

PC 梁の全断面鋼板巻立て補強工事

首都高速道路公団 正会員 山田 淳 正会員 和田 新
高田機工(株) 正会員 板橋壮吉 正会員 森下泰光
高田機工(株) 松本 剛

1. はじめに

首都高速道路横羽線は昭和 43 年開業以来 30 年余りが経過した。その間に自動車台数の大幅な増加、環境対策等から死荷重の増加が発生し、B 活荷重の採用、耐震対策も含めて構造物の補強が必要になってきた。

今回、施工対象とした PC 橋脚の梁部は、PC 鋼線も鉄筋に含めた RC 断面として計算された部材であり（以後、PC 梁と略称）、上記理由により応力度余裕がなくなってきた。

今般、耐震対策としてゴム支承への交換の折、梁断面の応力を見直し、支承部も含めた全断面鋼板巻立て補強を行った。巻立て鋼板は鋼自重+B 活荷重に対して設計した。工事完了後、実車載荷試験により補強効果を確認したので報告する。

2. 工事概要

死荷重と B 活荷重に対して許容応力度法による応力照査を行った PC 梁全 16 橋脚中、全断面鋼板巻立て補強した脚数は 5 脚（図 1、表 1）。既に外ケーブル補強が行われ、ラーメン梁部の一部を部分的に鋼板巻立て補強を行った 3 脚、合計 8 脚に鋼板巻立て補強を行った。

表 1 の現状鉄筋コンクリート断面の応力度は、① B 活荷重を載荷、② PC 鋼線を鉄筋として考慮しない状態で算出した結果である。

3. 全断面鋼板巻立て補強工法

本工法は支承取替に合せて、梁の 4 辺を鋼板で巻立て、曲げおよびせん断耐荷力の増強を目指したものである（図 2）。使用した鋼板板厚は上フランジが支承部ではベースプレートと兼用としたため 30mm、支承部以外はその半分の 15mm とした。ウェブ・下フランジは 9mm を使用した。

上フランジは支承取替えと同時に施工するためのジャッキスペースを確保するために 3 分割とし、支承部の幅は 1200mm とした。長さは現場施工性から支承部ごとに分離し、支承間に中間部材も入れて、最大長さを約 2m 程度とした。

部材間継手は現場溶接で行い、裏当て材を使用して、完全溶け込み溶接とした。

既設コンクリート橋脚と巻立て鋼板との間隙は活荷重の小さい夜間に無収縮モルタルを充填して一体化した。

4. 実車載荷試験

補強効果を確認するため、施工前後のコンクリート体と鋼板のひずみを測定した（図 3）。施工前設置のひずみゲージ（全 13 本）の中、4 本が無収縮モルタル打設後も作動した。

試験車は 20 トントラックを使用し、端支点上での静載荷試験の他、試験車を 40km/h、60km/h の速度

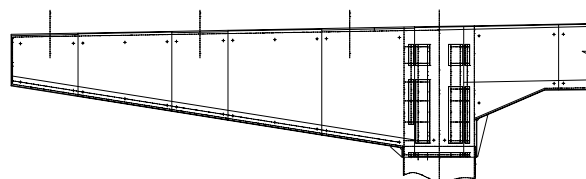


図 1 橋脚側面図（部分）

表1 応力度表 (N/mm²)

		上り線	ランプ部	許容応力度
現状	σ_c	-10.5	-13.8	-9.0
	σ_s	298.9	394.7	180.0
補強	σ_c	-6.4	-7.7	-9.0
	σ_s	88.0	97.6	180.0
補強	σ_u	82.1	92.2	140.0
	σ_l	-107.0	-123.2	-140.0

で走行させた動載荷も行い、静載荷時との比較も行った。

静載荷試験の計測結果（表 2）とウェブ面の横梁方向ひずみの施工前後の比較図（図 4）を示す。

数値の絶対値は小さいものの、施工前後でひずみ値が 20% 程度減少した。ウェブ面の横梁方向ひずみ値は弾性応力状態を示している（図 4）。

また、コンクリートと鋼板の合成挙動に関しては、同じ位置に貼付したコンクリートと鋼板のゲージの数値がほぼ等しいこと、動載荷時の静載荷時に対する増幅率が施工前後でほぼ等しいことから、コンクリートと鋼板は合成され、一体挙動していることが確認された。

