

両端部に橋台を有する既設橋梁の橋全体系に着目した 耐震補強法の検討

小林 寛¹・運上茂樹²・西岡 勉³

¹正会員 独立行政法人土木研究所 耐震研究グループ(〒305-8516 つくば市南原1番地6)

²正会員 工博 独立行政法人土木研究所 耐震研究グループ(〒305-8516 つくば市南原1番地6)

³正会員 工修 阪神高速道路公団 工務部設計課(〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3)

1. はじめに

兵庫県南部地震以後、全国的に既設橋梁の耐震補強対策が進みつつあるなか、河川橋など施工条件が厳しく、予算的工期的に厳しい箇所における耐震補強対策が困難な場合がある。2003年に発生した宮城県や十勝沖の地震においても河川橋において被害が生じており、施工条件の厳しい箇所に適用可能な、簡便で経済的な耐震補強技術の開発が求められているところである。このような河川橋に対する耐震補強法としては、両端の橋台の剛性や抵抗を適切に評価することにより、水中施工を伴う橋脚補強ではなく、橋全体としての耐震性の向上を図る方法が検討されているところである。¹⁾²⁾

本文では、橋台部の抵抗を考慮した既設橋梁の耐震補強工法について解析的検討を行うものである。その結果として、橋台パラペット剛性或いは桁遊間を適切に設定すれば中間橋脚の変位応答を効果的に抑えられることを示す。

2. 解析モデル

検討は、図-1に示す5径間連続桁橋を対象とした。著者らのこれまでの検討²⁾からその応答特性は、橋梁全体を1質点系の橋梁モデルと非線形骨組構造の橋台、分布型のバイリニアの荷重-変位特性を有する地盤バネにモデル化した背面土を組み合わせた比較的簡便なモデルで概ね表現可能なことがわかってるので、ここではその検討モデルを含む3つのモ

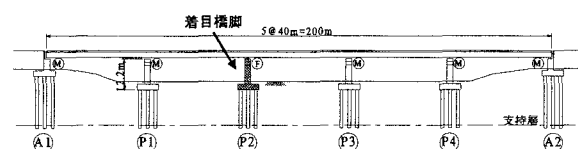
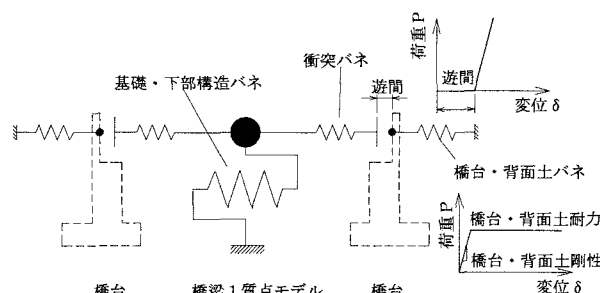
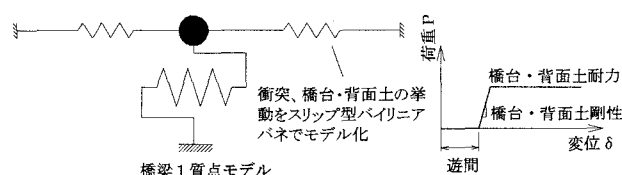


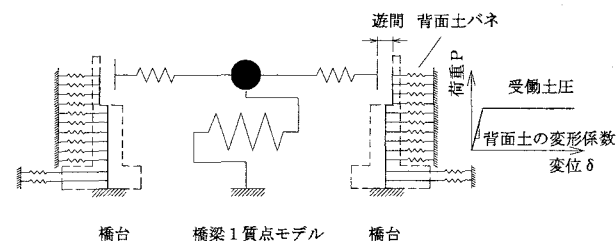
図-1 解析対象



(a) モデル1



(b) モデル2



(c) モデル3

図-2 解析モデル

表-1 1質点系モデル概要

	橋梁本体	橋台・背面土系		遊間／衝突パネ
		形 式	非線形特性	
モデル1	1質点系モデル	集中パネ	バイリニア	スリップ型パネ
モデル2			スリップ型バイリニア	—
モデル3		分布パネ	バイリニア	スリップ型パネ

