

阪神高速3号神戸線RC橋脚復旧下部工事施工管理要領について

阪神高速道路公団 大阪第二建設部 正会員 加藤 祥久
阪神高速道路公団 工務部 正会員 吉川 実
阪神高速道路公団 神戸管理部 正会員 幸左 賢二

1. はじめに

阪神・淡路大震災により阪神高速道路3号神戸線のRC橋脚は大きな被害を被った。このため、損傷の大きなRC橋脚については既存橋脚を撤去し新たな橋脚を設置するとともに、損傷の小さな橋脚については補修・補強を行っている。フーチングはほぼ健全であったことから再使用し、橋脚とフーチングは後施工アンカーにより接続し、一体化することを基本として復旧工事を進めている。また、RC橋脚の復旧に際しては鉄筋の横方向拘束効果を考慮した”兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様（平成7年2月27日付建設省通知）”に基づき設計されている。

復旧RC橋脚工事の検討課題をまとめると以下ようになる。

- 1) 再構築橋脚では、横方向拘束効果を増すために、帯鉄筋量（中間帯鉄筋を含む）が従来の3倍程度と非常に密な配筋となり、施工手法の十分な検討が必要となる。また、工期短縮などのため鋼製梁を標準としているため、鋼製梁とコンクリート柱部の十分な接合のための検討が必要となる。
- 2) 神戸線の橋脚は39年制定の鋼道路橋示方書に基づき設計水平震度が0.2となっていた。現行道路橋示方書で照査すると、0.25となり、30cm程度のRC巻立てによる増厚が必要となる。また、補強橋脚では、中間帯鉄筋が配筋できないことから、拘束効果を高めるために鋼板（厚さ6～12mm）を巻立てる必要がある。このような条件を満たすために、RC巻立て・鋼板併用工法を標準としているが、比較的薄い部材中へのコンクリート充填となることから十分な施工手法の検討が必要となる。
- 3) 補修橋脚では損傷鉄筋の取り替え、損傷コンクリート部のはつり、新コンクリートの打設などの修復工事が必要となるが従前このような橋脚補修の実施例は少ないため、十分な施工手法の検討が必要である。

以上のように、本復旧工事は、対象橋脚も多く、また従来に比べて特殊な工種が多いため、設計はもちろん施工に際しても十分な検討が必要となった。このような背景から、阪神高速道路公団では、標準的施工手法の明示、品質管理の統一化などのために、”阪神高速3号神戸線復旧下部工事施工管理要領（平成7年6月30日付）”を制定し、工事を進めている。本報告は、施工管理要領の主要項目についてその概要をまとめたものである。

