

供用路線における橋脚橋座部 (RC立体ラーメン橋脚)の打ち換え補修

神戸管理部 神戸維持事務所 有川次郎
同部 同事務所 沢登善誠

要 約

定期的を実施している構造物点検で、神戸西宮線のメリケンパーク近くに位置する橋脚の橋座部（RC立体ラーメン橋脚）に、多数の鉛直方向ひびわれが発見された。その発生位置が支承の下端部であることから、沓反力の応力集中に起因するせん断ひびわれの可能性があると考えられるため、早急に補修工事を実施することとした。この工事の施工は、供用路線の重交通下で、PC桁を仮受けした状態で行うこととした。本文は、その施工および交通供用中の道路構造物管理手法の一例として報告するものである。この補修工事における特筆すべきことは、① 交通供用中の補修作業となるのでPC桁の仮受け時には、6基の連動式油圧ジャッキを使用して集中管理を行い、仮受け桁の変動に伴う本体構造物の変状の発生抑制に対して入念な対策を講じた。② 約1ヶ月間桁を仮受けした状態となるので、朝夕1日2回桁の変動を測定し、異常時に備えた。③ 橋座は全断面打ち換えを行ったが、支承据付時にコンクリート内埋め殺し用フラットジャッキを使用して高さ調整を行った。等である。

まえがき

神戸西宮線は、供用後20年を経過して種々の損傷が道路構造物に発生しており、公団では道路構造物の点検を定期的を実施してその維持保全に努めている。昭和60年度の構造物定期点検において、京橋（メリケンパーク）付近の3径間連続RC立体ラーメン橋端橋脚の橋座部にひびわれが発見された。ひびわれは、隣接するPC桁を受ける張り出し構造形式の橋座部と橋脚本体との接合部より45°方向にせん断ひびわれの形態をなして発生していたことから、緊急的な補修が要請された。

しかしながら、神戸西宮線は17万台/日の車が利用している神戸地区の主要幹線道路である。このため、このひびわれの補修にあたってさえも、本線を通り止めることは社会的にもきわめて困難な状況にある。そこで、補修にあたっては端橋脚近傍に架設支保工を構築し、隣接する3径間連続PC箱桁をジャッキアップし仮受けして、補修工事を実施することとした。ひびわれの発生しているコンクリートを橋座部分全面にわたってはつり取り、橋座張り出し部を拡幅、補強して、新設コンクリートを打ち込む補修工事を実施したので、その概要を報告する。

1. 点検調査結果と補修方法の決定

1-1 点検調査結果

3径間連続RC立体ラーメン橋脚の一般構造図を図-1に示す。定期点検およびその後の詳細調査の結果発見された端橋脚ひびわれの発生状況を図-2および図-3に示す。

発生しているひびわれの性状は、次の3種類に分類できる。

(1) 張り出し橋座部の根元に発生している断面垂直方向ひびわれ(図-2(a)部参照)

支承縁端距離の不足または現行基準との対比において橋座部のスターラップ鉄筋量の不足等によっ

て発生したひびわれと考えられ、せん断破壊的な形態のひびわれ性状を示している。なお、この部分の沓は、3径間連続PC箱桁を受けるベアリング沓(固定側)であり、大きな水平力が集中的に作用していたものと考えられる。

(2) 橋脚梁部に発生している垂直方向ひびわれ(図-2(b)および図-3(b)部参照)

沓反力およびRC立体ラーメン本体の縦桁荷重の応力集中により発生したひびわれと考えられる。

(3) 橋脚梁部に発生している水平方向ひびわれ(図-2(c)部参照)

