

第8編 補修・補強

第1章 補修および補強総説

1-1 適用の範囲

本編は、東北地方整備局が直接管理する既設道路橋の補修・補強設計の標準を示すものである。既設道路橋の補修・補強設計に係わる事項で本編に記述がない事項については、下記の関係示方書や基準などによるものとする。

表 8-1 関係図書一覧表

関係図書	発刊年	発行
道路橋示方書・同解説（Ⅰ～Ⅴ）	H24.3	(社)日本道路協会
コンクリート標準示方書	各編最新	土木学会
既設道路橋の耐震補強に関する参考資料	H9.8	(社)日本道路協会
既設道路橋基礎の補強に関する参考資料	H12.2	(社)日本道路協会
鋼道路橋塗装便覧	H2.6	(社)日本道路協会
道路橋支承便覧	H16.4	(社)日本道路協会
道路震災対策便覧（各編）	H14.4	(社)日本道路協会
橋梁定期点検要領(案)	H16.3	国土交通省道路局国道・防災課
既設橋梁の耐荷力照査実施要領(案)	H8	
鋼桁の桁端切り欠き部補強設計手引き(案)	H8	(財)道路保全技術センター
応力頻度測定要領（案）	H8	(財)道路保全技術センター
既設橋梁のジョイント工法の設計施工手引き(案)	H8	(財)道路保全技術センター
既設橋梁の補修・補強「事例集」	H8	(財)道路保全技術センター
既設橋梁の破損と対策	H8	(財)道路保全技術センター
床版損傷対策工法選定の手引き（案）	H9.5	建設省東北地方建設局道路管理課

(1) 本編は、既設道路橋の補修・補強設計について一般的な工法の概要を示したものであることから、実施にあたっては各工法の特徴を十分理解するのはもちろん、対象橋梁の条件を把握して効率的、かつ効果的になるようにしなければならない。

また、補修・補強設計については、補修・補強工法その他、調査や点検方法も含めて技術開発は目覚ましいものがあるため、その動向には十分留意して、新技術・新工法の採用を積極的に提案されたい。

1-2 用語の定義

本編において使用する用語は、下記の通り定義する。

- 1) 維持管理；既設橋梁及び橋梁附属施設について、道路利用者の安全と便益を確保する目的から、初期性能及び機能を保持するために行う維持修繕や管理をいう。
- 2) 補修；損傷が生じた橋梁（部材）について、損傷進行の抑制や耐久性の回復もしくは向上を目的とした維持管理対策をいう。
- 3) 補強；現行基準を満足しない、もしくは損傷が生じた橋梁（部材）について、耐久性や耐荷性、剛性など力学的な性能の回復もしくは向上を目的とした維持管理対策をいう。
- 4) 耐久性；橋梁あるいは部材に要求される性能（品質）に対して、長期性能変化に抵抗する性能をいう。
- 5) 耐荷性；橋梁あるいは部材に要求される性能に対して、荷重に抵抗する性能をいう。
- 6) 第三者被害；既設道路橋において、劣化した部位などが落下して第三者に与える被害をいう。ここで第三者とは、道路管理に従事する者を除く、当該橋梁に接近する人や車両、列車などをいう。
- 7) 橋梁点検；橋梁定期点検要領(案)に準じて実施する橋梁の点検をいう。

1-3 補修・補強設計における基本的事項

補修・補強設計は、対象橋梁の現況把握を十分に行った後、下記要件を総合的に考慮して実施するものとする。

- 1) 橋梁の外部的諸条件（関係機関協議など）を満足すること。
- 2) 適切な補修・補強のレベルを設定すること。
- 3) 対象橋梁の構造細目を確認すること。
- 4) 対象橋梁の損傷状況や損傷原因から適切な対策工法を選定すること。
- 5) 第三者への影響を考慮すること。
- 6) 効率的・効果的であること（経済性・構造性において）。
- 7) 維持管理の容易性を考慮すること。
- 8) 施工が確実・安全、かつ容易であること。

(1) 対象橋梁が交差する道路や鉄道、河川などの交差条件を満足することが基本であり、該当する管理者と綿密な協議を行い必要条件を決定するものとする。

(2) 補修・補強のレベル設定は、今後の供用計画や将来の交通量予測などを十分考慮した上で決定するものとする。

(3) 既設橋梁の補修・補強設計においては、構造形状の把握が設計計画・施工計画において重要となるため、設計図書が現存しない場合、または現存する場合においても現地踏査で図面と異なる形状を有す場合などは、十分な現地の計測を行うものとする。

また、部材の細目についても計測・調査を実施して部材厚や配筋状況を把握する必要がある。これらは設計当時の復元設計や非破壊試験、部材厚の計測や部分はつりによる直接目視などの方法が考えられる。

(4) 既設橋梁の補修・補強設計においては、損傷状況の把握や原因究明、必要に応じて耐荷力評価などのために十分な調査を行うことが重要である。調査は、現況の損傷を定量的に把握することや進行性を確認するとともに、原因究明、補修・補強の要否判定、工法選定の基礎データとなり、適切な対策工法を検討する上で非常に重要となる。

したがって補修・補強設計においては、定期的実施される橋梁定期点検結果が基礎資料となるので参考されたい。橋梁定期点検は損傷状況の把握、対策区分の判定及び点検結果の整理を行うことで、安全で円滑な交通の確保、沿道や第三者への被害の防止を図り、橋梁に係る維持管理を効率的に行うことを目的に実施されている。また、橋梁定期点検は橋梁の現状把握や補修・補強後の効果確認などの資料としても活用できることから、補修・補強設計には不可欠である。

また、各々既設橋梁の特性である交通状況や立地条件、架設年次、設計基準、橋梁形式、使用材料などを整理し、調査結果と対照することにより損傷原因究明につながることもある。

橋梁の補修・補強の基本的な流れを図8-1' に示す。

具体的な補修・補強方法の検討にあたっては、道路橋示方書その他、土木学会の標準示方書、日本鋼構造協会、日本コンクリート工学協会などの規格規準類等を参考に、個別協議にて対応するものとする。

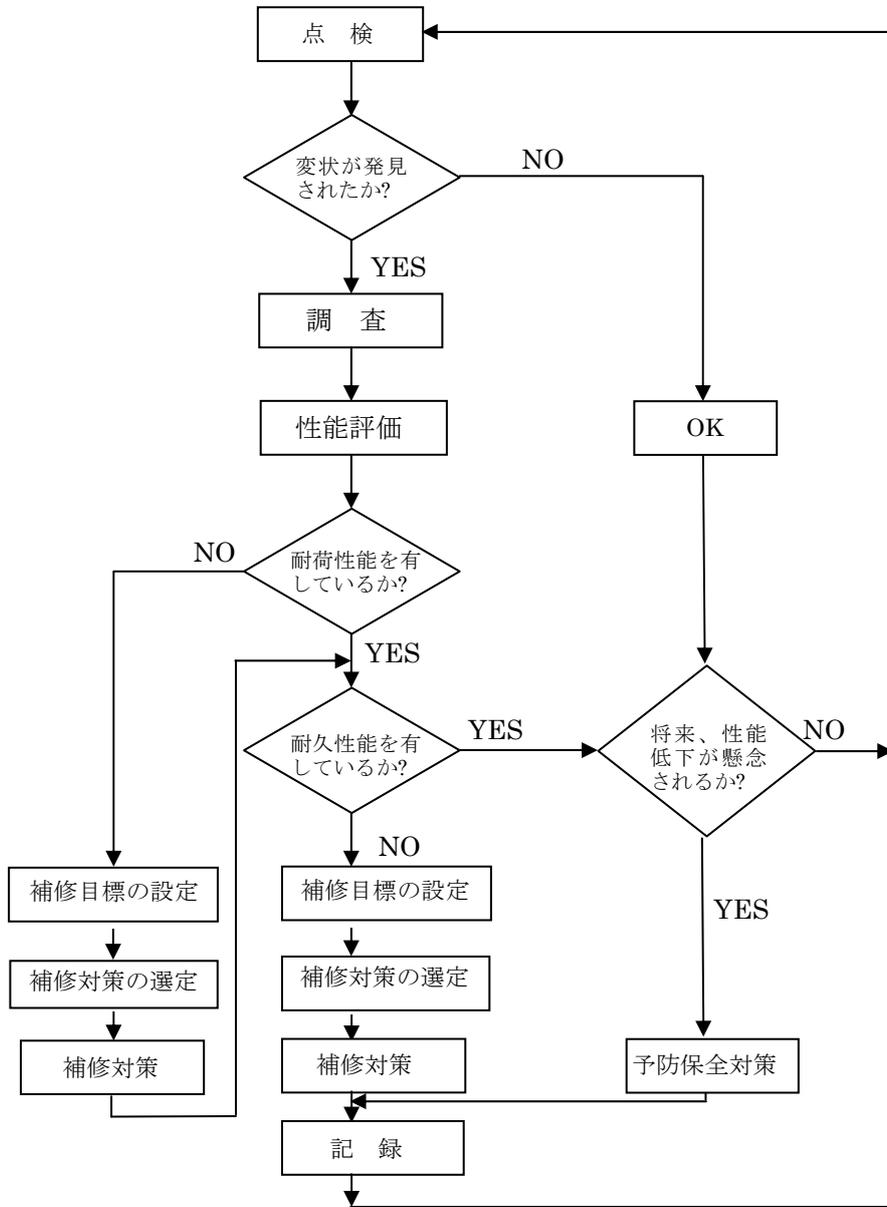


図8-1' 橋梁の補修・補強の基本的な流れ

- (5) 桁下に道路、鉄道、航路、公園及び駐車場など、第三者が利用する施設がある場合は、第三者被害を未然に防止する必要がある。このような橋梁が対象となる場合は、事前の点検や調査において放置すれば近い将来にコンクリート片の落下など第三者被害が想定される損傷の有無を確認し、発見した場合はすみやかに道路管理者に連絡し、除去の必要性を確認するものとする。
- (6) 補修・補強の目的を十分満足する工法で、かつ、経済的であることについて、十分検討するものとする。ここで必要以上に経済性を追求して、構造的な施工性（安全性）、維持管理に対して不適切な対策工法を選定しないよう、留意する必要がある。
- (7) 対策工法の選定においては、今後の維持管理を十分考慮した工法を検討することを基本とする。維持管理を考慮した場合、対策工法は以下の通り、検討するものとする。
- 1) 維持管理において、各種橋梁点検で容易に点検が可能である工法が基本であり、主に目視による点検・調査が可能となる工法が最適であること。
 - 2) こ線橋や交通量が非常に多い都市部のこ道橋は、点検や施工も容易でない。このような橋梁は今後の維持管理の作業性を考慮し、状況に応じた維持管理頻度を意識した対策工法を検討すること。
- (8) 施工の確実性については十分検討するものとする。
- 施工計画においては、付近の地形状況や搬入路が確認できる図面が必要となるが、既存地形図と地形状況がと大きく変わっていることも多い。このような場合は十分現地踏査を行い、施工計画に必要な地形情報については追加調査を提案し、適切な施工計画を検討するものとする。

