

『橋梁全体の耐震性向上による、対策困難橋脚の補強対策』

株式会社フジヤマ 社会基盤整備部

片 橋 直 樹 大 庭 良 隆 小 島 太 郎
 大 橋 昭 宏 須 崎 竜 太

1. はじめに

近年大規模地震の逼迫性が指摘されており、緊急輸送道路上の橋梁は、大規模地震時でも「軽微な損傷に留まり、速やかな機能回復が可能となる対策」が求められている。具体的な対策は、①橋脚の耐震補強、②支承部のレベル2地震動への対応、③落橋防止システムの整備の3点である。

本設計は、NEXCO 中日本が管理する名古屋第二環状自動車道に架かる、鋼2径間連続非合成鈹桁・鋼3径間連続非合成鈹桁（図-1）の橋脚6基（PC張出し式橋脚（4基）、鋼製張出し式橋脚（2基））について、耐震性能照査と耐震補強設計を実施するものである。

対象橋梁下には、本橋の橋脚を挟んで国道302号（交通量43,365台/日^{*1}）が並走している。また、P4橋脚（鋼製）は国道302号の橋台と、P5橋脚は国道302号の橋脚基礎と一体構造の特殊な構造形式である。（図-2、図-3）。

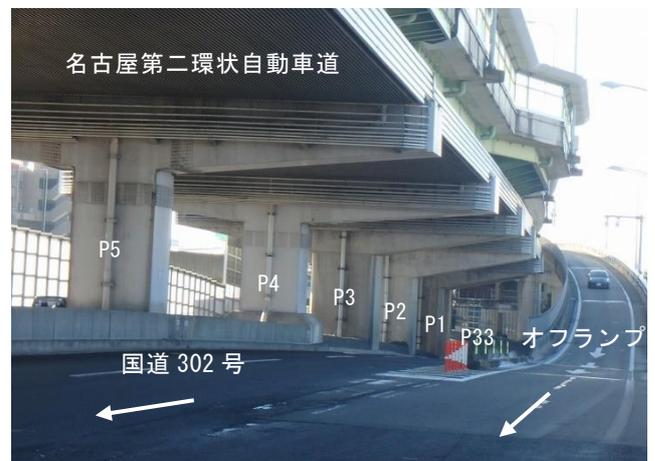


図-2 対象橋梁下の周辺状況

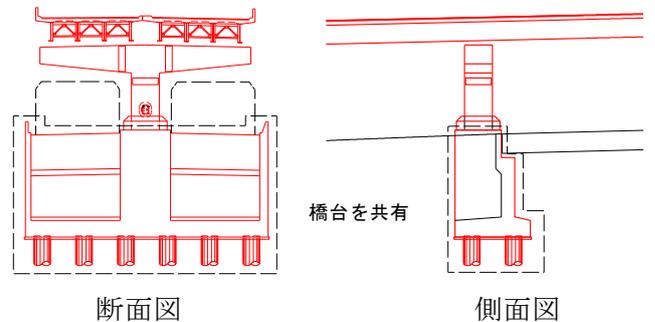


図-3 P4橋脚構造

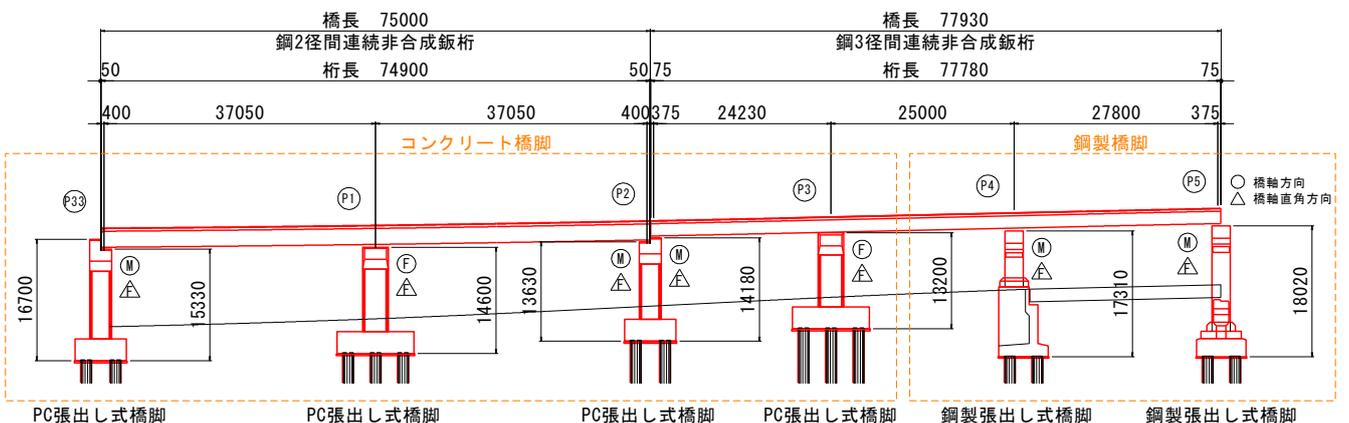


図-1 対象橋梁の側面図

2. 課題・問題点

柱下端部とコンクリート橋脚の段落し部，鋼製橋脚の中空断面部について，曲げ耐力やせん断耐力，アンカーフレーム耐力を照査した．結果，P5 橋脚を除いた橋脚において曲げ耐力やせん断耐力，橋軸直角方向のアンカーフレーム耐力が NG となった（表-1）．

