

# 西船場 JCT 改築事業における既設橋脚の更新

若槻 晃右\*1・齊藤 暖\*2・曾我 恭匡\*3・横山 健司\*4

阪神高速 16 号大阪港線東行きと 1 号環状線北行きとを接続する西船場ジャンクション改築事業において、橋梁拡幅工事を実施している。このうち、大阪港線側は片側 5 車線の幹線道路に位置し、同一支承線上への新設橋脚の構築が困難であったため、既設橋脚の梁を拡幅する構造を採用した。拡幅する梁部の曲げおよびせん断応力の超過に対しては、外ケーブルによる補強を実施した。また、調査の結果、既設橋脚のコンクリートにおいて ASR による劣化が確認されたため、支圧部のコンクリートを打ち替えるなどの対策を実施したうえで、ひび割れ幅や鉄筋応力などを計測しながらプレストレスを導入した。本稿では、ASR 損傷橋脚の外ケーブルを用いた梁拡幅工事を中心に、設計・施工について報告する。

キーワード：西船場 JCT、既設橋脚梁拡幅、ASR、外ケーブル、再構築

## 1. はじめに

西船場ジャンクション（以下、西船場 JCT という。）では、阪神高速 16 号大阪港線東行きと 1 号環状線北行きとを接続する信濃橋渡り線（仮称）の建設工事を進めている（写真 - 1）。本事業は、上記 2 路線を直接接続するものであり、大阪港線東行 1 車線拡幅（約 800 m）、環状線北行 1 車線拡幅（約 710 m）と渡り線（約 180 m）の新設ならびに信濃橋入口の改築を行い、より使いやすいネットワークを形成する（図 - 1）。

現在、大阪西部および神戸方面から大阪北部方面へ向かう場合、環状線の南半分を周回するか、乗継ぎ制度を利用して一般道路を経由する必要がある。本事業により、周回または乗継ぎが不要となるため、時間的損失の解消や走行距離の短縮による CO<sub>2</sub> 排出量の削減などの環境負荷低減効果とともに、大阪港線および環状線の 1 車線拡幅により合流部で発生している渋滞の緩和を図ることが期待されている。

本事業は平成 23 年 11 月に事業許可を受け、平成 25 年 7 月より現場に着手した。平成 28 年 12 月現在、大阪港線側では橋脚の梁拡幅工事が完成し、桁架設工事が最盛期を迎えている。本稿は、大阪港線側で施工した外ケーブルを



写真 - 1 西船場 JCT の事業箇所

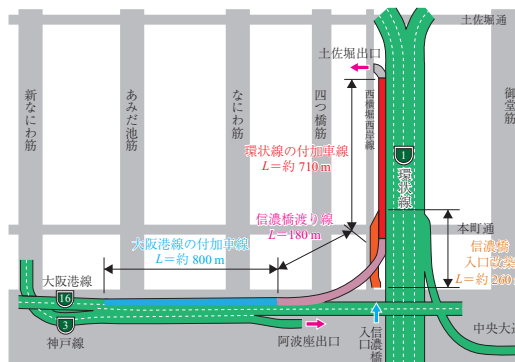
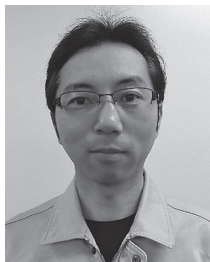


図 - 1 西船場 JCT 改築事業概要



\*1 Kosuke WAKATSUKI

阪神高速道路 (株)  
大阪建設部



\*2 Dan SAITO

阪神高速道路 (株)  
大阪建設部



\*3 Yasumasa SOGA

阪神高速道路 (株)  
大阪建設部



\*4 Takeshi YOKOYAMA

阪神高速道路 (株)  
大阪建設部

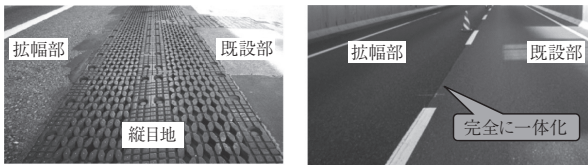
用いた梁拡幅工事を中心に報告するものである。

## 2. 既設橋脚梁拡幅の設計

### 2.1 設計方針

大阪港線拡幅対象部は、多径間連結鋼桁橋5橋、単純鋼桁橋1橋、単純鋼箱桁橋2橋で構成している。一般に、橋梁を拡幅する場合、拡幅桁を支持する橋脚を新たに構築し、新旧床版境界部の橋軸方向に伸縮装置（縦目地）を配置する構造が採用される。1997年に大阪港線西行き（阿波座入路付近）の車線を増設した際にもこの構造を採用した。しかしながら、当該箇所は、重交通や雨水の影響により縦目地が損傷し、走行車両への影響や異常音による周辺環境への影響が問題となり、改良検討を実施している<sup>1)</sup>。

