

第4章 支承取替えの施工事例と問題点

4.1 はじめに

支承は、橋梁の上下部構造の接点に位置する重要な部材でありながら、従来から付属物として取り扱われ、端支点では、路面からの漏水やじん埃等の堆積しやすい過酷な環境に設置されている。そのため、古くから腐食などの劣化や損傷事例が多く報告されている。また、震災のたびに支承の損傷が顕在化し、その都度、種々の改良が加えられてきた。なかでも、平成7年の兵庫県南部地震以降は、鋼製支承から積層ゴム支承へと構造や設計法が大きく変化した。

ゴム支承は、地震時の特性が注目され、震災復旧時にゴム支承を使用する事例をはじめ、ゴム支承へ取替えられる支承が急増した。しかし、ゴム支承が普及するによって、支点反力による沈下や活荷重による振動など、常時における問題が指摘されるケースも出てきた。一方、従来の劣化・損傷を原因とする取替えにおいても、支承本体の構造には問題がなく、伸縮装置や沓座モルタルなど支承周辺の部材や、維持管理方法に問題がある場合も見受けられている。

本章では、橋梁部材の中でも比較的取替え事例の多い支承の取替えに着目し、その事例を収集して、取替え施工の実態を調査した。また、それらの調査結果をもとに、取替え施工の基本的な事項、施工時の工夫点や特殊事例を紹介した。さらに、取替えが困難な構造や取替えの計画段階での留意点をまとめた。

4.2 支承取替え事例の収集

4.2.1 事例収集方法

取替え事例は、公表文献等から収集することとし、その収集範囲は、土木工学系の論文集や講演会論文集、橋梁メーカーの技報、および各機関の関連資料とした。収集は、第5章の支承の挙動調査事例とともに行い、参考資料3に示す文献を収集した。収集にあたっては、支承等のキーワードで文献を検索し、内容を確認しながら、支承取替えおよび挙動調査に関連するものを全111文献抽出した。そのうち、取替えに関連する事例は70文献であり、収集した文献の掲載年では古くは、1970年代のものもあるが、1990年代後半以降の文献が多くなっている。工事報告、補修検討、工法開発など内容も多岐にわたった文献を収集することができた。なお、公表されている文献の検索方法は、下記のとおりである。

(1) 土木学会のホームページより検索

(社)土木学会のホームページ中の目録・書誌検索を利用した。検索方法は、タイトル中に「支承」を含む論文を検索した。検索範囲は、和図書、和雑誌、土木学会論文集、土木学会委員会論文集、およびその他土木関連雑誌とした。なお、検索時期は2005年6月である。

(2) 日本橋梁建設協会のホームページより検索

(社)日本橋梁建設協会ホームページ中の会員各社発行技報のデータベースを利用した。検索方法は、論文名あるいはキーワード中に「支承」もしくは「沓」を含む論文を検索した。なお、検索時期は2005年6月である。

4.2.2 事例収集結果

前述の70文献について、取替え理由別に分類した一覧を表4.1に示す。表4.1には、取替え理由を考察するために、関連する取替え前後の支承形式、取替え段階での供用年数、文献の掲載年も

同時に示した。なお、取替え理由は以下に示す5種類に分類した。

耐震性向上を目的とした取替え	22文献
橋梁の機能向上（耐震性向上を除く）に伴う取替え	16文献
劣化・損傷（地震による損傷を除く）による取替え	22文献
支承の物性調査を目的とした取替え	2文献
取替え工法の紹介	8文献

収集文献では、耐震性向上と劣化・損傷による取替えの文献数が多い。次いで、機能向上に伴った取替えの文献数が多くなっている。数は少ないが、ゴム支承の供用後の物性調査を目的とした取替えの文献も見られる。ここで収集した文献は公表文献中に示されたものであるため、文献数を統計的に分析することはできないが、次の点が見て取れる。

耐震性向上を目的とした文献では、そのほとんどが鋼製支承からゴム支承（表4.1着色部）に取替えられている。この事例では、震災復旧工事のように、地震による損傷が原因のもの、損傷はないが、耐震補強を目的とするものに大別される。

機能向上に伴う取替えの文献においても、ゴム支承（表4.1着色部）に取替えられた文献が多い。この事例では、拡幅工事に伴う支承取替えの文献、活荷重増に対応した補強工事に伴う支承取替えの文献に大別される。

上記の二つとは反対に、劣化・損傷による取替えでは、支承板支承に取替えられている文献が目立つ。この事例では、劣化・損傷が原因であるが、特にローラー部に不具合を生じた文献、常時負反力を生じ支承が損傷した文献、下部構造の変状により支承が損傷した文献が多い。また、供用年数の古い文献や掲載年が古い文献（1995年以前）も多く見られる。

以上の傾向から、兵庫県南部地震（1995年1月）以前の支承取替えでは、劣化・損傷による支承取替えが主流であったのが、兵庫県南部地震以降は劣化・損傷にかかわらず、耐震性向上を目的とした支承取替えに変化し、拡幅工事や荷重の大型化対応工事の際にも積極的にゴム支承への取替えが実施されてきたと推定される。