コンクリート打ち込み時のレイトンス処理の不良により発生したひびわれと考えられる。

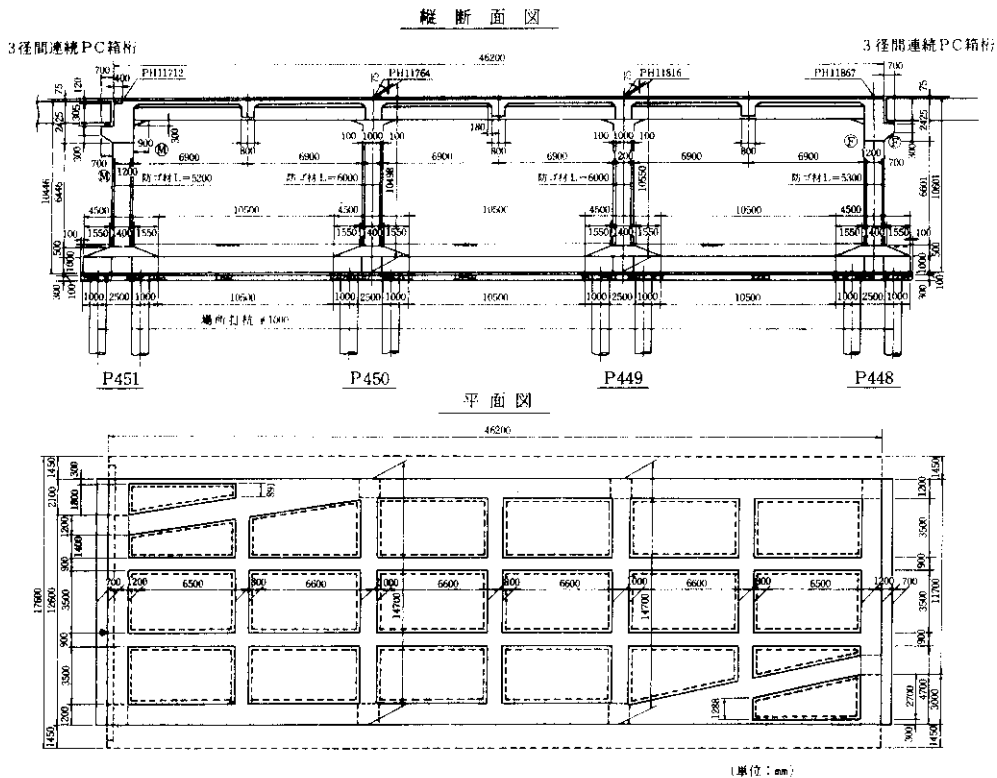
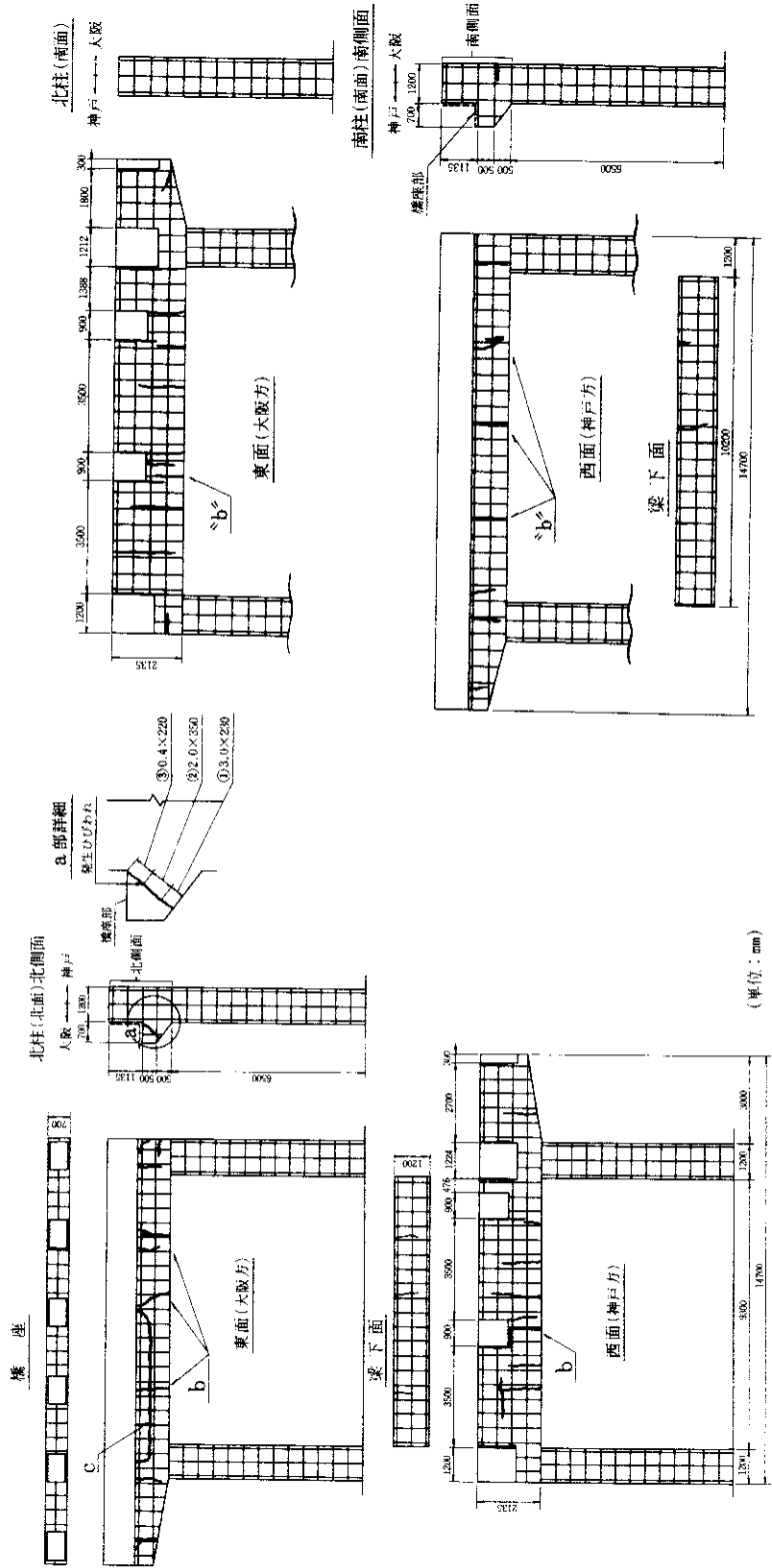


