

(1) 大規模 PC 橋の落橋防止システムの改良 (東名高速道路川音川橋支承改良工事)

住友建設株式会社 正会員 安藤直文
 " 真継章夫
 日本道路公団 神田一夫
 " 岩川宏和

1. はじめに

川音川橋は東名高速道路大井松田 I.C~御殿場 I.C 間に位置し、小田急線と国道 246 号線を上空 40m で跨ぐ。昭和 44 年に建設され、これまで 30 年以上に渡り重交通下に供用されてきた。構造は主橋梁部が 3 連の PCT ラーメン箱桁、その両端部は PC 単純 2 室箱桁で、左右 2 ラインからなる。T ラーメン部の支間 90m は建設時には国内最大を誇り、現在でも有数の大規模な PC 構造物である。写真-1 に完成当時の全景、写真-2 に施工状況、表-1 に主要構造諸元を示す。

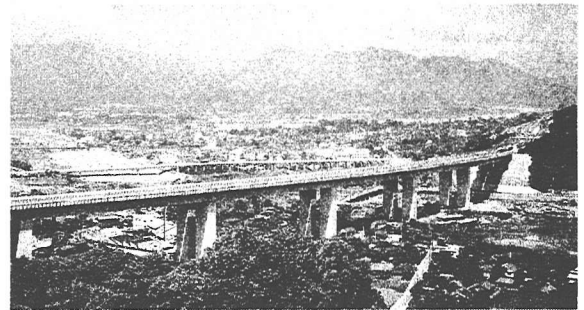


写真-1 完成当時の全景



写真-2 施工状況

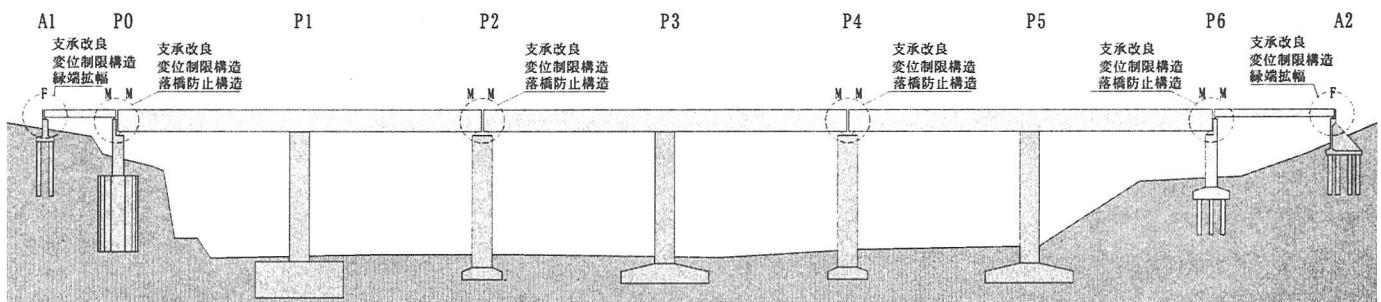
本橋はこれまでに東名高速道路のトータルリフレッシュ計画の一環として橋脚耐震補強、主桁剥落防止工、主桁表面塗装工などが実施された。本工事ではその仕上げとして、支承を含めた落橋防止システムの改良を行ったものである。本稿では本工事で特徴的な大型支承の交換、アラミド FRP ロッドを用いた変位制限構造の固定を中心に記す。

2. 現行構造の問題点と補強概要

現行の支承形式は鋼製ローラー支承である。表面はかなりの発錆が見られるものの建設時に想定した反力支持、移動量などの機能面は維持しているものと考えられる。しかしながら現行基準に当てはめると、大地震時の支承部材の脆性的な損傷や大変形に伴う上部工の逸脱が懸念された。これまでにこのような大規模

表-1 主要構造諸元

構造形式	主径間 PC T ラーメン箱桁×3連
	側径間 PC(RC)単純2室箱桁
橋長	右ルート 17.7m+540.6m+29.7m
	左ルート 29.7m+540.6m+29.7m
幅員	10.95m×2
平面線形	R=1500



改良前：鋼製ローラー支承

改良後：ゴム支承(タイプ A)+変位制限構造(鉛直鋼アンカーバー)+落橋防止構造(水平 PC 鋼材 or 縁端拡幅)

