

長大橋可動支承の移動制限が 隣接橋に及ぼす影響

武野志之歩¹・伊津野和行²

学生員 立命館大学大学院 理工学研究科環境社会工学専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

正会員 工博 立命館大学助教授 理工学部土木工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

連続高架橋が埋立地等を結ぶ際、埋立地間の水路を跨ぐため長大橋が用いられることが多い。このように、極端に固有周期が異なる振動系が隣接する際、その連結部には予想以上の相対変位が生じ、可動支承の移動制限装置などでは、大きな荷重が作用することが考えられる。連結部に荷重が発生すると、構造系全体に影響を及ぼす可能性がある。本研究では、長大橋の両側径間に中小橋梁を設け、連結部における衝突が構造系に与える影響を調べた。その結果、長大橋可動支承で衝突が起こることにより、可動端橋脚の負担が増加する傾向がみられた。また、隣接する振動系の固有周期に着目すると、一定の規則性の存在が伺えた。

Key Words : relative displacement, displacement limiting device, seismic interactive response

1. はじめに

道路橋示方書の改訂を受け、新設橋梁だけでなく既存道路橋の耐震補強に際しても、耐震性を考慮してゴム支承が用いられる傾向にある。しかし、長大橋梁のように上部構造が大きい構造物に対しては、依然として鋼製支承を用いなければならず、支承の移動制限量に関する検討を行う必要がある。現行の道路橋示方書¹⁾では、可動支承の移動制限量を温度変化や活荷重によるたわみ量から算定している。しかし、隣接する振動系の固有周期が著しく異なってくる場合、地震時における挙動は複雑になることが予想され、連結部では設計上考慮しなかった相対変位量を示す可能性がある。新しい耐震設計法により、大地震時の構造物の挙動を検討する手段として、動的解析を用いる必要性は高まってきている。しかし、実際の作業量を考慮すると簡易な方法も有効であり、相対変位スペクトルの検討²⁾も行われている。よって、本研究では、上部構造と下部構造の相互作用や隣接構造径間における相互作用がそれぞれの連結部に及ぼす影響を調べ、相対変位量の規則性について検討した。

2. 解析モデル

固有周期が著しく異なる振動系が隣接する例としては、いくつかのケースが考えられる。ここでは、連続高架橋

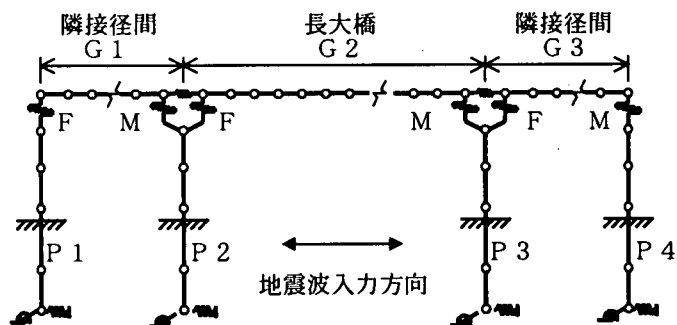


図1 解析モデル (全体)

が埋立地等を結ぶケースを対象としている。長大橋を埋立地間の水路を跨ぐために設け、そのアプローチ橋として中小橋梁が隣接している場合を想定した。

本研究では、連結部の橋軸方向の挙動を検討するため、2次元モデルとしてモデル化を行った。

橋軸直角方向の地震動が橋軸方向に影響を与えることは十分に考えられるが、今回は、考慮しないものとした。全体モデルを図1に、橋脚の詳細モデルを図2に示す。モデル作成に際しては、上部構造・下部構造及び基礎構

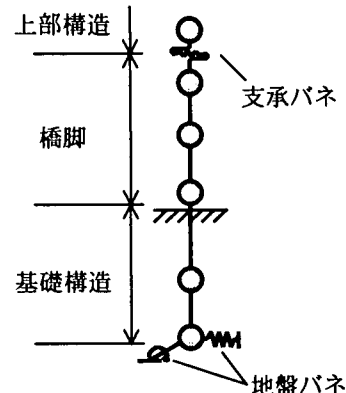


図2 解析モデル (詳細)

