

第 16 章 耐震補強

第16章 耐震補強

第1節 設計一般

1. 適用の範囲（標準）

この設計便覧は国土交通省近畿地方整備局管内の耐震補強の設計に適用する。

耐震補強の設計は、表 16-1-1 の示方書によるほか、この設計便覧によるものとする。なお、示方書および通達が全てに優先するので示方書の改訂、新しい通達等により内容が便覧と異なる場合は、便覧の内容を読み変えること。また、内容の解釈での疑問点はその都度担当課と協議し、必要に応じて「橋梁の補修・補強に関する検討会」を活用すること。

表 16-1-1 示方書等の名称

示方書・指針等	発行年月	発刊者
道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）	平成14年3月	日本道路協会
道路橋示方書・同解説（Ⅴ耐震設計編）	平成14年3月	〃
既設道路橋の耐震補強に関する参考資料	平成9年8月	〃
道路橋の耐震設計に関する資料	平成9年3月	〃
既設道路橋基礎の補強に関する参考資料	平成12年2月	〃
「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料（案）	平成7年6月	〃
道路震災対策便覧（震前対策編）	平成18年9月	〃
道路震災対策便覧（震災復旧編）	平成19年3月	〃
道路震災対策便覧（震災危機管理編）	平成23年1月	〃
既設橋梁の耐震補強工法事例集	平成17年4月	(財)海洋架橋・橋梁調査会

注) 道路橋示方書・同解説（H24.4以降に改訂版発刊予定）の改訂内容は反映されていないため、

内容が便覧と異なった場合は便覧の内容を読み替えること。

2. 補強設計の基本（標準）

- (1) 既設橋の耐震補強にあたっては、上部構造、下部構造、落橋防止システムおよび基礎構造を含めた橋梁全体構造系として耐震性が向上するように補強計画をたてるものとする。必要に応じて、支承の構造を変更し、水平反力分散構造や長周期化することにより橋梁全体構造系としての耐震性能の向上を検討するものとする。
- (2) RC 橋脚の補強はじん性の向上による耐震補強を基本とし、次に、地震時保有水平耐力の向上をはかることを基本とする。
- (3) せん断耐力及び段落とし部の曲げ耐力が不足する場合は破壊形態が躯体下端の曲げ破壊先行型へ移行するように補強するものとする。
- (4) 補強後の耐震性評価は地震時保有水平耐力法あるいは非線形時刻歴応答解析によることを原則とする。
- (5) 支承部は道路橋示方書に示される落橋防止システム構成の基本的な考え方に基づき、桁かかり長と落橋防止装置、変位制限装置を設置することを基本とする。
- (6) 平成 17 年度～平成 19 年度まで実施した「緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム」により段落し部補強が実施済みの橋梁については、「平成 21 年 3 月 31 日 事務連絡 3 箇年プログラムで段落し部の対策を実施した鉄筋コンクリート橋脚のアップグレード補強マニュアル（案）」に基づき補強することを基本とする。
- (7) 基礎の補強は、経済性や施工性（架橋条件）から困難な場合が多いことから、基礎の補強を不要、あるいは最小限とすることができる方法を検討した上で適切に判断するものとする。

出典：〔(1)〕
西・中・東日本高速道路(株)
設計要領 第二集
橋梁保全編
(H23.7) P6-1 を参考に作成

出典：〔(2), (3)〕
(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) P I-42 を参考に作成

出典：〔(4), (5)〕
道路橋示方書・同解説 V
耐震設計編
(H14.3) P43, P258

出典：〔(6)〕
事務連絡 (H21.3.31)
「橋梁耐震補強における対策工
法の選定の考え方」について

出典：〔(7)〕
(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) P I-31 に一部加筆

第2節 既設橋脚の耐震性照査

1. 照査断面

- (1) 照査断面は躯体基部断面と段落とし断面とする。
- (2) 段落とし断面の照査断面は鉄筋を定着した位置から「道路橋示方書・同解説IV下部構造編」7.8 に規定される鉄筋の重ね継ぎ手長に相当する長さ 1 だけ下げた断面とする。

$$l = \frac{\sigma_{sa}}{4\tau_{ca}} \phi$$

ここに、

l : 検討断面位置＝重ね継ぎ手長(mm)