図-1 補強概要

キーワード：耐震補強 支承交換 変位制限構造 アラミド FRP ロッド

連絡先：〒160-8577 東京都新宿区荒木町 13-4 TEL03-3225-1963 FAX03-3225-5317

PC 橋の支承交換事例は極めて少なく、現在作用している大反力を確実に新支承に受け変えることが要求される。また、当然のことながら補強前構造には現行基準を満足する落橋防止構造や変位制限構造が設けられていない。これらを追加設置する際には、大地震時にはこれが確実に機能することはもちろんのこと、既設構造物の損傷を最小限に止めることが求められた。図-1 に本工事の補強概要、図-2 に主橋梁部補強詳細を示す。

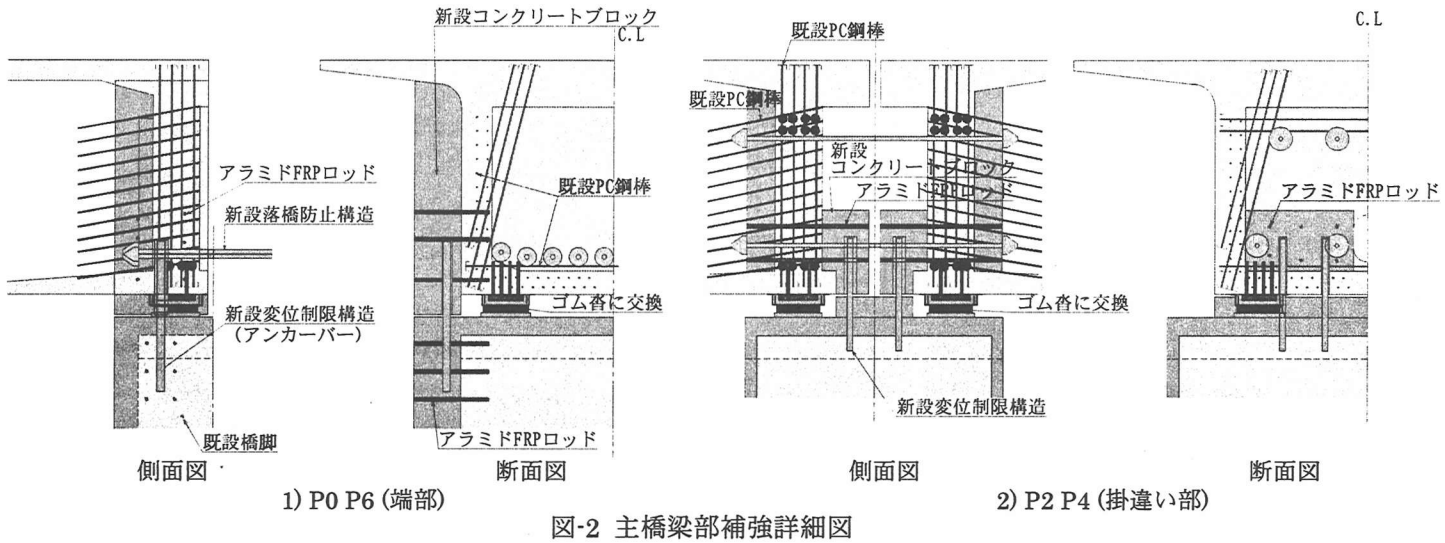


図-2 主橋梁部補強詳細図

3. 支承交換

既設鋼製ローラー支承(鉛直反力6800kN)をタイプAゴム支承に交換した。過去にこのような大型支承の交換事例は少ない。下部工をはつることにより既設下支承は交換可能であるが、上部工に埋め込まれている上支承は交換できない。そのため水平反力伝達と鉛直寸法調整を目的とした箱形の鋼製カバーで既設上支承を包込み、内部にモルタルを充填し、その直下にゴム支承を設置する構造とした。図-2に新旧支承構造を示す。

交換には1支承線当たり2基のジャッキを用いた。ゴム支承の弾性圧縮変形量となじみ量に相当する3mm程度をジャッキアップし、ジャッキのロックナットを固定し、上部工を仮受けした状態で支承交換作業を行った。支承交換は図-4に示す手順で行った。まず既設支承のサイドブロックをはずし、ローラーを撤去する。次に下