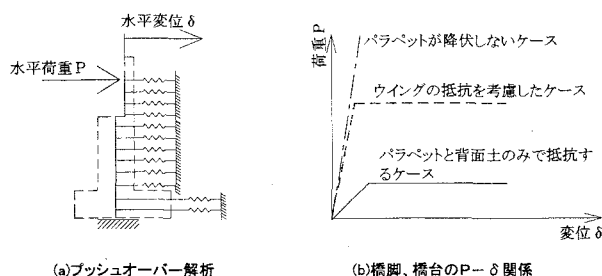


図-3 橋台パラペット部のP-δ関係

デルについて、以下に示す比較検討を行った。

(1) 1質点系解析モデルの設定

比較した3つのモデル概要を図-2および表-1に示す。橋梁本体を1質点系モデルとし、橋台・背面土系について3つのモデル化を行った。

(2) 解析パラメータの設定

3つのモデルの比較に用いるための解析パラメータとしては、橋梁規模、橋台・背面土系の降伏剛性・水平耐力、遊間、固有周期とし、解析の目的に応じて適宜設定した。また、基礎については固定とした。

橋梁規模は、もとの5径間連続桁橋の支間長を固定して径間数および等価重量を変化させた2径間、3径間、5径間の3ケースとした。

橋台・背面土系の降伏剛性・水平耐力は、図-3に示すように、モデル3の橋台モデルに対して行ったプッシュオーバー解析により求めた橋台パラペット部のP-δ関係を基本として、剛性・耐力を以下のように変化させた3ケースとした。

- ①パラペットと背面土のみで抵抗する基本ケース
- ②ウイングの抵抗を考慮したケース
- ③パラペットが降伏しないケース

遊間については道路橋示方書Ⅰにより算出される値を基本にし、他に0.5倍、1.5倍、2倍とした4ケースと、衝突しないケースおよび遊間0の合計6ケースを設定した。

橋梁全体の固有周期は図-1に示すモデル橋の0.8秒を基本に0.7倍(0.56秒)、1.5倍(1.2秒)のケースを設定した。

入力地震動は道路橋示方書Ⅴに示される動的解析に用いるレベル2地震動18波を用いた。

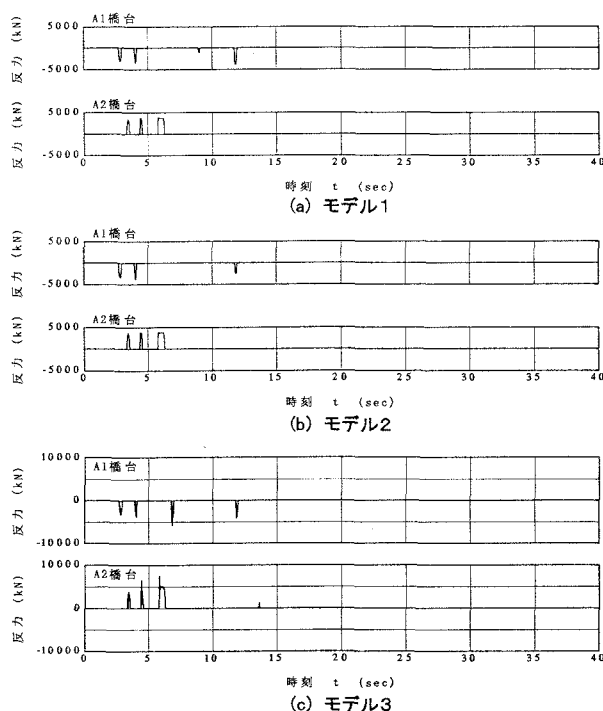


図-4 衝突パネ反力の比較(地震動Ⅱ-Ⅱ-1)

(3) 解析モデルの比較

モデルの適用性を検討するため、図-2に示すモデル1～3について、2径間連続桁橋3波、5径間連続桁橋6波27ケースの解析を行った。また、比較のため、主桁とパラペットが衝突しないケース(モデル0)についても同様に解析を行った。

