

橋梁支点条件変更による耐震補強設計について

飯野 克宏¹・能村 侑里¹

¹富山河川国道事務所 道路管理第二課 (〒930-8537 富山市奥田新町2番1号)

雄峰大橋2について道路橋示方書に基づいて耐震性能照査を実施したところ、レベル2地震動に対する耐震性能を満たしていない結果となった。しかし、雄峰大橋2は堤防内橋脚を有しており、その橋脚を耐震補強する場合、堤防開削や仮堤防の設置が必要となる。それらを回避するため、堤防内橋脚と隣接する橋台について動的解析を行い、支承条件を変更した耐震補強設計について報告する。

キーワード 堤防内橋脚, 耐震補強, 可動化, 動的解析, コスト縮減

1. はじめに

近年、国内で多発している地震による橋梁の落橋及び倒壊を回避するため、耐震補強の事業が促進されている。

富山河川国道事務所管内の雄峰大橋2について耐震性能照査を実施したところ、レベル2地震動に対する耐震性能を満たしていない結果となった。

しかしながら、雄峰大橋2は堤防内橋脚を有しており、耐震補強として橋脚巻立てを実施する場合、既設の堤防の開削や仮堤防の設置といった大規模な工事が必要となるため、工事工程等に影響を及ぼすことが懸念された。

本文では、河川協議に伴う条件等を考慮した上で橋梁の支点条件を変更して動的解析を行い、その結果を踏まえた耐震補強設計について報告するものである。

2. 雄峰大橋の概要

国道8号の富山県富山市水橋二杉地先に位置する雄峰大橋2は、一級河川の常願寺川上に架かる橋長482mの橋梁であり、1983年から供用されている。位置図を図-1に示す。橋梁形式については、上部構造が4径間連続鋼床版箱桁橋+3径間連続鋼床版箱桁橋+単純鋼非合成箱桁橋で、下部構造が逆T式橋台1基、壁式橋脚2基、T型橋脚6基である。

雄峰大橋2は供用されてから37年経っていることもあり、耐震性能照査の結果は橋脚の巻立補強や落橋防止システムの設置が必要と判断された。そのため、前記の問題も踏まえ、堤防内のP17橋脚と隣接するA2橋台の耐

震補強について検討を行った。検討対象区間を図-2、堤防内のP17橋脚について図-3、検討対象区間位置図を図-4に示す。



図-1 位置図

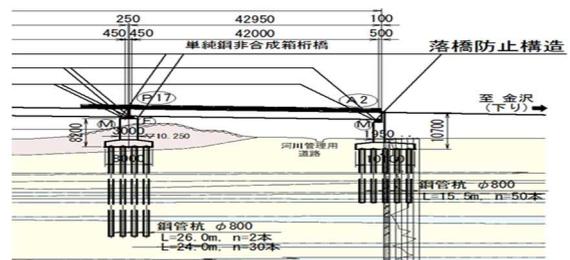


図-2 雄峰大橋2 検討対象区間



図-3 雄峰大橋2 堤防内橋脚(P17)



図4 雄峰大橋 2 検討対象区間位置図

3. 動的解析による耐震性能照査

(1) 解析手法の選定

一般的に耐震性能照査を実施する場合、地震時保有水平耐力法（静的解析）が用いられる。しかし、雄峰大橋2は堤防内に橋脚を有していることから、P17橋脚とA2橋台の地震時水平力の分担をより詳細に評価する必要がある。そのため、P17橋脚の周辺地盤からの影響を考慮し、P17橋脚とA2橋台間について動的解析を実施した。解析モデル図を図5に示す。