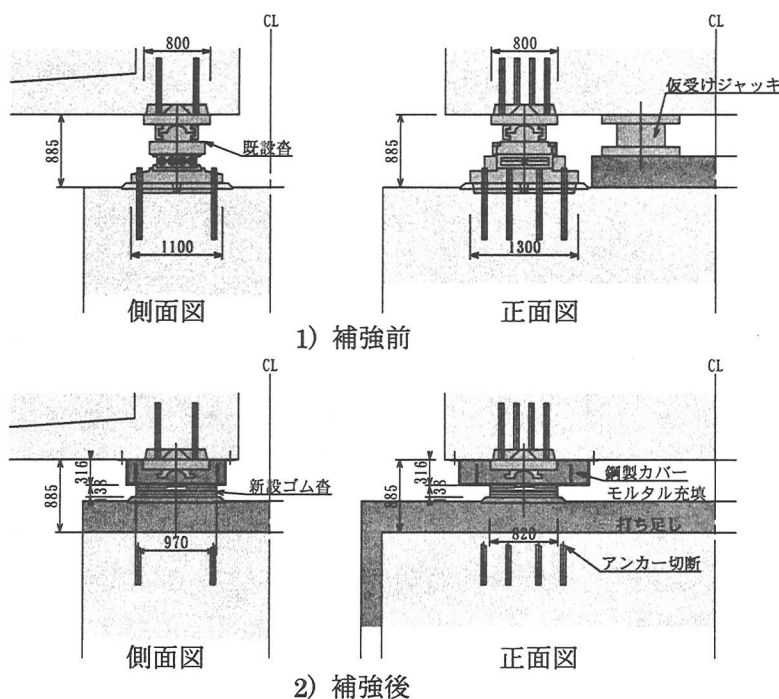


図-3 新旧支承構造図

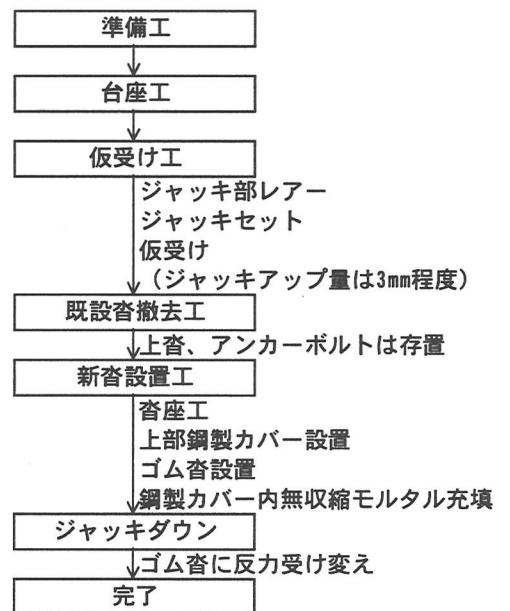
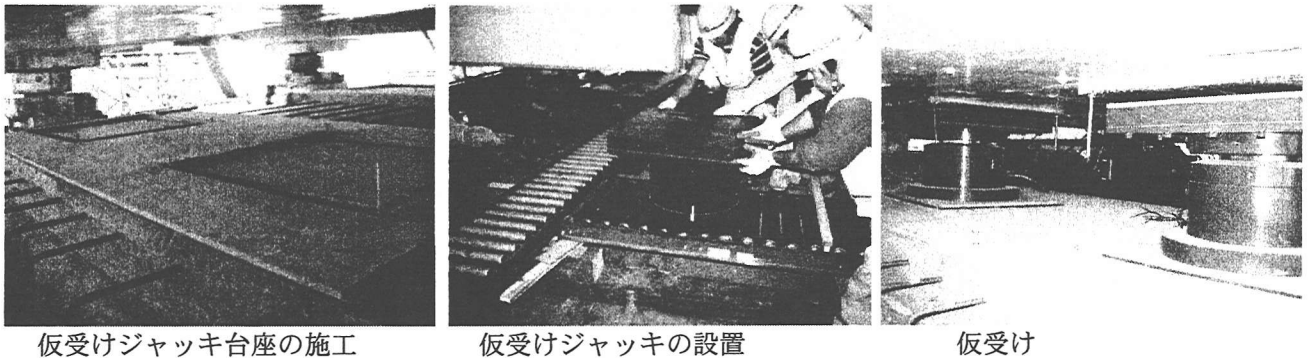


図-4 支承交換手順

支承周りのコンクリートをはつり、アンカーボルトを切断し支承を取り除く。その後、新設支承の台座を施工、上部鋼製カバーと新設ゴム支承を所定の高さに設置し、鋼製カバー内部に超早強無収縮モルタルを注入した。なおこの間、交通制限は一切行っていない。写真-3に支承交換状況を示す。