応答変位、衝突力、橋台パラペットの応答変位などはモデル1～3で同様の値を得ている。

ここで、図-4に5径間連続桁橋のⅡ種地盤タイプⅡ地震における衝突パネ反力時刻歴の例を示す。モデル3における衝突力はスパイク状の波形が生じ、他のモデルに比較して大きい最大値を示したが、これはパラペット部の慣性力の影響によるものである。

また、図-5に5径間連続桁橋のⅡ種地盤タイプⅡ地震における変位時刻歴応答の例を示す。モデル1～3の間に大差なく、橋台部の影響を考慮した橋梁の挙動を簡便な1質点系モデルのうち最も簡便なモデル2で表現できることが分かる。これより、以後の検討はモデル2を用いることとした。

3. 橋台パラペット耐力及び剛性の影響

(1) 解析ケース

地震時に上部構造が両端の橋台に衝突する場合に

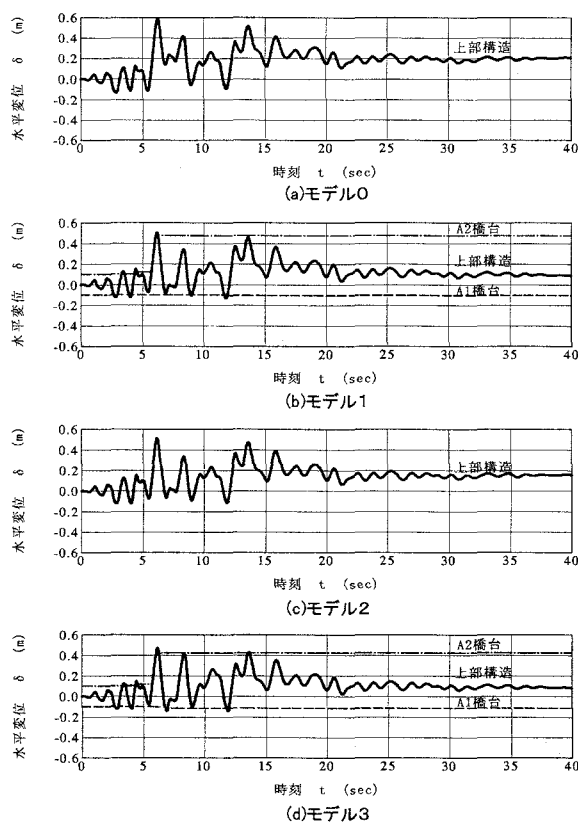


図-5 変位時刻歴応答の比較(地震動Ⅱ-Ⅱ-1)

橋台パラペット耐力や剛性が橋梁全体の応答に及ぼす影響を調べるため、橋梁上部構造の応答変位、応答加速度、橋台への衝突力に着目して、5径間、3径間、2径間連続橋梁に対してそれぞれ入力18波を用いて解析した。遊間はそれぞれの橋梁規模に応じた基本ケース(道示Ⅰによる算定値)としている。

パラペット耐力と解析ケースの関係は、図-3に示したものに加え、主桁とパラペットが衝突しないケースについても解析を行った。

ケース0: 0kN(パラペットが衝突しない)

ケース1: 3,800kN(基本モデル)

ケース2: 11,000kN(ウイング考慮)

ケース3: パラペットが降伏しない

(2) 解析結果

橋台パラペットの抵抗と上部構造の応答変位の関係を図-6に示す。パラペットが衝突しないケース0からパラペットが降伏しないケース3まで、パラペットの抵抗が増すに従って最大応答変位は低減されている。これより、パラペットを補強して十分な耐力を持たせたり、或いは橋台躯体部での変位拘束を図るようにすることにより上部構造の応答変位を制御することが可能になる。実橋梁の場合、この応答変位が着目する固定橋脚の許容塑性率相当以下にできれば、橋脚の耐震補強は不要になる。