2. 再構築橋脚

2-1: 撤去・再構築範囲

撤去・再構築橋脚は、破壊位置の違いにより図-1に示すように、次の3種類に分類している。

TYPE 1: 破壊位置が梁または柱上部であり、柱軸方向鉄筋の健全な部位がフーチング天端から、130cm以上の高さで残存する橋脚。

TYPE 2: 破壊位置が柱地盤付近であり、柱軸方向鉄筋の健全な部位がフーチング天端から、130cm未満の高さで残存する橋脚。

TYPE 3: 破壊位置が柱基部付近であり、破壊がフーチングに及んでいる橋脚。

それぞれのタイプ別の撤去・再構築橋脚の標準作業手順を図-2に示す。タイプ1では、柱基部から上方

キーワード: 耐震補強、兵庫県南部地震、複合梁、後施工アンカー

連絡先: 〒650 神戸市中央区新港町16-1 TEL 078-331-9801 FAX 078-334-1827

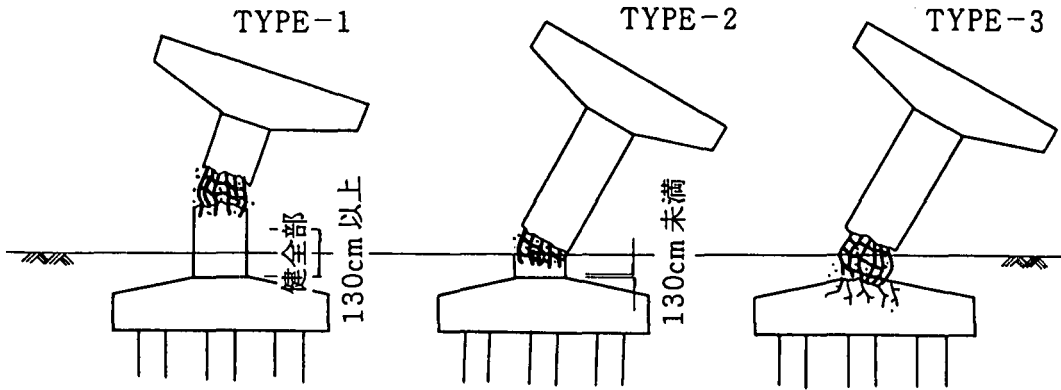
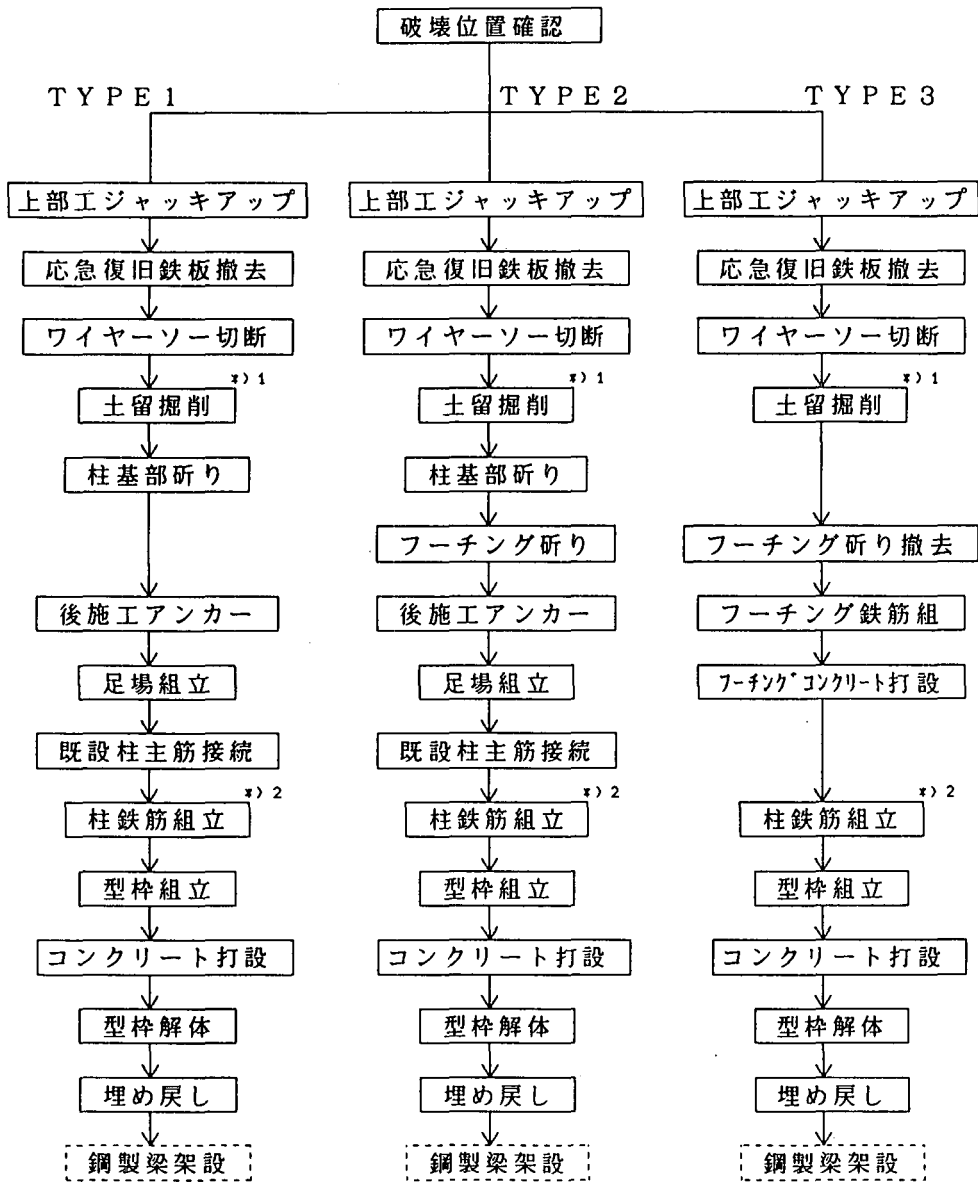