表 4.1 取替え理由別の事例リスト

分類	収集文献No.	取替え理由	取替え前	取替え後	供用年数	掲載年	
耐震性の向上を目的とした取替え	地震による 損傷無し	2	地震時の支承の損傷が懸念されたため	RO	ゴム支承	31	2003
		4	橋直方向の地震時の水平反力を低減するため	PV	ゴム支承	不明	2001
		57	耐震性向上	不明	免震	29	1998
		71	耐震性向上	BP	不明	不明	2003
		93	地震時に部材、支承が許容値超過のため	PN, RO	免制震	不明	2004
		94	耐震性向上	不明	不明	不明	2004
		95	耐震性向上、落橋防止システム追加	PN, RO	免震	30	2004
		96	大規模地震対策	RO	ゴム支承	不明	2003
		46	耐震性向上	金属支承	ゴム支承	38	2001
		47	耐震性向上	不明	ゴム支承	不明	2002
	48	耐震性向上	不明	ゴム支承	38	2003	
	地震による 損傷有り	15	耐震性向上	金属支承	ゴム支承	不明	1996
		16	耐震性向上、および移動遊間がなくなったため	BP・A	—	10	2002
		52	耐震性向上（地震による損傷有り）	—	—	不明	1996
		53	耐震性向上	BP	免震、分散	不明	1997
		54	耐震性向上（地震による損傷有り）	BP・A	HDR, BP・B	不明	1997
		55	耐震性向上	BP・A	LRB	不明	1997
		56	耐震性向上（地震による損傷有り）	BP	免震、分散	26	1997
		59	耐震性向上	不明	LRB, ゴム支	不明	1997
	61	橋梁改築、耐震性向上（地震による損傷有り）	不明	LRB	不明	1998	
69	耐震性向上	タイプA	ゴム支承	不明	2002		
(支承挙動の記述が主)	9	耐震性向上	金属支承	ゴム支承	不明	2002	
機能向上に伴う取替え	拡幅工事に 伴う取替え	14	拡幅工事	PN	免震	30	2001
		65	交通量増加の拡幅	金属支承	金属支承	不明	1999
		97	車線拡幅工事、地震対策	BP・A	ゴム支承	不明	2000
		105	改良拡幅	LB	分散	不明	1992
	荷重増に 伴う取替え	60	腐食、交通荷重増による機能低下	BP・A	不明	25	1998
		86	損傷、機能低下、死荷重・活荷重増のため	BP	ゴム支承	20	1996
		50	死荷重増への対応	LB	LB	17	1989
		43	機能回復、交通荷重増への対応	BP	ゴム支承	不明	1997
		45	B活荷重対応	不明	不明	不明	1999
	桁連続化に 伴う取替え	44	桁連続化、路肩拡幅、桁補強	LB	HDR	32	1996
		79	桁連続化	PN, RO	LRB	不明	1992
		80	桁連続化	金属支承	HDR	不明	1999
		81	桁連続化	不明	ゴム支承	不明	2000
		82	桁連続化、桁補強	金属支承	ゴム支承	不明	2000
83	桁連続化、耐震補強	LB, BP・A	分散, ゴム支承	30	1999		
84	桁連続化	BP・A	HDR	不明	2003		
劣化・損傷による取替え	ピン支承, ローラー支承の損傷	1	上部構造亀裂、ローラー部錆で機能不全のため	PN, RO	ゴム支承	32	2000
		67	ローラー部の割れ	RO	BP	26	2001
		70	老朽化によりローラーが逸脱	RO	分散	65	2001
		98	移動量誤差、錆、摩耗	BP, RO	BP, RO	不明	1990
		99	損傷	PN, RO	RO	不明	1990
	負反力支承の損傷	68	負反力支承の損傷	BP	BP	16, 18	2001
		103	負反力支承の損傷	金属支承	不明	不明	1978
		49	下部構造移動に伴う損傷、可動機能の回復	RO	RO	43	1975
	下部構造の変状 により損傷	58	下部構造沈下のため損傷	BP	不明	15	1998
		101	下部構造移動による損傷	RO	RO	不明	1981
		その他の 劣化・損傷	7	支承としての機能が著しく低下したため	BP・A	BP・B	30
	13		老朽化による損傷が著しいため	金属支承	ゴム支承	68	1995
	42		損傷と機能低下による	BP	BP・A	30	1995
	64		老朽化、耐震性向上	金属支承	ゴム支承	不明	1998
	100		補修対策	不明	不明	不明	1983
	102		補修対策	金属支承	BP	不明	1979
	104		上沓の傾き、錆	LB	BP	不明	1973
(支承挙動の 記述が主)	5	機能低下、上部構造に亀裂が生じたため	BP・A	ゴム支承	不明	1995	
	8	機能低下	BP・A	ゴム支承	不明	1997	
	11	機能低下	BP	BP	22	1993	
	12	機能低下	BP・A	BP・B	30	1997	
	17	支承の経年劣化に伴う損傷（機能低下）	BP・A	BP・B	不明	1996	
調査目的	87	ゴム支承の物性調査	HDR	HDR	10	2003	
	18	約10年経過した支承の性能変化を調査するため	—	免震	10	2003	
取替え工法	51	(取替え工法の紹介)	—	—	不明	1996	
	62	(沓座はつり工法の紹介)	—	—	—	1998	
	63	(沓座はつり工法の紹介)	—	—	—	1999	
	66	(狭あい部での取替え工事報告)	ゴム支承	ゴム支承	不明	2000	
	85	(ゴム支承のせん断変形の解放)	HDR	解放のみ	3	1996	
	3	(くさび型ジャッキの製品開発)	—	—	不明	1989	
	6	(仮受け部の検討)	—	—	不明	2000	
	10	(支承取替における仮受け)	不明	免震	不明	1997	

- ※1 金属支承、ゴム支承：金属かゴムの判別はできるが支承形式の記述がない場合。
 ※2 BP, BP・A, BP・B：支承板支承、高力黄銅支承板支承、密閉ゴム支承板支承
 ※3 LB, PN, RO, PV：線支承、ピン支承、ローラ支承、ピボット支承
 ※4 分散、免震：地震時水平力分散支承、免震支承
 ※5 HDR, LRB：高減衰ゴム支承、鉛プラグ入りゴム支承
 ※6 「取替え後」の形式が網掛け着色されている事例は、ゴム支承に取替えられた事例。
 ※7 「掲載年」が網掛け着色されている事例は、1995年以前に掲載された事例。

4.3 支取替え施工の基本事項

4.3.1 取替え施工一般

供用中の橋梁の補修工事は、その架橋されている路線の状況にもよるが、交通規制を最小限にするように実施されることが一般的である。特に、支取替え施工は、橋面下での工事であるため、交通規制を行わないで実施する場合が多い。また、支取替えは、上部構造と下部構造の接点に位置しており、様々な制約のある部位である。したがって、支取替えにあたっては、次の点について十分に認識する必要がある。