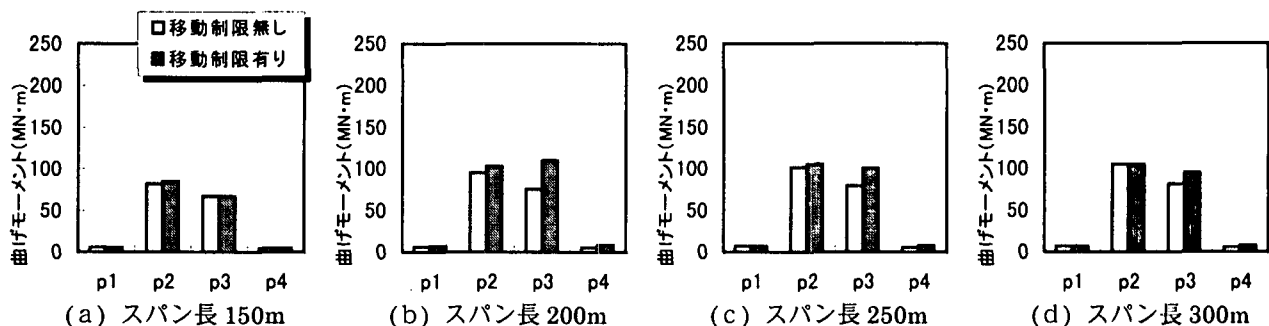


図3 橋脚基部における曲げモーメント (地震波①)

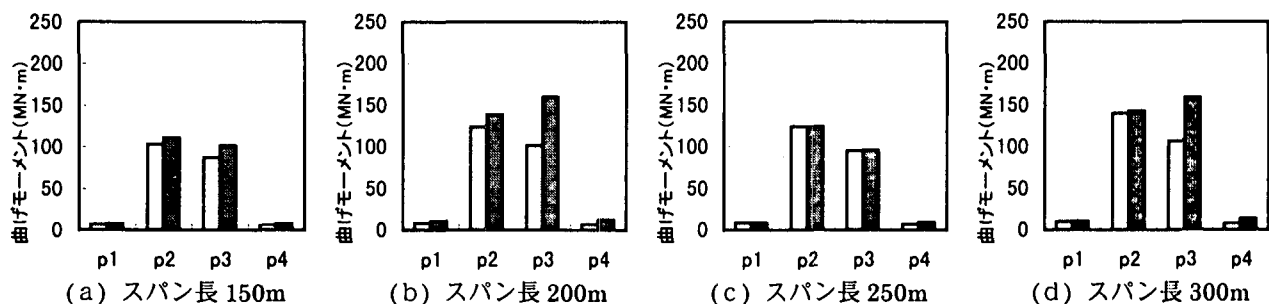


図4 橋脚基部における曲げモーメント (地震波②)

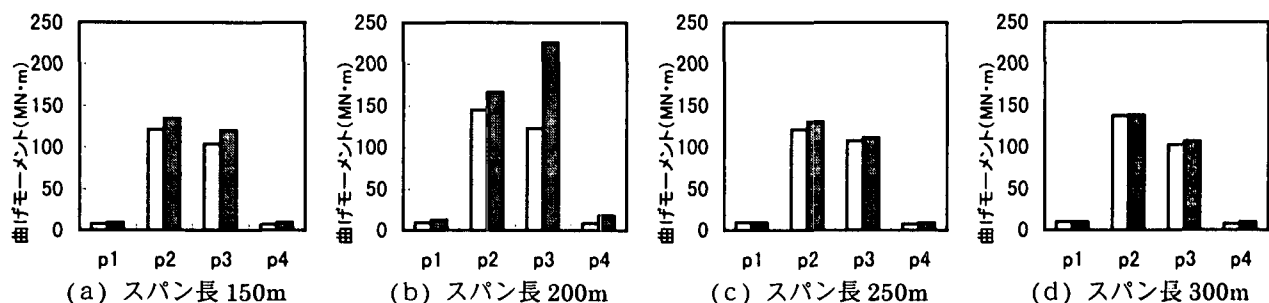


図5 橋脚基部における曲げモーメント (地震波③)

造をすべて線形はり部材とし、地盤に関しては水平・鉛直・回転方向を考慮したバネとしてモデル化を行った。固定支承は剛性の高いバネを水平・鉛直方向に設定し、橋軸直角方向を軸とする回転方向は、自由に挙動できるように設定した。可動支承に関しては移動制限を考慮したバネによりモデル化を行い、移動制限値内ではバイリニア型の履歴特性を描くよう設定している。

長大橋スパン長の変化が、隣接区間に及ぼす影響を検討するため、スパン長として150m・200m・250m・300mの4ケースを設定した。各ケースにおけるモデルの桁重量は、スパン長と鋼重がある程度の比例関係を有している³⁾ことを前提とし、算定している。次に、桁部材の断面二次モーメントに関しては、桁を単純ばりと仮定して最大たわみ量を算出し、示方書に記載されている許容たわみ量に収まるよう検討した。