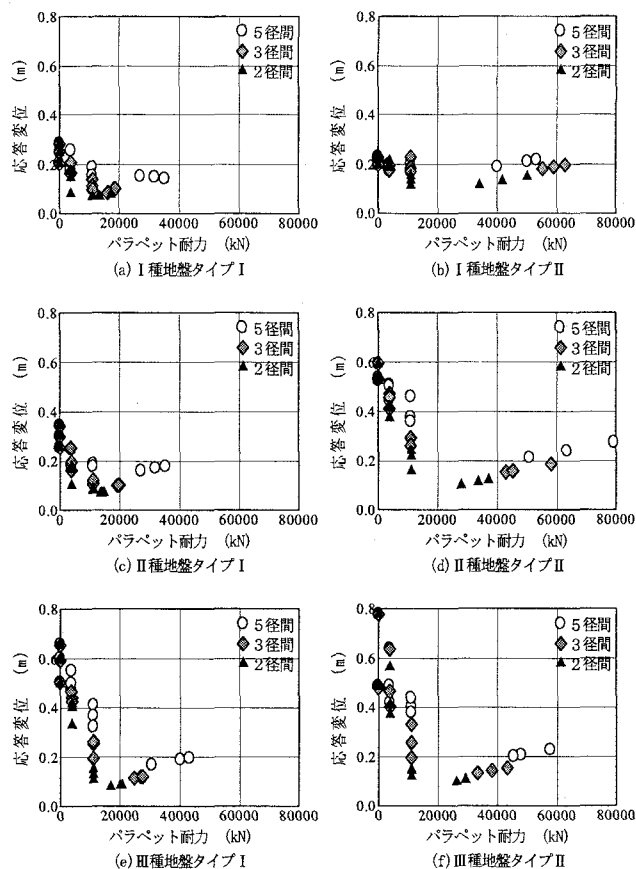


図-6 パラペットの抵抗と上部構造応答変位の関係

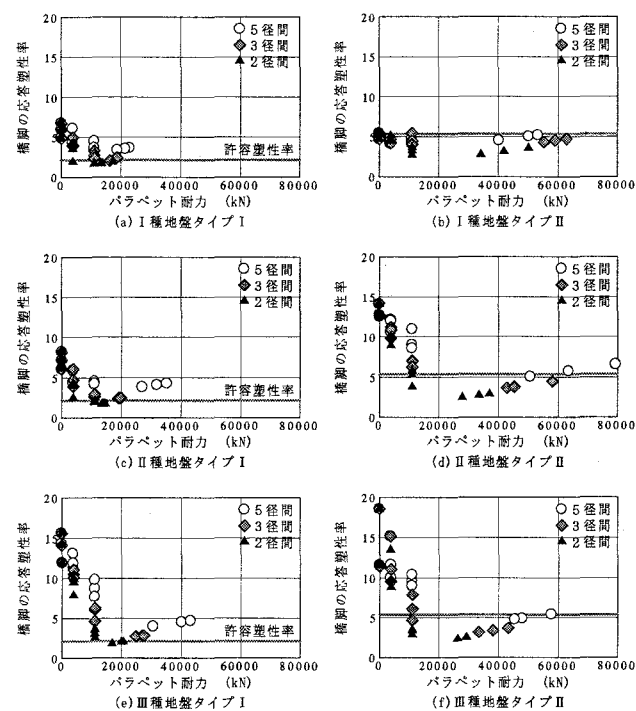


図-7 パラペットの抵抗と許容塑性率の関係

そこで、図-6の応答変位を着目橋脚の応答塑性率に置き換え、今回のモデル橋脚の許容塑性率との関

表-2 橋台の必要耐力

地盤種別	橋梁規模	橋台・背面土系耐力
I 種地盤	5 径間	20,000kN
	3 径間	20,000kN
	2 径間	11,000kN
II 種地盤	5 径間	40,000kN
	3 径間	20,000kN
	2 径間	11,000kN
III 種地盤	5 径間	40,000kN
	3 径間	30,000kN
	2 径間	20,000kN