第 2 章 耐震補強設計

2-1 基本方針

- (1) 基本的に道路橋示方書を遵守し、現実的な補強工法を見いだすものとする。
- (2) 既設橋梁の耐震補強設計においては、橋梁全体系として必要な耐震性を有するように配慮する。
- (3) 既設橋梁の耐震補強設計に際しては、個々の橋梁が有する条件に応じた適切な補強設計を行う事とする。
- (4) 既設橋梁の耐震補強設計においては、既設配筋を明確にした上で実施する事を原則とする。
- (5) 橋の重要度は、「B 種の橋」に区分する。

- (1) 橋梁の耐震性は橋梁全体構造系として確保する必要があり、道路橋示方書を遵守して現実的な補強工法を選定し、適切な補強計画を立案するものとする。
- (2) 耐震対策として、個々の部材の補強だけでなく、橋梁全体系として耐震性の高い構造や大地震でも十分な機能を確保できる構造とすることが考えられる。したがって、耐震補強が必要と判定された橋梁については、橋脚の耐震補強（じん性や耐力確保）だけではなく、上部構造や下部構造、基礎構造および落橋防止システムを含めた橋梁全体系として検討するのがよい。一般的な耐震補強対策を下表に示す。なお、橋梁全体系の耐震補強でも十分な耐震性能を確保できない場合には、再構築を行うことも考えられる。再構築とは、上部構造の架替え、橋脚の再構築、橋梁全体の再構築などがある。

表 8-2 橋梁の耐震対策方法

	耐震補強方針	具体的な対策工法（例）
耐震補強	1) 構造系の変更による耐震性能向上	<ul style="list-style-type: none"> ・免震化 ・多径間連続化 ・反力分散形式
	2) 構造部材の耐震性能向上	<ul style="list-style-type: none"> ・橋脚の補強 ・基礎の補強 ・支承の補強（水平力分担構造の追加）
	3) 落橋防止システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・落橋防止構造の強化 ・横変位拘束構造の設置 ・けたかかり長の確保 ・段差防止構造の設置

1) 構造系の変更による耐震性能向上

構造系の変更目的は、一部材の補強だけを行うのではなく橋梁全体系として耐震性能を確保することで、ある部材の損傷が橋梁全体の致命的な破壊に至らないようにすることである。

多径間連続化や免震化、反力分散形式が考えられるが、各々適用性を考慮して採用するのがよい。また、免震化や反力分散形式は移動量が増加するため、留意が必要である。

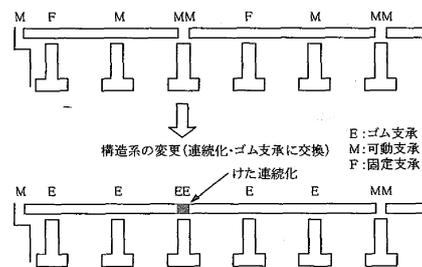


図 8-1 構造系の変更による耐震性能向上

2) 構造部材の耐震性能向上

橋を構成する主要な部材の耐力あるいは変形性能を向上させることにより、橋梁全体系の耐震性を確保するものである。橋脚躯体や基礎の補強、支承の補強が挙げられる。

3) 落橋防止システムの構築

落橋防止システムの構築は、けたかかり長や落橋防止構造、横変位制限構造、段差防止構造からなる。システムの基本的な考え方は、支承本体が地震力に耐えることであり、これを超える地震力に対しては落橋防止システムが変位を防ぎ、これをも超える変位に対しても落橋を防止するため十分なけたかかり長を確保するというものである。

しかし、一般的な耐震補強検討手順としては以下の通り考える。

- ① 構造部材の耐震性向上による橋脚躯体の補強としてじん性向上や耐力増加と、落橋防止システムの構築により、万が一支承が破壊しても桁の落下を防止する方法の組合せにより耐震性を確保することを基本方針とする。
 - ② 橋脚が負担する上部構造の慣性力が極端に大きい等、上記の橋脚躯体の補強や落橋防止システムの強化だけでは対応が困難な場合は、全体構造系の変更を検討する。しかし、採用にあたっては、工事の要否、経済性など総合的な判断が必要である。
 - ③ 支承の補強・交換や落橋防止システムの構築にあたっては、取付ける下部工の耐力や橋座周りの維持管理性等にも充分留意した上で、最適な方法を選択する。
- (3) 本章では一般的な耐震補強設計を対象としてとりまとめている。しかし、各橋梁においては構造条件はもとより環境条件や交差条件、施工条件など取り巻く環境はさまざまであり、一様な補強設計を示すことは困難であるため、個々の橋梁の条件に応じた耐震補強設計を適切に実施するものとする。
- (4) 対象橋梁においては、配筋など不明な場合もあると考えられる。このような状況では適切な補強は実施できないため、下記に示す方法などで配筋状況を調査・推定した上で耐震補強を実施するものとする。
- 1) 竣工当時の設計基準に準じた復元設計による推定
 - 2) 鉄筋の非破壊検査法による推定
 - 3) かぶりコンクリートの部分的はつりによる直接確認
- また、基礎については必要に応じて地盤調査を実施するものとする。

(5) 国土交通省東北地方整備局が直接管理する国道の橋梁においては、すべて「B種の橋」とする。したがってレベル2地震地震道における耐震補強設計で目標とする耐震性能は「耐震性能2」とする。

但し既設橋においては、架橋条件や橋座部の構造などにより、必ずしも「耐震性能2」とすることが望ましくない場合も考えられる。既設橋の耐震補強設計において考えられる耐震性能として以下に3つの参考例を示す。耐震補強においてどのような耐震性能を確保するかは個別の橋梁について判断するものとし管理者と協議の上で決定するものとする

耐震補強において 目標とする橋の耐震性能	耐震設計上の 安全性	耐震設計上の 供用性	耐震設計上の修復性	
			短期的修復性	長期的修復性
レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	落橋に対する安全性を確保する	地震後、橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	比較的容易に恒久復旧を行うことが可能である
レベル2地震動により損傷が生じる部位があり、その恒久復旧は容易ではないが、橋としての機能の回復は速やかに行い得る状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	落橋に対する安全性を確保する	地震後、橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	恒久復旧を行うことは可能である
レベル2地震動に対して落橋等の甚大な被害が防止されるとみなせる耐震性能レベル	落橋に対する安全性を確保する	-----	-----	-----

なお橋側歩道橋や横断歩道橋については緊急輸送路の確保や第三者被害の予防を目的とした耐震性能を確保するため「A種の橋」に準ずるものとする。

したがってレベル2地震動における耐震補強設計で目標とする耐震性能は「耐震性能3」とする。

2-2 橋脚の耐震補強設計

2-2-1 設計の基本

既設橋梁の橋脚補強では、じん性を向上させてねばり強い構造とし、基礎が支持できる範囲内で所定の躯体耐力向上を図ることを基本として、じん性と耐力の向上をバランスさせた工法を検討するものとする。

橋脚躯体の地震時保有水平耐力を向上させると、大きな地震力を受けた場合に、橋脚躯体から基礎構造物に伝わる地震力も大きくなり、基礎も含めた大規模な補強が必要になる可能性がある。したがって、基礎への影響を最小限に抑制するためには、橋脚のじん性を向上させて耐力が過度に上がらないような工法が望ましいとされる。しかし、橋脚躯体にじん性だけを期待すると、下図に示すように大規模な地震後に橋脚躯体に大きな残留変位が生じて復旧が困難になることが考えられる。以上から基礎が支持できる範囲内で所定の橋脚躯体耐力の向上を図り、じん性と耐力の向上をバランスさせる工法を採用するものとする。

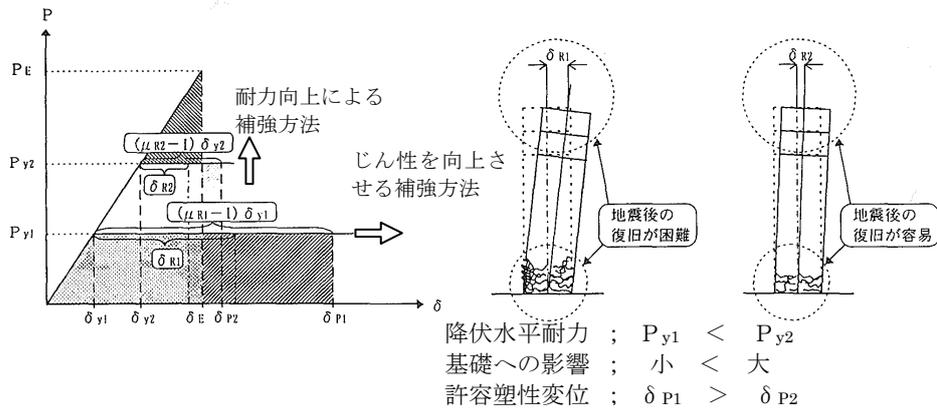


図 8-2 降伏水平耐力と許容塑性変位の関係

2-2-2 補強設計の考え方

既設橋脚の耐震補強設計に関する基本的な設計方針のフローチャートを次頁に示す。

- (1) 補強設計は基本的に最新の道路橋示方書を厳守し、静的照査法を基本とする。
ただし、道路橋示方書が適用できる範囲・条件を十分勘案の上用いるものとする。
- (2) 基礎（フーチング含む）の補強は施工の困難性から、基礎の補強は不要、あるいは最小限とすることができる方法を検討するものとする。
- (3) 橋脚柱は基部において曲げ破壊型となることを基本とする。せん断破壊型や段落とし部の耐力不足の場合は、基部の曲げ破壊型に移行するよう補強する事を原則とする。
- (4) 鋼板巻立て工法や鉄筋コンクリート巻立て工法により補強した橋脚において地震時保有水平耐力法により終局変位を求める場合の塑性ヒンジ長 L_p は、道路橋示方書V編で算出される値に補正係数 C_p を乗じた値とするものとする。
- (5) 橋梁一連では同一の補強方法を基本とし、各橋脚の変位量も可能な限り合わせるものとする。
- (6) 設計水平震度の標準値は基礎補強も含めた橋梁全体系における耐震補強計画を十分考慮して設定することを基本とする。