1) 仮受けジャッキの設置

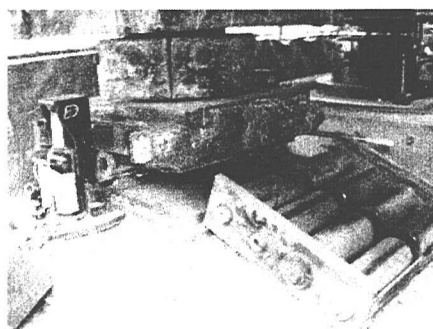


仮受けジャッキ台座の施工

仮受けジャッキの設置

仮受け

2) 既設支承解体撤去

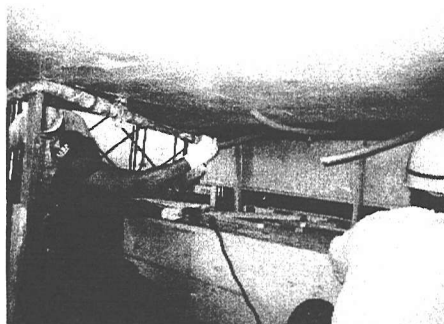


ローラー部の解体

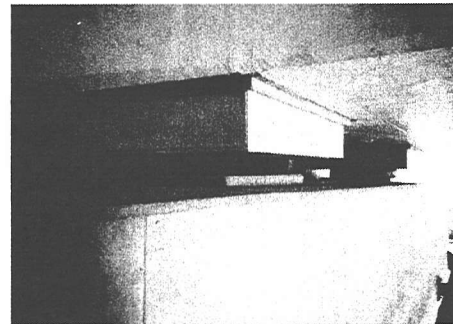


下支承部のはつり

3) 新支承の設置



鋼製カバー内充填
(超早強無収縮モルタル)



完成状況

写真-3 支承交換状況

施工の安全性と完成構造の妥当性の検証を目的に、施工中の反力と変位量を測定した。左右ジャッキの反力と変位量の関係、ジャッキダウン時のゴム支承の弾性変形量から新支承補強前の構造が負担していた反力が計算通りに新支承に受け渡されたことを確認した。計測結果の一例として主橋梁部のジャッキ反力と変位の関係を図-5に示す。

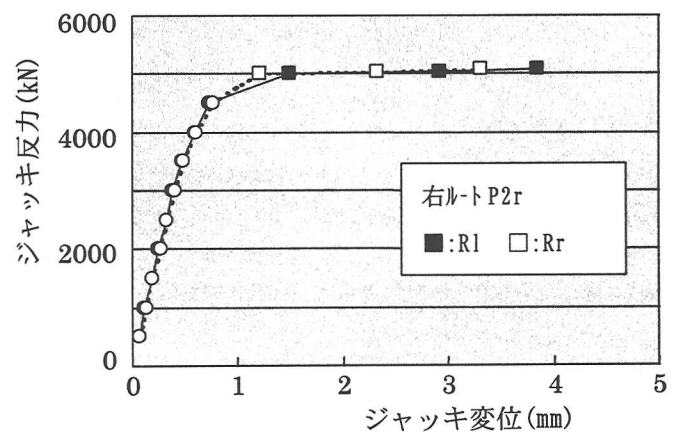


図-5 計測結果の一例(ジャッキ反力と変位の関係)

4. 変位制限構造

4. 1. アンカー材料の選定

変位制限構造には上下部工に増設したコンクリートブロック内に鉛直方向の鋼製アンカーバーを埋め込む形式を採用した。下部工側は既設橋脚に埋め込み、上部工側はキャップを設けて桁の伸縮を確保する。

アンカーバーを内蔵するコンクリートブロックの固定方法は、既設コンクリート面に削孔し鉄筋をアンカーとして設ける工法が一般的である。作用地震力に対し必要な引張強度、せん断強度の鉄筋を配置するものである。この方式ではアンカー数がかなり多くなり、本橋のように橋梁のウエブに施工場合には縦横に配置された既設PC鋼材と干渉する恐れがあり、施工の難度も高く、補強により既設構造を損傷する弊害が懸念された。