図-1 再構築橋脚の分類



*) 1 TYPE-1の土留め掘削は柱まわり、TYPE-2、TYPE-3の土留めはフーチングまわり。
 *) 2 鋼製梁との接続部のためのゲージプレート取付含む。

図-2 撤去・再構築橋脚の標準作業手順

を撤去すればよいのに対し、タイプ2、3ではフーチングの一部または全体を取り除くため、それぞれ必要な土留めの位置、構造が異なってくる。

2-2: 後施工アンカーの施工

後施工アンカーの穿孔は、図-3に従って管理する。後施工アンカーの長さは新設橋脚においては $1/2H + 30\phi$ で、最大でフーチング下側より300mmあがりまでを、補修・補強橋脚では“必要定着長の1.3倍程度”を標準とした。ただし、フーチング内には鉄筋組立用鋼材や基礎杭の杭頭鉄筋などがあり、フーチング下方で何らかの障害にぶつかる可能性も高い。このため、フーチング内を穿孔中何らかの支障でそれ以下に穿孔できなくなった孔は、その長さが $30\phi + 10\text{cm}$ 以上あれば穿孔しなおさなくてよい。ただし、長さを満足しない後施工アンカーは全本数の10%以内とし、10%を超える場合は、再度位置を変えて穿孔しなおさなければならない。なお、後施工アンカーの充填材は有機系を原則とし、試験施工により充填材の品質を確認している。

2-3: 後施工アンカーと補強主鉄筋の接続

表-1に主要な指定継ぎ手タイプ一覧表を示す。後施工アンカー鉄筋と補強主鉄筋の接続は機械式継ぎ手を指定している。これは後施工アンカーの充填材が有機系であり、加熱を避ける必要があったためである。

2-4: 帯鉄筋の組立

撤去・再構築の帯鉄筋は実物大試験体による施工性確認試験の結果、図-4に示すように矩形断面の場合、4分割フック式(A-1タイプ)、円形の場合は3分割フック式(A-2タイプ)を標準としている。中間帯鉄筋は、鋭角フック分割式(A-3タイプ)または鋭角フック全ラップ式とする。また、円形橋脚においては、せん断補強鉄筋をコの字形分割式(A-4タイプ)に配筋する。

2-5: 鉄筋の組立

既設主鉄筋および後施工アンカーと接続された主鉄筋は鋼製梁と鋼製梁直下で剛結される。鋼製梁の柱部下側には下フランジがあり、二次施工で下フランジに開けた穴の中に主鉄筋を通す必要がある。鉄筋の接続位置は、鋼製梁の下フランジから下方に約2.5mの位置であり、この高さで主鉄筋の配置が大きくずれていると、鋼製