σ_{sa} : 鉄筋の許容応力引張応力度(N/mm²)

τ_{ca} : コンクリートの許容付着応力度(N/mm²)

ϕ : 鉄筋の直径(mm)

2. 照査方法

- (1) 照査は躯体基部断面と段落とし断面の曲げ初降伏耐力を算出し、損傷断面の判定を行なう。

$$\frac{M_{Ty0}/h_t}{M_{By0}/h_B} \begin{cases} \geq 1.2: \text{基部損傷} \\ < 1.2: \text{段落し部損傷} \end{cases}$$

ここに、

M_{Ty0} : 橋脚躯体の段落し断面における初降伏曲げモーメント

出典：〔1.〕
既設道路橋の耐震補強に関する
参考資料
(H9.8) P2-2

出典：〔2. (1)〕
既設道路橋の耐震補強に関する
参考資料
(H9.8) P2-2

ht : 橋脚躯体の段落し断面から上部構造の慣性力の作用位置までの高さ。

MBy0 : 橋脚躯体基部断面における初降伏曲げモーメント(tf・m)

hB : 橋脚躯体基部断面から上部構造の慣性力の作用位置までの高さ(m)

- 道路橋示方書では新設を対象に、原則段落としをしない、高橋脚等段落としをしないと施工上の問題のある橋脚の場合だけ段落としを行うという位置づけである。既設橋脚等については、配筋のやり直しが困難であるため、実使用限界に対する安全率を考慮した上で補強の要不要を判定するものとする。判定は「既設道路橋の補強に関する参考資料 H.9.8 日本道路協会」に基づくものとする。

第3節 補強設計

1. 基本方針

- (1) RC 橋脚の柱部材の補強は、鉄筋コンクリート巻立て、鋼板巻立て、繊維材巻立て工法などより、その不足耐力の内容に応じて検討選定するものとする。
- (2) 躯体下端の曲げ耐力は、既設断面の耐力に加えて、フーチングに定着させるアンカーを軸方向鉄筋として考慮するものとする。
- (3) 躯体の断面寸法の辺長比が 1 : 3 を超える場合は、中間貫通鋼材を配置することを標準とする。

出典：[(1), (2), (3)]
西・中・東日本高速道路(株)
設計要領 第二集
橋梁保全編 (H23. 7)
(1) : P6-19 に一部修正
(2) : P6-27
(3) : P6-23

2. 補強部材の取り扱い

- (1) 鋼板は帯鉄筋として取り扱い、有効長は既設橋脚躯体断面の外側寸法を用いることとする。
- (2) 中間貫通鋼材は横拘束鉄筋として取り扱い、コンクリートの応力度～ひずみ曲線に考慮するものとする。
- (3) 中間貫通鋼材は補強後のせん断耐力の計算では考慮しないものとする。
- (4) 地震時保有水平耐力法において、巻立て等の工法により補強された RC 橋脚の終局変位を求める場合の塑性ヒンジ長は道路橋示方書で算出される値に補正係数 0.8 を乗じた値とする。
ただし、ラーメン式橋脚においては、鋼板の横拘束効果が期待できる下端部でのみ補正係数 0.8 を乗じ、上端部およびはりでは現況橋脚と同じとする。

出典：[(1), (2), (3)]
西・中・東日本高速道路(株)
設計要領 第二集
橋梁保全編 (H23. 7)
(1), (2), (3) : P6-33

出典：[(4)]
既設道路橋の耐震補強に関する
参考資料
(H9. 8) P2-1

第4節 落橋防止装置の設計・施工上の留意事項

- (1) 落橋防止装置のアンカーボルト設計時には、装置を固定する下部工の設計図面（既存配筋図）を十分に確認の上、アンカーボルトの配置設計を行うものとする。既存配筋図が無い場合は、鉄筋探査器等を用いて既設構造物の配筋調査を行うものとする。設計時に鉄筋探査器等により配筋状態が確認されていない場合は、工事着手前に配筋状態の確認を行うものとする。
- (2) 縁端拡幅等に用いるコンクリート製または鋼製ブラケットに使用するアンカーボルトの仕様は、「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料（案）平成 7 年 6 月 日本道路協会 III-28 および III-31 により以下のとおりとする。
- (3) アンカー筋の既設コンクリートへの定着長は、アンカー径の 15 倍以上とする。