- (1) 既設橋脚の耐震設計については、道路橋示方書V編に規定されている静的照査法（地震時保有水平耐力法）を用いて照査することを基本とする。ただし、地震時の挙動が複雑な橋については、動的照査法を含めた適切な解析方法の選定が必要であり、十分検討するものとする。

既設構造を活用しながら補強対策を行う場合、必ずしも最新の道路橋示方書が前提としている適用範囲、構造細目を既設構造物が満たしていない可能性があり、最新の設計手法を適用できないことがあることに留意したものである。

既設鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力および許容塑性率の算出方法については、従来どおり「既設道路橋の耐震補強に関する参考資料」に準拠する。ただし、設計地震動はH24道示Vによるものとし、タイプⅠの地震動に対する許容塑性率はタイプⅡに対する許容塑性率の値を用いる。また、静的照査法（地震時保有水平耐力法）により下部工断面の変更が必要な橋脚において、現場条件等から変更が極めて困難と判断される場合も動的照査法により再度照査を行い判定するが、最終的に補強が極めて困難と判断される場合は構造系の変更により対応するものとする。

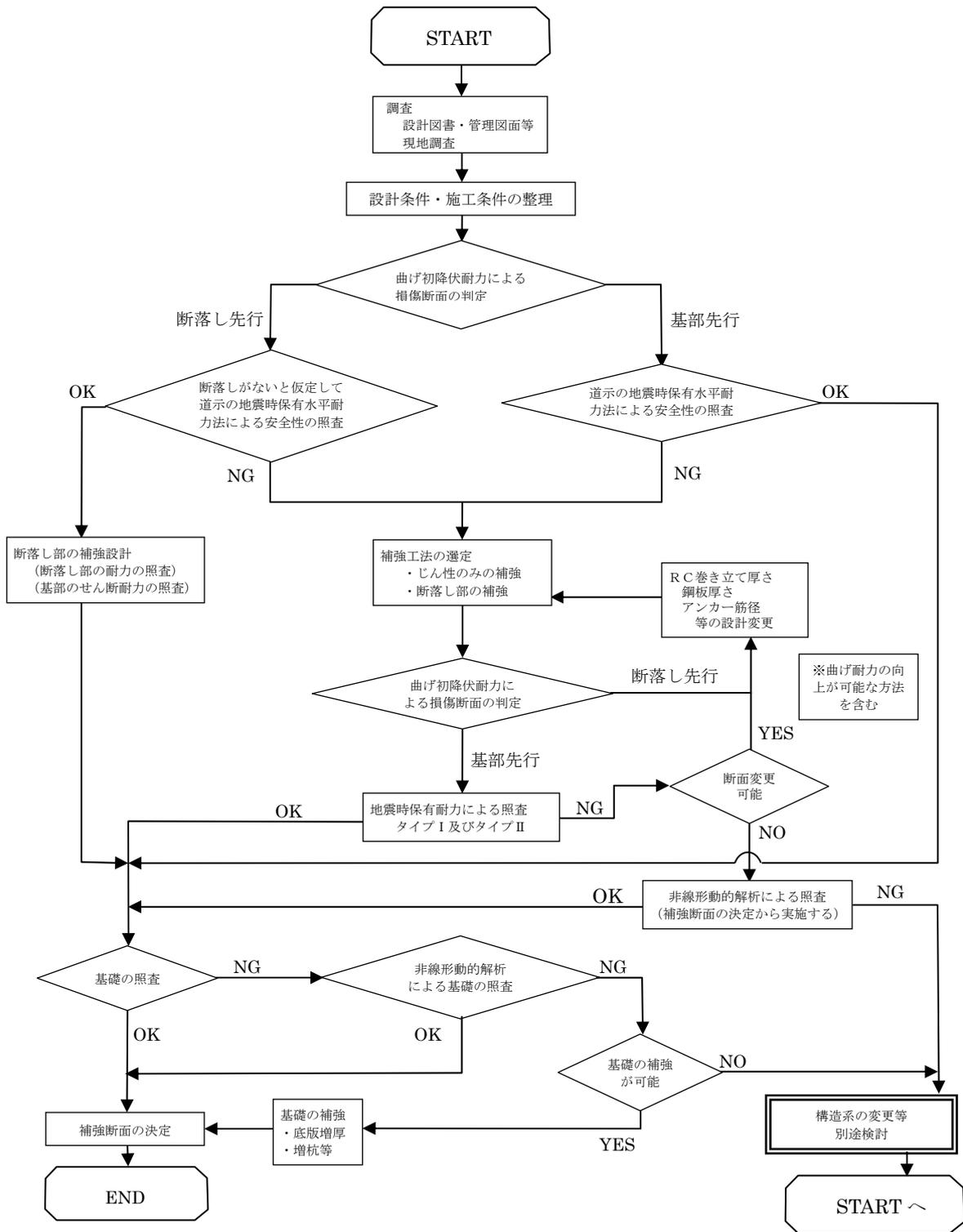


図 8-3 鉄筋コンクリート橋脚の基本的な耐震補強設計の流れ

(2) 基礎の補強は経済性や施工性（環境条件）から困難な場合が多いことから、耐震性向上のための基礎の補強は必要最小限にすることが重要である。必要に応じて解析方法の変更や支承条件の変更などによる全体構造系の変更も含めた検討が必要となる場合があるが、詳しくは次項「2-4 基礎の補強」を参考されたい。

(3) 橋脚のじん性を確保して急激な耐力の低下を生じないように、橋脚全体のせん断耐力が十分確保されていることが必要である。特に柱軸方向鉄筋の段落し部では下図に示すように曲げひびわれからせん断破壊に移行するパターンがあり急激な耐力低下を引き起こすため、段落し部では曲げ耐力も十分確保されていることが必要となる。したがって、照査において柱基部以外での破壊が先行する場合は、その部位を補強して柱基部曲げ破壊型に移行した上で地震時保有水平耐力法などにより照査を行うことを原則とする。

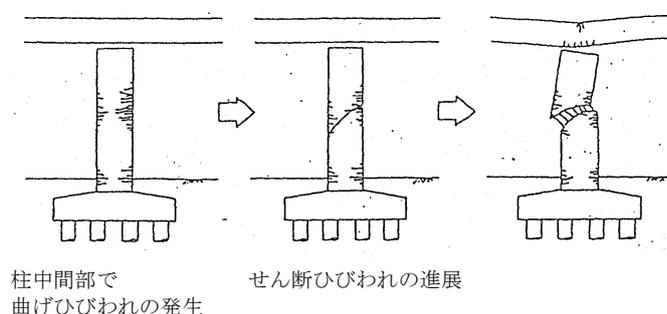


図 8-4 柱軸方向鉄筋の段落とし部の損傷パターン

(4) 鋼板巻立て工法や鉄筋コンクリート巻立て工法により補強した場合の塑性ヒンジ長は、今後さらに調査研究が必要な状況であるが、新設橋脚に比べて短くなることが実験により確認されている。そこで、このような実験結果を基に、補正係数 $C_{lp}=0.8$ として塑性ヒンジ長を算出するものとする。

(5) 橋梁全体系として挙動をできるだけ合わせることを標準とした。なお、1 橋梁において既設橋脚高が著しく異なる場合などは、全体構造系で解析するのがよい。その結果として、各橋脚の構造特性にも十分考慮して複数の橋脚補強工法を組み合わせることが適正となる場合はこの限りではない。

(6) 設計水平震度の標準値は橋梁全体系における耐震補強計画を十分考慮して固有周期を算出するものとするが、基礎補強時期が明確でない場合などは、固有周期によらず一律に慣性力のピーク値を用いことを標準とする。これは、基礎が現行基準を満足していない場合は地震時に基礎が不安定となり固有周期が長周期化し、かつ将来基礎補強が実施された場合は構造物の固有周期が短周期化することが考えられ、各々慣性力を求める際にピーク値より小さい、あるいは大きい固有周期で設計されていると、前者では慣性力がピーク値となる可能性があり、後者では短周期化により慣性力が大きくなり脚柱補強に影響を及ぼすことが考えられるためである。

しかし、各々について十分照査して将来的に安全側の設計が可能と判断できる場合は、固有周期によって設計水平震度の標準値を求めて設計することは問題ない。

2-2-3 補強工法の選定

補強方法の選定においては、設計・施工上の制約条件や施工性、経済性を十分考慮して、検討するものとする。

- (1) 橋脚の耐震補強方法としては、鉄筋コンクリート巻立て工法、鋼板巻立て工法、連続繊維シート巻立て工法などが考えられる。一般的には、下記の理由により、鉄筋コンクリート巻立て工法が用いられる例が多い。
 - 1) 一般的に他工法と比較して経済的な傾向にある。
 - 2) 鋼板巻立て工法は塗装などの維持管理を要するが、鉄筋コンクリート巻立て工法はコンクリート構造物のため維持管理は最小限に抑えられる。
 - 3) 鋼板巻立て工法は、一般的に許容塑性率が大きくできるため地震時保有水平耐力法において設計水平震度が小さくでき補強設計上は有利となるが、鉄筋コンクリート巻立て工法においても十分なじん性確保は可能である。
- (2) 河川橋などで阻害率が問題になる場合や高橋脚による施工性が問題になる場合など、経済性と合わせて対象橋脚の特性を考慮して、適時最適な工法を検討する必要がある。

2-3 鉄筋コンクリート巻立て工法の設計

2-3-1 設計一般

- (1) 巻立て部材は、既設部と一体として機能するものとする。
- (2) 鉄筋コンクリート巻立て範囲は、橋脚柱基部から頂部までとする。
- (3) 鉄筋コンクリート巻立て工法の計画においては、①じん性向上②耐力向上の順に検討するものとする。
- (4) 柱基部の曲げ耐力算出においては、既設部鉄筋および補強部の底版にアンカー定着した軸方向鉄筋のみ考慮するものとする。
- (5) 横拘束鉄筋量の算出においては、既設部および巻立て部の帯鉄筋を有効とし、横拘束鉄筋の有効長(d)は補強した帯鉄筋位置とするものとする。
- (6) 段落し部の初降伏耐力は、柱基部の曲げ初降伏耐力の1.2倍以上となるよう鉄筋量を配置するものとする。
- (7) 柱断面寸法の辺長比が1:3を超える橋脚の補強については、中間貫通帯鉄筋の配置を検討するものとする。