図-1 RC立体ラーメン橋脚一般図



(単位: mm)

図一3 端部橋脚ひびわれ発生状況図 (P-451)

図一2 端部橋脚ひびわれ発生状況図 (P-448)

1-2 補修方法の決定

点検調査結果に基づいて検討されたひびわれの発生状況を吟味するとともに、考えられるひびわれの発生要因を究明して、各橋脚ごとに次の方法により補修することとした。

(1) 図-2に示す橋脚の橋座部

ひびわれがほぼ橋座コンクリート全断面にわたって分布していると推定されるため、全断面のコンクリートをはつり、新しくコンクリートを打ち込むことを基本的な補修方法とする。加えて、はつり取った橋座部のコンクリート面にせん孔し補強鉄筋を配置して、支承縁端距離を確保するため橋座部を20cm拡幅する。

(2) 図-3に示す橋脚の橋座部

ひびわれ状況（幅・深さ・長さ）を吟味したうえで、主鉄筋部までのコンクリートをはつり、補強鉄筋を配置して、支承縁端距離を確保するため橋座部を20cm拡幅して、新しくコンクリートを打ち込む方法を採用する。

(3) その他の部分

立体ラーメン橋脚の梁部に発生しているひびわれについては、その性状からして本質的な欠陥を伴わないと考えられるため、樹脂注入にて補修するものとする。

2. 補修工事の概要

この補修工事は、基本的に、ひびわれの発生している張り出し橋座部のコンクリートをはつり、新しいコンクリートを打ち込むものである。したがって、工事期間中何らかの方法で、隣接桁を仮受けしなければならない。そこで、端橋脚近傍にベント支保工を構築し、実橋のPC箱桁を仮受けして、交通を供用したままで一連の補修工事を、図-4に示す手順にて実施した。また、橋座部補修工事概要図を示す。以下に、この工事の主要部分の概要をのべる。