こうした背景から、本事業においては、走行性や維持管理性に配慮し、新旧橋桁の支承線を一致させ拡幅桁と既設桁とを一体とすることにより、縦目地を設けない構造を採用した（写真-2）。なお、拡幅橋脚は写真-1に示すように都心部に位置し、人通りの多い街路の歩道部などがあるため、拡幅に伴い橋梁横断方向への新たな橋脚の設置が困難であった。そのため、歩道部に新たに柱を設けることなく既設橋脚の梁を拡幅し、拡幅桁を支持する構造を採用した。



(a) 従来構造 (b) 今回採用構造

写真-2 拡幅部と既設部の接続構造

### 2.2 梁拡幅橋脚の設計

#### 2.2.1 常時の設計

荷重増分の影響について照査したところ、梁部の左右が均等化されるため、橋脚柱部および基礎部の応力度は許容値を満足する結果となった。一方、拡幅後の梁部については曲げおよびせん断応力が超過した。そのため、梁部には、阪神高速12号守口線の守口JCTでも採用した<sup>2)</sup>外ケーブルによる補強（図-2）を行うこととした。

#### 2.2.2 地震時の設計

L1およびL2地震動に対しては許容値を超過する結果となり、橋脚柱部および基礎部に対する補強が必要であることが明らかとなった。しかしながら、当該箇所周辺は埋設管や大阪市営地下鉄の函体と近接しており、増杭などによる既設橋脚の耐震性能の確保は困難であることから、既設橋脚の間に（図-3）、地震動による発生応力のみを分担する新たな橋脚（写真-3）を配置することとした。

### 2.3 鋼管集成橋脚の設計

設置する新たな橋脚は、コストや地震時の復旧性、街路通行車両の見通しなどを総合的に判断し、阪神高速3号神戸線海老江JCTでも施工実績<sup>3)</sup>のある鋼管集成橋脚とした。鋼管集成橋脚は、本橋脚を構成する横つなぎ材（せん

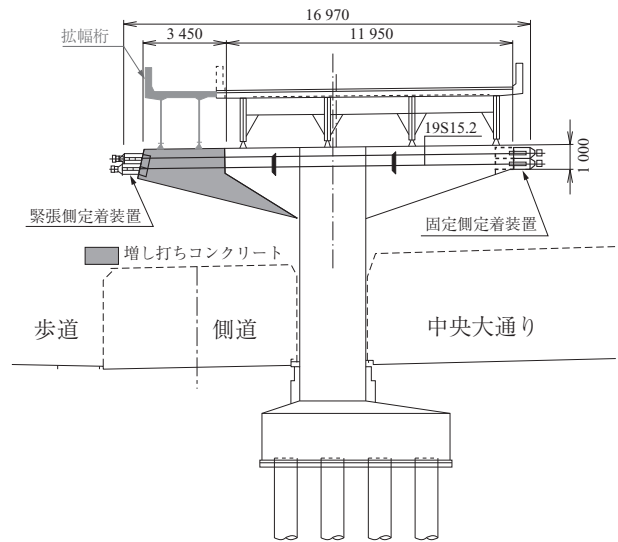


図-2 既設橋脚拡幅構造

断パネル)にのみ損傷を集中させることで、主部材である鋼管を健全に保持するものである。当該新設橋脚は常時荷重は負担せず、地震時の水平力の一部を分担するものとして、上下部構造間にストッパーを設置し、相対変位が遊間を超えると、ストッパーを介して鋼管集成橋脚に水平力が伝達される構造としている。なお、本事業では施工性や経済性などを勘案し、阪神高速として初めてとなる杭基礎一体型鋼管集成橋脚<sup>4)</sup>を採用している。耐震性能の照査は、橋梁全体系の動的解析により行い、L2地震動に対して耐震性能2を満足することを確認している。