- (1) 既設橋脚のコンクリート表面は一体化を図るためショットブラストなどで十分な表面処理を行うことを基本とし、新旧コンクリートの付着を確保しなければならない。

なお、付着強度は事前に試験施工を行ない確認することとし、この時、打継ぎ目の付着強度はブラスト工法の種類に係わらず $1\text{N}/\text{mm}^2$ を目安とする。

- (2) 鉄筋コンクリート巻立て工法は、橋脚全体のじん性向上および耐力向上を目的としているので、下図のとおり全体に巻立てることとした。下図のように張出しを有する橋脚の場合においても梁下と巻立てコンクリートの離れは構造上ないことが望ましいが、やむを得ない場合は施工性を考慮して張出し下端 100mm 程度以下までとし、施工上可能な範囲で上まで伸ばすものとする。

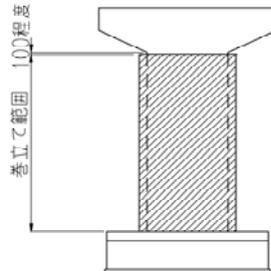


図 8-5 鉄筋コンクリートの巻立て範囲

- (3) 鉄筋コンクリート巻立て工法の計画においては、巻立て部の帯鉄筋配置によるじん性（変形性能）を向上させてねばり強い構造とし、設計水平震度の低減を図る。地震時保有水平耐力が不足した場合は、巻立て部の軸方向鉄筋をフーチングに定着させて耐力向上を図るものとする。
- (4) 橋脚柱基部の曲げ耐力向上に寄与する鉄筋は、既設フーチングに定着された軸方向鉄筋のみである。
- (5) 既設部の帯鉄筋は、現行基準を満足しない構造（形状）においても横拘束鉄筋として考慮して良いこととした。これは鉄筋コンクリート巻立てにより既設部のかぶりコンクリートが剥落しないと考えられるためである。ここで、既設部と巻立て部の帯鉄筋間隔が異なる場合は、どちらかに換算して用いるものとする。

なお、柱の補強を行わない場合は、現行基準を満足しない構造の既設部の帯鉄筋は横拘束鉄筋として考慮してはならない。ただし、この場合においてもせん断補強鉄筋としては取り扱ってよいものとする。

- (6) 軸方向鉄筋の段落し部での損傷の判定は、下式により行うものとする。

$$\frac{M_{Tyo}/h_t}{M_{byo}/h_b} \begin{cases} \geq 1.2 & : \text{基部損傷} \\ < 1.2 & : \text{段落し部損傷} \end{cases}$$

ここで、 M_{Tyo} ：橋脚柱の段落し断面における初降伏曲げモーメント

h_t ：橋脚柱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

ただし段落し断面とは、道路橋示方書IV編に規定される定着長を考慮した設計上の位置とする。

M_{byo} ：橋脚柱の基部断面における初降伏曲げモーメント

h_b ：橋脚柱の基部断面から上部構造の慣性力の作用位置までの高さ

補強設計により柱基部が損傷先行となるよう、橋脚躯体の基部が初降伏モーメントの 1.2 倍に達しても、段落し部が初降伏に達しないことを上式で確認するものとする。

- (7) 橋脚柱断面の辺長比が大きくなると、通常の巻立て補強を行っても長辺部の帯鉄筋がはらみ出し、十分なコンクリートの拘束効果が得られない。そこで、辺長比が 1:3 を越える場合には、橋脚柱を削孔して中間貫通帯鉄筋の配置を検討する。なお、中間貫通帯鉄筋は端部にフックを要するため、施工上困難な場合が多いため、P C 鋼棒と定着プレートを用いて横拘束を図る工法を基本とする（以下、「中間貫通鋼材」という）。

2-3-2 使用材料

- (1) 鉄筋コンクリート巻き立て工法のコンクリートの設計基準強度は、既設部材の強度以上で、 $\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$ を標準とする。
- (2) 鉄筋は、SD345 とする。

(1) 鉄筋コンクリート巻き立て工法に使用するコンクリートにおいては、下記事項に留意するものとする。

1) 巻き立て厚が薄く鉄筋配置も密となるため、流動性を高めて施工性を改善する目的から高性能減水剤などの使用を検討するものとする。この場合、施工時には事前にベースコンクリートの材料や配合、流動化の方法、品質管理の方法について十分な検討を行い、所要の品質が得られるか確認する必要がある。

2) 巻き立て厚が薄いため初期養生には十分留意する。

3) ポリマーセメントモルタル吹き付け工法等の新工法を用いる場合の設計基準強度、構造細目は各協会等の規定を踏まえて、適切に設定する。

(2) 降伏点の高い鉄筋(SD390, SD490)をフーチングに定着する軸方向鉄筋に用いる場合は、定着方法や変位量等が実験データをもとに検証されていないので、原則、使用しない。

2-3-3 構造細目

- (1) 巻き立てコンクリート厚は 250mm を標準とする。
- (2) 補強部の配筋は、下表を標準とするものとする。

表 8-3 鉄筋径および配置

	最小径	最大径	間 隔
軸方向鉄筋	D16	D51	150～300mm
帯 鉄 筋	D16	D29	100～150mm

- (3) 軸方向鉄筋は、断面変化を行わないものとする。
- (4) 帯鉄筋は、柱基部から天端まで同径・同間隔で配置することを基本とする。
- (5) 軸方向鉄筋の鉄筋位置は、設計上 150mm を標準とする。
- (6) 中間貫通鋼材を配置する場合は、橋脚柱基部から補強後柱断面の短辺長区間に配置することを標準とする。ただし、既設橋脚がせん断破壊先行型または曲げ破壊からせん断破壊移行型の場合は、中間貫通鋼材を全長にわたって配置するものとする。
- (7) 組立て用アンカー筋は軸方向鉄筋を固定することを目的とし、1 本/m²程度配置する。

1) 巻き立てコンクリート厚は施工性および実績を考慮して 250mm を最小として、50mm ピッチで増加させることが一般的である。ただし、柱幅に制約がある場合は、かぶりなどの条件を満足すれば 10mm ピッチで増加させてもよい。なお、補強部の部材厚が 500mm を超える場合は、他工法を含めて再検討するものとする。

(2) 1) 軸方向鉄筋はD16～D32を標準とし、軸方向鉄筋径は施工が煩雑にならないように橋軸・直角方向ともに同一径とする。また、軸方向鉄筋の間隔は、フーチングにアンカー定着する場合は250mm以上を標準とする。このとき、必ずしも橋軸・橋軸直角の両方向の軸方向鉄筋をフーチングに定着する必要はないものとする。

なお、軸方向鉄筋径においてやむを得ず太径鉄筋を使用する場合は、他工法（併用工法も含む）や基礎への影響（柱の耐力増加に伴う影響、削孔長と底版厚の関係など）を十分検討しなければならない。本工法はじん性向上を主目的としたものであり、耐力向上による基礎への影響から1重配筋を原則とする。

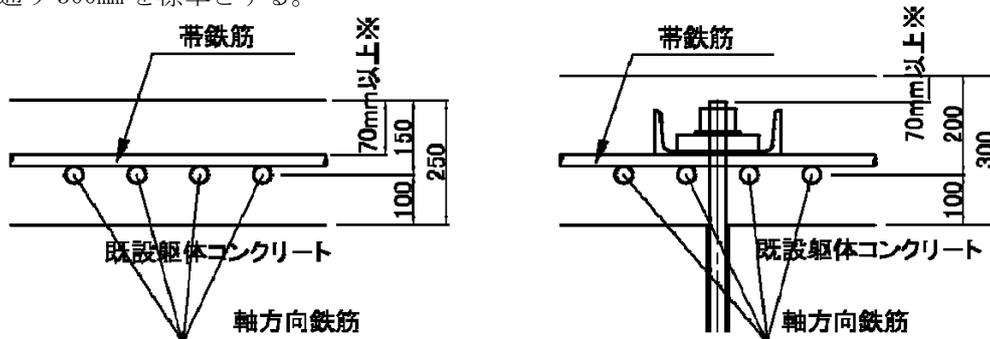
2) 帯鉄筋はD16～D22を標準とするが、軸方向鉄筋に太径鉄筋を用いる場合は別途検討するものとする。また、帯鉄筋の配置間隔は150mmを標準とするが、柱のじん性を向上させることが設計水平震度を抑え、基礎への影響を最小限にすると考えられるため、施工上問題ない範囲で帯鉄筋の配置間隔は100mmまで可能とした。巻立て工法では一般的に横拘束鉄筋を配置せず帯鉄筋のみ配置するため、最小間隔100mmでも施工上の問題はないと考えた。

(3) 軸方向鉄筋は、橋脚全体で均一な補強効果を確認するため、柱基部から天端まで同径・同間隔を基本とする。ただし、高橋脚で設計図書から配筋状況が確実に確認できるものについては、道路橋示方書に準拠して別途検討すればこの限りではない。

(4) 帯鉄筋も(3)同様の理由により、断面変化は行わないことを基本とした。ただし、高橋脚等で同一断面とすることが合理性に欠ける場合で、かつ既存の設計図書から配筋状況が確実に確認できる場合は、道路橋示方書に準拠して別途検討すればこの限りではない。

(5) 軸方向鉄筋の位置は、削孔時の施工誤差や設計の煩雑性に配慮するとともに、軸方向鉄筋と既設橋脚の離れ100mmとして、150mmを標準とした。ただし、道路橋示方書IV編に規制するかぶりを満足することが基本であるので、太径鉄筋を使用する場合は留意するものとする。なお、凍結抑制剤の影響については、第2編を参照してかぶりを設定されたい。

また、中間貫通鋼材を用いる場合は、定着方法を考慮して決定するのが望ましい。PC鋼棒と形鋼を用いた場合は、軸方向鉄筋と既設橋脚の離れは同様とし、巻立てコンクリート厚を下図の通り300mmを標準とする。



(a) 中間貫通鉄筋が不要となる場合

(b) 中間貫通鋼材（PC鋼棒と形鋼）を用いる場合

※被りは凍結抑制剤の影響を考慮して設定する

図8-6 標準的な巻立て厚および鉄筋かぶりの考え方

(6) 中間貫通鋼材は、実験により柱下端の塑性ヒンジが生じる可能性がある部分の拘束効果を高めることで、じん性が向上することが確認されていることから、削孔による既設断面の損傷を最小限に抑えるように中間貫通鋼材は橋脚柱基部から補強後柱断面の短辺長区間に配置することを標準とした。