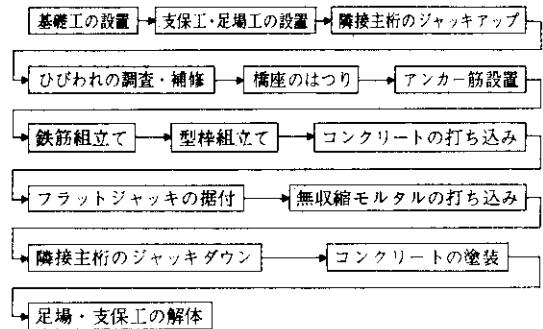


図-4 橋座補修工事の手順図

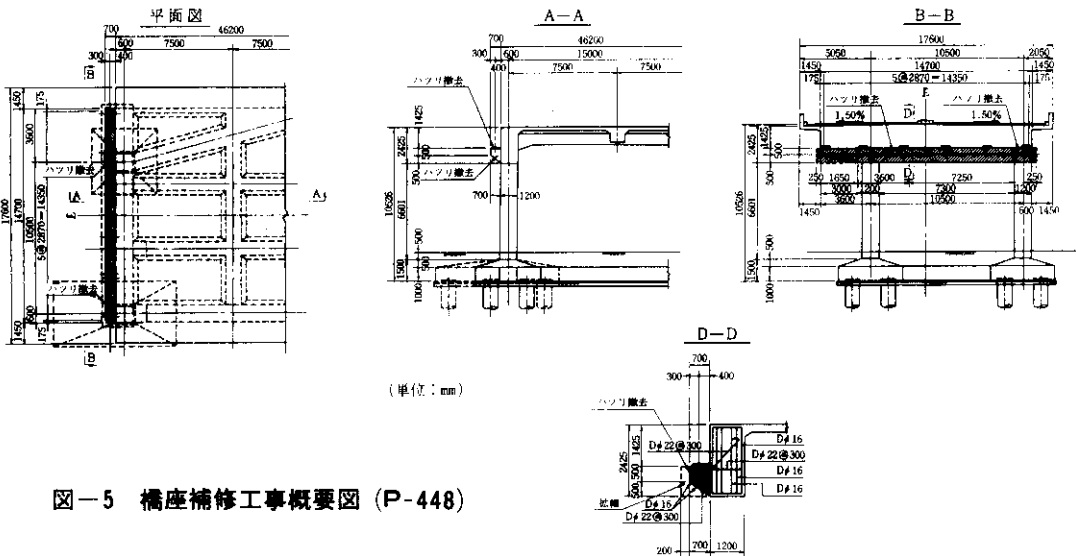


図-5 橋座補修工事概要図 (P-448)

2-1 基礎工

隣接するPC桁を仮受けするベント支保工の基礎を構築する。支保工反力と地耐力の関係から、高さ500mmのコンクリート基礎とした。なお、コンクリートはRH244Bとし、補強のため100×100×6mmのワイヤメッシュを上下面の2段に配置した。

2-2 支保工

支保工は、組立式ベント支保工を使用した。この支保工の構造は、上部工反力を考慮して、神P-448側(図-2参照)は75mmの山型鋼を主材とした500×500mm角の2段組とし、神P-451側(図-3参照)は100mmの山型鋼を用いて700×700mm角の2段組とした。また、地震時の水平荷重に対処するため、それぞれのベント支保工間およびベント支保工と基礎コンクリート間を斜材で溶接緊結した。支保工と基礎工の間には、H形鋼を2段に配置し、支保工反力が分散されて基礎

工に伝達されるよう配慮した。なお、これら支保工および基礎工は、上部工の全反力が支持しうる耐力を有することを計算にて確認している。支保工構造の一例を図-6示す。

2-3 主桁ジャッキアップ工

損傷部の橋座コンクリートを全てはつり除去した神P-448側について、主桁ジャッキアップの作業手順を以下に示す。

(1) 6基の支保工上に、連動オイルジャッキとサイコロベント(400×400×400mm)を図-7に示すようにセットした。オイルジャッキは、設計上の1支承当り鉛直反力(58.6t)を考慮して100t能力のものを使用した。

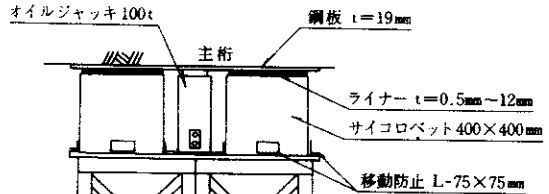


図-7 オイルジャッキセット概略図

(2) 6基の連動オイルジャッキは、高圧ホースおよび連結器を介して電動ポンプに接続されており、連結器の自動バルブにて、移動(上昇)量を調節することとした。

(3) 橋軸方向の変位量a、高さの変位量b、および橋軸直角方向の変位量c、を計測するために図-8に示す測定治具を取り付ける。加えて、各沓座前面に変位計(読み取り精度 10^{-4} mm)を据え付けることとした。