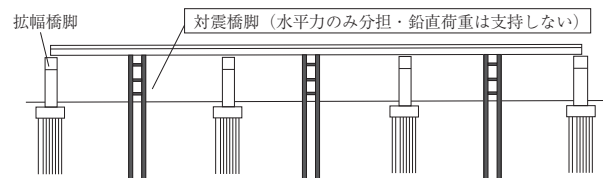


図-3 耐震橋脚の構築

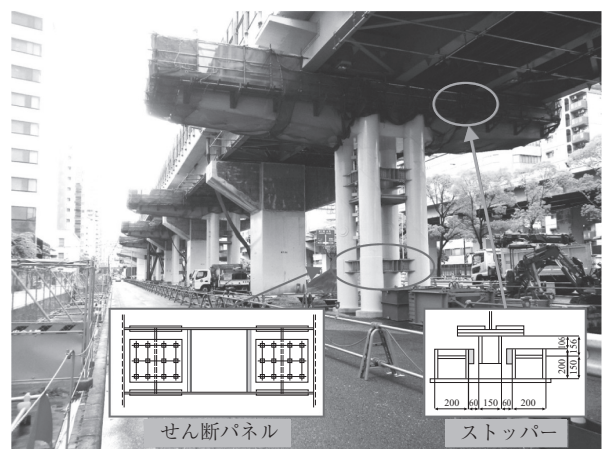


写真-3 杭基礎一体型鋼管集成橋脚構造

表 - 1 ASR 調査結果

既設橋脚番号	施工年度	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )				ゲル有無	最大ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ延長 (m)	外観劣化度 I~IV	残存膨張量 (%)
		No.1	No.2	No.3	平均					
東下 P39	1970 年 ~ 1972 年	42.6	37.6	42.2	40.8	有	1.0	195.4	II	-
		39.2	33.6	38.3	37.0	有				
東下 P40		36.1	33.5	35.5	35.0	有	1.5	104.4	II	-
		32.6	32.5	35.7	33.6	有				
東下 P41		26.6	23.4	25.7	25.2	有	5.0	134.5	III	-
東下 P42		26.2	25.5	29.1	26.9	有	0.4	136.5	I	-
東下 P43		24.6	26.4	25.5	25.5	有	0.5	102.5	I	-
東下 P44		14.6	15.6	17.7	16.0	有	6.0	352.8	III	-
東下 P45		17.6	26.2	17.2	20.3	有	10.0	298.1	III	-
東下 P46		27.1	22.0	22.6	23.9	有	7.0	288.9	III	-
東下 P47		33.7	36.6	26.9	32.4	有	2.0	112.9	II	-
東下 P48		51.1	52.5	53.6	52.4	無	0.5	103.3	I	0.020 無害
東下 P49		37.7	30.6	32.3	33.5	有	1.0	217.0	II	-
東下 P51		39.7	39.1	50.2	43.0	無	0.4	72.2	I	0.028 無害
東下 P52	33.7	32.5	43.7	36.6	有	0.3	33.9	I	0.028 無害	
東下 P53	37.7	54.6	48.4	46.9	無	0.5	45.2	I	0.021 無害	
東下 P54	38.4	43.9	41.5	41.3	無	0.5	91.7	I	0.023 無害	
東下 P55	39.6	35.8	40.9	38.8	無	0.3	43.0	I	0.018 無害	
東下 P56	36.4	42.1	45.0	41.2	無	0.5	81.4	I	0.023 無害	

2.4 既設橋脚コンクリートの ASR についての調査

2.4.1 過年度の調査結果

既設橋脚の梁拡幅にあたっては、既設橋脚のコンクリートをはつり出して鉄筋を露出させ、新たな鉄筋を接続することにより、既設と新設のコンクリートを一体化させる構造を採用した。一方で、当該拡幅区間（東下 P38～東下 P56）の橋梁は 1970 年代前半の竣工であり、一部の橋脚において過年度の定期点検で ASR 橋脚であることが確認されていた。拡幅後、新たに 1 車線分の荷重が載荷されることから、施工に先立ち既設構造物の健全度を詳細に調査した。

2.4.2 ひび割れ調査結果

対象橋脚において、過去に施工した表面保護を撤去し、橋脚表面のひび割れ幅やひび割れ延長、コア採取による圧縮強度などの確認を行った。東下 P44 のひび割れ状況を図 - 4 に、最大ひび割れ幅およびひび割れ延長を表 - 1 に示す。

表面保護工撤去後にひび割れ調査を実施した結果、表面保護工上からは確認できなかったひび割れも観察された。ASR 構造物の維持管理マニュアル（平成 17 年 10 月阪神高速道路）では、表 - 2 により ASR 損傷橋脚として判定することとしている。この結果、東下 P39～東下 P47 および東下 P49 が ASR と判定された。外観劣化度の基準（表 - 3）により、各橋脚の劣化度を I～Ⅲと判定した（表 - 1）。