なお，P4 橋脚柱下端の橋軸直角方向のアンカーフレーム耐力が不足する原因は，①アンカーボルト径が P5 橋脚に比べて約 30%程度小さく，もともとアンカー耐力が小さいこと．②使用鋼材に降伏強度の高い SM490Y 材を使用しているため，SM400A 材を使用している P5 橋脚より，応答値が大きくなったと考えられる．

P4 橋脚補強対策工としては，アンカーボルト及びベースプレートの増設（部材補強）が想定される．業務上の課題は，以下の2点である．

(1) 建築限界の課題

アンカーボルト及びベースプレートの増設（部材補強）では，国道 302 号の建築限界を侵すことが想定され，建築限界を踏まえた耐震補強設計が求められる．

(2) 補強工事の難易度

P4 橋脚は国道 302 号橋台と一体構造のため，橋台の既設鉄筋に影響を与えずに対策工を実施することは現実的に困難である（図-4）．

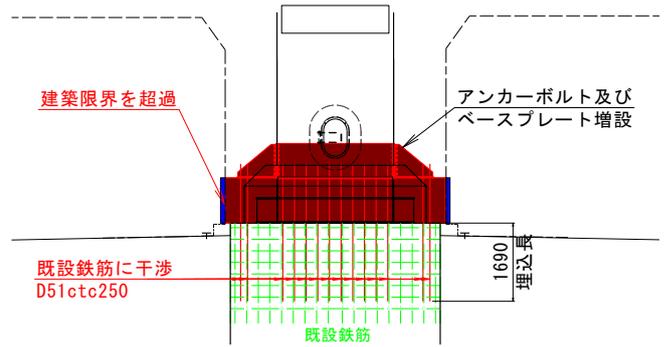


図-4 アンカー補強概要図

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

(1) 3D レーザー計測による建築限界との余裕幅

補強対策を検討する上で，国道 302 号建築限界と P4 橋脚との余裕幅を確認することが重要である．安全性を考慮し，3D レーザー計測を実施した．結果，ベースプレートの根巻きコンクリート側面と国道 302 号の建築限界との余裕幅が 86mm であることを確認した（図-5）．