(2) 耐震補強工法検討

動的解析を用いて、以下の3案について検討を実施した。

a) ケース1：P17固定・A2可動案（地盤抵抗考慮なし）

現況の支承条件で動的解析により照査を実施したケース。P17の周辺地盤の抵抗は考慮していない。

b) ケース2：P17可動・A2固定案（地盤抵抗考慮なし）

P17橋脚への水平力の作用を回避するために、P17橋脚を可動化した上で、A2橋台を固定化したケース。P17の周辺地盤の抵抗は考慮していない。

c) ケース3：P17固定・A2可動案（地盤抵抗考慮あり）

現況の支承条件で動的解析により照査を実施した場合で、P17橋脚の周辺地盤の抵抗は考慮したケース。P17橋脚は堤防で保護されているが、堤防は十分締め固められた地盤であり、かつ、掘削でなくなることはない地盤であること、河川方向に連続している地盤であること等から、地盤抵抗が期待できると考え、その地盤抵抗を考慮した解析を実施した。地盤抵抗の考え方は、既設橋梁の耐震補強工事例集に基づき設定した。抵抗バネの概要を図6に示す。

動的解析による検討の比較結果について表-1に示す。検討の結果、地盤の抵抗を考慮するケース3においても、固定化である場合のP17橋脚の耐震性能照査を満足

することができなかった。それに対して、橋脚を可動化するケース2では、せん断耐力曲げ耐力ともに満足する結果が得られた。

以上より、ケース2のP17橋脚を可動化、A2橋台を固定化する案を採用した。

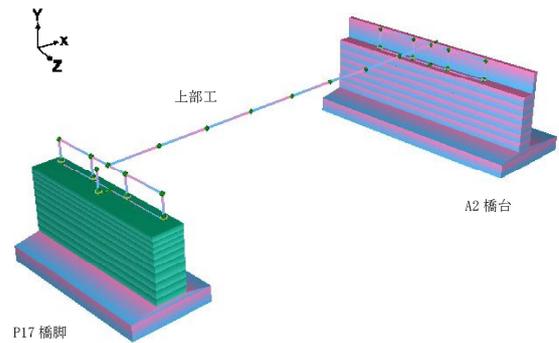


図5 雄峰大橋 2 (P17-A2間) 解析モデル図

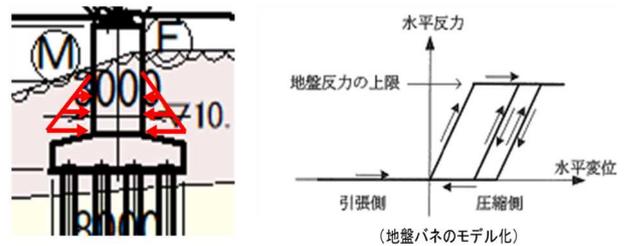


図6 堤防の地盤バネのモデル化概要

表-1 動的解析による検討の比較結果

	P17橋脚耐震性能照査				評価
	橋軸方向		橋軸直角方向		
	曲げ	せん断	曲げ	せん断	
ケース1	NG	NG	OK	OK	×
ケース2	OK	OK	OK	OK	○
ケース3	NG	NG	OK	OK	×

4. 支点条件変更についての設計

(1) P17の可動化について

現況のP17橋脚は固定であり、支承は図-7の通りとなっている。可動化させるため、現在の支承の固定化しているサイドキーをガス切断し、その上で、水平力分担構造として鋼製ストッパーを設置する方針とする。鋼製ストッパーの計画図を図-8に示す。