- 1) PC 鋼棒は B 種 1 号 (SBPR930/1080) を標準とする。
- 2) 使用径は $\phi 17 \sim \phi 32$ (呼び径) を標準とし、構造的性を考慮して適切に選定する。
- 3) 配置間隔は、水平方向には補強後の橋軸方向断面幅以内、鉛直方向には 300mm 以内とする。

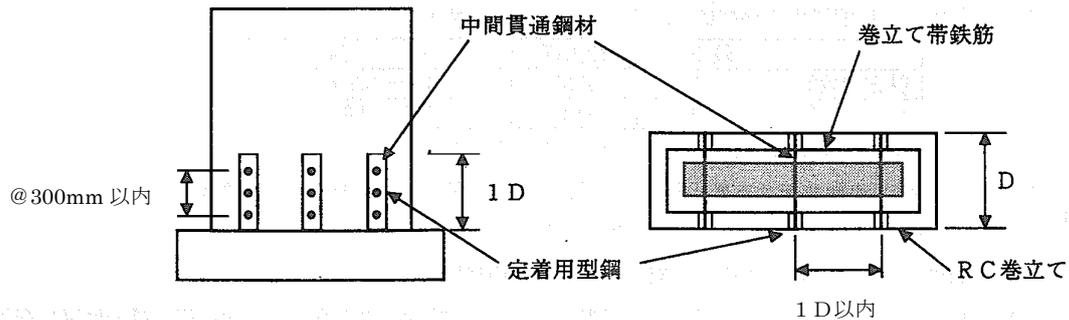


図 8-7 中間貫通鋼材の配置例

4) 中間貫通鋼材の配置においては、削孔時に既設橋脚の鉄筋に損傷を与えないよう事前に RC レーダーやはつり調査を行うなど十分留意しなければならない。

上記に対しては、施工性や構造的性、経済性などの配慮して適切な方法を選定するものとする。

(7) 組立て用アンカーは施工中に落脱しないように十分な付着を確保する構造とする。また、削孔時に既設橋脚の鉄筋に損傷を与えないように留意しなければならない。

なお、軸方向鉄筋と既設壁の離れを 100mm とした場合の参考図を下記に示す。この時、組立て用アンカー鉄筋の数量は、数量計算書に配置図を示して計上するものとする。

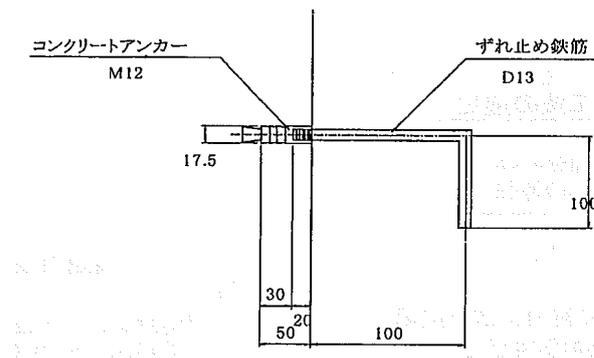


図 8-8 組立て用アンカー鉄筋の例

2-3-4 鉄筋の継手および定着

- (1) 軸方向鉄筋の継手は、重ね継手を用いないものとする。
- (2) 柱基部における軸方向鉄筋のフーチングへの定着は、以下の通りとする。
 - 1) 定着長は、 $20D$ (D は軸方向鉄筋の呼び径) とする。
 - 2) 削孔部にはエポキシ樹脂を充填する。
 - 3) 削孔径は $D+10$ mm (D は軸方向鉄筋の呼び径) 程度とし、削孔長は定着長に 10 mm の余堀りをとる。
- (3) 帯鉄筋の継手はフレア溶接の使用を基本とし、溶接長は帯鉄筋径の 10 倍とする。
- (4) 中間貫通帯鉄筋の定着は、以下の通りとする。
 - 1) 形鋼 (溝形鋼) を使用し、ナット定着 (ストレスは入れない) を標準とする。
 - 2) 溝形鋼のサイズは、[-200 を標準とし、中間貫通帯鉄筋に $\phi 32$ を用いた場合 [-250 とする。
 - 3) 削孔径は $\phi +10$ mm (ϕ は PC 鋼棒の呼び径) 程度とする。

(1) 軸方向鉄筋の継手は、かぶりコンクリートが剥落しても応力伝達を損なわないよう、重ね継手は用いないものとする。継手方法は機械継手あるいはガス圧接とし、現場状況より決定するものとする。

また新設橋同様、塑性ヒンジ長の 4 倍の区間内にある断面領域では、原則として軸方向鉄筋に継手を設けてはならない。

なお、鉄筋の定尺長は最大 12.0m とするが、現場環境に留意した施工性に応じて適切に決定するものとする。

(2) 柱基部における軸方向鉄筋のフーチングへの定着を示した。削孔時はフーチングの既設鉄筋に損傷を与えないように事前に RC レーダーやはつり調査を行うなど留意しなければならない。

なお、アンカー鉄筋の定着については、対象構造物における引張試験を実施することを基本とする。引張試験で所定の品質を満足するものであれば、充填材は上記に限定されない。

削孔径は施工性に配慮して軸方向鉄筋径に 10mm 程度の余裕を確保したものとする。なお、削孔内は清掃しても十分な殻除去は困難であるため、10mm の余堀りをとるものとした。

表 8-4 鉄筋径・削孔径の標準値

鉄筋径 D(mm)		D16	D19	D22	D25	D29	D32	D35	D38	D41	D51
削孔径	図示径(mm)	26	29	32	35	39	42	45	48	52	61
削孔長	図示長(mm)	330	390	450	510	590	650	710	770	830	1030

(3) 帯鉄筋はフックを付けて内部コンクリートに定着することが原則であるが、コンクリート巻立てにおいてはフック長の確保が難しいため、フレア溶接を基本とした。フレア溶接の構造細目は以下の通りとする。設計図面にはフレア溶接の所定の品質を確保するため、溶接環境、溶接姿勢、溶接作業等に配慮して施工と管理を行う旨の留意事項を記述する。

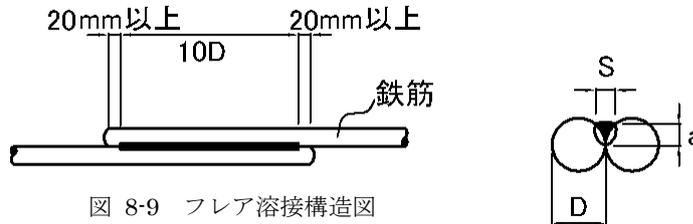


図 8-9 フレア溶接構造図

鉄筋径(呼び径) D (mm)	溶接ビート幅 S (mm)	のど厚 a (mm)
16	8.0	3.2
19	9.5	4.4
22	11.0	5.6
25	12.5	5.8
29	14.5	7.3

溶接ビートの幅 : $S=0.5D$

のど厚 : $a=0.39D-3$

($10\text{mm} < D \leq 22\text{mm}$ の場合)

$a=0.39D-4$ ($D > 22\text{mm}$ の場合)

鉄筋径(呼び径) : D

(4) 中間貫通鋼材の定着部細目は下図の通りとする。なお、形鋼形状は帯鉄筋に太径やピッチがやむ得ず密になる場合などは適切に評価し、選定するものとする。

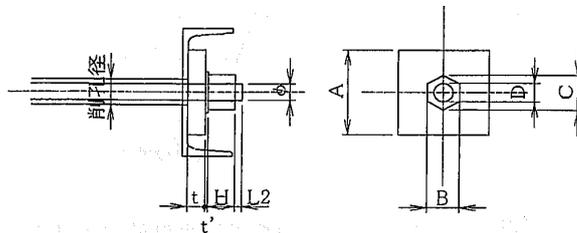


図 8-10 定着部の詳細図

表 8-5 PC 鋼棒と付属物の諸元

φ 呼び径 (mm)	公称 断面積 (mm ²)	単位質量 (kg/m)	ねじの 呼び径	ピッチ (mm)	ナット (mm)		
					B	C	H
17	227.0	1.78	M18	1.5	34	39.2	27
23	415.5	3.26	M24	2.0	46	53.1	36
26	530.9	4.17	M27	2.0	50	57.7	40
32	804.2	6.31	M33	2.0	58	67.0	49

φ 呼び径 (mm)	t' ワッシャー厚 (mm)	支圧板 (mm)			余長 L2 (mm)	削孔径	
		1 辺長 A	厚み t	孔径 D		呼び径 (in)	図示径 (mm)
17	2.9	90	18	20	7	1 1/4	32
23	4.0	120	25	27	10	1 1/2	38
26	4.0	135	28	30	10	1 1/2	38
32	4.5	165	32	36	12	2	50

2-4 基礎の補強

- (1) 耐震補強においては、基礎への影響を最小限となるよう計画・設計することを基本とする。
- (2) 基礎については、補強後の状態でレベル1地震動およびレベル2地震動において耐震性能の照査を行うものとする。
- (3) 補強を検討する際は、下記事項に留意するものとする。
 - 1) 既存基礎の信頼性評価について
 - 2) 補強レベル（グレード）の目標値設定について
 - 3) 施工性や経済性から最適な工法の選定について

(1) 基礎の補強は、下記を念頭に入れ、橋梁全体の耐震補強方法や解析方法を尽くして、基礎への影響を最小限となる耐震補強を計画することを基本とする。

- 1) 兵庫県南部地震では、杭体に亀裂が生じた事例はあったが、基礎本体の破断や大きな残留変位などといった地震時の安定性に影響を及ぼすような重大な被害は生じていないこと。
- 2) これまでの地震による基礎の被害状況においても、既設橋脚の基礎の中には必ずしも耐震補強が必要と判断されるものは多くないこと。
- 3) 基礎の補強は施工上の制約から多大なコストを要すこと。

また、基礎の補強の要否の判定においては、基礎の照査結果や現地の環境条件（交差物件や立地条件など）、地盤条件などの諸条件を十分勘案した上で判断する必要がある。補強の要否判定の目安となり得る項目を下記を示す。ただし、基礎補強の要否は、対象橋梁のおかれた条件に大いに左右されるものであり、現地条件を十分に考慮のうえ判断する必要がある。

基礎の補強については橋梁毎に担当課と別途協議する。

- 1) 基礎の照査により、レベル1地震動において耐力不足が確認された橋梁
- 2) 橋梁全体のバランスのとれた補強対策を尽くした上で、現地条件により倒壊や落橋といった甚大な被害が懸念される橋梁
 - イ) 液状化に伴う流動化が生じる箇所に位置する橋梁
 - ロ) 液状化が生じる箇所に位置する橋梁（液状化時の基礎耐力が著しく小さい橋梁）
 - ハ) 洗掘が著しい橋梁
 - ニ) 基礎の耐力および変形性能が著しく小さい橋梁 など