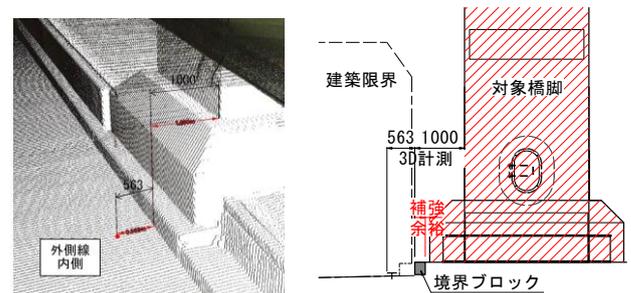


図-5 3D レーザー一点群データ（P4 橋脚）

表-1 既設照査の結果一覧表

照査部材	照査方向	橋梁形式	鋼2径間連続非合成鈹桁						鋼3径間連続非合成鈹桁					
			M		F		M		F		M		M	
			P33		P1		P2		P3		P4		P5	
			PC張出し式橋脚						鋼製張出し式橋脚					
橋脚	柱下端	橋軸	曲げ耐力	OK	NG(1.43)	OK	NG(1.21)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
			せん断耐力	OK	NG(1.30)	OK	NG(1.36)	—	—	—	—	—	—	
			アンカーフレーム耐力	—	—	—	—	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	橋軸直角	曲げ耐力	NG(1.26)	NG(1.05)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
		せん断耐力	OK	NG(1.05)	OK	OK	—	—	—	—	—	—	—	
		アンカーフレーム耐力	—	—	—	—	—	—	NG(1.34)	OK	OK	OK	OK	
	段落し部	橋軸	曲げ耐力	OK	NG(1.13)	OK	OK	—	—	—	—	—	—	
			せん断耐力	OK	NG(1.28)	OK	NG(1.31)	—	—	—	—	—	—	
			曲げ耐力	NG(1.10)	NG(1.14)	NG(1.06)	NG(1.12)	—	—	—	—	—	—	
	橋軸直角	せん断耐力	OK	OK	OK	OK	—	—	—	—	—	—	—	
		橋軸	曲げ耐力	—	—	—	—	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
		橋軸直角	—	—	—	—	—	OK	OK	OK	OK	OK		
補強方針			曲げ補強 段落し補強	曲げ補強 せん断補強 段落し補強	段落し補強	曲げ補強 せん断補強 段落し補強	アンカー補強	—	—	—	—	—		

() は不足量を示す。 — は対象外を示す。

(2) 鋼製橋脚の対策工の検討

1) コンクリート橋脚の剛性向上

P4 橋脚のアンカーボルト及びベースプレート
の増設(部材補強)工法は、補強規模が大きくなり
施工が困難なことから、補強量に余地があるコン
クリート橋脚の補強規模を大きくすることにより、
P4 橋脚の応答値を低減させる対策を検討した。

コンクリート橋脚のじん性補強及び曲げ補強の
対策工法は、施工実績が多い「RC 巻立て補強」や
「鋼板巻立て補強」が一般的である。しかし、高架
下道路の建築限界との離隔が 132mm と狭いため
採用できない。このため、補強厚を薄く出来る「鋼
板+連続シート」の併用工法を採用した(図-6)。

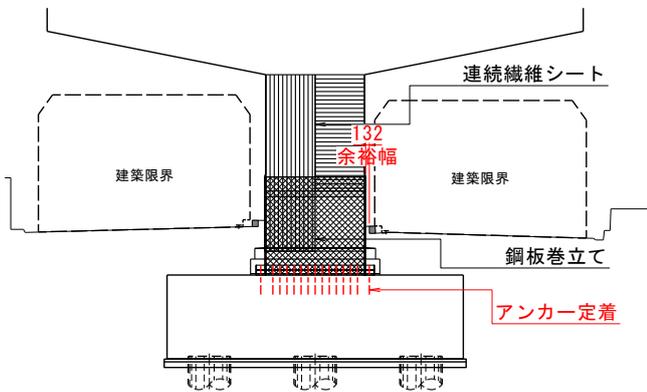


図-6 併用工法概要図(コンクリート橋脚)

今回、採用した併用工法は、フーチングにアン
カー定着する工法のため、補強橋脚の剛性が高ま
り、応答値が大きくなり、結果として P4 橋脚の応
答値が下がることを確認した。このため、
P33,P1,P3 橋脚におけるアンカー定着鉄筋の補強
量を変化させ、P4 橋脚の応答値の傾向を検証した