- ・作業場所は上部構造と下部構造との接点であるので、狭あいかつ高所な作業環境である。
- ・作業内容が多岐にわたる。上下部構造の補強、ジャッキアップおよびダウン、沓座コンクリートのはつりおよび打設等がある。
- ・交通供用下での作業となることが多いため、ジャッキアップ時の路面段差や作業安全性の確保が極めて重要である。

4.3.2 取替え時の留意点

本項目では、取替え施工方法の基本的な事項について紹介する。施工時の留意点については、各項目で紹介するが、計画・設計段階における留意点を以下に示す。

(1) 計画時

- ・設計荷重に変更はないか (TT43, TL20→B活荷重)、架設時荷重は「鋼構造架設設計指針 (土木学会)」等に準じ、考慮されているか確認する。
- ・鋼製支取替えとゴム支取替えでは、構造特性が異なるので、それぞれの特性を踏まえて、取替え前の支取替えの機能を損なうことがないように、取替え後の支取替えを選定する。
- ・支取替えの製作工程を考慮して、現場工事の工程を計画する。
- ・施工場所が河川、道路および鉄道上の場合は、関係者と協議が必要となる。
- ・工事による騒音・振動問題が生じる恐れがあるときは、地域住民に事前説明が必要となる。

(2) 支取替えの設計時

- ・取替え支取替えの高さは、既設支取替え高以下となっているか確認し、取替え後に、下部構造の天端に食い込まないようにする。
- ・ゴム支取替えに変更すると、鋼製支取替えに比べて面積が大きくなるので、上部構造の支点部から支取替えが大きく飛び出すことがないように、また、飛び出しがある場合は、支点反力の伝達が十分な構造になっているか確認する。
- ・負反力に対する配慮は問題ないか、固定支取替えを仮受けする場合には、橋軸方向水平力に抵抗可能な部材が設置されているか確認し、仮受け時に支持機能を損なわないようにする。
- ・既設アンカーボルトの健全度を確認し、再利用できるものは可能な限り再利用しているか。また、その場合の構造は適切か確認する。

(3) 上部構造の設計時

- ・支取替え取替え時には、ソールプレートの取替えやセットボルト孔の変更など、上部構造支点部の変更を伴うことも多いため、他の部材との干渉や施工スペースについて確認する。
- ・ジャッキアップ位置の補強が行えるか、補強材を取付けるための施工スペースは確保できるかを確認する。
- ・箱桁の場合、補強部材を箱桁内に搬入できるか確認する。

(4) 下部構造の設計時

- ・ 支承縁端距離の確保は問題ないか、仮受け位置を支承前面とする場合に、下部コンクリートの角欠けを照査しているか確認する。
- ・ ジャッキアップ位置とはつり範囲が干渉していないか確認する。
- ・ アンカー削孔位置の延長線上に鉄筋などの支障物がないか、アンカー削孔径は、下部構造の鉄筋純間隔以下か、アンカー削孔機械の設置スペースは確保できるか確認する。
- ・ 支承をタイプAからタイプBに性能アップする場合は、沓座の照査を行っているか確認する。

(5) 周辺構造物との関連

- ・ 仮受け時および取替え後の支承と落橋防止システムとが干渉していないか確認する。
- ・ 補強材と既設部材あるいは添架物との取り合いは適切か確認する。

4.3.3 施工手順

支承取替えの標準的な施工手順を図4.1に、施工状況例を写真4.1および写真4.2に示し、各作業の概要を述べる。

(1) 補強工

補強部材は主桁や横桁のウェブに補強リブを取付けることが多い。補強リブは、高力ボルト接合または溶接接合にて取付ける。

(2) 仮受け工

油圧ジャッキを用いて、上部構造をジャッキアップし、仮受け材に盛替えて取替え作業を行う。

(3) 支承撤去工

沓座モルタルをはつり取り、アンカーボルトを切断し、既設支承を撤去する。

(4) アンカーボルト工

アンカーボルトを新設あるいは追加する際は、下部構造に削孔する。既設アンカーボルトを使用する際は、切断位置にボルトを継いで使用する。

(5) 支承設置工

取替え支承を設置し、沓座モルタルの配筋・型枠設置・モルタル打設を行い、上部構造をジャッキダウンする。

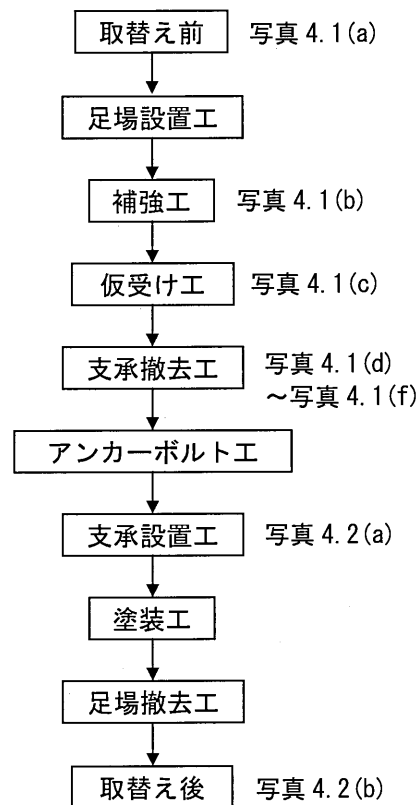


図 4.1 標準的な支承取替えの施工手順



(a) 取替え前



(b) 補強リブの設置



(c) ジャッキアップ



(d) 沓座モルタルはつり



(e) 支承撤去



(f) アンカーボルト切断

写真 4.1 施工状況例



(a) 配筋・型枠



(b) 取替え後

写真 4.2 施工状況例

4.3.4 補強工

支取替の際には、上部構造反力をゼロにするため、油圧ジャッキを用いて、上部構造をジャッキアップする必要がある。また、取替え作業時には、サンドルなどの仮受け材に盛り替えて、上部構造を支持する必要がある。このジャッキアップ位置や仮受け位置には、支取替と同様以上の反力が作用するため一般的には補強が必要となる。ジャッキアップ位置（仮受け位置）は、支取替位置に近い主桁や横桁とするが、補強量が最小限となるように、また、取替え作業が安全に行えるように選定する。そのジャッキアップ位置を確保できない場合は、ブラケットや横桁を追加することもある。以下に、基本的な補強方法を示す。