第5節 細部構造

1. 鉄筋コンクリート巻立て工法

- (1) 巻立てコンクリート厚は、施工性を考慮して決定する。一般には、250mmを標準とする。
- (2) 巻立て部に配置する鉄筋は、表 16-5-1 に示す配筋を標準とする。

表 16-5-1 鉄筋の標準的な配筋

	最小径	最大径	間隔
軸方向鉄筋	D22	D32	150～300mm
帯鉄筋	D16	D22	100～150mm

- (3) 軸方向鉄筋のフーチングへの定着は、アンカー中心間隔 250mm～500mm 程度を目安とする。
- 一般的な注入材、アンカー定着長、削孔径については、表 16-5-2 に示す。

表 16-5-2 一般的な注入材、アンカーの定着長、削孔径

注入材	最小定着長	削孔径
エポキシ樹脂	最小定着長は異形棒鋼径の 20 倍とする (異形棒鋼径の 15 倍の定着長を 1.3 倍した値)。	異形棒鋼径+10mm 以上
無収縮モルタル	定着長 $L \geq 1.3 \sigma_{sa} \phi / 4 \tau_{0a}$ σ_{sa} : 異形棒鋼許容引張応力度 ϕ : 異形棒鋼径 τ_{0a} : コンクリートの許容付着応力度	

- (4) 鉄筋のかぶりは、道路橋示方書IV下部構造編に従い必要な鉄筋のかぶりを確保する。

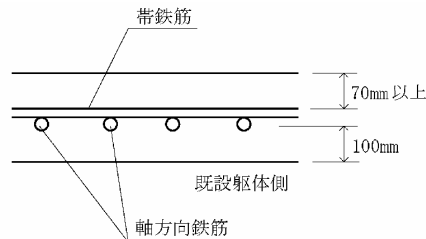
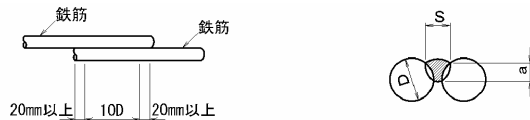


図 16-5-1 鉄筋のかぶり (土中および水中部の場合)

- (5) 帯鉄筋の継手は、フレア溶接とする。フレア溶接の継手長さは鉄筋径の 10 倍とする。継手構造は図 16-5-2 とし、まわし溶接は行わない。なお、D25 以上の鉄筋を用いる場合には土木学会 鉄筋定着・継手指針 (2007 年版) を参考とする。



S : 溶接ビードの幅 ($S=0.5D$)

a : 厚

$$a=0.39D-3 \quad (10\text{mm} < D \leq 22\text{mm})$$

D : 鉄筋径 (呼び径)

D	S	a
16	8.0	3.2
19	9.5	4.4
22	11.0	5.6

単位 (mm)

図 16-5-2 フレア溶接の諸元

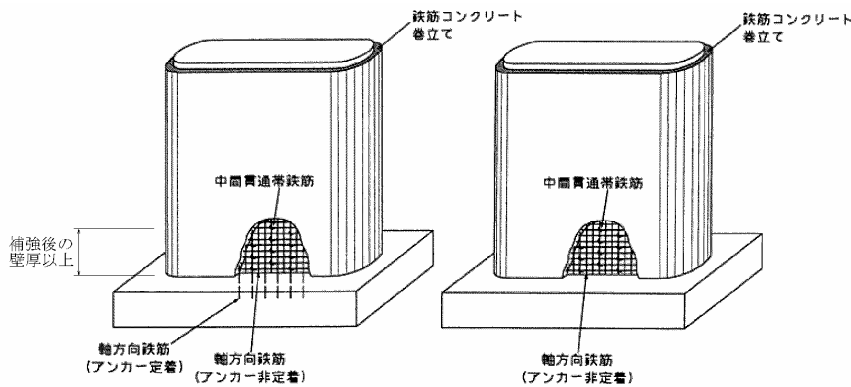
出典 : [(1)～(5)]
 (財)海洋架橋・橋梁調査会
 既設橋梁の耐震補強工法事例集
 (H17.4) P I -47～48