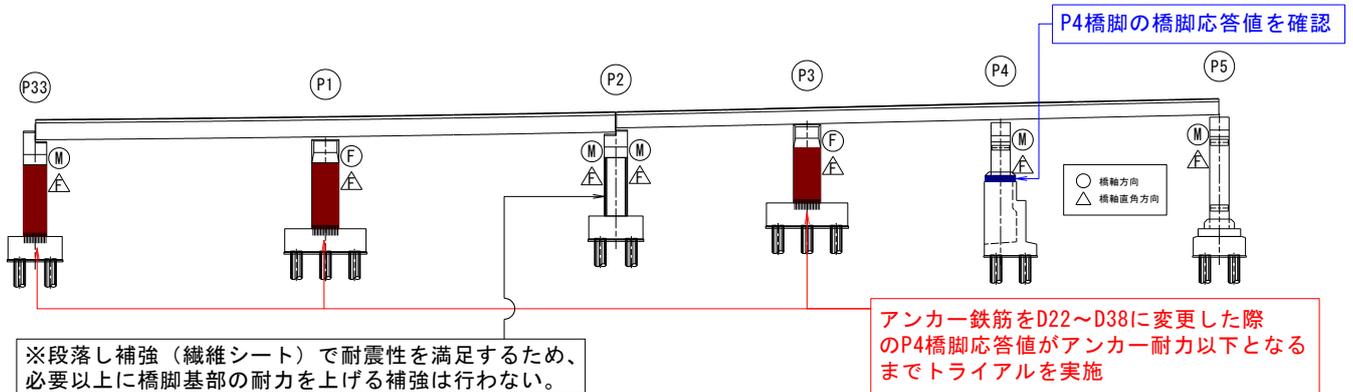


図-7 検討概要図

(図-7)。なお、P2 橋脚は曲げ耐力補強を必要と
しないため、対象外とした。

2) 補強量による P4 橋脚応答値の傾向把握

P33,P1,P3 橋脚はアンカー鉄筋の最小径 D22 で
耐震性能を満足する。しかし、P4 橋脚の応答値は
アンカー耐力以下となり、耐震性能を満足できな
い。このため、P33,P1,P3 橋脚のアンカー定着の鉄
筋径を D35 と D38 に変化させた場合の P4 橋脚の
安全率(橋脚応答値/アンカー耐力)を確認した結
果、単純に P33,P1,P3 橋脚のアンカー鉄筋径を大
きくすることが P4 橋脚の安全率の向上に繋がら
ないことが判明した。このため、橋脚毎にアンカ
ー鉄筋径を変化させたケースについても検証した。

検討の結果、P33,P3 橋脚の補強量を上げ、P1 橋
脚の補強量を下げた場合に P4 橋脚応答値が減少
する傾向を確認できた(表-2)。

表-2 傾向検討過程

case	併用工法 アンカー鉄筋径			安全率 P4	判定	傾向
	P33	P1	P3			
①	D22 @ 300	D22 @ 250	D22 @ 300	(1.0044)	NG	減少
②	D35 @ 300	D35 @ 250	D35 @ 300	(1.0009)	NG	減少
③	D38 @ 300	D38 @ 250	D38 @ 300	(1.0005)	NG	減少
④-1	D38 @ 300	D35 @ 250	D35 @ 300	(1.0005)	NG	減少
④-2	D35 @ 300	D38 @ 250	D35 @ 300	(1.0010)	NG	増加
④-3	D35 @ 300	D35 @ 250	D38 @ 300	(1.0001)	NG	減少
⑤	D35 @ 300	D32 @ 250	D35 @ 300	(1.0005)	NG	減少
⑥	D38 @ 300	D22 @ 250	D38 @ 300	(0.9993)	OK	減少

3) 傾向分析

この傾向を、補強前後の剛性量の変化から分析
した。剛性量の指標としては、降伏時の曲げモー
メントとした。

既設橋脚の剛性は、P1 橋脚が最も高い状態である（図-8）。case④-2 で橋脚補強量を上げることで P4 橋脚の応答値が増加した。これは、P1 橋脚の剛性が周辺橋脚と比べ突出して上がることにより、コンクリート橋脚全体のエネルギー吸収率が低下したことが要因と考えられる（図-9）。

採用した case⑥は、P33,P3 橋脚の補強量を上げ、P1 橋脚の補強量を下げることでコンクリート橋脚の剛性量が平準化することになり（図-10）、橋脚全体のエネルギー吸収率が向上し、鋼製橋脚の P4 橋脚の応答値が減少したものと考察した。

4. おわりに

一般的に橋脚補強することで、剛性が上がり、エネルギー吸収率が上がることで、周辺橋脚の応答値が減少する。しかし、本ケースは単純に補強量を上げることが応答値の減少に繋がらなかったことから、剛性量から傾向把握・分析を行い、応答値を減少させた。そのため、本橋特有の傾向を確認し分析を行った結果、耐震性能を確保した事例である。