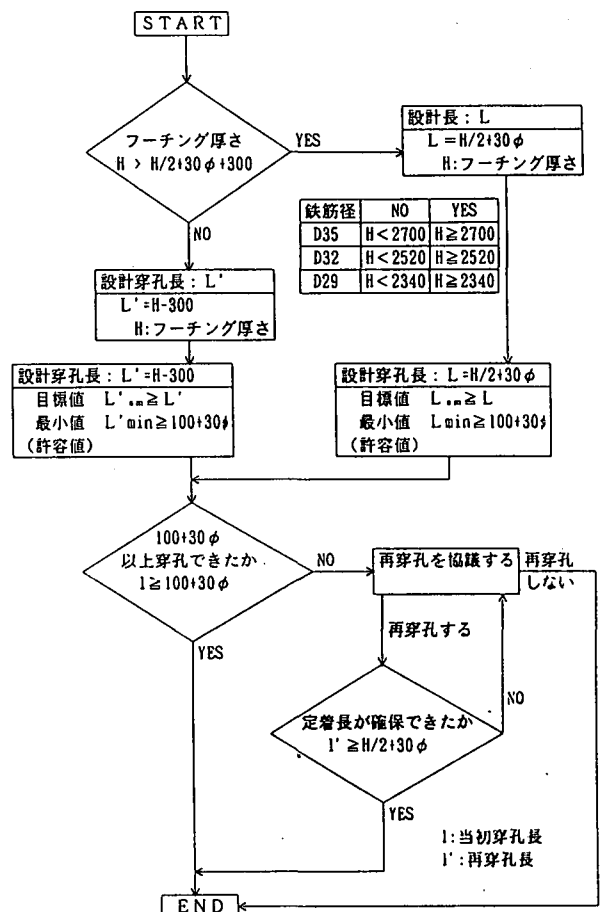


図-3: 後施工アンカーの施工管理

表-1: 指定継ぎ手タイプ

部位	継手種類	採用理由
1)再構築:後施工アンカーと補強主鉄筋の接続	機械継手	後施工アンカーの充填材は有機系であり加熱を避ける必要がある。
2)再構築:鋼製梁中の鉄筋継手	機械継手	梁中での溶接をさけるため。
3)補強:既設鉄筋の補修	エンクローズ溶接	現場施工条件により、他の継手法では、施工不可能。
4)補強:後施工アンカーと補強主鉄筋との接続	機械継手	後施工アンカーの充填材は有機系であり加熱を避ける必要がある。
5)補強:帯鉄筋のラップ部	フレヤ溶接	主鉄筋にフック式接続が不可能であるため。

梁の下フランジの穴に主鉄筋を差込むことが困難となる。一方、既設主鉄筋の位置は、脚柱を撤去するまで正確にはわからず、後施工アンカーについてもフーチング内の鉄筋が支障してある程度のずれは覚悟しておかなければならない。そこで、下フランジ下2.5mの位置にゲージプレートをセットし、下フランジの開孔と同じ位置に開孔したゲージプレートに向かって、主鉄筋をスムーズに曲げていくことを標準としている。

3. 補修橋脚

3-1: 脚柱補修の手順

主鉄筋取替のある場合の補修の手順を図-6に示す。損傷を受けた橋脚で、コンクリートが浮いている状態のものは、鉄筋との付着が切れているため、ハンマーで軽打して浮き状態のコンクリートをすべて撤去する必要がある。また、クラック幅が4mm以上の範囲については、コンクリートを砕り、無収縮コンクリートで断面の回復を図る。これに対して、クラック幅は4mm以下の範囲は、通常のエポキシ系のクラック注入で対処する。

3-2: 鉄筋取替範囲

鉄筋が塑性変形を起こしているものはすべて取り替えることが望ましいが、変形量が少ない場合や比較の変形量は大きくても緩やかに変形しているものについては、構造体への影響は少ないと判断し、以下の条件に相当する鉄筋について切断撤去し