(6) 図 16-5-3 に示すように、中間貫通帯鉄筋は、巻立てコンクリート部の拘束効果を高める構造となるように配置する。中間貫通帯鉄筋の設置間隔は、水平方向には補強後の橋軸方向の断面幅以内、高さ方向には 300mm 程度とすることを標準とする。また、中間貫通帯鉄筋の端部にはフックを設け、巻立てコンクリートに定着させることを原則とする。ただし、このような中間貫通帯鉄筋の施工が難しい場合には、図 16-5-4 に示すように形鋼と中間貫通 PC 鋼棒の併用により、巻立てコンクリート部の軸方向鉄筋の屈座や帯鉄筋のはらみだしを抑える構造も考えられる。

中間貫通帯鉄筋や中間貫通 PC 鋼材の配置を行う場合は、橋脚基部の塑性ヒンジが生じる可能性のある部分の拘束効果を高めることでじん性の向上が確認されているため、橋脚基部の補強後の壁厚以上に配置することを標準とする。

なお、中間貫通鋼材によりじん性を向上させなくても、曲げ耐力の向上のみで所要の耐震性能を確保できる場合には、中間貫通鋼材を設けなくてもよい。

出典：〔6〕
 (財)海洋架橋・橋梁調査会
 既設橋梁の耐震補強工法事例集
 (H17.4) PI-49~50



(a) 軸方向鉄筋の定着を行う場合 (b) 軸方向鉄筋の定着を行わない場合

図 16-5-3 鉄筋コンクリート巻立て工法

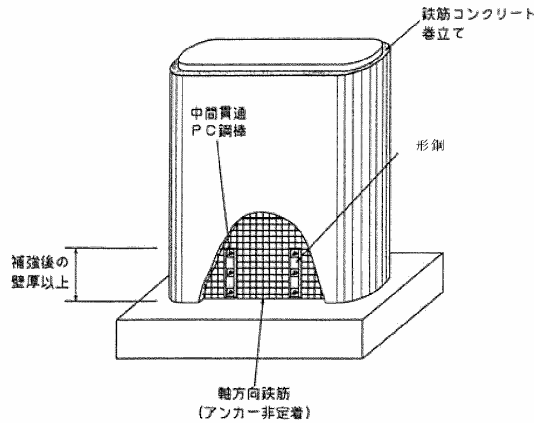


図 16-5-4 形鋼と中間貫通 PC 鋼棒による横拘束

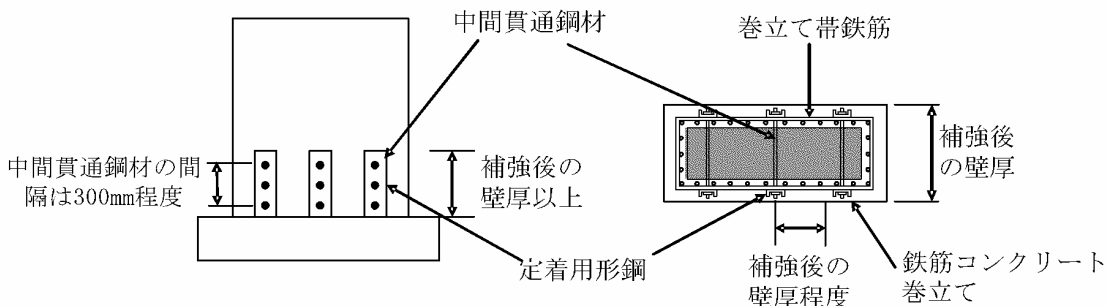


図 16-5-5 中間貫通鋼材の配置例

(7)組立て用アンカーの施工にあたっては、削孔時に既設鉄筋に損傷を与えないようにするとともに既設橋脚をできるだけ傷つけないため、1本/m²程度配置する。組立て用アンカーは施工中に脱落しないように十分な付着を確保する。

