

水平2方向地震動を受ける免制震橋梁システムの弾塑性地震応答解析

名古屋大学 学生会員 ○井奈波 周一
 名古屋大学 正会員 葛西 昭

1. 緒言

近年、既存の構造物に対する耐震性能向上策として、免震構造が注目されている。建築分野では土木分野より免震構造に関する研究が進んでおり、「4秒免震」¹⁾という言葉があるように固有周期が約4秒となるような免震化も行われている。それに対し、土木分野における免震構造の固有周期は、現行の道路橋示方書にも記述されているように最大でもおよそ2秒程度である。そこで本研究では、ケーススタディとして既存の単純桁橋梁に対し固有周期約4秒となる長周期免震化を行い、その効果を数値解析手法により検討する。

2. 解析概要

対象橋梁の概念図を図-1に示す。径間長が30.0[m]で固定・可動支承を有する2連の単純桁橋梁である。橋脚高さを2通り設定し、隣接振動単位の振動性状が異なるような橋梁としている。この単純桁橋梁に対し免震化を行う。解析モデルとしては、基本となる単純桁橋梁、固定・可動支承を免震支承に交換したモデル、免震支承に加え桁を連結するようにダンパーを設置（以下、桁連結ダンパー）したモデルの3種類を使用する。それぞれNモデル、Iモデル、IDモデルとし、モデル名称とともに概念図を図-2に示す。なお、桁連結ダンパーは免震化により想定される変位増大を抑えることを目的として設置するものである。桁連結ダンパーの想定設置箇所を図-3に示す。

いずれのモデルも橋脚部および桁部にはり要素を用いてモデル化している。橋脚部の諸元を表-1に示す。ここで、 E ：弾性係数、 σ_y ：降伏ひずみ、 ν ：ポアソン比、 D ：直径、 t ：板厚、 h ：高さである。鋼材の構成則はバイリニア型移動硬化則を用いている。これら橋脚は震度法設計および耐震設計を満足していることを確認している。また、桁部は鋼箱型断面として簡略なモデル化を行い、構成則は完全弾性である。なお、橋脚の基礎および周辺地盤のモデル化は行わず、橋脚の基部は固定とする。免震支承の復元力特性はバイリニア型移動硬化則とし、モデルの固有周期が1.2、2.5、4.0[s]となるように剛性を設定している。桁連結ダンパーの復元力特性もバイリニア型移動硬化則とし、剛性は免震支承の数値を流用している。各モデルの固有周期を表-2に整理して示す。

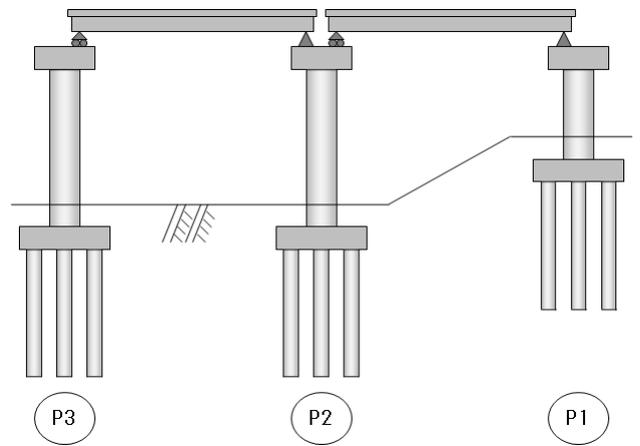


図-1 対象橋梁概念図

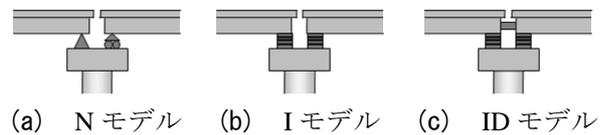


図-2 モデル名称

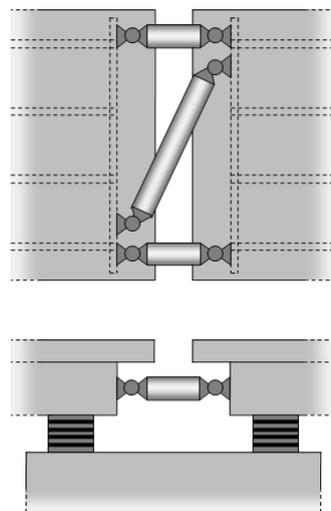


図-3 桁連結ダンパー
想定設置箇所

表-1 橋脚諸元

橋脚名	P1	P2・P3
使用鋼種	SM490	
E [GPa]	200	
σ_y [MPa]	315	
ν	0.30	
断面形状	円筒断面	
D [m]	0.80	1.00
t [mm]	30.0	40.0
h [m]	3.00	6.00

表-2 各モデル固有周期

モデル名称	固有周期[s]
N	0.603
I-12	1.20
I-25	2.50
I-40	4.00
ID-40	4.00

キーワード：水平2方向地震動，長周期免震，桁連結ダンパー

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町，TEL 052-789-3733，FAX 052-789-3734