係を示したのが図-7である。この図より2径間連続程度の小規模橋梁は、橋台ウイングの抵抗を考慮すれば現状でも耐震性能を満足するケースが多いことが分かる。また、規模の大きい橋梁においては特にタイプ I 地震に対して橋台部の補強のみでは対応が難しく、次に述べる桁遊間の調整による対応が必要となる。

4. 桁遊間の影響

(1) 解析ケース

桁遊間が橋梁全体の応答に及ぼす影響を検討するため、図-7に基づき表-2に示すように橋台を必要耐力に補強したモデルを用い、遊間は前述した6ケースについてそれぞれ解析を行った。

(2) 解析結果

桁遊間と着目橋脚の許容塑性率の関係を図-8に示す。この図より、橋台の補強だけでは対応の難しいタイプ I 地震に対しても、橋台を適切に補強したうえで遊間を小さくすることにより、着目橋脚の許容塑性率以下の応答に抑えることは可能であることが分かる。この場合、最も応答の大きくなるⅢ種地盤においても大規模橋梁で道示 I による算定値の1/4程度、中規模橋梁で同じく1/2程度まで遊間を小さくすれば耐震性能が満足できる。

ただし、実際の橋梁に適用するには常時の機能確保について別途検討が必要となる。

9. まとめ

以上の検討結果をまとめると次のとおりとなる。

(1) 両端に橋台を持つ既設の連続桁橋において上部構造と橋台の衝突が生じる場合、桁遊間と橋台パラペットの抵抗を適切に設定すれば橋梁全体の応答を

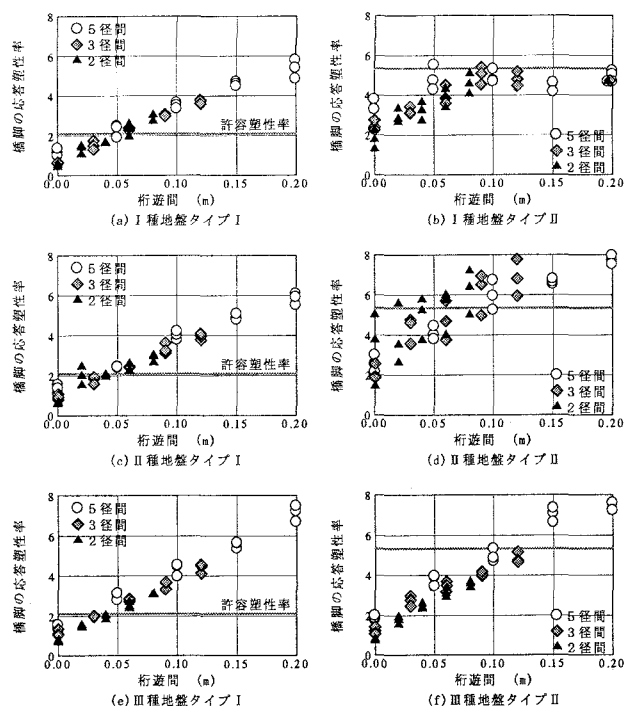


図-8 桁遊間と許容塑性率の関係

効果的に低減することが分かった。

(2) 橋梁全体の応答低減効果は両端の橋台および背面土、遊間をスリップ型バイリニアバネで表現した1質点系の簡便なモデルにより計算が可能であることが分かった。

(3) モデル橋梁について試算した結果、最も応答の大きくなるⅢ種地盤においても、橋台を適切に補強したうえで遊間を1/2～1/4程度に小さくすることにより、耐震性能が満足できることが分かった。

(4) 橋台部の抵抗特性の評価については、さらに実験的な検証を含めて検討する必要がある。

参考文献

- 1) 大塚久哲, 田中智行, 愛敬圭二, 柚辰雄: 既設連続箱桁橋における免震化および橋台背面土の抵抗を考慮した耐震補強対策, 橋梁と基礎, Vol.35, No.10, pp. 33-39, 2001.10
- 2) 西岡勉, 運上茂樹: 両端部に橋台を有する既設連続桁橋梁の地震時挙動に関する研究, 既設構造物の耐震補強に関するシンポジウム論文集, pp.23-30, 2002.11