耐震補強の現状は、耐震上急務とされる橋脚の耐震補強や落橋防止システムを先行整備している。これは上記のように基礎の損傷が落橋に直結することは少ないことや、基礎の補強が多大なコストを要する現状を反映している。

(2) 橋脚柱の耐震補強を実施する場合は、補強後の状態における基礎の照査を行うものとする。照査は、レベル1およびレベル2地震動に対して安定性や耐震性能を評価し、基礎補強の要否を判定する。

なお、橋脚柱の耐震補強において、じん性向上を主眼とした軸方向鉄筋をフーチングに定着させない工法を採用した場合など、躯体耐力が大幅に増加しない場合は基礎の照査を省略できるものとする。

ただし、この場合でも、地震時に液状化や流動化を起こす軟弱地盤上の基礎など、現地状況を考慮して大きな被害が懸念される橋梁については、照査を実施するものとする。

(3) 基礎の補強設計を行う場合は下記の問題点を考慮して補強計画を検討するものとする。

- 1) 既存基礎の設計図書を確認するのはもちろんであるが、必要に応じて地質調査など地盤情報を確認する必要がある場合は十分な調査を行うものとする。
- 2) 基礎の諸元や配筋、場合により基礎形状自体が不明な場合も考えられるが、そのような場合は十分調査及び推定（復元設計など）を実施した上で補強設計を行うものとする。
また、橋梁付近の地形形状などは設計図書と大きく異なる場合や施工において周辺地域に影響を及ぼす恐れがある場合などは、十分な測量調査、施工計画検討を実施するものとする。
- 3) 補強レベルは、対象橋梁のおかれた現地条件等を十分に勘案して、経済性や施工性を考慮して現実的なものを選定するものとする。
- 4) 基礎の補強工法としては増杭や地盤改良が挙げられるが、けた下制限や既設杭の影響（斜杭など）から施工が困難で、多大な工事費が生じる可能性が高い。したがって、施工が可能な工法で、かつ経済的で安価な工法を選定するものとする。
- 5) 基礎の補強工法選定においては、経済性や施工性の向上にむけて新技術・新工法を積極的に採用して選定するのが望ましく、その動向には十分留意されたい。

2-5 既設橋の落橋防止システムの設計

2-5-1 基本方針

- (1) 既設橋における落橋防止システムは、図 8-11 に示すフローチャートによる選定を基本とする。
- (2) 既設橋梁の落橋防止システムは、予期できない構造系の破壊など不測の事態に対するフェイルセーフ機構として設置するものとする。
- (3) 既設橋における計画では、取付部の構造や既設構造物の耐荷力、維持管理を考慮するものとする。
- (4) アンカー筋は既設コンクリートに確実に定着するものとする。
- (5) 本項に記されていないものについては、本マニュアル第 2 編第 3 章に準じるものとする。

- 1) H24 道示改訂により、支承部はレベル 2 地震動に対して支承部の機能を確保する構造のみを規定している。既設橋の場合、従来のタイプ A 支承を採用している場合が多く、レベル 2 に対する機能が確保されていない。

従って、支承部および落橋防止システムへの対策は、目標とする耐震性能に応じて対応する。参考として、表-4.2 に考え方の例を示す。

落橋防止システムの計画においては、システムを構成する各構造機能を十分把握して機能の重複を避け、遊間量を考慮して適切に配置するものとする。ここでは、既設橋梁における落橋防止システムの構造選定をフローチャートにとりまとめ、選定基準を設定するものである。

なお、落橋防止システムが必要とする機能は以下の通りである。

- 1) けたかかり長
- 2) 落橋防止構造
- 3) 横変位拘束構造
- 4) 段差防止構造

なお、既設橋梁の沓座縁端距離やけたかかり長が不足する場合は、道路橋示方書を満足するように拡幅する必要がある。

表-2.5.1 既設橋の耐震補強における目標性能レベルに応じた支承部・

落橋防止システムへの対応の考え方の例（橋軸方向の場合）

耐震補強において 目標とする橋の耐 震性能レベル	耐震補強において考慮する支承部及び上部構造に生じている 状態			既設橋の耐震補強にお ける支承部・落橋防止シ ステムへの対応
	レベル1地震動 まで	レベル1～レベル2地 震動まで	支承部の破壊後	
レベル2地震動による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに実行可能な状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	支承部(支承本体,取付用鋼板,ボルト等の取付部材等)に変状や損傷が生じない。	支承部(支承本体,取付用鋼板,ボルト等の取付部材等)に変状や損傷が生じない。	支承部は破壊するため,機能を喪失する※)。桁かかり長と落橋防止構造により上部構造が下部構造頂部から逸脱しない。	支承部: レベル2地震動に対して機能確保できる支承部(必要に応じて,段差防止構造を設置)落橋防止システム: 桁かかり長の確保 落橋防止構造の設置
レベル2地震動により損傷が生じる部位があり,その1回復旧は容易ではないが,橋としての機能の回復は速やかに実行可能な状態が確保されるとみなせる耐震性能レベル	支承部(支承本体,取付用鋼板,ボルト等)取付部材等)に変状や損傷が生じない。	既設の支承部(支承本体,取付用鋼板,ボルト等の取付部材等)に損傷又は変状が生じるため,支承部の恒久復旧は容易には行えないが,供用性に影響を及ぼす段差は生じない※)。また,水平力を分担する構造により水平力の伝達機能は確保されている。	支承部(水平力を分担する構造)は破壊するため,機能を喪失する。桁かかり長と落橋防止構造により上部構造が下部構造頂部から逸脱しない。	支承部: 既設の支承部をそのまま使用 レベル2地震動による水平力を分担する構造の追加設置 (必要に応じて,段差防止構造を設置)落橋防止システム: 桁かかり長の確保 落橋防止構造の設置
レベル2地震動に対して落橋等の甚大な被害が防止されるとみなせる耐震性能レベル	支承部(支承本体,取付用鋼板,ボルト等の取付部材等)に変状や損傷が生じない。	既設の支承部(支承本体,取付用鋼板,ボルト等の取付部材等)に損傷又は変状が生じるため,支承部は機能を喪失する。	桁かかり長と落橋防止構造により上部構造が下部構造頂部から逸脱しない。	支承部: 既設の支承部をそのまま使用落橋防止システム: 桁かかり長の確保 落橋防止構造の設置

※) 支承部に破壊が生じた場合にも,橋の速やかな機能の回復が求められる場合には,当該支承部の構造条件等によってはその破壊により路面に数百mmの段差が生じる可能性がある場合もあるため,段差防止構造の設置等についても検討する。

(3) 落橋防止システムが取り付けられる上下部構造の部位は、道示Ⅱ鋼橋編、道示Ⅲコンクリート橋編、道示Ⅳ下部構造編に基づいて安全性の照査を行う。

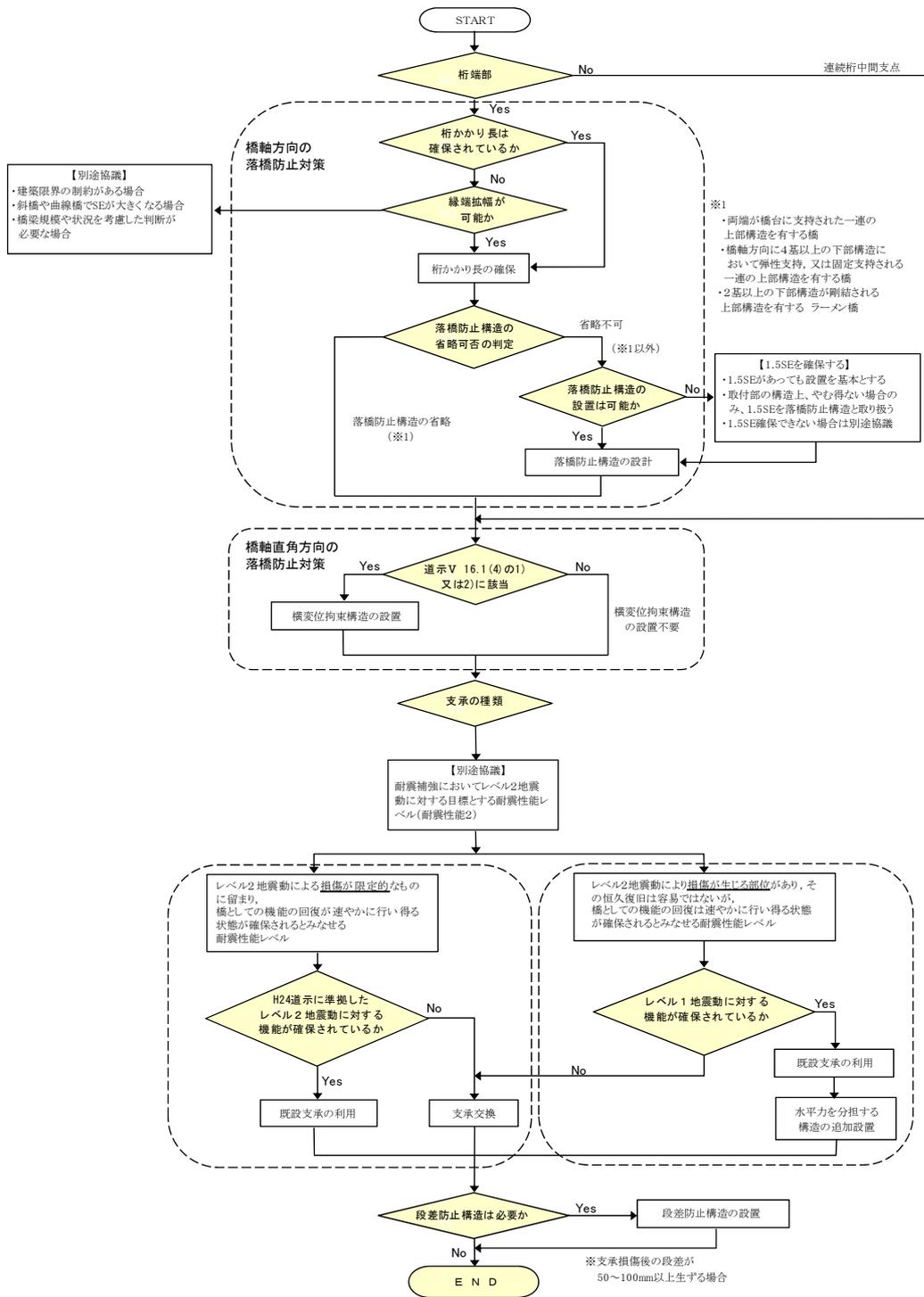


図 8-11 落橋防止システム，支承部の対応のながれ

(2) 落橋防止システムは予期できない構造系の破壊が生じても上部構造の落下を防止できるようにすることが目的である。したがって、既設橋梁の落橋防止システムを計画する場合は、既設橋梁の構造を踏まえてフェイルセーフの思想に極力近づけるべく不足構造の補充などで対応する必要がある。