(1) 主桁支持工法（図4.2参照）

横桁が対傾構形式で、主桁下側や支取替から下部構造縁端までの間にジャッキ作業スペースを確保できる場合には、主桁の支点部付近で仮受けできるこの工法が望ましい。この場合は、ジャッキアップ位置と仮受け位置を同じ位置にする必要があるため、ロック機構付きのジャッキを使用する。この工法では、主桁ウェブに垂直補剛材を設置して補強するため、ブラケットや横桁などの仮設物を追加する必要がなく、工期も短くなる。

(2) 主桁付きブラケット工法（図4.3参照）

主桁下側にジャッキ作業スペースを確保できない状況でも、主桁の横方向に作業スペースを確保できる場合には、主桁にブラケットを設置する工法を用いる。主桁ウェブには、ブラケットを取付けるための垂直補剛材を取付ける場合もある。また、ブラケットでは、ジャッキアップ位置と仮受け位置の両方を設けることが可能な場合も多く、安定した施工が可能である。

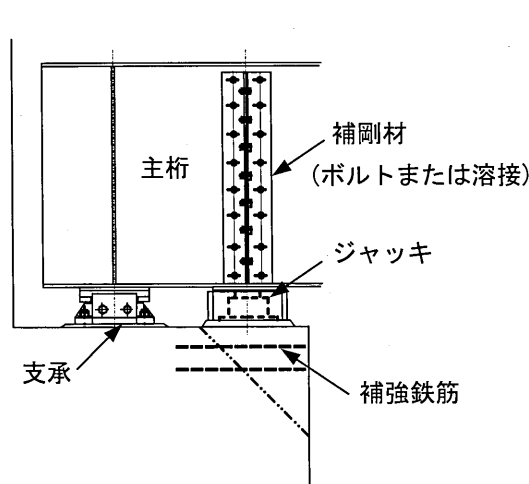


図4.2 主桁支持工法

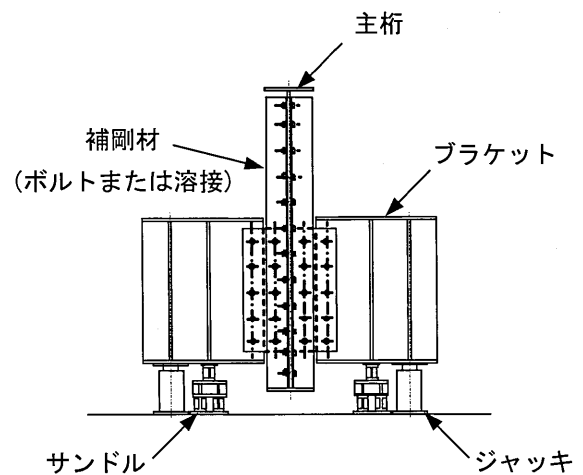


図4.3 主桁付きブラケット工法

(3) 横桁支持工法（図4.4参照）

主桁下側にはジャッキ作業スペースを確保できないが、フルウェブの横桁の場合には、横桁を補強して仮受けする工法を用いる。横桁は、既設の物を使用する場合と、既設を改造あるいは新設の横桁を利用する場合がある。作業性は、主桁付きブラケットと同様である。

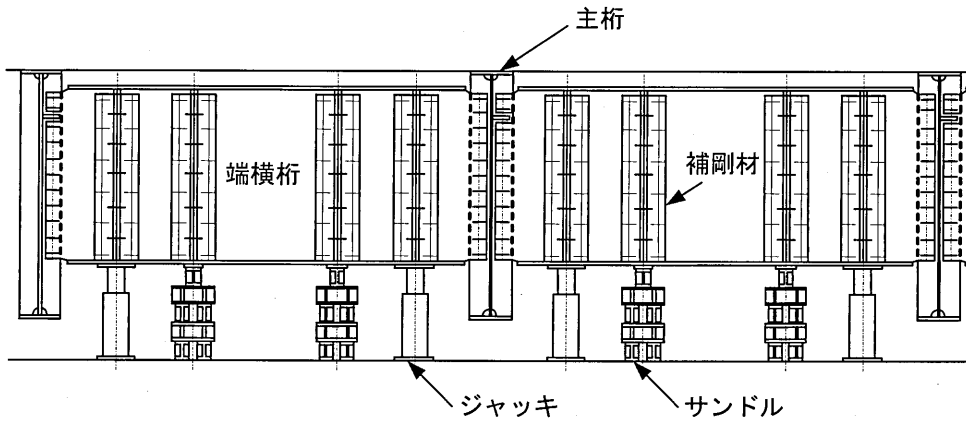


図 4.4 横桁支持工法

(4) 下部付きブラケット工法 (図 4.5 参照)

下部構造の天端に、ジャッキ設置スペースが確保できなくて、下部構造周辺にベントを設けられない場合は、下部構造にブラケットを設置して仮受け位置とする。ブラケットアンカーの施工に日数を要するため施工性は劣る。また、主桁支持工法と同様に、ロック機構付きのジャッキを使用する。

(5) ベント工法 (図 4.6 参照)

下部構造の天端に、ジャッキ設置スペースが確保できなくて、下部構造周辺にベントを設けられる場合は、ベントや架台を設置して仮受け位置とする。ベントの基礎には杭基礎、下部構造フーチング利用およびコンクリート基礎などがあるが、ベントの設置・解体の施工に日数を要するため施工性は劣る。