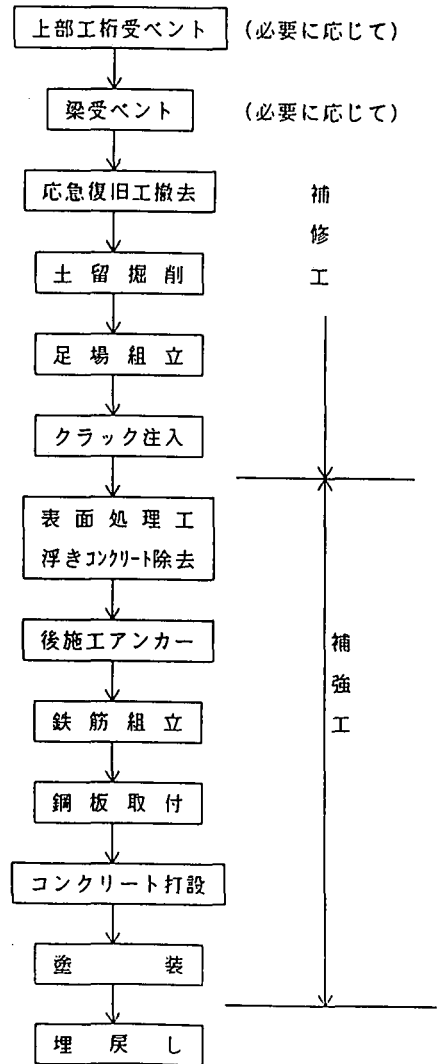


図-8: 施工フロー

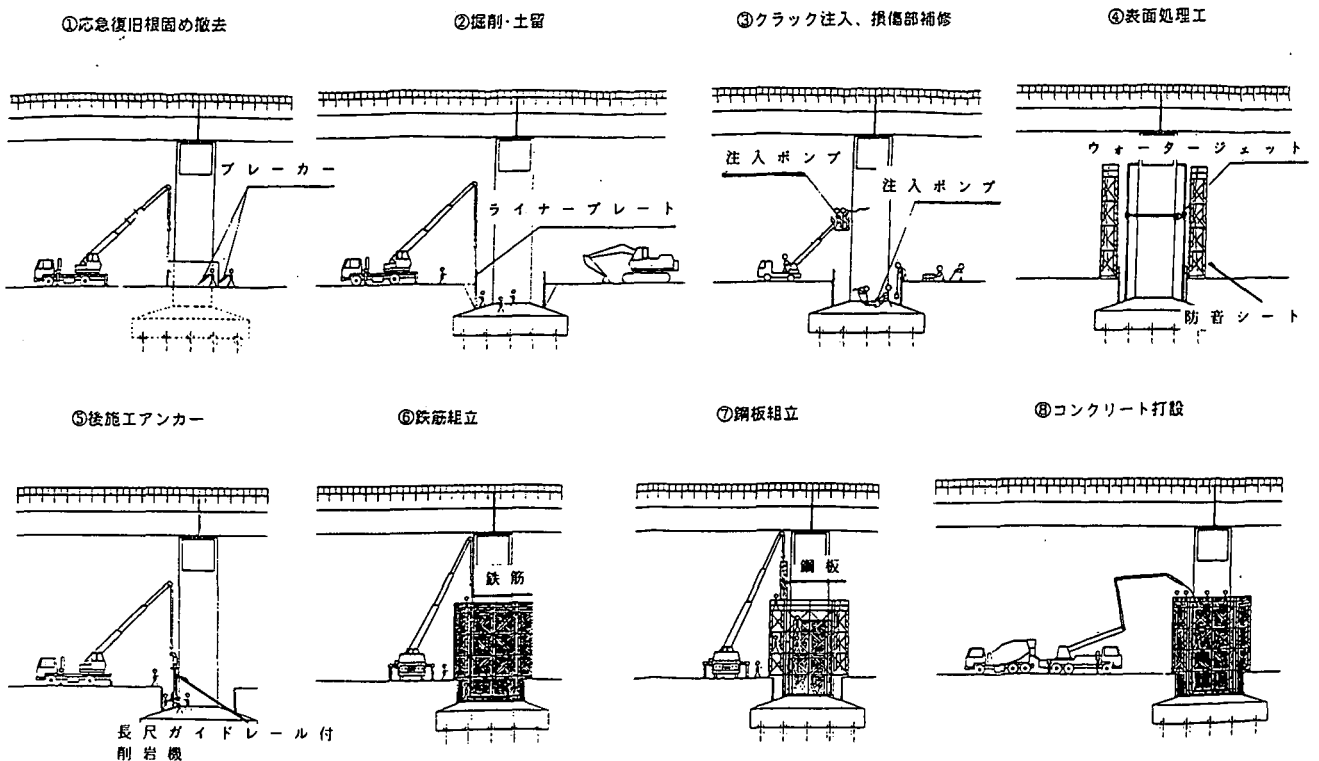
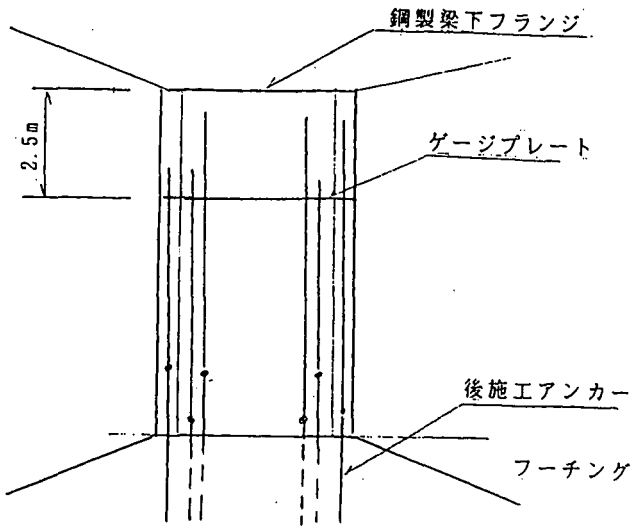