出典：〔(7)〕
(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) PI-50

(8)巻立てコンクリートの天端は、排水勾配として2%程度の勾配をつけるのがよい。また、天端部での新旧コンクリートとの境界には、雨水などの侵入防止のためのシーリングを行うのがよい。

出典：〔(8)〕
西・中・東日本高速道路(株)
設計要領 第二集
橋梁保全編
(H23.7) P6-35
鋼板巻立て根巻きコンクリートの規定を準用

2. 鋼板巻立て工法

- (1) 補強鋼板の巻き立て範囲は、橋脚躯体頂部から躯体下端までを標準とする。
- (2) 補強鋼板の板厚は6mmから12mmまで1mmピッチを標準とする。12mm以上の鋼板を用いる場合は、その溶接や設置を確実に行うことが出来るかについて検討の上使用するものとする。
- (3) 鋼板厚さは次式を満足するものとする。

$$t \geq \frac{\sigma_{ya} A_s}{0.6 \sigma_{yj} S_a}$$

ここに、

- t : 鋼板厚さ (mm)
 σ_{ya} : アンカー筋の降伏点 (N/mm²)
 A_s : アンカー筋1本当たりの断面積 (mm²)
 σ_{yj} : 鋼板の降伏点 (N/mm²)
 s_a : アンカー筋の間隔 (mm)

- (4) 鋼材の継手位置は矩形柱では隅角部を現場溶接継手位置としてはならない。また、断面方向の分割数は4分割を標準とする。

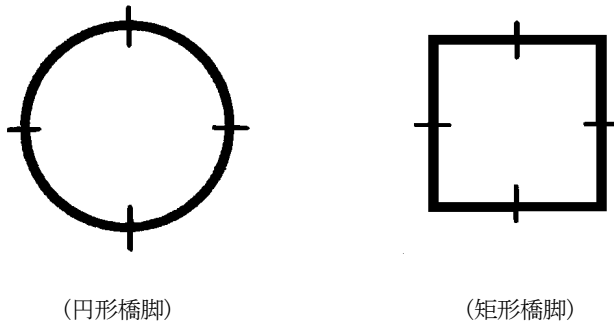


図 16-5-6 断面方向の分割

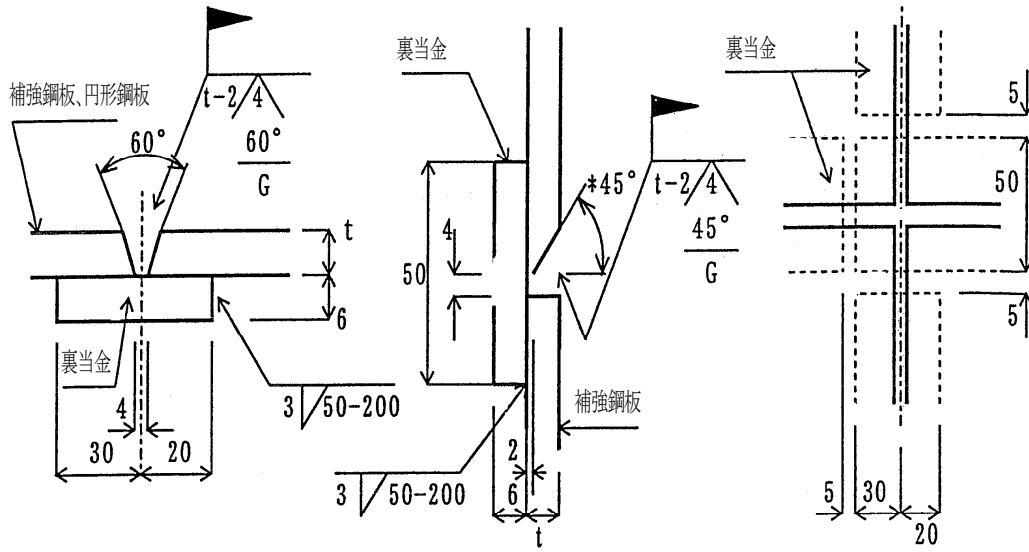
出典：〔(1)〕
西・中・東日本高速道路(株)
設計要領 第二集
橋梁保全編
(H23.7) P6-32 に一部加筆