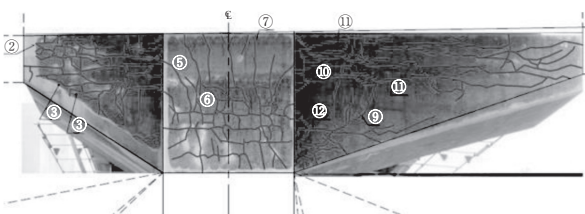


図 - 4 東下 P44 梁部のひび割れ状況

表 - 2 ASR 橋脚判定基準

- (1) 幅 0.3 mm 以上のひび割れの総延長が 30 m 以上
- (2) 上記に該当する橋脚のうち、ゲルが確認され、下記の①または②に該当するものは「ASR 橋脚」と判定する。
  - ① 梁部において幅 0.3 mm 以上のひび割れの総延長が 100 m を超えるもの。
  - ② 採取コアの膨張率（全膨張率）が 0.1% を超えるもの。

表 - 3 外観劣化度

劣化度 I : 1 mm 未満
劣化度 II : 1 mm 以上が部分的に発生
劣化度 III : 1 mm 以上の明瞭なひび割れが梁天端、側面に発生。複数のひび割れが梁端部まで連続。
劣化度 IV : 最大幅 3 mm 以上のひび割れが梁天端に複数本発生。凸型柱天端や梁端部に顕著なひび割れ発生。

2.4.3 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験を行うコアは、外ケーブル設置において支圧部となる梁複部から、1 橋脚あたり 3 本採取した。圧縮強度  $\sigma_c$  は表 - 1 に示すとおりとなり、設計基準強度 27.0 N/mm<sup>2</sup> を下回るコアが確認された。もっとも圧縮強度が小さいものは東下 P44 橋脚の 14.6 N/mm<sup>2</sup> で、設計基準強度の 54% 程度しかない結果であった。静弾性係数についても、設計値を大きく下回る橋脚があった。圧縮強度試験および静弾性係数が低い橋脚については、アルカリ骨材反応が進行したものと推察された。

2.4.4 残存膨張量試験結果

健全と判定した東下 P48 および東下 P51～東下 P56 についても、アルカリ骨材反応が進行中である可能性があったため、残存膨張量試験を実施した。結果、いずれの橋脚においても残存膨張量率は表 - 2 の基準値：0.1% を下回っており、竣工から 40 年以上経過していることも考慮し、健全な橋脚であると判断した。

## 2.5 ASR への対応

拡幅対象橋脚のうち、ASR 橋脚と判断されたものについては対策を実施することとした。なお、梁の拡幅後、新たに1車線分の荷重が載荷されることを考慮して、判定された劣化度より1ランク上の劣化と設定して対策を検討した。

外観劣化度Ⅰ～Ⅱと判定した橋脚においては、ASR の進行を抑制するために塗布系の表面保護工を施工した。表面保護材は、ひび割れ状況を継続して観察するために、透明度の高いものを採用した。なお、外観劣化度Ⅱの橋脚については、ひび割れ幅が大きく今後剥落することも想定されるため、ガラス繊維シートを1層設けた表面保護工とした(写真-4)。

また、外観劣化度Ⅱの橋脚においては、外ケーブルの支柱部において、緊張時にコンクリートが圧壊する懸念があったため、支柱部コンクリートを打ち替えた。

外観劣化度Ⅲの橋脚については、新たな荷重が作用することおよび長期耐久性を考慮して、梁部の再構築を実施することとした。



写真-4 表面保護工（繊維シートあり）の施工状況

## 3. 既設橋脚梁拡幅の施工

### 3.1 施工条件

拡幅対象となるRC 橋脚および新設する鋼管集成橋脚は重交通の幹線道路である中央大通の側道と本線の分離帯に位置する。そのため、交通規制に伴う交通渋滞などの影響を抑えるために、必要最小限の施工ヤードとなるように配慮した。また、供用中の高速道路直下で作業を行うこととなるため、施工にあたっては空頭制限にも留意が必要であった。さらに、ASR と判定された橋脚があるため、緊張時のコンクリートの挙動についても十分注意する必要があった。

### 3.2 RC 拡幅部のコンクリート打設

RC 橋脚の拡幅部は、幹線道路の側道の直上に位置する。そのため、コンクリート打設の支保工については、幹線道路の交通を確保するために、図-5および写真-5に示す片持ち式の支保工を採用した。支保工の安定を図るために、既設橋脚を反力体として、反対側に発生するアプ