ただし、H24道示Vにおける支承部規定改定の理由が以下の2点に配慮した結果であることに留意が必要である。

- 1) 点検・維持管理を考えたときには支承部を複雑な構造としない方が望ましい。
- 2) レベル1地震動を超える地震動により支承部が損傷した場合に、その部材や破片の落下による第三者被害が生じないような配慮が必要。

すなわち、落橋防止システムの計画により、結果として支承部の周辺が煩雑な構造という本来避けるべき構造を逆に生み出す可能性も考えられることから、その様な場合には桁かかり長を大きく確保すること（例えばH24道支Vの16.2の規定により設定される必要桁かかり長の1.5倍以上を確保する等）により上部構造の落下防止対策とする考え方もある。

なお、橋梁形状により直角方向に横変位拘束構造を設ける必要が生じる場合があるので、留意するものとする。

参考として、支承および落橋防止システムに関する規定の推移を次頁に示す表にとりまとめるので参考されたい。

(3)1) 取付部構造について

- イ) 現橋梁の橋座まわりの状況を考慮し、設置スペースなどに十分考慮して計画するものとする。
- ロ) 落橋防止構造や横変位制限構造は、取付部の耐力を照査した上で問題がないと判断した上で取り付けるものとする。
- ハ) 取付部の構造上（設置が困難）や耐荷力（補強が困難）または維持管理上の問題があり、落橋防止構造の設置が困難な場合は、1.5SEを落橋防止構造と取り扱ってもよいものとする。

ここで、設置が困難な状況とは、設置スペースの確保が出来ない場合など、補強が困難な状況とは取付部耐力が不足して補強が大規模で経済性・構造的・施工性から問題が生じる場合など、維持管理上の問題とは、設置により将来の点検や近接目視確認・補修施工等が困難となる部材が生じたり、支承部の周辺が煩雑な構造という本来避けるべき構造となる場合などとする。

2) 既設建造物の耐荷力判定について

1) 既設の移動制限構造などの部材は、構造的と耐荷力上から落橋防止システムとして取り扱えるかを判定するものとする。ここで耐荷力の判定においては、新設同様の耐荷力を持つことを基本とする。すなわちレベル2地震動による水平力を分担できる構造とするものとし従来変位制限構造の設計地震力として用いられていた $3khR_d$ （ここで kh はレベル1地震動に相当する設計水平震度、 R_d は死荷重反力）ではなく、H24道示Vの15.4の規定によることが基本となる。ただし施設橋の耐震補強においては、ひとつの固定支点において大きな地震力を負担する構造を設置するよりも、固定支点だけでなく既設橋において可動支点として設計されている支点のレベル2地震動によって生じる水平力を協働で負荷できるようにする方が合理的であり、維持管理の確実性および容易さ等の面で有利となる場合もあることから、既設の移動制限構造など部材を活用しつつ、可動支承を有する橋脚にもその耐力の範囲内で水平力を分担させるなど、個々の橋の構造条件に応じて橋全体として合理的な耐震補強となるように検討することが重要である。

(4) アンカー筋の既設コンクリートへの定着は、以下の通りとする。

- 1) 定着長は、 $15D$ (D はアンカー筋の呼び径) 以上とする。
- 2) 削孔部にはエポキシ樹脂を充填する。
- 3) 削孔径は $D+10\text{mm}$ (D は軸方向鉄筋の呼び径) 程度とし、削孔長は定着長に 10mm の余堀りをとる。

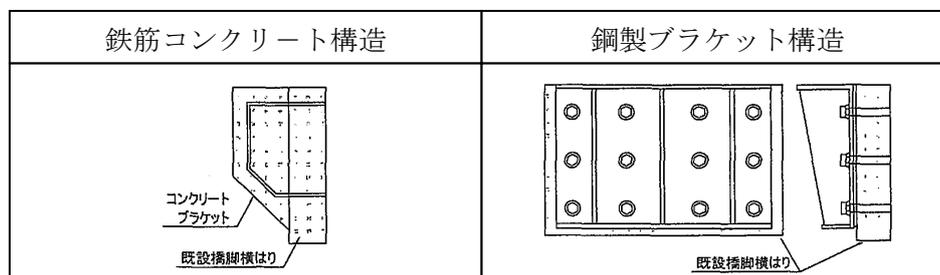
なお、アンカー筋を定着する際は既設コンクリートの健全性を確認するのがよい。また、縁端拡幅が施された箇所に落橋防止システムを設ける場合は、既設の縁端拡幅の耐力を確認する必要がある。

(5) 既設橋梁の落橋防止システムにおいても新設橋梁同様に道路橋示方書を厳守することが基本であり、落橋防止システムの計画・設計にあたっては、本マニュアル「第2編 橋梁一般」の『第3章 落橋防止システム』を準用されたい。なお、既設橋梁の落橋防止システムの構造例を下記に示す。

1) けたかかり長

けたかかり長の確保は、下部構造の沓座縁端を拡幅する構造が一般的で、鉄筋コンクリート構造と鋼製ブラケット構造がある。鉄筋コンクリート構造が経済性に優位となるため一般的で、鋼製ブラケット構造は施工性から選定されることが多い。

表 8-7 縁端拡幅の構造例



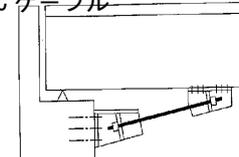
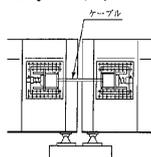
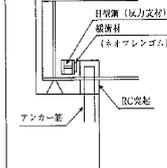
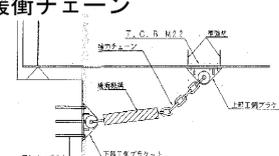
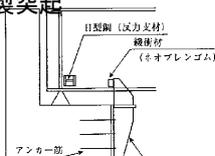
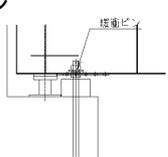
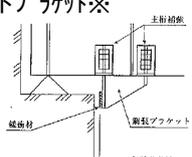
2) 落橋防止構造

落橋防止構造はけたかかり長と補完しあうものとして互いに独立して落橋を回避するものであり、構造として以下のタイプがある。

- ① 上部構造と下部構造を連結する構造
- ② 2連の上部構造を相互に連結する構造
- ③ 上部構造と下部構造に突起を設ける構造

なお、落橋防止構造の選定においては、支承機能（移動や回転など）を損なわないことや直角方向への移動にも追従することも考慮する必要がある。

表 8-8 落橋防止構造の構造例

上部構造と下部構造を連結する構造	2連の上部構造を相互に連結する構造	突起を設ける構造
<p>PC ケーブル</p> 	<p>連結 PC ケーブル</p> 	<p>RC 突起</p> 
<p>緩衝チェーン</p> 		<p>鋼製突起</p> 
<p>緩衝ピン</p> 		<p>桁下ブラケット※</p> 

※ 桁下ブラケット構造は、両端が剛性の高い橋台に支持された橋梁の場合とする。

3) 横変位拘束構造

支承部が破壊したときに、橋の構造的要因等によって上部構造が橋軸直角方向に変位することを拘束する機能を有する構造。

(橋軸直角方向の落橋防止対策として設置されるものであり、従来のタイプ A 支承を補完する変位制限構造とは異なることに留意する)

構造として以下のタイプがある。

- ① 上部構造と下部構造を連結する構造 (アンカーバーなど)
- ② 上部構造および下部構造に突起を設ける構造

4) 段差防止構造

支承が破損した場合においても橋面に大きな段差が発生しないよう適切な高さに支持できる構造で、一般的な構造は以下のタイプがある。

- ① コンクリート構造による台座
- ② 鋼構造による台座

第3章 耐荷力補強設計

3-1 基本方針

- (1) 補強にあたっては、現行の道路橋示方書に準拠することを基本とする。
- (2) 補強にあたっては、設計図書により形状寸法や設計条件、配筋状況などを十分把握するのは勿論、既往の点検結果や損傷形態・程度を十分に把握して実施するものとする。
- (3) 床版および主桁の補強設計においては、図 8-12 に示すフローチャート手順を基本とする。
- (4) 補強工法の選定においては、適切な工法を選定するものとする。

- (1) 補強設計にあたっては、現行の道路橋示方書に準拠することを基本とした。ただし道路橋示方書を準拠したことにより、大規模な補強が必要となる場合・耐久性の低下を招く恐れがある場合・下部工に著しく影響する場合などは、十分な検討を行った上で、適切な工法を選定するものとする。また維持管理計画にも十分留意し、新橋架替え計画などがあり明らかに暫定措置となる場合は補強レベルなど費用対効果を考慮して適切に設定するものとする。
- (2) 補強設計においては、下記事項を確認するものとする。
 - 1) 設計図書の有無を確認し、設計基準や指針、図面により構造物の規模や形状を把握する必要がある。設計図書がない場合は、現地調査による形状や鋼材配置などの確認や復元設計による推定を行うものとする。
 - 2) 橋梁台帳により補修・補強履歴を把握する。
 - 3) 橋梁点検（定期点検や通常点検など）報告書により、損傷の有無や程度を把握する。
 - 4) 現地踏査により上記の既存資料における各事項を確認するものとする。明らかに資料と異なる場合は、計測を含む詳細な調査の実施し、現状を正しく把握するものとする。

また、現地踏査においては、構造条件や損傷状況の確認のほか、立地条件や交通条件、施工条件などを確認するものとする。
 - 5) 補強工法や調査、点検方法などは技術開発が目覚ましく、その動向には十分留意して現状を把握するとともに、新技術や新工法の特徴や課題を理解した上で積極的な採用を心がけるものとする。
- (3) 床版および主桁の補強設計手順フローチャートを参考として図 8-12 に示す。