出典：〔(2), (3)〕
(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) P I-53, 57

出典：〔(4)〕
(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) P I-57

(5) 補強鋼板の現場継手は下図を標準とし、溶接施工条件等を検討の上、良好な品質が得られるように開先形状を決定し、現場溶接を行うものとする。

出典：〔(5)〕
 (財)海洋架橋・橋梁調査会
 既設橋梁の耐震補強工法事例集
 (H17.4) PI-57



*30° 以上、45° を標準とする。

(鉛直継手部の溶接)

(水平継手部の溶接)

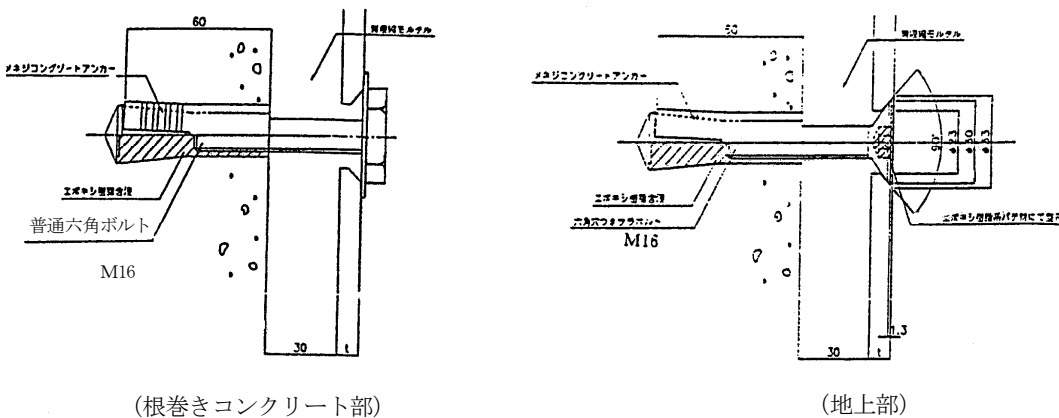
(裏当金取合い詳細)

図 16-5-7 溶接部詳細

(6) 補強鋼板と橋脚コンクリートの間隙の充填材は無収縮モルタルを標準とし、その注入厚は平均 30mm とする。

出典：〔(6), (7)〕
 (財)海洋架橋・橋梁調査会
 既設橋梁の耐震補強工法事例集
 (H17.4) PI-58

(7) 補強鋼板固定用アンカーボルトは図 16-5-8 に示すように、地上部は径 M16 皿ボルト、地下部は径 M16 普通六角ボルトとし、配置間隔は 500mm を標準とする。



(根巻きコンクリート部)

(地上部)

図 16-5-8 固定アンカーの形状

(8) 注入孔は補強鋼板単位面積 (m²) 当たり 1 本設置するのを標準とする。

(9) 橋脚下端部の補強鋼板の拘束方法は図 16-5-9 に示すように、鉄筋コンクリートを円形に巻き立てる方法を標準とする。なお、拘束の補強材及び型枠として当該コンクリートの周囲に、円形鋼板を配置するものとする。