従来の補強は橋脚単位で耐震性能を評価し、補強工法を選定することが一般的であった。しかし、本事例のように、補強することが必ずしも耐震性能の向上に繋がらない事もあるため、対象橋梁の特有の傾向から分析し解決する必要がある。今後の橋梁維持修繕においても本事例での事象を踏まえ解決するための手法として活用していく所存である。

最後に、協力頂いた NEXCO 中日本高速道路株式会社に感謝の意を示す。

参考文献

- 1) 国土交通省：令和3年度 一般交通量調査
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，2012.3
- 3) 東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領 橋梁保全編，207.7
- 4) 日本道路協会：既設道路橋の耐震補強に関する参考資料，1997.8

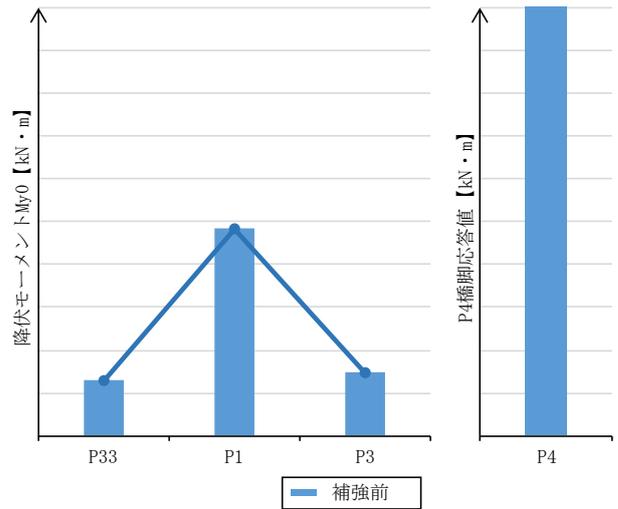


図-8 補強前の剛性

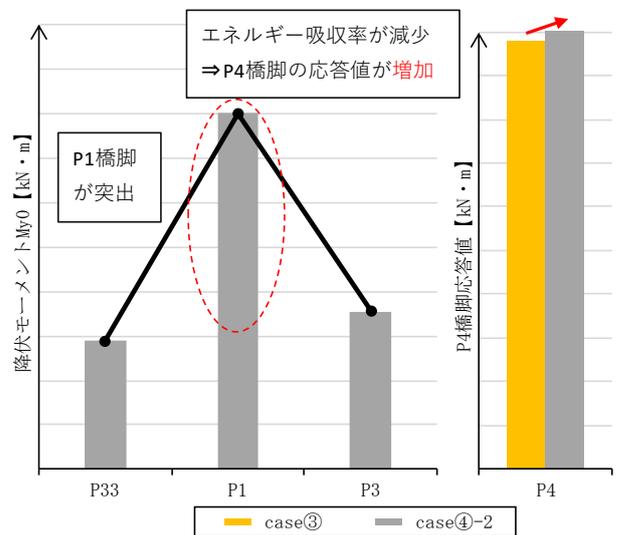


図-9 補強検討の剛性 (case④-2)

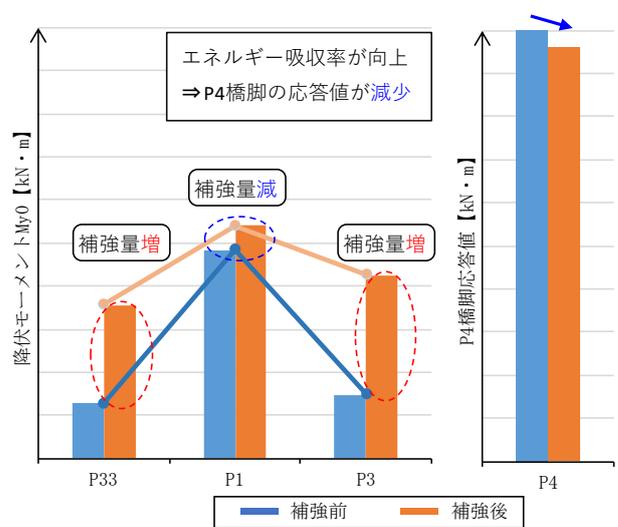


図-10 補強前後の剛性 (case⑥)