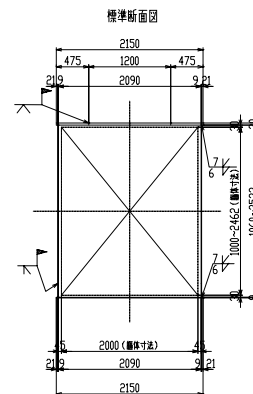


図 2 梁断面形状

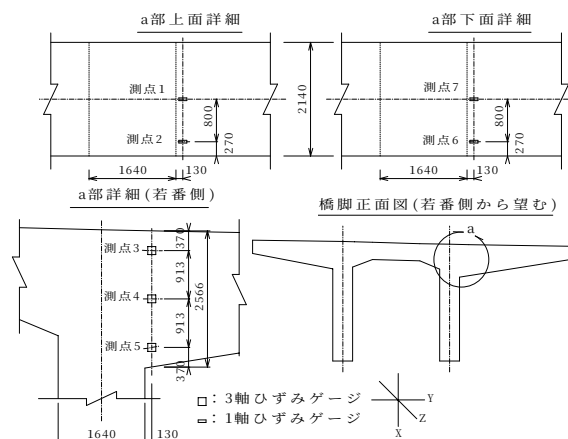
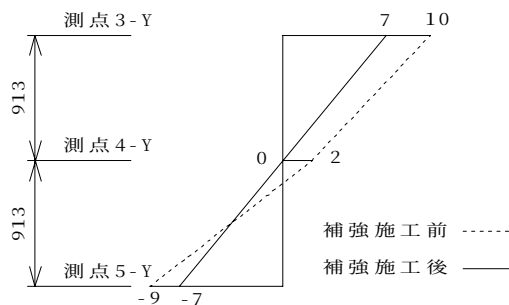


図 3 実測要領図

表2 実車載荷試験の計測結果（静載荷）

	補強施工前		補強施工後			
	測点	(μ)	測点	(μ)	測点	(μ)
上フランジ	測点1c	8			測点1s	7
	測点2c	52			測点2s	9
ウェブ面	測点3c-X	-3	測点3c-X	-2	測点3s-X	-2
	測点3c-Y	10			測点3s-Y	7
	測点3c-Z	6	測点3c-Z	3	測点3s-Z	3
	測点4c-X	-1			測点4s-X	-2
	測点4c-Y	2			測点4s-Y	0
	測点4c-Z	1			測点4s-Z	0
	測点5c-X	-1	測点5c-X	-2	測点5s-X	-3
	測点5c-Y	-9			測点5s-Y	-7
	測点5c-Z	1	測点5c-Z	0	測点5s-Z	-2
下フランジ	測点6c	-13			測点6s	-3
	測点7c	-13			測点7s	-3

図4 ウェブ面の横梁方向ひずみの比較



5. FEM 解析

上記実測結果を確認するため、建設時死荷重から補強後の試験車載荷までの累積応力度（ひずみ）を比較するため、FEM 解析を行った。FEM 解析はコンクリートをソリッド要素、鉄筋・PC 鋼材は埋込鉄筋要素、補強巻立て鋼板はシェル要素とし、ソリッド要素とは節点共有で完全付着とした（図5、6）。



図5 FEM モデル図

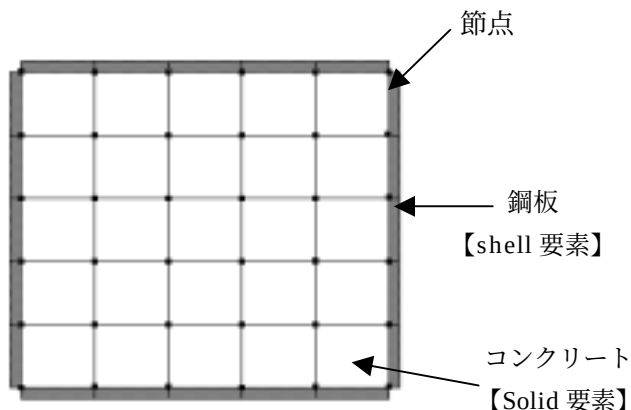


図6 コンクリート要素と鋼板要素の結合

コンクリートの物性値は圧縮側の他、引張側もひび割れ強度までは有効とした。施工前後での死荷重と試験車のひずみ量を計算した。試験車に対する解析値と実測値の比較を示す（表3）。

表3 試験車による実測値と解析値

(単位: μ)				
	測点	実測値	解析値	解析/実測
補強前	測点2	52.30	20.62	0.39
	測点3-y	10.15	15.86	1.56
	測点4-y	2.05	0.31	-
	測点5-y	-8.75	-12.34	1.41
	測点6	-12.80	-17.38	1.36
補強後	測点2	9.00	16.83	1.87
	測点3-y	7.00	12.92	1.85
	測点4-y	0.00	0.23	-
	測点5-y	-7.00	-10.60	1.51
	測点6	-3.00	-13.10	4.37

現場状況から実測値の一部（補強前の上フランジと補強後の下フランジ）に不整合があるが、その他の部分では解析値は実測値の60%増程度であり、ある程度妥当な解析となった。ひずみ量は施工前後で約20%の減少となった。

不整合の原因は、①補強前の上フランジの測定誤差は測定点近傍でコンクリートにひび割れが存在したこと。②補強後の下フランジはモルタル充填により鋼板が膨らんだためである。

累積ひずみ量は補強施工による鋼板＋モルタルの死荷重増があるにもかかわらず、施工後の方が減少した（表4）。

表4 累積ひずみ量の比較

(単位: μ)			
		補強前	補強後
上フランジ	測点2	40.00	37.33
ウェブ面	測点3-y	17.34	15.25
	測点4-y	-38.08	-38.12
	測点5-y	-88.32	-91.37
下フランジ	測点6	-119.22	-115.83

6. まとめ

PC 梁に対する鋼板巻立て補強工事の概要と効果の確認について述べた。得られた知見は以下のとおりである。

- ① 鋼板巻立てにより、活荷重に対して約20%のひずみ量の減少を達成した。
- ② 間隙に無収縮モルタルを充填することにより、鋼＋コンクリートの合成構造となることを確認した。