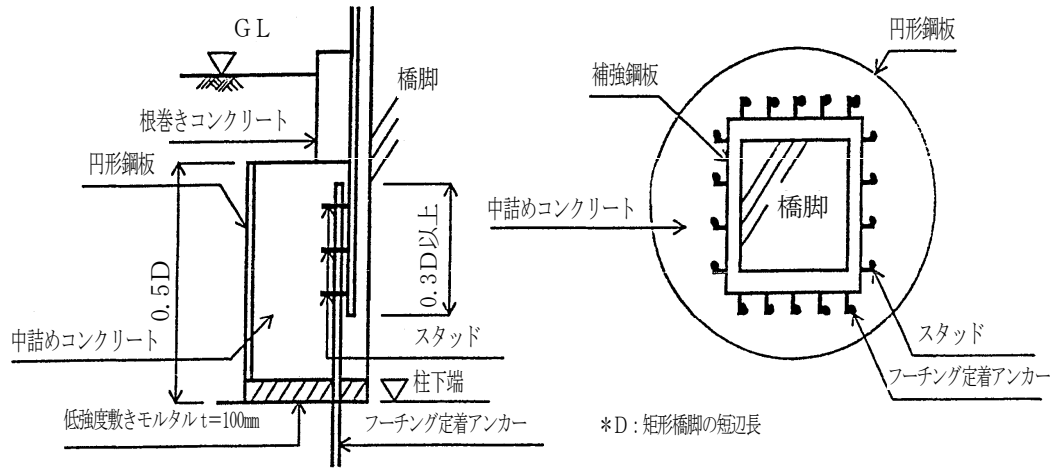


図 16-5-9 矩形橋脚下端部の補強鋼板拘束方法

(10) 円形鋼板はフーチング天端から 0.5D (矩形橋脚の短辺長) の範囲とする。この場合の補強鋼板と円形鋼板との重ね合わせ長さは 0.3D 以上を確保するものとする。

(11) 円形鋼板の直径は補強鋼板部分を含めた橋脚の対角線上に必要な根巻きコンクリート厚を加えた長さを標準とする。

(12) 円形鋼板の板厚は補強鋼板と同じとする。

(13) 補強鋼板の塗装は外面が日本道路協会「鋼道路橋塗装・防食便覧」の C-5 塗装系とし、補強鋼板内面及び根巻コンクリートに接する鋼材は表 16-5-3 の塗装仕様を標準とする。

表 16-5-3 補強鋼板内面及び根巻コンクリートに接する鋼材の標準塗装仕様

	塗装	工 程	塗料種類	塗装	標準使用量	標準膜厚
	区分			回数		
一般部	前処	素地調整	原板ブラスト	—	—	—
	理	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	—	スプレー 200	15
	工場	2次素地調整	製品ブラスト	—	—	—
溶接部	塗装	下塗り	無機ジンクリッチプライマー	1	スプレー 700	75
	前処	素地調整	原板ブラスト	—	—	—
	理	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	—	スプレー 200	15
	現場	2次素地調整	動力工具処理	—	—	—
	塗装	下塗り	変性エポキシ樹脂塗料下塗	1	は け 240	60

* 補強鋼板の溶接部は、コンクリートに接する外面を指す。

(14) 土中部にある円形鋼板は腐食減厚を考慮して腐食しろを 2mm 考慮するものとする。

(15) 円形鋼板と既設橋脚の柱の間に充填する中詰めコンクリートの強度は既設の柱の強度と同等以上とする。また、帯鉄筋を径 13mm 以上の異形棒鋼を間隔 150mm 以下で配筋するものとする。

出典：[(8), (9)]

(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) PI-54, 55, 58

出典：[(10)~(13)]

(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) PI-54, 55, 58

出典：[(14), (15)]

(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) PI-55

(16) フーチング定着アンカーを用いる場合は補強鋼板下端部にスタッドジベルを取り付けて、アンカー筋の応力を補強鋼板に伝達させるものとする。スタッドジベルは柱軸方向に2段以上、間隔 100mm 以上で定着アンカーに沿って配置するものとする。定着アンカー 1 本当りのスタッドジベルの必要本数は次式により決定する。

$$\Sigma Q \geq \Sigma T$$

$$T = A_s \cdot \sigma_{SY}$$

ここに、

Q : スタッドジベル 1 本当りのせん断力に対する降伏耐力 (N)

T : 定着アンカー鉄筋 1 本当りの降伏耐力 (N)

A_s : 定着アンカー鉄筋 1 本当りの断面積 (mm²)