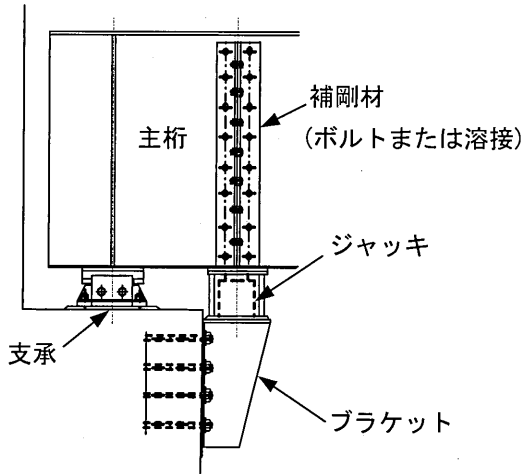


図 4.5 下部付きブラケット工法

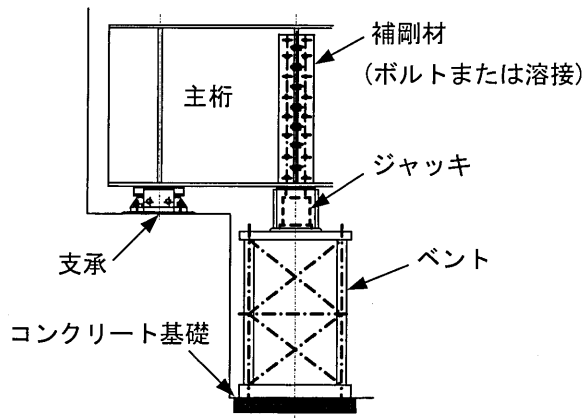


図 4.6 ベント工法

4.3.5 仮受け工

ジャッキアップは、支承取替え施工の中でも上部構造がもっとも不安定な状態である。そのため、作業手順などを十分に確認しながら慎重に行う必要がある。

(1) ジャッキアップおよび仮受け

ジャッキアップする場合は、上部構造の付加応力、床版のクラックを防止するために、同一支承線上の桁を、同時あるいはジャッキアップ量に差が生じないように均等にジャッキアップする必要がある。特に、多主桁をジャッキアップする場合は、作業手順をよく検討する。

ジャッキアップ後の取替え作業を行う際に、油漏れや自然減衰により油圧ジャッキが降下することがあるので、図4.7に示すように、仮受け部材に盛替えるかロック機構付きの油圧ジャッキを使用する必要がある。また、必要に応じて作業中の横方向へのずれを防止する処置やジャッキの転倒防止の処置をする必要もある。さらに、桁端部には、伸縮装置、排水装置、落橋防止システムおよび高欄等の橋梁付属物、公共添架物等が設置されており、橋台や隣接橋梁と接続している。そのため、ジャッキアップ作業時の影響を確認しておく必要がある。

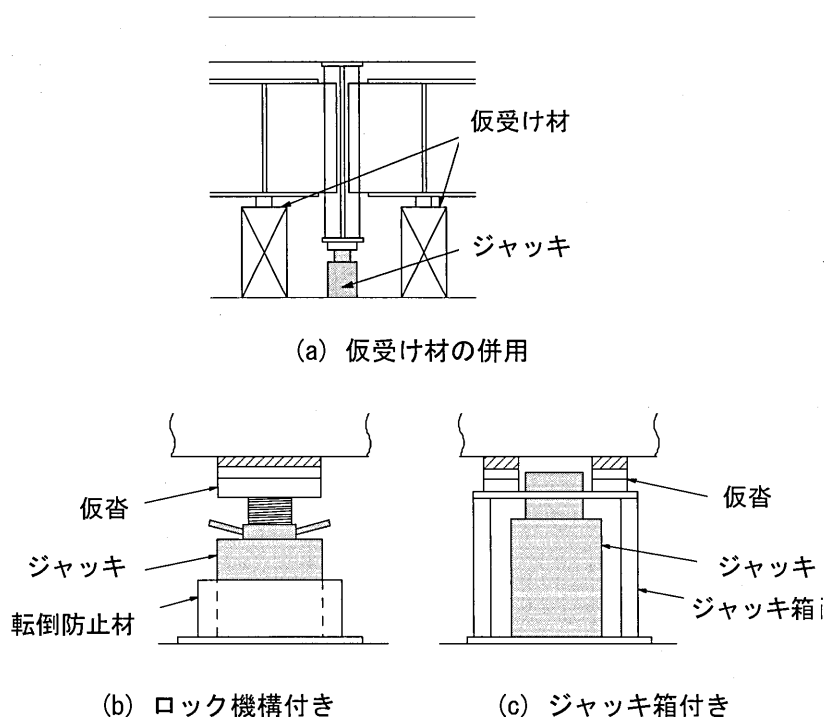


図4.7 仮受け方法の例

(2) ジャッキアップ量

ジャッキアップ量は、取替え作業に必要な最小限とする。供用中の橋梁では、路面段差等への影響を考慮し、ジャッキアップ量は2mm～5mm以下で行うことが望ましい。作業中は、路面段差等の管理には十分な注意を払い、必要に応じて、車線規制や速度制限を行う。多主桁の同一支承線では、均等にジャッキアップするが、1支承ずつ作業する場合は、床版や横桁等へ及ぼす影響を確認する必要がある。また、連続桁などの不静定構造では、橋軸方向の支点すべてを同時にジャッキアップすることは困難であるため、1支承線ずつの作業となる。この場合、ジャッキアップ量は、必要最小限にとどめるとともに、上部構造に生じる部材力・反力を確認する必要がある。

(3) ジャッキの選定

油圧ジャッキの選定にあたっては、作業スペースに見合った機械高・重量等を考慮し、容量・揚程には余裕のあるものを選定する。ジャッキ容量については、公称能力の80%程度で使用できるジャッキを選定するのが、一般的である。ジャッキの設置高さの低い場合に使用される低機械高のジャッキの構造例を図4.8に示す。低機械高のジャッキには、油圧ジャッキ、くさび形ジャッキおよびフラットジャッキ等がある。いずれも支取替えなどの補修工事向けに開発されたジャッキであり、ロック機構を内蔵したタイプも多い。くさび形ジャッキは油圧ジャッキも併用するが、油圧ジャッキ出力の数倍の揚力を得られる特徴がある。また、フラットジャッキは、中央にくぼみのある薄鋼板を溶接で貼り合わせた構造で、その厚さは50mm以下と極めて狭い空間に設置することができる。