これに対し、アンカー数の減少を目的にアラミドFRPロッドを用いる工法を提案した。アラミドFRPロッドを既設コンクリートにアンカー定着し、緊張力を導入するものである。写真-4にアラミドFRPロッド近影、表-2にアラミドFRPロッド主要諸元、図-6に工法概念を示す。

アラミドFRPロッドは以下の特徴があり本件への適用性が高いと考えられる。

- ①コンクリートとの付着性能に優れるため定着体を用いず定着できる。
- ②大気中、水中、コンクリート中で腐食劣化しないため端部処理が不要。
- ③PC鋼材に比べ弾性係数が小さいため、コンクリートの弾性変形やクリープによる緊張力の損失が小さく、薄い部材への適用性が高い。また緊張時の伸びが大きいため、緊張管理が容易で導入緊張力も正確である。
- ④軽量で柔軟なため取扱いやすく、狭い作業空間での施工性が高い。

緊張力方向の作用地震力に対してアラミドFRPロッドの緊張力あるいは引張耐力、緊張力と直角方向の地震力に対しては緊張を考慮したせん断伝達耐力により設計した。本橋では引張力に応じて単線φ7.4を4本、7本、9本束ねたものを用いた。その結果、鉄筋アンカー案に比べアンカー本数を減少させることができた。これより、密に配置された既設PC鋼材との干渉を回避すると共に、既設構造の無益な損傷を低減し、構造の信頼性を向上できた。表-3に両者の比較を示す。



写真-4 アラミドFRPロッド

表-2 アラミドFRPロッドの諸元

		φ7.4
有効断面積	mm ²	42.4
公称断面積	mm ²	48.8
保証耐力	kN	81.4
弾性係数(Ae)	kN/mm ²	53.0

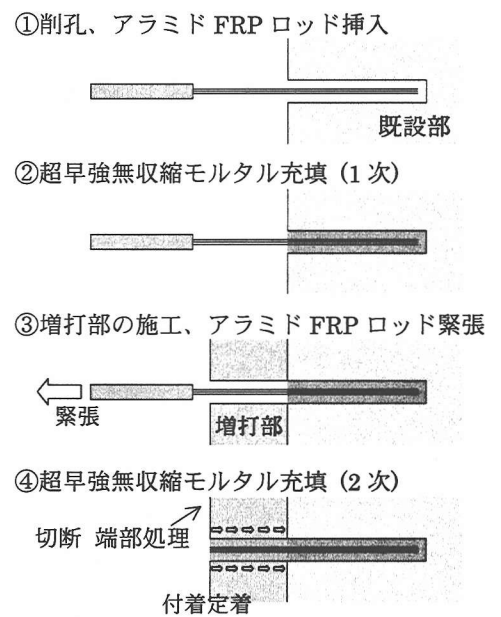


図-6 アラミドアンカー工法の概念

表-3 アンカーの比較

アラミドFRPロッド案	鉄筋案
<p>アンカー：アラミドFRPロッド9φ7.4×6本</p>	<p>アンカー：鉄筋D32×32本</p>

4. 2. アラミドFRPロッドの付着定着

アラミドFRPロッドをアンカー定着して用いる場合、その定着機構はロッド表面の節とモルタルの機械的な噛み合わせによる付着力が主であり、付着定着長はコンクリートあるいはモルタルの圧縮強度が 35N/mm^2 以上で約 $300\sim 400\text{mm}$ であることが既往の研究で明らかになっている。¹⁾ 本工事では、水平方向にアンカー定着するため、孔内のモルタル充填不良による定着効果の低下が懸念された。そのため事前にモルタル充填確認試験、現場引張試験を行い、確実に施工できることを確認した。

モルタル充填試験は透明管にアラミドFRPロッドを配置し、内部のモルタル充填状況を検証したものである。写真-5に示すようにアラミドFRPロッドを透明管内に配置した。写真-6にモルタル充填後の透明管の切断面を示す。これらからモルタルの充填が確実にできることを確認した。

現場引張試験は、実橋を再現した試験体を用いて、引張試験を行ったものである。アラミドFRPロッドに緊張直後の制限値に相当する張力(保証耐力の70%)²⁾を与えた際にも、付着定着に異常はなく、定着部からの異常な抜け出しはなかった。写真-7に試験状況、写真-8に定着部近傍の状況を示す。