図-7 P17 橋脚支承の可動化

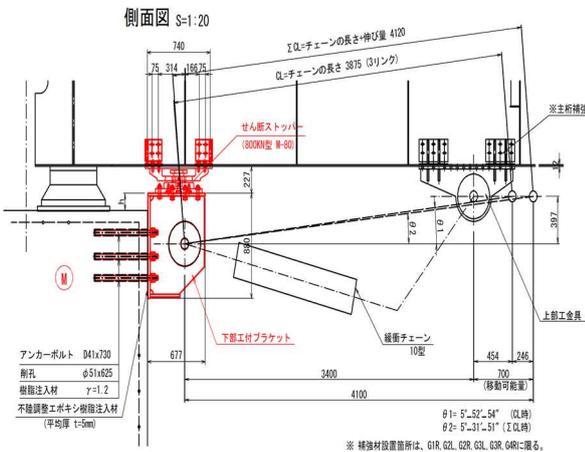


図-8 P17 橋脚 鋼製ストッパー計画図

(2) A2の固定化について

A2橋台の現況は可動である。A2橋台を固定化させるため、水平力分担構造を橋軸方向の遊間を0にして設置する方針とする。動的解析によって算出されたA2橋台支承部に作用するレベル2地震動作用時に対応する鋼製ストッパーを設置することによって固定化させる。鋼製

ストッパーの計画図を図-9に示す。

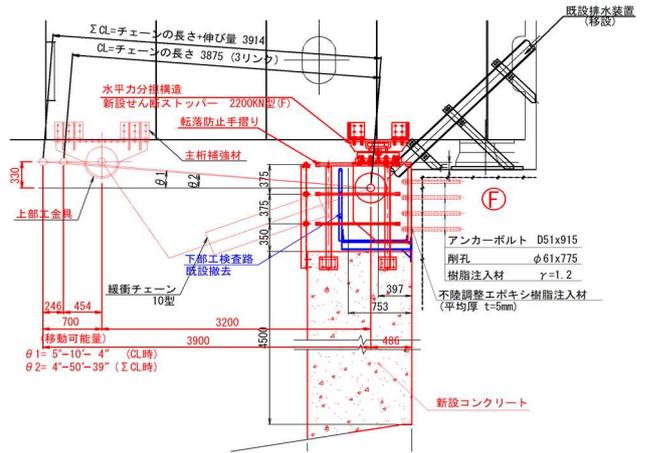


図-9 A2 橋台 鋼製ストッパー計画図

5. A2橋台の耐震補強設計

(1) A2橋台固定化した際の耐震性能照査

A2橋台は固定化されることで、当初設計で考慮されていなかった地震時の水平力が作用することになる。道路橋示方書より、橋台の場合は、レベル2地震動に対する耐震性能照査を実施する必要はないが、レベル1地震動に対する照査は必要となる。解析手法はレベル1地震動の耐震性能照査であることから、静的解析を実施したが、耐震性能を満足しない結果となった。その結果を表-3に示す。

表-3 A2 橋台耐震性能照査結果

	A2橋台耐震性能照査				評価
	圧縮心力度(N/nm ²)		引張心力度(N/nm ²)		
	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}	
常時	1.89	7	29.5	180	○
地震時	9.85	10.5	519.6	270	×

(2) A2橋台固定化した際の補強方針

橋台は背面から土圧を受ける構造物であることから、耐震性能照査で最も厳しいケースとなるのは、背面側から地震動が作用するケースである。背面側の引張応力度が超過することとなるため、背面側にRC増し厚を実施して鉄筋量を増やすことが効果的な補強である。しかしながら、供用中では背面側を掘削して補強を実施するのは不可能である。

以上より、前面側で補強を実施する方針とする補強方法としては、以下の2案が考えられた。

a) ケース1：鋼製ストッパー設置+前面増し厚案

鋼製ストッパーで固定化した上で、不足耐力を補うた

めに前面に増し厚を実施した案

b) ケース2：ダンパー設置+前面増し厚案

A2 橋台を固定化する方法としてダンパーを設置した上で、不足耐力に対する増し厚を実施する案。ダンパーがエネルギー吸収するので、橋台前面のRC増し厚の規模が小さくなる。

検討結果の比較表を表-4に示す。ダンパーを設置する場合の前面増し厚は750mm、鋼製ストッパーを設置する場合の増し厚は1200mmとなった。これらを比較した結果、ダンパーを設置する効果が十分に得られないことが確認できた。