図-9: 施工手順図

帯鉄筋		中間帯鉄筋	せん断補強鉄筋
4分割フック式 (A-1タイプ)	3分割フック式 (A-2タイプ)	鋭角フック分割式 (A-3タイプ)	コの字形分割式 (A-4タイプ)

図-4：帯鉄筋の組立



鋼製梁下フランジ、ゲージプレートとも、設計図どおりに穴開けする。

図-5：鋼製梁と主鉄筋

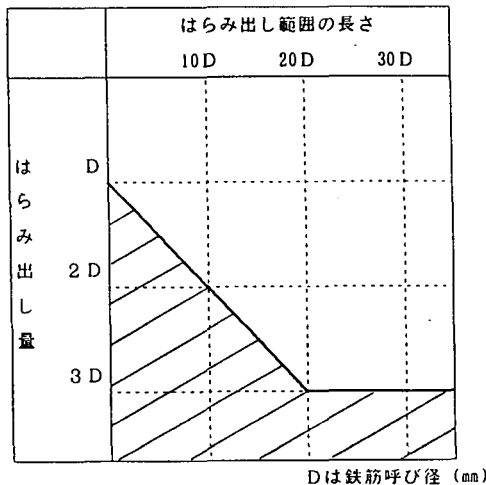
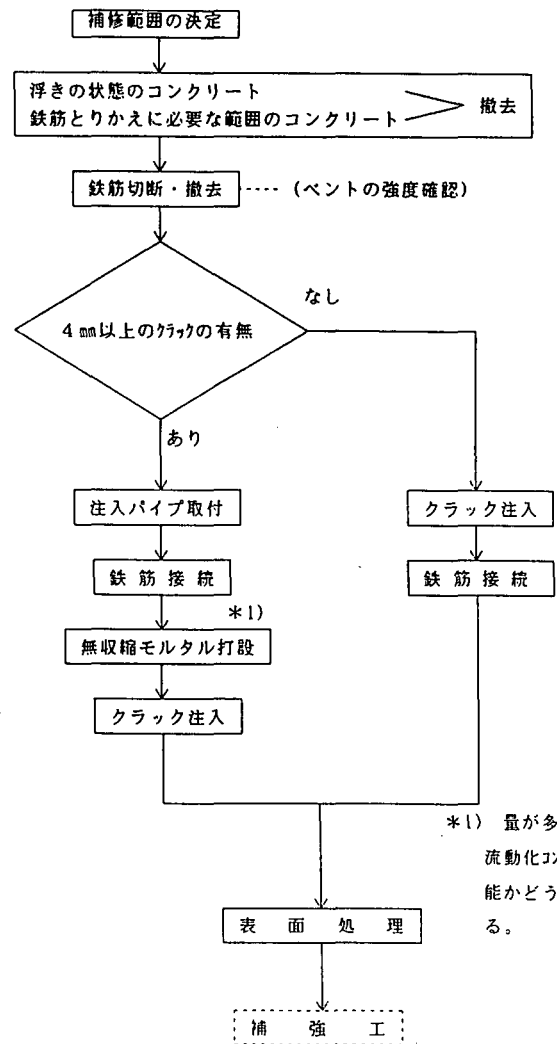