フト対策を施した。

拡幅部コンクリートの打継ぎにあたっては、既設橋脚梁をウォータージェットにてはつり、既設鉄筋を100mm程度露出させて(写真-6)、エンクローズ溶接にて連結した。なお、拡幅部のコンクリートは、既設桁下部分のコンクリート打設において、パイプレーターの作業が困難なことから、自己充填性がある高流動コンクリート(スランプフロー:  $65 \pm 5$  cm)を採用した(写真-7)。

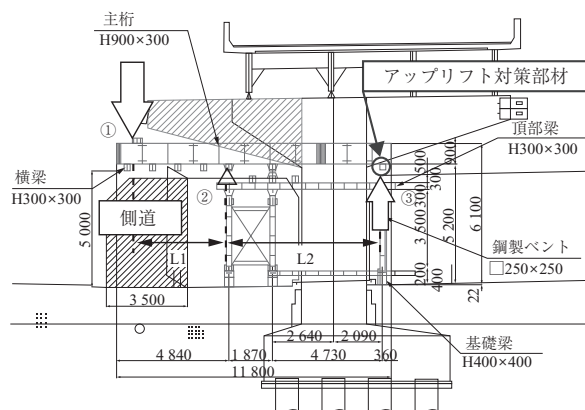


図-5 張出し支保工図



写真-5 張出し支保工設置状況

### 3.3 外ケーブルの緊張

緊張作業は、張出し支保工上に作業スペースを確保できないことから、夜間に側道および歩道を規制して、高所作業車により片引き緊張を実施した(写真-8)。ケーブル4本の緊張速度の違いにより、梁に偏心力を作用させないために、4連式ポンプ1台にて緊張した。

拡幅橋脚が構築後40年以上経過していることおよびASR と判定されているものが含まれることから、プレストレス導入時には通常の施工管理に加えて、図-6に示すように計測機器を設置し、コンタクトストレインゲージによる表面ひび割れ幅の計測や、既設部と拡幅部の鉄筋応力測定を行いながら緊張した(表-4, 写真-9)。また、プレストレス導入後の挙動についても継続して監視するために、張力測定装置を用いてプレストレスの低下について計測した。

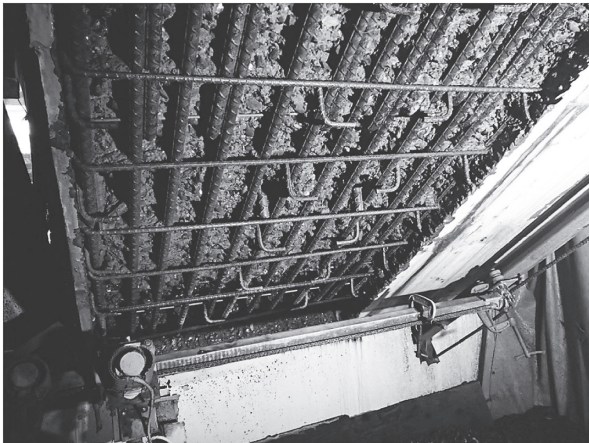


写真 - 6 既設梁鉄筋露出状況



写真 - 8 外ケーブルの緊張状況



写真 - 7 高流動コンクリート打設状況

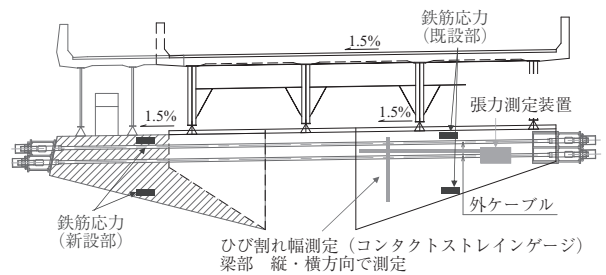


図 - 6 プレストレス導入時の計測機器配置状況

表 - 4 計測項目

計測項目	計測器	対象
PC ケーブルの張力	張力測定装置	4 ケーブルのうち 1 本を計測対象
梁部の寸法	コンタクトストレインゲージ	縦 1.4 m, 横 3.0 m の寸法
ひび割れ幅測定	コンタクトストレインゲージ	対象ひび割れを挟んで 10 cm 間隔で測定
鉄筋応力	溶接型ひずみゲージ	既設梁部、新設梁部の側方鉄筋を計測対象