以上より、A2橋台の補強方針は、ケース1の鋼製ストッパーで固定化した上で不足耐力を補うために前面に増し厚を実施する方針とした。橋台補強の検討結果モデル図を図-10に示す。

表-4 A2 橋台補強方針比較表

	鋼製ストッパー設置+前面増し厚案	ダンパー設置+前面増し厚案
補強概要	鋼製ストッパーで固定化した上で、不足耐力を補うために前面に増し厚を実施した案	A2橋台にダンパーを設置した上で、不足耐力に対する増し厚を実施する案。ダンパーがエネルギー吸収するので、増し厚の規模が小さくなる。
概算工事費	概算工事費	概算工事費
	A2橋台前面増し厚(1200mm)	A2橋台前面増し厚(750mm)
	鋼製ストッパー(材)	ダンパー(材)
	鋼製ストッパー設置	ダンパー設置
	間接工事費	間接工事費
	概算工事費	概算工事費
評価	○	

6. 橋脚補強を実施した場合との比較検証

これまで、P17橋脚の耐震補強を回避することを目的として耐震性能照査を実施し耐震設計を行ってきた。支承条件を入れ替えることによって、どの程度経済的な効果があるのか確認するため、P17橋脚に巻立てを実施する場合と支承条件を入れ替えて耐震補強する場合について検証を実施した。

比較検討の結果について表-5に示すが、P17橋脚に巻立てを実施する場合に、堤防の開削や仮堤防を設置すること等を考慮すると、支承条件を入れ替えた場合の方が有利な結果となった。

以上から、P17橋脚を可動化、A2橋台を固定化した耐震補強設計による経済的な効果が得られることが確認できた。

表-5 P17 橋脚補強方針整理比較表

	P17橋脚補強案	A2補強案
補強概要	P17橋脚のため堤防の開削を行って、P17橋脚をRC巻立てを実施する案	A2橋台を可動→固定、P17橋脚を固定→可動とすることで、P17橋脚の補強を回避し、A2橋台に前面増し厚を実施する案
概算工事費	概算工事費	概算工事費
	本堤設置撤去工	A2補強工
	仮堤設置撤去工	
	P17橋脚補強	
	間接工事費	間接工事費
	概算工事費	概算工事費
評価		○

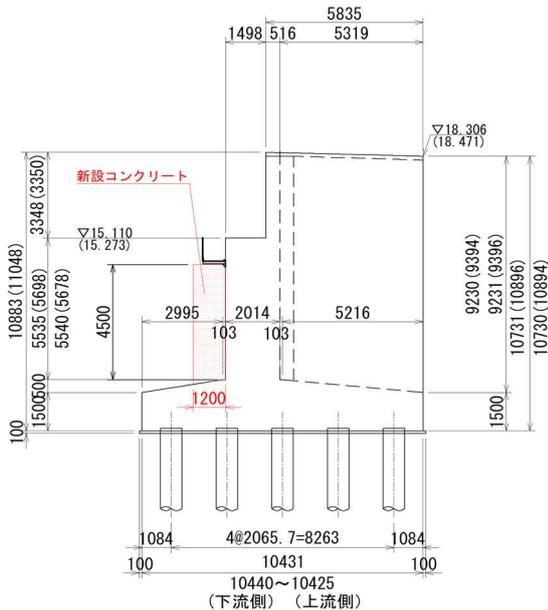


図-10 A2 橋台 補強検討結果モデル図

7. まとめ

本検討では、P17橋脚とA2橋台について動的解析により解析精度を高めた上で、支承条件を入れ替えることによって耐震性能を満足することが確認できた。

また、A2橋台は固定化することによって水平力が分担され、レベル1地震動に対して橋台の前面増し厚補強が必要となったが、支承条件を入れ替えずに耐震補強をした場合と比較すると、堤防開削や仮堤防の施工を回避できることから、大幅なコスト縮減につながった。

謝辞：本論文を作成するにあたり、ご指導ご協力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。