図-7：鉄筋取替範囲



*1) 量が多い場合は流動化コンクリートで可能かどうか検討する。

図-6：脚柱の補修フロー

、新しい鉄筋に取り替えることにした。

①鉄筋母材または圧接部で破断した主鉄筋

②はらみだし量とはらみだし範囲の関係が

図-7に示す斜線の範囲に入る主鉄筋

③主鉄筋を取り替えた範囲の帯鉄筋

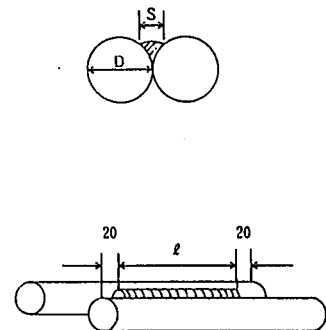
3-3：補修部取替鉄筋の継手

補修部で損傷を受けて取替えた鉄筋は、
エンクローズ溶接で既設鉄筋と接続させる。

ここで、エンクローズ溶接を指定したのは、上下位置が固定された条件での鉄筋の接続でありエンクローズ溶接は残留ひずみが少なく、また柱コンクリートの健全な部分の斫り範囲を少なくできるためである。

表-2 試験片の規格

鉄筋径	被覆アーク溶接
D16	S = 8.0 mm
	l = 240 mm
D19	S = 9.5 mm
	l = 285 mm
D22	S = 11.0 mm
	l = 330 mm
D25	S = 12.5 mm
	l = 375 mm



※試験片は2本ずつ作成した

表-3 試験結果 (単位: N/mm²)

鉄筋径	試験片	降伏点	引張強さ	破断位置
D16	①	314	488	母材
	②	318	489	母材
D19	①	366	565	母材
	②	366	569	母材
D22	①	375	589	母材
	②	375	589	母材
D25	①	371	566	母材
	②	371	566	母材

4. 補強橋脚

4-1：補強工の流れ

図-8,9に補強工の標準施工手順を示す。前章で述べた補修を実施した後脚柱の外側に鉄筋コンクリート巻立ておよび鋼板巻立てを実施する。また、橋脚が建築限界などのためにRC巻立てが不可能な場合は、後施工アンカー鉄筋により既設フーチングに定着し、鋼板に主鉄筋および拘束効果を期待した鋼板巻立て工法を用いる。

4-2：帯鉄筋の継手

帯鉄筋は主鉄筋が接続された後に行われるので、フレア溶接とした。溶接延長は22mm程度の太径となるため、阪神公団で別途作成した「鉄筋フレア溶接継手設計・施工指針(案)」に基づき鉄筋径の1.5倍とした。これまで太径の帯筋をフレア溶接で施工された例が少ないため、施工確認試験を行った。表-2は鉄筋径ごとの試験片の規格、表-3はその結果を示したものである。表から分かるように破断はすべて母材であるため溶接における問題がないことを確認した。

4-3：コンクリート表面処理工

既設の橋脚と補強コンクリートの付着を確保して一体化を計るために、既設橋脚の表面処理を行った。

1) 表面処理工法の選定

工法の選定には、付着強度を確認する施工試

表-4 平均引張強度試験結果

表面処理工法	接合面平均引張強度 (kgf/cm ²)
無処理	4.5
チップング	8.8~13.0
ディスクサンダー	6.1~7.3
ウォータージェット	17.0~19.6

験を行った。施工試験は各供試体の表面処理状態をかえて、外側にコンクリートを打設した後、コアボーリングによりφ10cmの試験体を作成し、直接引張試験を実施した。次に示す表-4は表面処理工法とその新旧コンクリート接合面の平均引張強度を示したものである。試験の結果、ウォータージェット工法が付着力の面で最も優れておりさらにほかの工法と比較して、騒音および粉塵の面でも優れているため、ウォータージェット工法、ウォーターサンドジェット工法、バキュームブラスター等の低騒音型の処理工法を採用した。表-5は標準的な表面処理工法の一覧である。