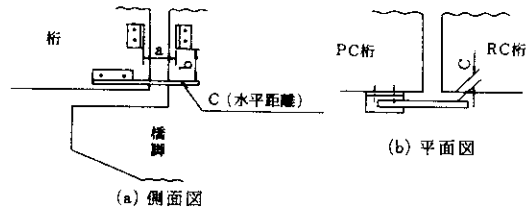


図-8 測定治具取付図

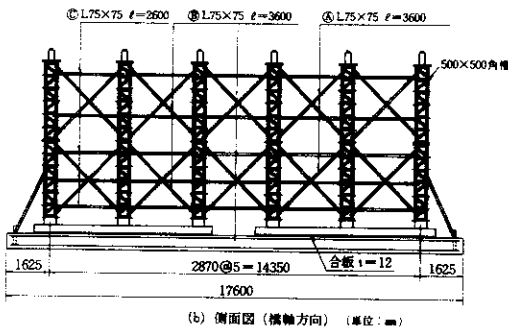
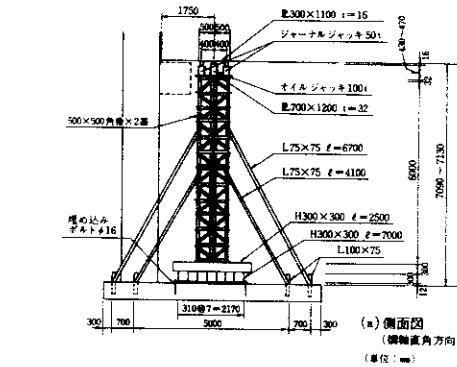


図-6 支保工構造図の例

(4) 連動オイルジャッキによりPC主桁をジャッキアップし、サイコロベントと主桁の間に鋼板を挿入し、オイルジャッキの油圧を減圧するよう操作した。

(5) 変位置(変位計の読み)を計測し、その値が減少する場合には再度ジャッキアップし、主桁のジャッキアップ量が一定の値に落ち着くまで操作を繰り返すこととしたものである。

(6) 橋座部コンクリートのはつり作業以降は、毎日(3)項に述べた変位置a、b、cを測定し、その測定値に急激な変化が認められた場合には、その原因を究明し、必要な対応を講ずるよう準備した。なお、神P-451側では、橋座部のコンクリートを全てはつり除去する必要はないので、死荷重の約20%程度を仮設支保工で支持するものとし、橋座部に不測の事態が発生した場合には、全主桁反力を支保工で受け持ちうる構造とした。

2-4 鉄筋組立て

橋座部コンクリートを除去した後に、梁部本体コンクリートにせん孔してアンカー鉄筋を設置した。せん孔深さは鉄筋の付着応力度を保持しうるよう650mmとした。アンカー鉄筋挿入後孔内に樹脂注入して固定した。

既設コンクリートの打ち継ぎ部からのひびわれの発生によるアンカー鉄筋の発錆を防止するため、鉄筋に防錆エポキシ樹脂塗装を施こした。塗装範囲は図-9に示すように打ち継ぎ部から10cmの範囲とし、周辺のコンクリート表面にも塗装を施こした。

アンカー鉄筋設置完了後、配力鉄筋を組み立てた。図-10および図-11・図-12に補修前後の配筋状態を示す。また、沓座補強配筋状況を図-13に示す。

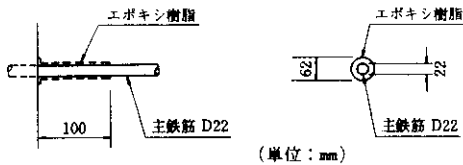


図-9 エポキシ樹脂塗布図

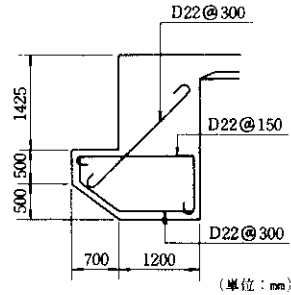


図-10 補修前配筋図(神P-448)

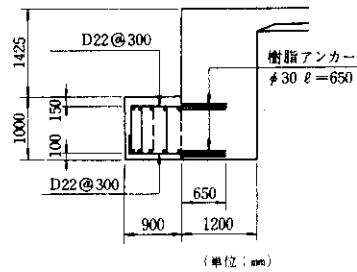


図-11 補修後配筋図(神P-448)

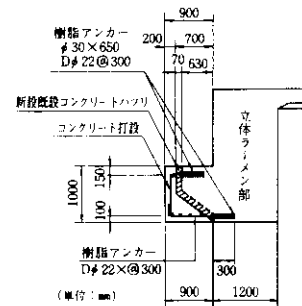


図-12 補修後配筋図(神P-451)