上部構造のスパン長が変化するのにともない、支持橋脚が負担する重量も大きく異なってくる。よって、支持橋脚の断面形状に関しても、個々に検討する必要がある。ここでは簡単のため、各ケースとも橋脚高さ25mの単柱として扱い、それぞれの上載荷重に対して試

設計^{4)・5)}を行った。

入力地震波は、兵庫県南部地震時に阪神高速5号湾岸線東神戸大橋付近の地盤で観測された波形のうちのEW成分(以下、地震波①と表記)と、道路橋示方書V耐震設計編に適合する標準地震入力例のうち、Ⅲ種地盤用type2のEW成分(地震波②)及び同type1のEW成分(地震波③)を用いた。

3. 可動支承の移動制限による影響

ここでは、可動支承の移動制限装置の有無が、下部構造に与える影響について検討する。図3・図4・図5は、各橋脚基部に生じる曲げモーメントの最大値を示したものであり、それぞれ地震波①・②・③を入力した時の応答値である。図中のP2・P3橋脚は、長大橋を支持する橋脚であり、P1・P4橋脚は隣接中小橋梁を支持する橋脚である。いずれのケースにおいてもP1・P4橋脚と比較してP2・P3橋脚に作用するモーメント量が突出している。入力地震動による比較を行うと、地震波①の入力時に作用するモーメントが全体的に最も小さく、スパン長が200m