ひび割れ幅については、プレストレスの導入前後で大きな変化は確認されなかった。PC ケーブルの張力は、定着直後から低下が確認されたが、これはコンクリートのクリープ、温度変化やケーブルのリラクゼーションによるものと推察され、計画時に想定した範囲内であった（図 - 7）。鉄筋の応力については、既設鉄筋と拡幅部鉄筋のいずれも同様の挙動を示しており（図 - 8）、梁全幅へのストレスの導入が確認できた。

これらより、既設橋脚の経年劣化や ASR による耐力減少の過度な影響はないものと考えられる。

なお、上記の計測項目については今後も継続し、施工後の梁の状況を監視する。

### 3.4 梁部の再構築

外観劣化度Ⅲの 4 橋脚（東下 P41, P44, P45, P46）については、鋼板巻立て施工済みの柱部は健全であることを確認し、梁部のみを一旦撤去して再構築することとした。

梁を撤去する既設橋脚の両側に、既設橋脚と同じ支持層まで鋼管杭を施工した仮受け構台を設置し、供用中の桁を仮受けした（写真 - 10）。仮受け後、梁をワイヤソーで 4 分割して撤去した。撤去時には梁の両側をジャッキ台車で挟み込んで下支えし、切断後に撤去梁を挟んだまま台車を



(a) 張力測定装置 (b) 鉄筋応力測定

写真 - 9 プレストレス導入時の監視状況

桁下の空頭制限を受けない位置まで引き出し、クレーンで搬出した（写真 - 11）。撤去梁のもっとも大きいものは 36.8 t であった。現在、梁撤去が完了した橋脚から順に、既設橋脚の鉄筋をウォータージェットではつり出し、再構築梁の鉄筋とガス圧接による連結を行い、配筋が完了したのからコンクリート打設を行い、再構築を進めているところである。

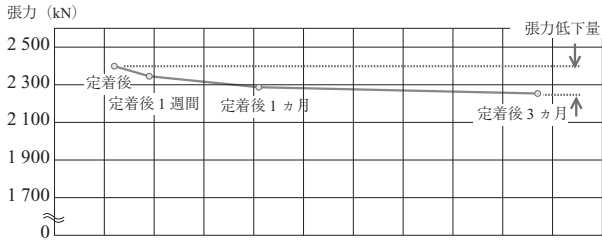
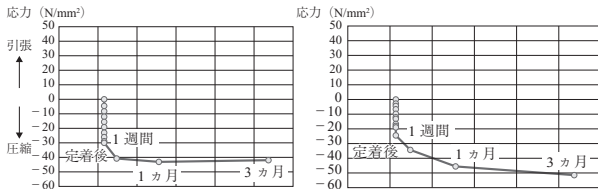


図 - 7 PC ケーブルの張力



(a) 既設上側 (b) 新設上側

図 - 8 鉄筋の応力



写真 - 10 仮受け構台設置状況



写真 - 11 梁撤去状況

#### 4. おわりに

拡幅対象橋脚の中には ASR 損傷が確認されたものがあったが、支圧部のコンクリートを打ち替えるなどの対策を行うとともに、プレストレスの導入時にひび割れ幅などを計測・確認しながら施工し、問題なく梁拡幅工事を実施することができた(写真 - 12)。引続き、PC ケーブルの張力計測などにより、拡幅梁の応力状態などについて監視を行っていく。

また、阪神高速では大規模更新・修繕事業により、構造上や維持管理上問題のある構造物に対して、リニューアル工事を進めている。この中では、PC 桁や ASR 橋脚の補修も計画しており、今回の施工で得られた知見をそれらの施工に活用していく。



写真 - 12 梁拡幅完了状況

#### 参考文献

- 1) 高村義行, 大坪英一, 崎谷浄: 阿波座縦目地の改良検討, 阪神高速道路(株) 技報第 25 号, 2010.
- 2) 小坂崇, 山名宗之, 光岡弘範, 西島儀行, 北川淳一, 藤本和久: 阪神高速守口ジャンクションの設計と施工, 橋梁と基礎, vol.48, 2014.
- 3) 篠原聖二, 金治英貞, 小坂崇, 杉山裕樹, 津丸徳宏, 鳥越卓志: 鋼管集成橋脚の技術コンセプトと構造設計, 橋梁と基礎, vol.48, 2014.
- 4) 篠原聖二, 金治英貞, 鬼木浩二, 木村亮: 杭基礎一体型鋼管集成橋脚の構造提案と地震時応答解析, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 69, No.3, pp.312-325, 2013.

【2016 年 12 月 27 日受付】