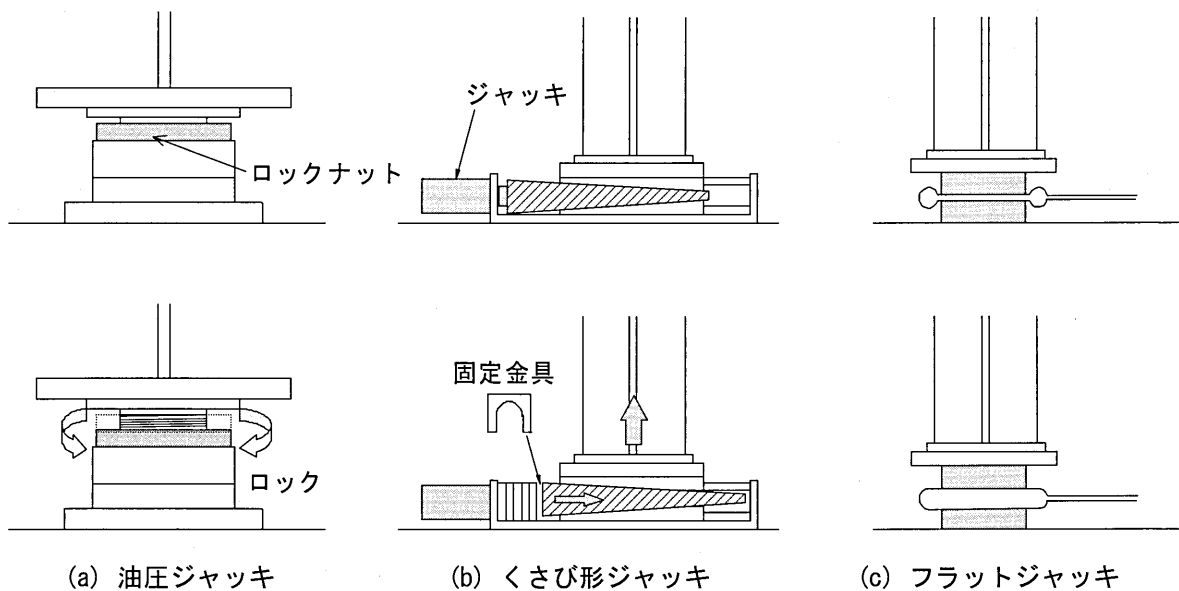


図4.8 低機械高ジャッキの構造例

油圧ジャッキを連動させて使用する場合は、各支点反力を一定に保持してジャッキアップすることができるが、実際の支点反力は、計算値に対してアンバランスな反力を生じることもある。この場合には、各支点のジャッキアップ量は、一定ではなくなり、均等なジャッキアップができなくなるため、油量を一定にするバルブを取付け、ジャッキアップ量の差を抑える対策が必要である。また、作業中は、各支点のジャッキアップ量を管理し、必要に応じて油圧計等を用いて荷重計測を行う。

4.3.6 支承撤去工

(1) はつり範囲

図4.9に、はつり範囲の標準的な例を示す。はつり範囲は、作業条件、取替え前後の支承の大きさを考慮して決定するのがよい。I桁等の場合には、支承の側面および前面の作業空間を使用できるが、箱桁等の場合は、前面の作業空間のみとなる場合が多い。はつり深さは、新設支承下面のモルタル充填性を考慮して、適切な空間を確保する。平面的な範囲は、沓座モルタルをすべて除去し、上沓せん断キー高さのかわし方や下沓リブの有無などを考慮した撤去・搬入方法に合

わせた範囲で最小限とする。

(2) はつり工法

はつり作業は、非常に狭あいな場所での作業であり、騒音・振動を伴う困難な作業である。工法は、ブレーカ等を使用した人力による手はつりが一般的に行われている。しかし、騒音・振動が問題となる場合は、ウォータージェットやワイヤーソーを用いた工法も用いられている。それぞれのはつり工法の比較例を、表4.2に示す。また、はつり作業の留意点を以下に示す。

- ・既設鉄筋を傷つけないようにする。
- ・はつり出した表面は、チップングし、浮きやクラックのある部分は取り除く。
- ・騒音や振動が発生するため、施工場所の状況に応じて、作業時間を選定する。
- ・作業場所の養生を行い、コンクリート片の飛散・落下を防止する。