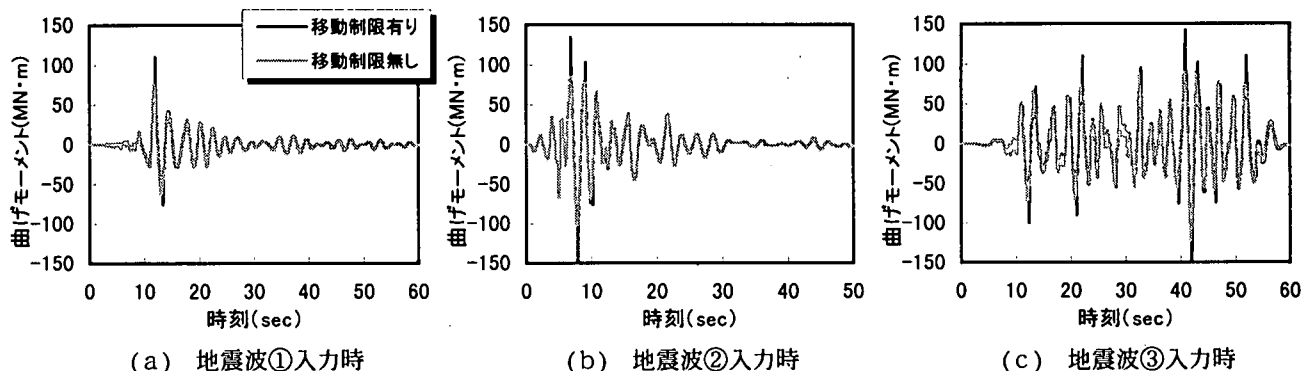


図6 長大橋可動端橋脚基部における曲げモーメント

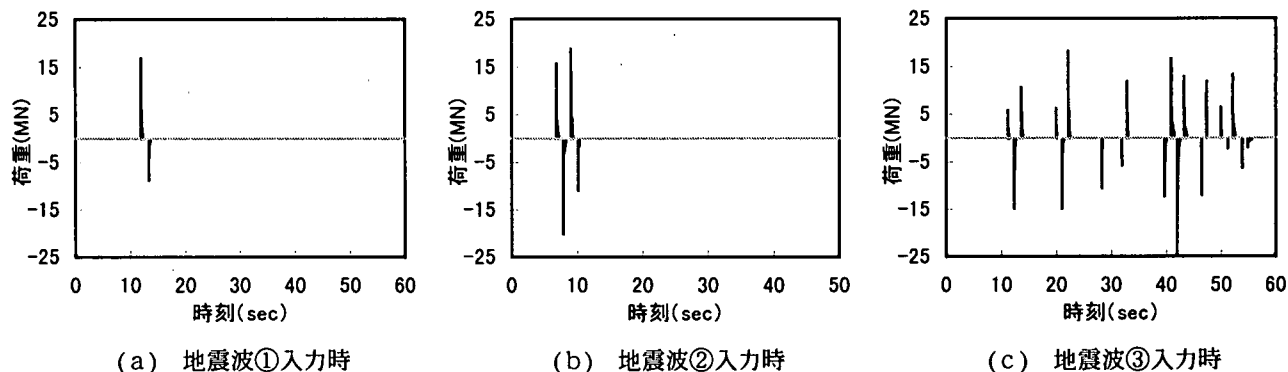


図7 長大橋可動支承に作用する荷重

時には地震波③の入力時に、スパン長 300m では地震波②の入力時に最も大きい値を示している。

次に、移動制限の有無による影響を調べる。長大橋可動支承の移動制限を考慮することによって、橋脚基部におけるモーメントは例外なく増加する傾向を示している。特に影響が見られるのは、地震波①～③で長大橋のスパン長が 200m の各ケースと、スパン長 300m 時に地震波②を入力したケースで、その増加率は 1.4 倍から 1.8 倍に及んでいる。また、増加が著しいのはいずれも長大橋可動端を支持する橋脚となっている。

ここで、長大橋可動端を支持する P2 橋脚の基部に作用するモーメントと、長大橋可動支承に作用する荷重の関係について、応答波形により検討を行う。図6は橋脚基部モーメントの応答波形を、図7は長大橋可動支承に作用する荷重について、それぞれ移動制限装置の有無による影響を比較したものである。支承部の荷重は、衝突バネの負担分を示した。また、橋脚基部モーメントに関しては、変化量の大きい長大橋可動端橋脚について示した。地震波は①～③を用い、スパン長はいずれの地震波に対しても、移動制限装置の有無による影響が最も顕著に現れた、中央径間が 200m の場合について示した。

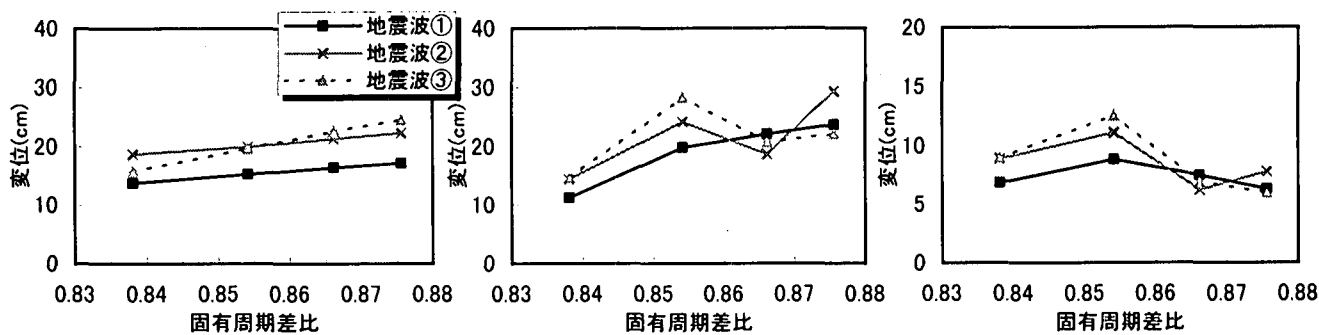
支承部に作用する荷重の応答波形をみると、いずれの地震波においても移動制限装置で衝突現象が起り、衝撃的な荷重が作用していることが分かる。最大値は、いずれの地震波に対しても、約 15MN・m で、地震波によって衝突回数に差が生じている。一方、橋脚基部モーメン

トの応答波形をみると、各モデルの支承部で衝突が発生する時刻とほぼ同時刻に作用モーメントに変化が現れていることが分かる。このことから、可動支承の移動制限装置で衝突現象がおこり、その衝撃的な荷重が橋脚基部にまで及んでいることが分かる。

以上、長大橋可動支承で移動制限値以上の相対変位が生じた場合、下部構造に及ぼす影響について示した。移動制限を考慮しない解析では、上部構造が挙動することにより固定端側橋脚の方に大きく影響を及ぼしているが、移動制限を考慮すると、支承部において衝突が起り、衝撃的な荷重が発生し、上部構造の挙動が両橋脚に均等あるいは可動端側の方に大きく影響を及ぼす傾向が伺えた。地震波やスパン長の違いによっては、支承部の衝突現象が構造系に与える影響が大きく、移動制限量について詳細な検討が必要と考えられる。