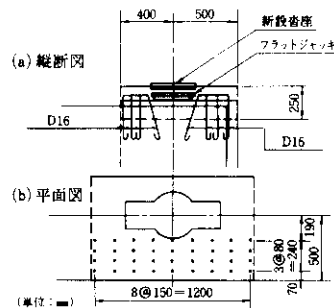


図-13 沓座補強配筋図(補P-448)

2-5 フラットジャッキの据付

橋座部コンクリート打ち込み前に、支承下面にフラットジャッキを図-14に示すように据え付けた。フラットジャッキの構造を図-15に示す。

フラットジャッキ据え付けの目的は、上下沓のすきまを完全に無くし支保工で仮受けした状態から、各支承に荷重が伝達された時点で変位を発生させずに、確実かつ安全にジャッキダウンするためである。

フラットジャッキの下面に打設したコンクリートが設計強度に達した時点で、フラットジャッキを作動させ、初期荷重(10t)を伝達させて上下沓を密着させた。なお、損傷部のコンクリートはつり作業前から新設コンクリートの打ち込み作業までの間は、下沓の落下防止のため下沓と上沓を治具を用いて仮付け溶接にて固定した。

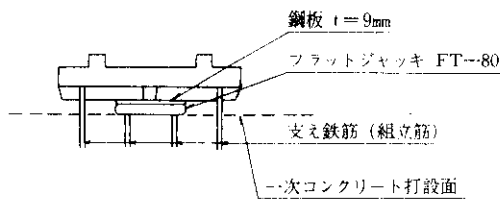


図-14 フラットジャッキ据付図

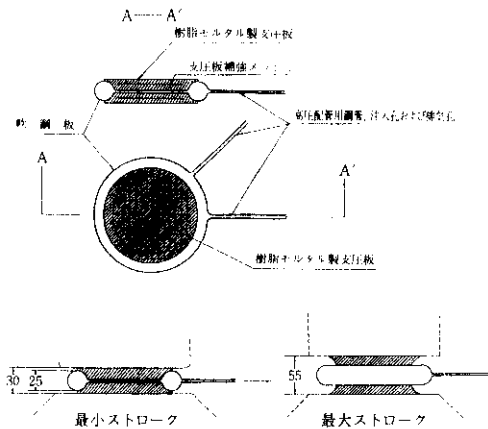


図-15 フラットジャッキ構造図

2-6 主桁のジャッキダウン

沓座に打ち込んだ無収縮モルタルの強度が250 kg/cm²に達した後、連動オイルジャッキにて主桁をかさ上げし、サイコロベント上のライナーを取り除き、ジャッキダウンして全荷重を支承に転換した。

3. 橋体移動量の測定

PC主桁のジャッキアップ時からジャッキダウン時までの間、橋体の移動量を常時測定して、主桁や支保工に異常が発生していないかどうか変位測定により観察した。以下にその測定結果について考察する。

3-1 ジャッキアップ時の測定値

- (1) 上部工橋体を支保工に仮受けするために、主桁をジャッキアップした時点での変位量の測定値を表-1に示す。
- (2) 測定箇所は図-8に示すとおりであり、ノギス(読み取り精度1/20mm)にて測定した。
- (3) ジャッキアップ操作には次のとおり目標値を設定して実施することとした。すなわち、ジャッキ作動中の最大あげ越し量は3mmとし、PC主桁の仮受け時には1mm程度に最大移動量を制御することとして管理した。
- (4) 各支承位置に変位計(読み取り精度10⁻⁴mm)(全体で6個)を橋脚に取り付けて変位量を測定した。同時に、橋脚の両端でダイヤルゲージおよびノギスにより変位量を測定した。その結果を表-2に示す。
- (5) 表-2の結果を考察すると、変位計・ダイヤルゲージ・ノギスによる測定値は、ほぼ同じ値を示しているといえる。

3-2 仮受け状態での測定値

- (1) 橋体を支保工で仮受けした状態での各点の移動量の変動を図-16に示す。毎日、午前と午後1回づつ測定した午前の値を示したものが図-16である。

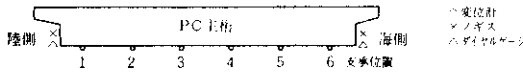
表一1 ジャッキアップ時橋体移動量

(単位: mm)