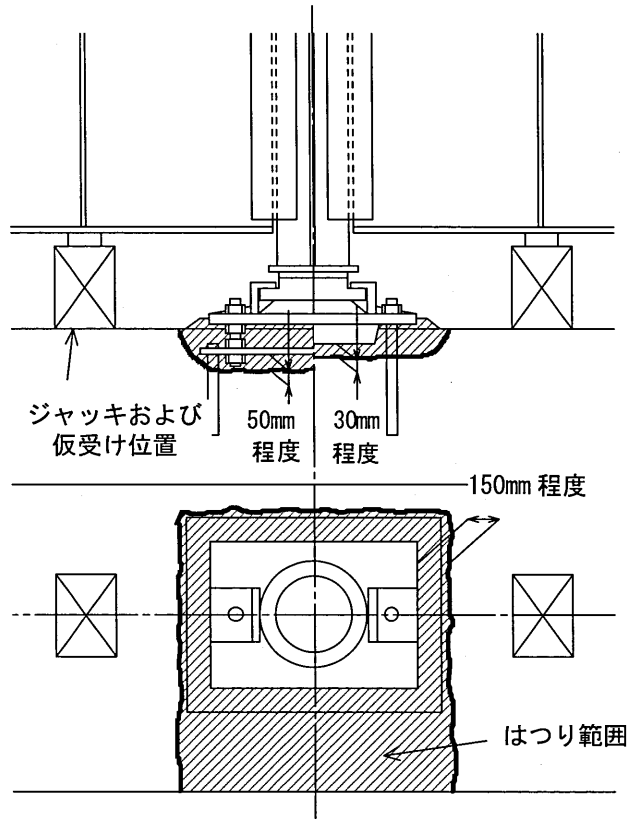


図 4.9 沓座はつり範囲の例

表 4.2 はつり工法の比較例

	ブレーカ	ウォータージェット	ワイヤーソー
工法概要	エアーブレーカ、ピック等のコンクリート破碎機を使用したはつり	水を高圧で噴射することにより、その衝撃力やくさび作用でコンクリートを破碎、除去する	ワイヤーソーを沓座部に巻き付けて、ワイヤー張力を調整しながらワイヤーを回転させコンクリートを切断してはつり取る
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・設備が他の工法に比べて簡便である ・施工者の専門的な技量を必要としない 	<ul style="list-style-type: none"> ・騒音、振動、粉塵の発生が少ない ・残存コンクリートにマイクロクラックを生じない ・鉄筋を傷めず、コンクリート端部で付着切れを起こしにくい ・表面が清浄に仕上がるので打継ぎコンクリートとの付着力が大きい ・ハンドガンや専用のフレームの使用により、狭あい部のはつりが容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・騒音、振動、粉塵の発生が少ない ・残存コンクリートにマイクロクラックを生じない ・作業条件により、一括撤去などが可能
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・騒音、振動、粉塵の発生が多い ・残存コンクリートにマイクロクラックを生じる場合がある ・鉄筋等を傷める場合がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備が比較的大がかりとなる(ポンプ、水処理装置など) ・使用水の回収、処理が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋やアンカーボルトも切断してしまう ・事前のガイド孔の施工が必要 ・切断水の回収が必要

(3) 撤去作業

アンカーボルトを切断して、支承を撤去する。アンカーボルトを再使用しない場合は、はつり出した表面付近で切断し、再使用する場合は、所定の位置で切断する。再使用する場合は、カッターによる切断が好ましいが、ガス切断した場合は、切断後に仕上げる。また、支承の搬出時は、上下沓一体で撤去することが多いが、箱桁などで作業空間が狭く、支承が大型の場合などは、上下沓を別個に搬出した方が作業性がよい場合もある。支承形式によっては、別個に搬出するとジャッキアップ量が大きくなる場合があるが、その反面、はつり範囲を小さくできる場合もあるので、効率的な作業手順を検討するのがよい。

4.3.7 アンカーボルト工

支承の撤去時にはアンカーボルトを切断するため、同じ支承に取替える場合であっても、ボルトの継ぎ足しが必要となる。取替え時のアンカーボルトの構造は、取替え前後の支承構造、主桁端部の構造および作業スペースによって最適な構造を決定する。以下に、代表的なアンカーボルト工法を示す。

(1) ベースプレート工法

鋼製支承からゴム支承に取替える場合などで、アンカーボルト位置が変更になり、アンカーボルトのサイズアップを図る必要がある場合には、新設のアンカーボルトを設置してベースプレートと溶接し、下沓をベースプレートに溶接する。図4.10に、既設と新設のアンカーボルトを併用した例を示す。

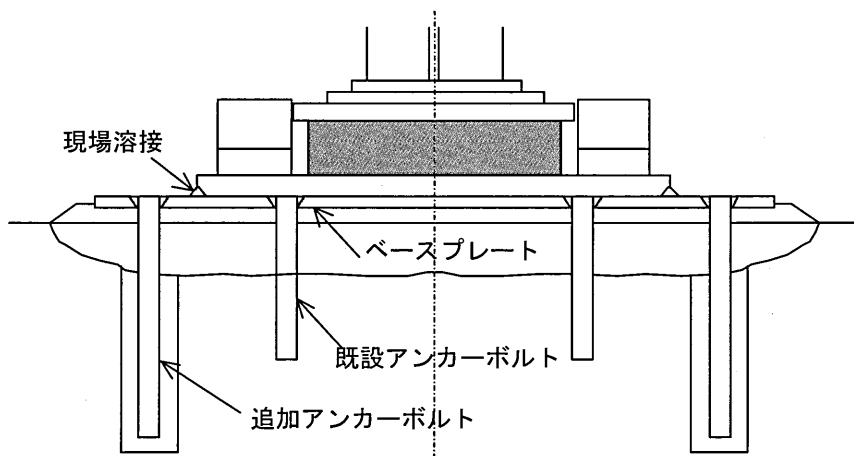


図 4.10 ベースプレート工法の例

(2) アンカープレート工法

鋼製支承からゴム支承に取替える場合など、アンカーボルト位置が変更になる場合には、既設アンカーボルトにアンカープレートを溶接し、アンカープレートに新設のアンカーボルトを設置する。図4.11に、下沓プレートと2段配置した例を示す。

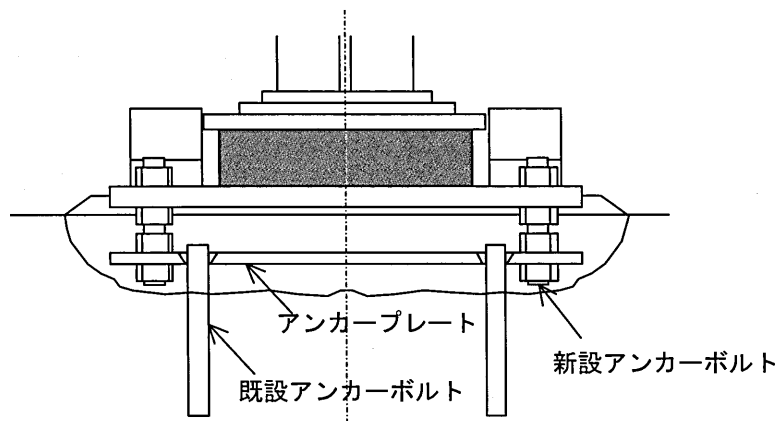


図 4.11 アンカープレート工法の例

(3) ボルト継ぎ足し工法

鋼製支承などで同じ構造の支承に取替える場合や、取替え前後でアンカーボルト位置が変わらない場合には、切断した既設ボルトにアンカーボルトを継ぎ足して使用する。図4.12に、スリーブを用いた、突き合わせ溶接による継ぎ足し工法の例を示す。