減衰定数は鋼材に対して 0.01 を仮定する。免震支承および桁連結ダンパーはエネルギー吸収を全て弾塑性履歴挙動に期待するものとし、減衰を定義していない。

入力地震動は、兵庫県南部地震 JR 鷹取駅構内観測波および十勝沖地震苦小牧市観測波の 2 種類とする。それぞれ、卓越周期および最大加速度を表-3 に示す。いずれも各橋脚基部に EW 成分を橋軸方向、NS 成分を橋軸直角方向に同時入力する。

表-3 入力地震動諸元

地震動名称	JR 鷹取駅構内観測波		苦小牧市観測波	
	EW	NS	EW	NS
成分	EW	NS	EW	NS
卓越周期[s]	1.17	1.20	5.12	3.45
最大加速度[gal]	664	641	72.8	86.0

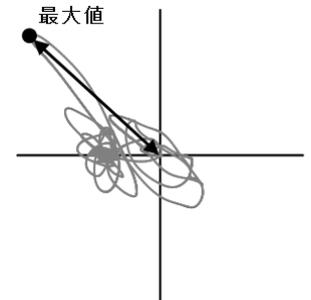


図-4 最大値による水平 2 方向応答評価

3. 解析結果

まず、長周期免震の効果を検討するために、I モデルと N モデルの相対評価を行う。評価には P2 橋脚の桁部-橋脚基部相対変位応答および橋脚頂部-基部相対変位応答を使用する。水平 2 方向の挙動を評価するために、各応答値の履歴を描き原点からの最大値を用いて評価することとする (図-4)。図-5 に桁部-橋脚基部相対変位応答最大値、図-6 に橋脚頂部-基部相対変位応答最大値を示す。なお、後に ID モデルとの相対評価も行うため、図中には ID モデルの応答値もプロットしている。いずれも N モデルの応答値で無次元化している。「4 秒免震」を目指した I-40 に注目すると、橋脚の変位(図-6)は N モデルに比べ低減されており、

I-25 よりも応答低減効果が高い。しかし、桁の変位(図-5)は全ての I モデルで応答増大が見られる。苦小牧市観測波入力時では、I モデルの中で I-40 が最も応答が大きい。JR 鷹取駅構内観測波入力時は I-12 が最も応答が大きい。これは共振が原因であろう。総じて、長周期免震は橋脚の応答低減効果が高く、橋脚に対して有効な耐震性能向上策であるが、桁の応答増大が課題として残ると言える。

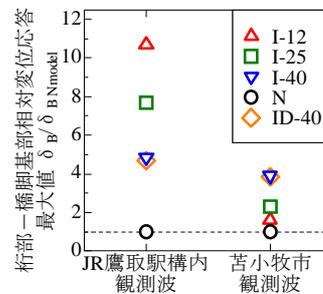


図-5 桁部-橋脚基部相対変位応答最大値

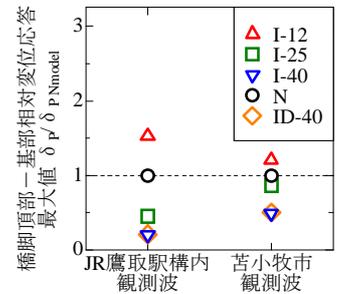


図-6 橋脚頂部-基部相対変位応答最大値

そこで、桁の応答低減への対策である桁連結ダンパーの効果を検討する。そのために、I-40 に桁連結ダンパーを設置した ID-40 と I-40 の相対評価を行う。図-7 に JR 鷹取駅構内観測波入力時の隣接する桁の遊間量の時刻歴を示す。これは隣接する桁の遊間の大きさであり(図-8)、通常時遊間量 0.3[m]からどの程度遊間量の変動しているかを表すものである。桁連結ダンパーを設置した ID-40 に注目すると、隣接桁遊間量の変動は I-40 に比べ大きく低減されている。しかしながら、桁の変位(図-5)および橋脚の変位(図-6)は I-40 と変わらず、応答低減効果は無い。特に桁変位に関しては、桁連結ダンパーにより応答性状が変化しているにも関わらず、応答の最大値は低減されない。総じて、桁連結ダンパーは隣接する桁の相対変位に限り低減効果を持つデバイスではあるが、長周期免震に起因する桁の応答増大への対策の 1 つになりうると言える。

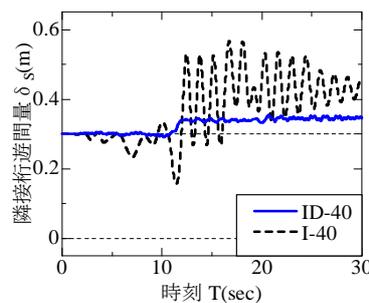


図-7 隣接桁遊間量時刻歴

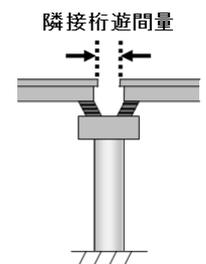


図-8 隣接桁遊間量

4. 結言

「4 秒免震」のような長周期免震は、橋脚の応答低減効果が高く、橋脚に対して有効な耐震性能向上策である。しかし桁の応答増大が課題として残るため、桁連結ダンパーのような応答低減策を講じる必要がある。

参考文献

- 1) 多田英之, 高山峯夫: 改訂版 4 秒免震への道-免震構造設計マニュアル, 理工図書, 2007.