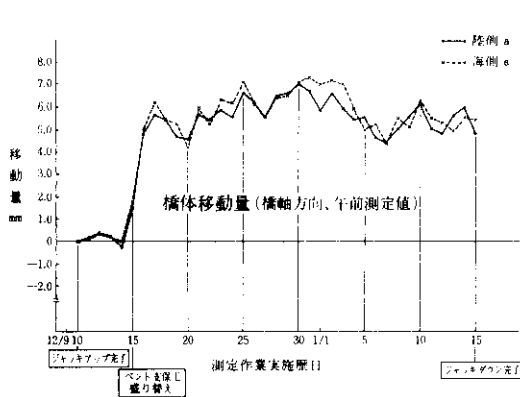
測定日	陸側			海側		
	a	b	c	a	b	c
12/9 アップ前	142.1	148.3	27.6	181.5	27.9	14.0
アップ後 15:50	-0.2	-1.2	0.8	-0.3	-0.9	0.3
	141.9	147.1	28.4	181.2	27.0	14.3
16:50	-0.6	-0.6	-2.7	-0.3	-0.9	-0.1
	141.5	147.7	24.9	181.2	27.0	13.9
17:30	-1.0	-0.6	0.6	—	—	—
	141.1	147.7	28.2	—	—	—
12/10 8:30	0.1	-1.2	0.5	0.1	-1.5	0.2
再アップ時	142.2	147.1	28.1	181.6	26.4	14.2
	-0.2	-2.9	0.8	—	—	—
13:00	-0.2	-1.1	0	-0.5	-1.2	0.5
	141.9	147.2	27.6	181.0	26.7	14.5
15:00	-0.4	-1.1	0.2	-0.3	-1.0	0.8
	141.7	147.2	27.8	181.2	26.9	14.8

注) aは橋軸方向の移動量 bは上下方向の移動量
cは橋軸直角方向の移動量を示す。
上段は変位量、下段は表測値を示す。

表一2 計器によるジャッキ・アップ測定量



測定日	ゲージ	支保下の変位計						ゲージ	気温 (℃)
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6		
12/9 敷設前	0	0	0	0	0	0	0	—	
敷設後 15:50	1.2	1.34	1.25	0.95	0.70	0.75	0.85	0.9	
	16:05	—	1.07	0.95	0.60	0.50	0.65	0.70	0.96
16:30	—	0.70	0.75	0.40	0.30	0.40	0.60	0.85	0.95
16:55	0.6	0.65	0.70	0.45	0.30	0.40	0.50	0.75	0.85
17:30	0.6	0.76	0.70	0.40	0.20	0.30	0.40	0.70	—
12/10 8:30	1.2	1.10	0.90	0.35	0.10	0.15	0.25	0.55	0.85
9:00	—	—	0.80	0.35	0.10	0.25	0.35	0.60	—
ジャッキ作動時	2.9	—	3.05	2.40	2.15	2.30	2.50	2.85	—
敷設時 12:00	—	—	1.55	1.05	1.00	1.15	1.25	1.65	—
13:00	1.1	1.25	1.15	0.60	0.50	0.70	0.80	1.15	1.30
13:30	—	—	1.05	0.75	0.60	0.80	0.85	1.25	—
14:00	—	1.20	1.15	0.70	0.60	0.70	0.85	1.15	1.30
14:30	—	1.17	1.05	0.60	0.60	0.70	0.85	1.15	1.25
15:00	1.1	1.15	1.05	0.65	0.60	0.70	0.85	1.15	1.0



(2) 測定開始当初は、橋軸方向移動量 (a)、上下方向移動量 (b)、橋軸直角方向移動量 (c) の変化幅が、±1 mm以内であれば桁の弾性範囲以内で安定しており、PC主桁に異常は生じないであろうと予測した。測定の結果では (b) および (c) の値は、その変動量は±1 mm以内であったが、(a) の値は変動が予測より大きくなっている。この移動量の変動は、橋座コンクリートを除去し、PC主桁反力をベント支保工に完全に盛り替えた時点で発生しており、固定沓を解放したことに起因して発生したものと考えられる。

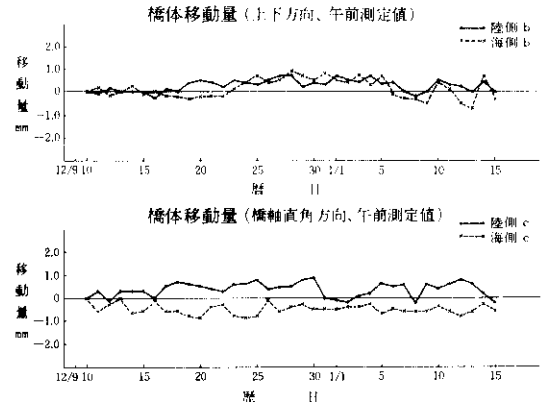
しかしながら、この程度の変動は、PC主桁には大きな影響を生じないものと考えられたのでそのまま補修工事を進めた。その結果、その変動量はほぼ安定していることが確認された。

