系構造物として検討する必要があると考えられる。一般に地震応答解析において地震波は基盤より表層地盤へ垂直に入射するものと考えた同時同位相入力としての扱いが最も多くみられる。構造物が長大化するにつれて、各入力点間の地震波の伝播特性が構造物の地震応答量に及ぼす影響を評価する事は、より安全で経済的な構造物を設計する上で重要になると考える。本研究では、地震波の入力位相差を考慮した多点入力系免震橋梁構造物を対象として地震応答解析を行い免震支承及び橋脚の最大応答量に及ぼす影響について検討を加えた。

2. 解析概要

本研究で用いた解析モデルを図-1に示す。解析モデルについては入力位相差を考慮する為に5径間連続免震橋梁構造物とした。桁と鋼製橋脚を二次元はり要素モデルでモデル化し、免震支承をバイリニア型の水平ばねでモデル化した。また、橋脚については不等橋脚とし、基礎を固定とした。桁の質量と全橋脚の質量の比を5:1とした。解析モデルの橋脚の高さとスパンの長さを表-1に示す。

免震支承については、簡易的に桁に作用する水平力を設計震度である0.2gに桁の質量をかけたものと仮定し、目標設計変位から各支承に必要な初期剛性をもたせた。本研究では目標設計変位を0.1mとした。また解析モデルが不等橋脚である為、各免震支承の剛性を各橋脚毎の固有周期を基に決定した。各免震支承の特性値を表-2に示す。解析方法として時刻刻みを0.004(s)として、Newmarkのβ法により時刻歴応答解析を行った。I種地盤として鹿児島の出水で1997年3月26日に観測されたizumi-ns及びII種地盤として鹿児島の川内で同日に観測されたsendai-nsをそれぞれ入力地震波として解析を行った。

入力地震波については、I種地盤とII種地盤で観測された地震波を最大加速度300galで基準化し、重複反射理論により基盤面における地震波を求めた。次にせん断波速度1000m/sとして基盤面における地震波の位相差を考慮し、位相差が生じた地震波を基盤面に入力し、地盤解析を行い各橋脚に入力する地震波を求めた。解析モデルにおいて左端の橋脚を橋脚1とし、右端の橋脚を橋脚6とする。それぞれの入力地震波を図-2に示す。図-2において両端に約0.1(s)の位相差が生じている事が分かる。加振方向については橋軸方向と橋軸直角方向を考慮し、免震支承については非線形性を考慮し、橋脚については線形領域内に留めると考慮して地震応答解析を行い、各応答量に及ぼす影響について検討した。

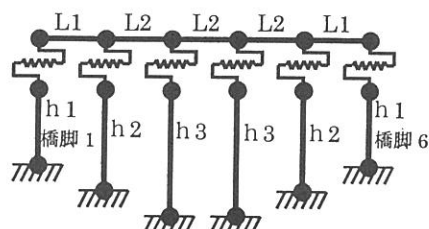


図-1 解析モデル

表-1 橋脚の高さとスパンの長さ

橋脚高さ(m)	長さ(m)
h1	L1
h2	L2
h3	橋長

表-2 免震支承の特性値

	免震支承の初期剛性(KN/m)	剛性比	ゴム層厚(m)
支承1と6	4000	0.1	0.1
支承2と5	2000	0.1	0.1
支承3と4	700	0.1	0.1

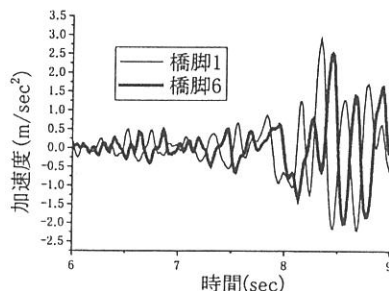


図-2 位相差を考慮した入力加速度

3. 解析結果

ここでは、入力位相差が生じやすいⅡ種地盤の地震波 sendai-ns を同時入力及び多点入力させた場合の解析結果について検討する。

図-3 は本解析モデルの拘束節点に同時入力した場合と多点入力した場合の時刻歴応答変位の結果を示したものである。図-3 で用いた場所は各橋脚の中で最も大きな応答を表した箇所である。桁における変位としては同位相をもった同時入力のほうが大きい応答を示し、橋脚においては多点入力の方が大きな応答を表す箇所が存在する。これは各橋脚に作用する地震波の位相差、また各橋脚の固有周期も異なることにより各免震支承が十分に機能していない為だと考えられる。