なお、主桁の照査Ⅰ・照査Ⅱにおいては「既設橋梁の耐荷力照査実施要領（案）」に概略照査方法が例として示されている。また、実応力の照査方法については参考資料として「応力頻度測定要領（案）」がある。これらを参考にして橋梁の損傷状況や交通状況の総合的な観点から補強の可否を判定することが必要である。その他の部位についても現状ですでにかなりの損傷が見られる橋梁は、補修・補強が必要である。特に輪荷重が直接載荷する床版は、活荷重により損傷進行が早まると予想されるので留意を要す。また、特定部位（ゲルバーヒンジや桁端部切欠き部）は疲労の影響を受けやすいので、損傷がなくても補強することを原則とする。

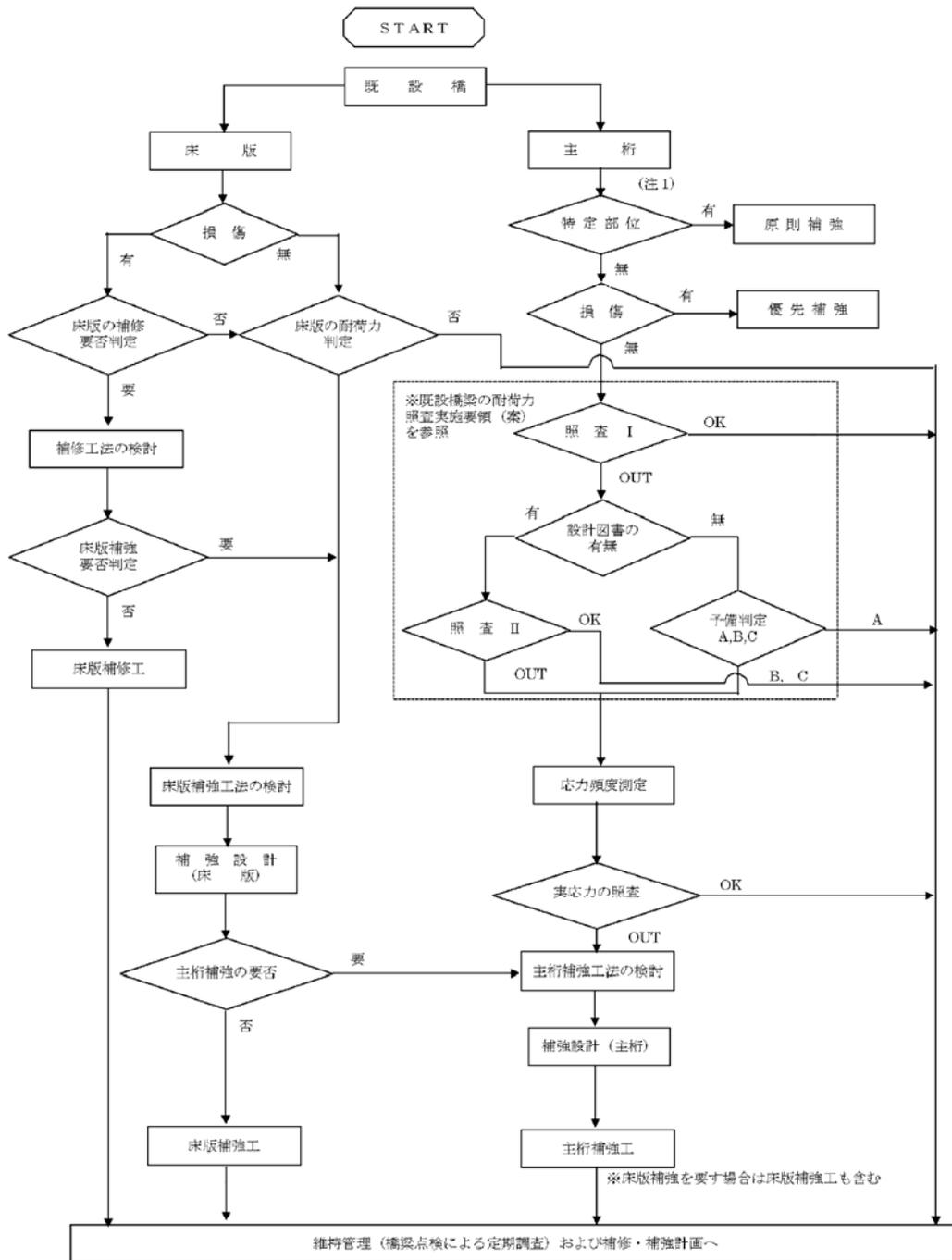


図 8-12 補強設計の手順

(5) 補強工法の選定においては、設計上および施工上から下記に留意して選定するものとする。

- 1) 損傷程度が著しい場合は、断面欠損やひびわれなどの影響による断面性能の低減などを反映した補修・補強検討を行い、適切な工法を選定するものとする。
- 2) 補修・補強にあたっては、現在健全である既設部材を痛めるなど、現行耐荷力や耐久性を低下させるような無理な工法は採用しないよう留意するものとする。
- 3) 補修・補強技術の進展は目覚ましいものがあり、新技術・新工法の積極的な採用が望ましい。ただし、補修・補強技術は未だ確立されたものとは言えないため、実績がない工法の採用にあたっては、試験や実験などで事前に評価を行うとともに、必要に応じて実橋で載荷試験などを行い事後評価、さらには追跡調査（橋梁点検）を行うものとする。なお、事後評価を行う際は、施工前の状態も十分把握しておかなければならない。
- 4) 補強工事の実施まで時間を要す場合は、損傷状態に応じて耐久性を確保する補修工法も合わせて検討するものとする。
- 5) 補修・補強工法の選定においては、目的を十分満足する工法で経済的であることはもちろんだが、施工性も十分考慮するとともに、今後の維持管理性にも十分に配慮し計画するものとする。
- 6) 補修・補強の施工性は、既設橋梁の交通状況や橋下条件（交差物件や利用状況なども含む）、周辺環境などを十分検討して適切な工法を選定するものとする。
- 7) 交通規制については、作業期間だけではなく養生期間も考慮して計画するものとする。
- 8) 施工計画にあたっては、既設部材に影響を及ぼす程度を検討して、最適な工法を選定するものとする。

3-2 鉄筋コンクリート床版

- (1) 鉄筋コンクリート床版の補強を含めた対策においては、「床版損傷対策工選定の手引き（案）」に準拠することを基本とする。
 - (2) 床版補強は、現行の道路橋示方書に準拠するものとする。
 - (3) 床版補強による死荷重増加に対しては、主桁の断面照査を実施するものとする。
- 補強工法の選定においては、手引き以外にも新技術・新技術を積極的に提案するものとする。

- (1) 宮城県が直接管理する橋梁の鉄筋コンクリート床版については、「床版損傷対策工選定の手引き(案)」に準拠することを定めた。手引きは鉄筋コンクリート床版における点検方法や損傷の要因、補修・補強工法の概要、対策工法の選定の考え方に至るまでとりまとめられたものであり、耐荷力補強設計以外においても参考されたい。
- (2) 床版の補強は現行道路橋示方書に準拠するものとし、補強レベルは「B 活荷重」によることを原則とする。なお、床版設計に関する基準の変遷を次頁にとりまとめたので参考されたい。
- (3) 床版補強による死荷重増加に対しては、その影響を考慮して別途主桁の耐荷力照査を実施しなければならない。このとき、主桁の耐荷力照査は、道路橋示方書に準じてB活荷重による応力照査によるものとする。
- (4) 補強工法の選定においては手引きにフローチャートが示されるが、新技術や新工法の開発は目覚ましいものがあり、積極的に提案されたい。

表 8-9 鉄筋コンクリート床版に関する設計基準の変遷

適用基準及び示方書	発行年月	輪荷重 P ¹⁾ (kgf)	曲げモーメント式 ²⁾		鉄筋の許容応力度	配力鉄筋量	最少床版厚 ³⁾							
			主鉄筋方向	配力筋方向										
道路構造に関する細則集	大 15.6	4,500	T荷重から分布幅を考慮し算出 $P(L-1) / 2(1+i)$ ※ $i = 20 / (60+L) \leq 0.3$		1.200 kgf / cm ²	規定なし	規定なし							
鋼道路橋設計示方書(案)	昭 14.2	5,200	同上 ただし、 $i = 20 / (50 + L)$		1.300 kgf / cm ²									
鋼道路橋設計示方書	昭 31.5	8,000	$\frac{0.4P(L-1)}{L+0.4}$ (ただし、 $2 < L \leq 4m$)	規定なし	SR 24 1.400 kgf / cm ²	主鉄筋の 25%以上	14cm							
鋼道路橋設計示方書	昭 39.6				SD 30 1.800 kgf / cm ²			主鉄筋の 70%以上						
鋼道路橋の一方 鉄筋コンクリート床版 の配力鉄筋量設計要領	昭 42.9					SD 30 1.400 kgf / cm ²			曲げモーメント を規定					
鋼道路橋の床版設計に 関する暫定指針(案)	昭 42.9				SD 30 1.400 kgf / cm ²			3 L+11 \geq 16c m						
鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について	昭 46.3	8,000 (9,600)	0.8(0.12 L + 0.07) P	0.8(0.10 L + 0.04) P		SD295 (SD 30) 1.400 kgf / cm ² ただし、 200 kgf / cm ² 程度 余裕を持たせる	k ₁ · k ₂ · do ³⁾ do = 3 L+ 11 \geq 16 cm 床版支間は 3 m 以 内が望ましい							
道路橋示方書	昭 48.2				10,000			式は同じ ただし、 2.5 < L \leq 4m	+ 0.04) P	SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる				
鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計施工について	昭 53.4	10,000 (100KN)	割増係数 1+(L-2.5) /12	SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる										
道路橋示方書	昭 55.2					10,000 (100KN)	割増係数 1+(L-2.5) /12				SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる			
	平 2.2											10,000 (100KN)	割増係数 1+(L-2.5) /12	SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる
	平 6.2													
	平 8.12				10,000 (100KN)			割増係数 1+(L-2.5) /12	SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる					
平 14.3	10,000 (100KN)	割増係数 1+(L-2.5) /12	SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる											
平 24.4				10,000 (100KN)		割増係数 1+(L-2.5) /12	SD345 140N/mm ² ただし、 20N/mm ² 程度 余裕を持たせる							

注 1) 1等橋の場合 () 内は大型車が1方向1,000台/日以上の場合(20%増し)

注 2) 連続版で主鉄筋が車両進行方向に直角の場合 (L ; 床版支間長 (m))

注 3) do ; 道示で与えられる1等橋に対する最少全厚

k₁, k₂ ; 形式、大型車交通量、付加曲げモーメント等による割増し係数