σ_{SY} : 定着アンカー鉄筋の降伏強度 (N/mm²)

(17) フーチング定着アンカーは異形棒鋼を使用し、フーチングへの定着はエポキシ樹脂による定着を標準とする。定着長はアンカー鉄筋径の 20 倍以上確保するものとする。

(18) 鋼材の鋼種は鋼材の種類毎に、以下の規格に適合する鋼材を使用するものとする。

鋼板 : JIS G3106 規格に適合する溶接構造用圧延鋼材 SM400

鉄筋 : JIS G3112 規格に適合する鉄筋コンクリート用棒鋼 SD345

(19) 根巻コンクリートは設計基準強度 $\sigma_{ck} = 18\text{N/mm}^2$ とし、ひび割れ防止に異形棒鋼 D13 を 30cm 間隔で縦横に配筋するものとする。ただし、周方向に配筋される鉄筋が横拘束鉄筋として機能しないように配筋に留意するものとする。

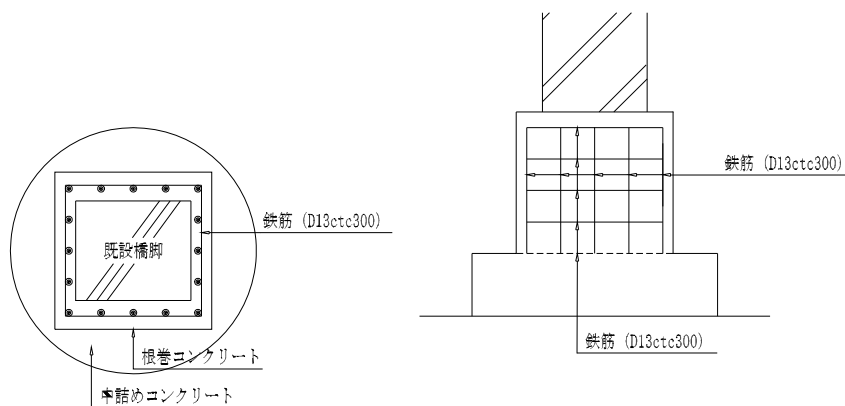


図 16-5-10 根巻コンクリート

出典 : [(16)]
 (財)海洋架橋・橋梁調査会
 既設橋梁の耐震補強工法事例集
 (H17.4) P I -55

出典 : [(17)~(19)]
 (財)海洋架橋・橋梁調査会
 既設橋梁の耐震補強工法事例集
 (H17.4)
 (17) : P I -47 RC 巻立てを準用
 (18) : P I -56
 (19) : P I -58

3. 繊維材巻立て工法

(1) CFRP シートの重ね継手長は、200mm 以上とする。

AFRP シートの重ね継ぎ手長は、392kN/m 級と 588kN/m 級を用いる場合は 200mm 以上、882kN/m 級を用いる場合は、250mm 以上とする。

(2) CFRP シートは局所的な屈折によるその強度を十分に発揮する前に破断するため、矩形断面の橋脚に適用する場合には、隅角部は半径 50mm 以上の面取りをする。AFRP シートは面取りを施された 135° の隅角部や、90° のコーナーに設けた半径 10mm 以上の曲面における引張強度の低下はほとんど生じない。実構造物はほとんど面取りが行われているので、隅角部をサンダーにてコンクリート突起を取り除くことを基本とする。

(3) 繊維材シートの含浸、接着樹脂の紫外線による劣化防止、繊維材シートの保護、美観の向上を目的として、表 16-5-6 による仕上げ材を行うことを標準とする。

表 16-5-6 仕上げ材の種類

名称	材料	施工厚	摘要
仕上げ材 A	ポリマーセメン	1mm 以上	仕上げ材の標準として用いるもの
仕上げ材 B	トモルタル	10mm 以上	高架下が駐車場や資材置場等を使用されている場合などで、繊維材を特に保護する必要がある部分に用いるもの

出典：〔(1)～(3)〕
(財)海洋架橋・橋梁調査会
既設橋梁の耐震補強工法事例集
(H17.4) P I -65 に一部加筆