2) 施工管理

表面処理の程度は、数値として表現することは難しいため、一応の目安としては、コンクリート表面から1~3mm厚さのモルタル分を取り除き骨材の表面が見える程度とする。ただし、塗装されている橋脚はその塗装を完全に除去した後に実施した。また、実際に使用する機械で事前に付着性能を確認するとともに処理完了のモデルおよびカラー写真を作成し、実際の表面処理面と比較(写真-1)して、処理程度の統一化を計った。



写真-1 表面処理の確認

表-5 表面処理工法

	ウォータージェット	ウォーターサンドジェット	バキュームブラスター
施工法概要	高圧ポンプにて水をコンクリート面に噴射してモルタル分を除去する。	高圧ポンプにて砂を混入させた水をコンクリート面に噴射してモルタル分を除去する。	研掃材(スチールグリットまたはアルミグリット)をコソプレッサにてコンクリート面に噴射しモルタル分を除去する。
圧力	水圧 2000~2500 kgf/cm ²	水圧 250~350 kgf/cm ²	空気圧 5~6 kgf/cm ²
噴射方法	水 20~25 l/min	水 20~25 l/min	空気
	—	砂 4~5 kg/min	スチールまたはアルミグリット
コンクリート面とノズル間距離	約50mm	300~400mm	0mm

4-3: 鋼板加工

鋼板の加工は図-10に示すように、矩形の場合4分割あるいは8分割方式を標準とする。これに対して円形では3分割を標準とする。また、コンクリート面との付着を確保するために、鋼板には50cm間隔で長さ40mmのスタッドを設置する。

4-4: 補強部コンクリートの配合

補強部は、既設橋脚の傾斜によって、薄いところでは15cm程度の厚さになるうえ、比較的高鉄筋比となる。さらに、横梁が存在するため、極めて狭い空間から打設する必要があり、締め固めが困難となることが多い。従って補強部に打設するコンクリートは、スランプ18cm程度の”中流動コンクリート(高性能AE減水剤混入)”を標準としている。

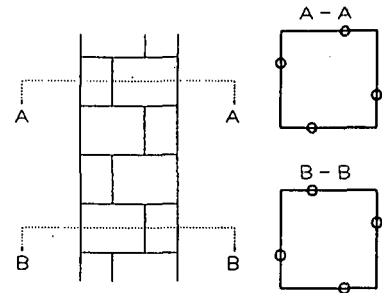
5. あとがき

以上復旧下部工事施工管理要領の概要について述べた。本工事はこの施工要領を標準として実施しているが、各現場においては施工要領で想定した条件よりもさらに困難な条件に直面し、各現場において担当者により様々な工夫が施されながら進められている。これらの内容が震災復旧だけでなく、今後の耐震補強工事に少しでも役立てば幸いである。

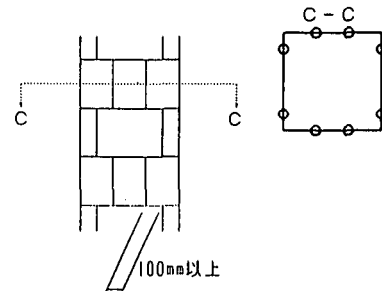
参考文献:

- 1) 日本道路協会, 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様の準用に関する参考資料(案), 1995.6.
- 2) 阪神高速道路公団, 阪神高速3号神戸線復旧下部工事施工管理要領, 1995年6月
- 3) 土木学会, コンクリートライブラリー 49号 鉄筋継手指針, 昭和57年2月

TYPE-1 (角型4分割)



TYPE-2 (角型8分割)



TYPE-3 (円型3分割)

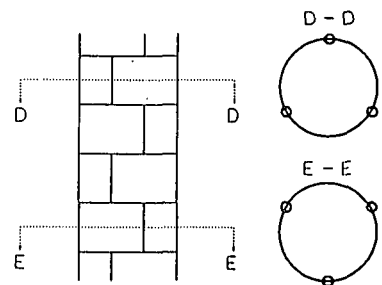


図-10: 鋼板加工図