3-3 フラットジャッキ作動時の測定値

(1) 支承位置にダイヤルゲージ6個を据え付けて測定した、フラットジャッキ作動時の橋体の移動量を表一3に示す。

(2) フラットジャッキの内部圧力は、20kg/cm²まで加圧した時点で各支承部のに10 tの荷重が作用し、上下沓が密着状態となっていることが確認された。

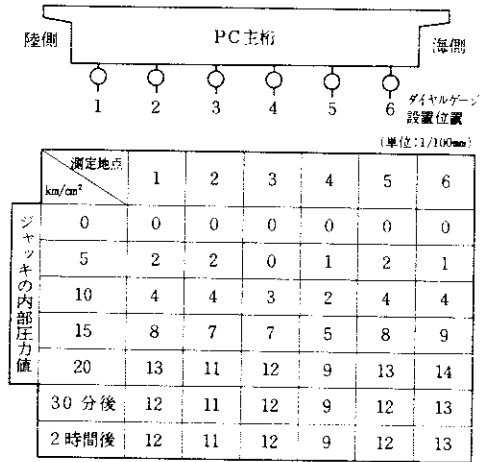
(3) フラットジャッキ作動時のアップ量は、橋面の走行性より、最大1 mmまで可能と予測していたが、橋面に影響を与えるような値は観測されなかった。



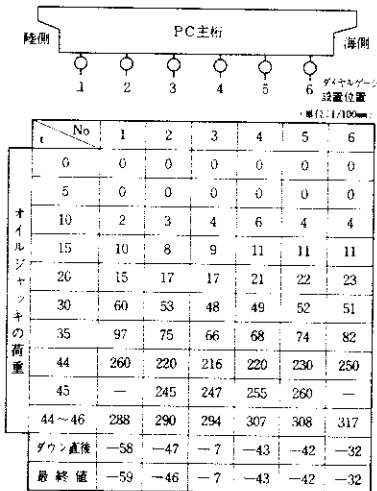
図一16 橋体移動量の変動

表一3

フラット・ジャッキ作動時の橋体移動量の測定



表一4 ジャッキ・ダウン時 橋体移動量の測定



3-4 ジャッキダウン時の測定値

- (1) PC主桁のジャッキダウン時の橋体移動量をダイヤルゲージにより測定した結果を表一4に示す。
- (2) オイルジャッキの荷重を油圧力で表中(表一4参照)に示し、ジャッキ作動時のアップ量が最大3mmとなるように調節した。

(3) ジャッキダウン後の測定値には、若干のばらつきが生じているが、予測値にはほぼ近い値であった。

3-5 まとめ

補修工実施中のPC橋体の移動量は、当初の予測値とはほぼ等しいか、予測値以下であり、この工事に伴って橋体に無理な応力は発生していないことが確認された。無事に補修工事を完了することができたものと考えられる。なお、橋体の上下方向の変位量(b)を観測した結果、補修工前後の主桁かさ上げ量は、陸側で0.6mm、海側で0.2mmときわめて微小なものであった。

4. あとがき

高速道路本線上の車輛通行下で、橋脚近傍に構築した仮設支保工で橋体を仮り受けして、橋座部分のコンクリートを打ち換えるという工事の実施例はきわめて数少ないものである。仮設支保工にしても、鉛直荷重に対してはもちろんのこと、水平荷重に対しても、設計計算では十分安全であることが確認されているが、工事中に地震が発生した場合を想定すると不安な面が多い。しかしながら、幸いにも驚くほど順調に補修工事が進行し、完了することが出来た。これは、ひとえに一つの作業ステップが終了するごとに関連する作業を一念に照査し、次の作業にその結果を生かす姿勢を工事関係者が持ち続けた努力が結実したものと考えられる。ここに、この工事の関係者に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 阪神高速道路における土木構造物補修事例集、昭和57年3月、阪神高速道路公団
- 2) 国鉄建造物設計標準、昭和58年、土木学会