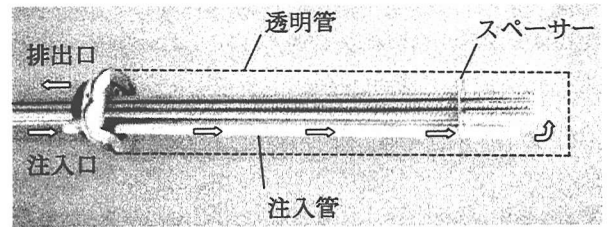


写真-5 アラミドFRPロッドの配置

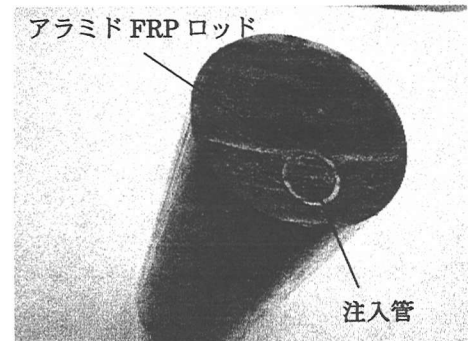


写真-6 切断面



写真-7 現場引張試験状況

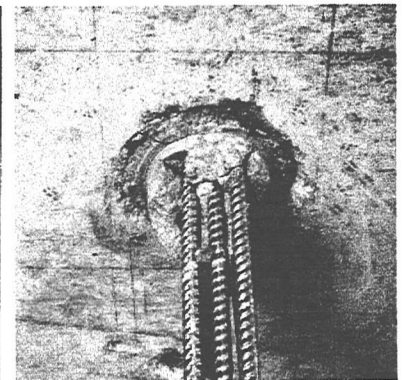


写真-8 定着部近傍

4. 3. 変位制限構造の施工

変位制限構造の施工手順を図-7に示す。アンカー用削孔は、既設鋼材位置をレーダー探査した後、小径ドリルで先行堀し、鋼材位置を実際に確認した後、コア削孔した。

次に、鋼製アンカーバー形式の変位制限構造を設置(写真-9)、アラミドFRPロッドをアンカー定着した(写真-10)。コンクリートブロックの施工はアラミドFRPロッドがシース中を貫通した状態で行った(写真-11)。養生後、アラミドFRPロッドの緊張(写真-12)、緊張力を保持した状態で残りの部分のモルタルを充填(写真-13)、所定の強度発現後、緊張力を解放する。この時点でアラミドFRPロッドに導入された緊張力はモルタルとの付着応力を介しコンクリートブロックに伝達される。最後に端部を切断、処理する。