図-4 は桁と橋脚天端の最大変位において同時入力と多点入力を示したものである。桁の最大変位としては同時入力時に 4.5cm となり、多点入力時に 3.3cm となった。また橋脚天端の最大変位について橋脚 1、橋脚 2、橋脚 5 及び橋脚 6 では同時入力、多点入力ともに応答を抑えているが、比較的高さがある橋脚 3 と橋脚 4 では 2.0cm から 2.5cm 程度の応答を表している。また橋脚 3 と橋脚 4 において同時入力に比べ多点入力の方が大きな応答を表している。これは図-3 で述べた事と、位相差を考慮しているので各橋脚に入力される地震波が異なる事が影響していると考えられる。

図-5 は各免震支承の最大変位を同時入力と多点入力に関して示したものである。図から分かるように同時入力時に比べ多点入力時の応答量は小さい値を示している。同時入力において各免震支承の最大変位は約 4.5cm で同程度の値を示しているが、多点入力においては支承 3、支承 4 で 4.1cm 程度、その他の支承では 3.2cm 程度となっている。支承において、同時入力に比べ多点入力の応答量が小さい値を示している事は免震支承の応答低減効果が小さいことを表していると考えられる。

図-6 は各橋脚基部の最大曲げ応力を同時入力と多点入力で示したものである。桁と橋脚が剛結時の各橋脚の最大曲げ応力を併せて載せてある。周期の長い橋脚 3、橋脚 4 では剛結時の応答よりも免震時の応答が大きい値を示している。これは解析モデルが不等橋脚である為だと考えられる。また剛結時においては同時入力に比べ多点入力の方が小さい値を示しているが、免震支承を導入した場合は同時入力よりも多点入力の応答量の方が大きい値を示している。この結果を見る限り多径間で免震支承を導入する場合、入力位相差の影響を無視する事はできないと考える。

4. まとめ

本研究では入力位相差が免震構造物の地震応答量に及ぼす影響を明確にする事を目的とし、検討を加えた。その結果、位相差を考慮して免震構造物の振動解析を行うと、同時同位相入力と比べて支承に変形が集中せず、橋脚の応答も若干大きくなる。この為免震支承の応答低減効果が同時同位相入力と比べて小さく十分に機能が発揮されない場合があるので、入力位相差を考慮した地震応答解析をする必要がある事が分かった。

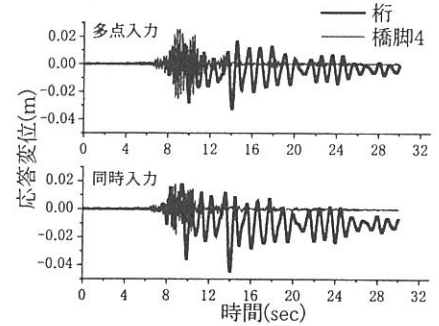


図-3 時刻歴応答変位

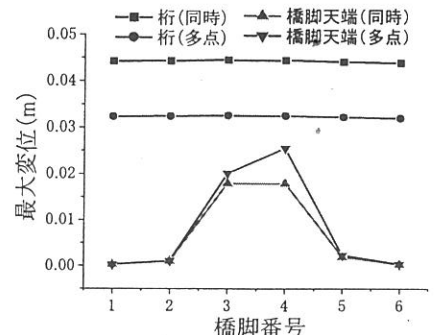


図-4 最大変位量による比較 1

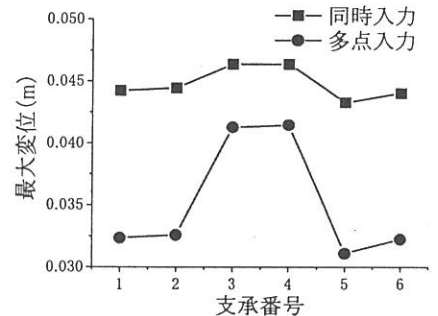


図-5 最大変位量による比較 2

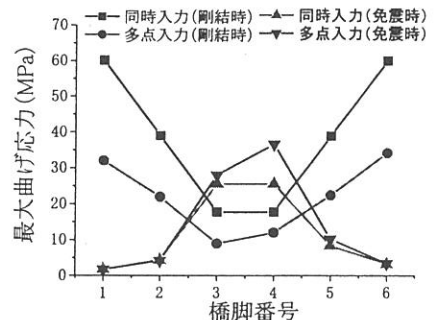


図-6 最大曲げ応力による比較