4. 固有周期差と応答相対変位

前節では、可動支承における衝突が可動端側橋脚に及ぼす影響について示した。ここでは、連結部の地震時における挙動特性を調べる。連結部の相対変位量を決定づける要因としては、桁重量、スパン長、部材特性等、様々なものが挙げられるが、簡単のため各振動系ごとの固有周期に着目し、連結部の適切な移動制限量について検討を行う。ただし、ここでの振動系は、長大橋 (P2・P3 橋脚+G2 桁) と両側径間として扱う。



(a) 隣接径間を考慮しない場合 (b) 隣接径間を考慮した場合

図8 長大橋可動支承における相対変位

図9 G1桁可動支承における相対変位

各振動系における固有周期を表1に示す。Case1-1～1-4では図1に示した解析モデルを対象範囲とし、長大橋のスパン長をそれぞれ変化させて解析を行っている。次に各振動系固有の挙動をみるため、Case2-1～2-4で長大橋(P2・P3橋脚とG2桁)のみで解析を行った。これは、今回モデルを作成するにあたって、試設計を行った範囲に相当する。隣接径間を考慮した場合と比較すると、固有周期が1割程度短くなっている。Case3は隣接径間を支持する橋脚(P1・P4橋脚)で、上部構造であるG1桁あるいはG3桁に相当する重量を橋脚柱頭部に載荷して、解析を行っている。

ここで、固有周期差比と各可動支承での相対変位について、その相関性を調べる。これらの解析は、実質的に相対変位量がいかに生じるか検討するため、移動制限は考慮していない。固有周期差比は、道路橋示方書に記載されているものを用いた。図8に長大橋(G2桁)可動支承における相対変位を示す。図8aは隣接径間を考慮しないケースであり、図8bは隣接径間を考慮した場合を示した。長大橋のみを対象として解析を行った場合、いずれの地震波に対しても、スパン長に比例して相対変位量が増加する傾向が伺える。また、各ケースにおける相対変位量は、本モデルで設定している温度変化を考慮した移動制限値と比較して、約1.8倍(スパン長150m時)から約1.2倍(スパン長300m時)に増加している。

一方、隣接径間の桁及び橋脚を考慮すると、隣接径間を考慮しなかった場合と比較して、固有周期差比が約0.84では相対変位量が減少し、約0.85では増加する傾向がみられた。また、本モデルの設定移動制限値と比較すると、スパン長が200mの時に地震波①～③に対する応答値の平均が約2倍に達しているが、他のスパン長の平均値は、約1.4倍程度に収まっている。

図9に側径間のG1桁可動支承で生じる変位を示す。G3桁に関しては、変位量が移動制限値内に収まっていたため省略した。G1桁は、長大橋の固定端側の側径間であるが、こちらの可動支承においても長大橋のスパン長が200m時に最も大きい相対変位量を示している。また、3

表1 固有値解析結果(1次)

ケース No	解析対象 (長大橋スパン長)	固有周期	有効質量比
Case1-1	全体 (150m)	2.19sec	62%
Case1-2	全体 (200m)	2.36 sec	63%
Case1-3	全体 (250m)	2.52 sec	63%
Case1-4	全体 (300m)	2.67 sec	64%
Case2-1	中央径間 (150m)	1.92 sec	61%
Case2-2	中央径間 (200m)	2.12 sec	61%
Case2-3	中央径間 (250m)	2.32 sec	62%
Case2-4	中央径間 (300m)	2.49 sec	63%
Case3	側径間橋脚	0.31 sec	49%

つの地震波に共通した、挙動特性を示している。

以上、固有周期差比と可動支承の相対変位量について検討を行った。その結果、今回対象としたモデルでは、長大橋のスパン長が200m、隣接径間との固有周期差比が約0.85の場合、いずれの地震波に対しても突出して影響があらわれる可能性が示された。

5. まとめ

- (1) 長大橋可動支承の移動制限装置の存在により、支承部では衝撃的な荷重が発生し、長大橋可動端を支持する橋脚に影響を与える可能性がある。
- (2) 長大橋と隣接中小橋梁の固有周期差比に着目すると、連結部の相対変位量に規則性が存在する可能性が示された。今後、より詳細な検討を行い、衝突を回避する方策を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, V耐震設計編, 1996.
- 2) 川島一彦・佐藤貴志:相対変位応答スペクトルの提案とその適用, 構造工学論文集, Vol. 42A, pp. 645～652, 1996.
- 3) 日本橋梁建設協会:デザインデータブック, 1997.
- 4) 中井 博・北田俊行:橋梁工学, 共立出版株式会社, 1997.
- 5) 中井 博・北田俊行:鋼橋設計の基礎, 共立出版株式会社, 1992.