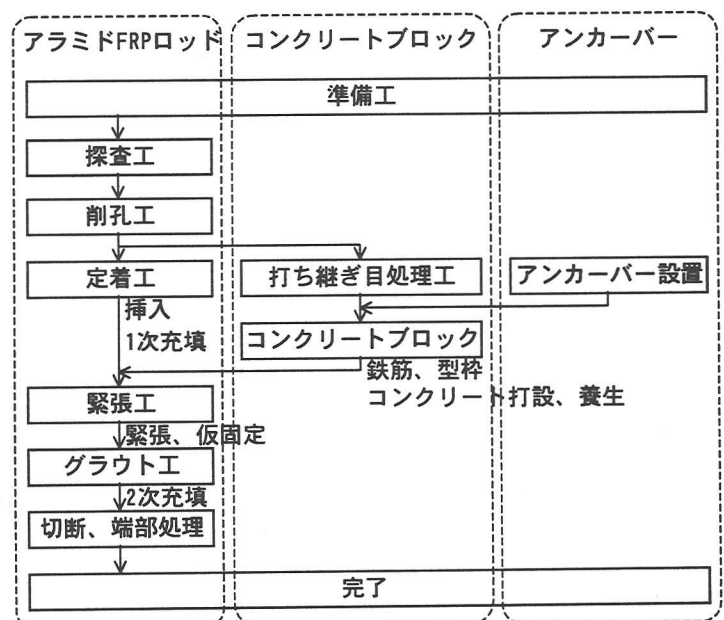


図-7 変位制限構造の施工手順

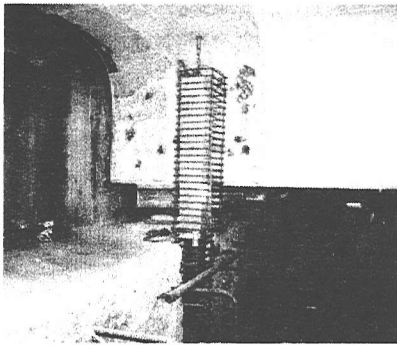


写真-9 アンカーバーの配置

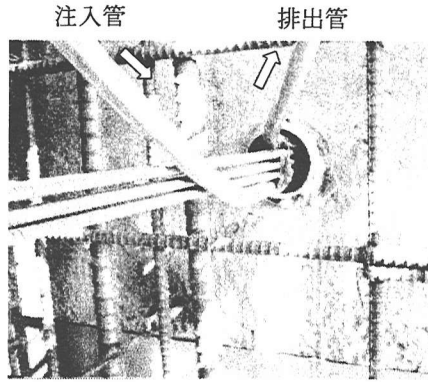


写真-10 モルタル充填 (1次)

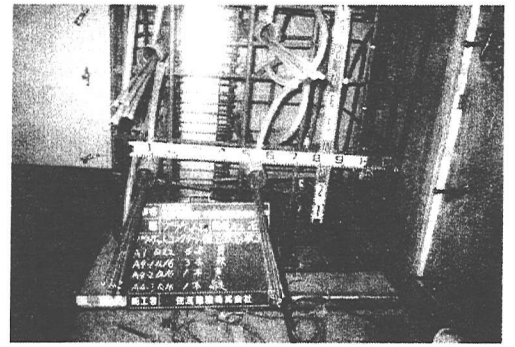


写真-11 配筋完了



写真-12 アラミドFRP ロッドの緊張

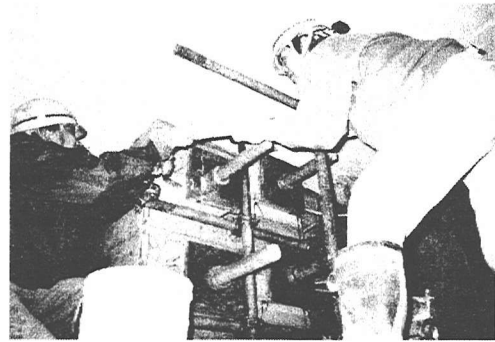


写真-13 モルタル充填 (2次)

5. その他

以上の工種以外に、落橋防止構造を新設し、変位制限構造のコンクリートブロックの一部に剥落防止工を施した。落橋防止構造は、隣接する上部工相互間、上部工と橋台とを結ぶ一般的な構造である。写真-14にTラーメンP2,P4部の設置状況を示す。

剥落防止工は、アラミド繊維束を3方向に配してシート状にし、粒径2～3mmの珪砂を付着したメッシュシートをコンクリートのかぶり内に配置したものである。メッシュシートを型枠に固定すると珪砂の突起がスペーサーとなり、コンクリート表面の近傍にメッシュシートが固定されコンクリート片の万一の剥落を防止するものである。写真-15に近影を示す。

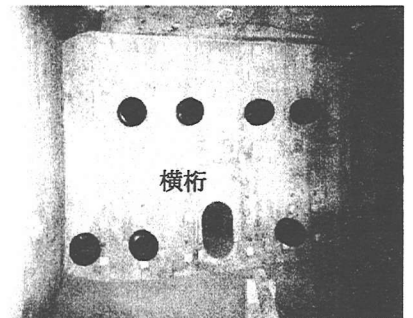


写真-14 落橋防止構造

6. おわりに

本工事は主要幹線と交差する東名高速道路の改良工事であり、施工期間、施工時間、施工のクリアランスなど多くの制約を受けた。このような厳しい施工環境下にあっても、現場における創意工夫により無事竣工することができた。今後補修・補強工事が増大していくなか本稿が一助になれば幸いである。ご協力いただいた関係各位に謝意を表します。

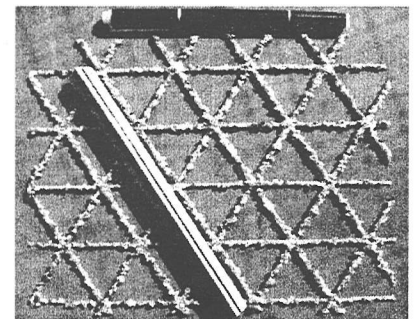


写真-15 アラミドメッシュシート

[参考文献]

- 1) 浅井他、アラミドFRPロッドを緊張材として用いたプレテンション部材の伝達長について、土木学会第56回年次学術講演会概要集
- 2) 土木学会、連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)