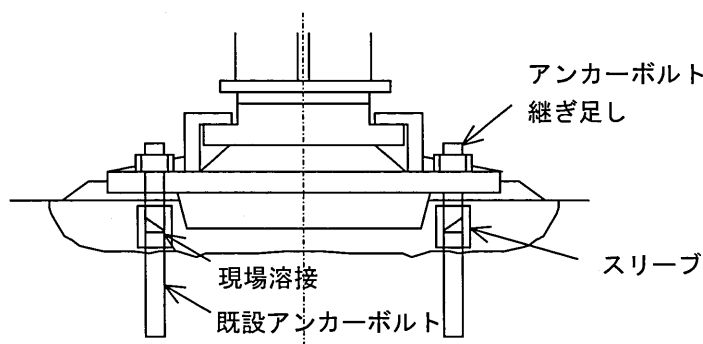


図 4.12 ボルト継ぎ足し工法の例

4.3.8 支承設置工

(1) 支承の設置

支承の高さ調整および遊間調整を行い、支承を設置する。新設支承にゴム支承を使用する場合は、死荷重反力によるゴム支承の鉛直変形量を把握し、変形量を見込んだ高さに設置する。また、高さ調整にライナー材（鋼製プレート、調整ボルト、モルタル製ライナー材等）を用いる場合があるが、鋼製プレートを不用意に使用すると、モルタル充填性を阻害したり、腐食して支承の沈下を生じたりするので注意する必要がある。

(2) 沓座モルタルの施工

沓座モルタル部の型枠を設置し内部の清掃・吸水を行ったあと、モルタルを打設する。アンカーボルトの孔内には、滞水している場合があるので、確認する。無収縮モルタルは、可使時間の短いものがあるので、打設量が多い場合や気温の高い場合などは打設作業が中断しないように、良く計画する。また、硬化前に沓座面や下部構造天端面に滞水しないように、排水勾配を付けるとよい。

(3) ジャッキダウン

ジャッキダウン作業は、ジャッキアップ時と同様に行う。無収縮モルタルが所定の強度に達したことを確認してから、ジャッキダウン作業を行う。ジャッキダウン完了後に、上沓のセットボルトを締付けて主桁と固定する。

4.4 支承の取替え事例

ここでは、取替え事例の文献収集を通じて得られた、取替え時の課題に対する解決策について紹介する。取替え時の課題は、①ジャッキアップ位置や仮受け点をどこに設け、上下部構造をどの程度補強すべきか、②仮受けによる構造的な不安定さ等の桁の挙動をどのように制御するか、③省力化・効率化したジャッキアップは可能か、④トラス橋のような大きな構造変更を伴う支承取替えの確実性、安全性をどのように保つかについて取り上げた。

ここで紹介する事例については、文献より引用した文章、図表などは本章の内容と区別するため枠で囲って示した。文章は要約して示し、図表については掲載の便宜上、トレースして書き直したものがある。さらに、図表の番号も本章内での通し番号にふり直して引用した。なお、各事例の見出しの右肩に付記した番号は、参考資料3に示した収集文献No.を表す。

4.4.1 補強方法の工夫事例

ジャッキアップ位置や仮受け点を設ける場合の上部構造の補強について、補強方法の工夫事例を紹介する。(1)は支圧面積不足による仮受け点の改良の事例であり、(2)は建設時の仮受け構造を補強した事例である。

箱桁の場合は、既存の支承位置が腹板位置や支点上のダイヤフラム位置となる場合があり、その位置に応じて、仮受け位置も異なる。仮受け位置によっては、箱桁内の補強が必要であり、また、箱桁は反力も大きいことから、補強規模も大きくなり、それぞれの橋梁構造に応じた工夫が必要になる。架設時の仮受け点を再利用した事例を紹介したが、支承取替えを考慮した維持管理向けの仮受け点を建設段階から設置できれば、支承取替えの施工性は大きく向上すると考えられる。

(1) 支圧面積不足による仮受け点の改良の事例⁵²⁾

本事例は、ジャッキアップおよび仮受けのために仮受け点の支圧面積が不足して、図4.13に示すように、下フランジにプレートを取付けて拡幅したものである。

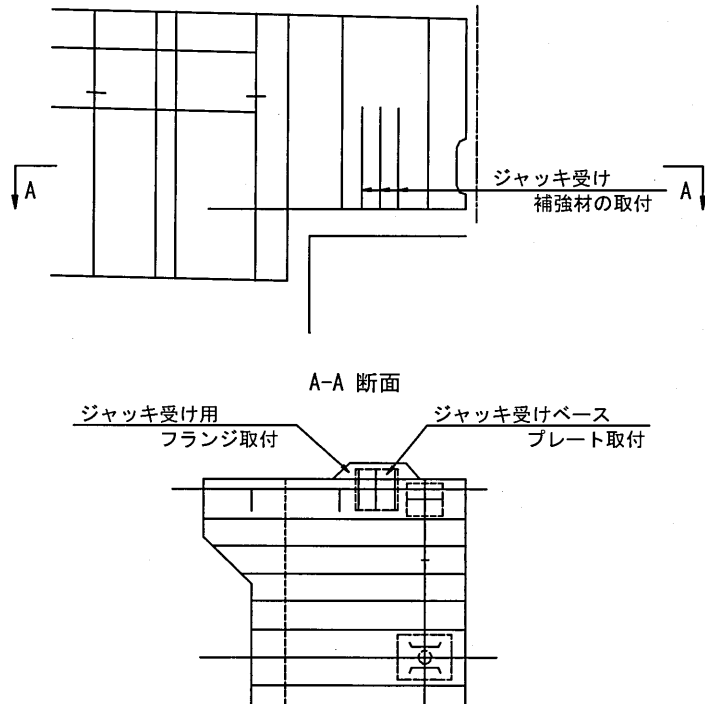


図 4.13 ジャッキ受け位置の補強 (トレースして転載)

(2) 建設時の仮受け構造を補強した事例¹⁶⁾

本事例は、建設時の仮受け点を再利用したものである。支取替時のジャッキアップは、図4.14に示すとおり、橋梁本体に既に施されている架設時の仮受け点を用いて行うこととした。しかし、取替時のジャッキアップは完成後の橋梁で実施するため、重量が架設時より大きいとともに主桁断面剛性も大きく、算出された各ジャッキアップ反力を用いて設計した結果、断面耐力が不足しているため、既設の仮受け点部材を山形鋼で補強して使用することとしたものである。

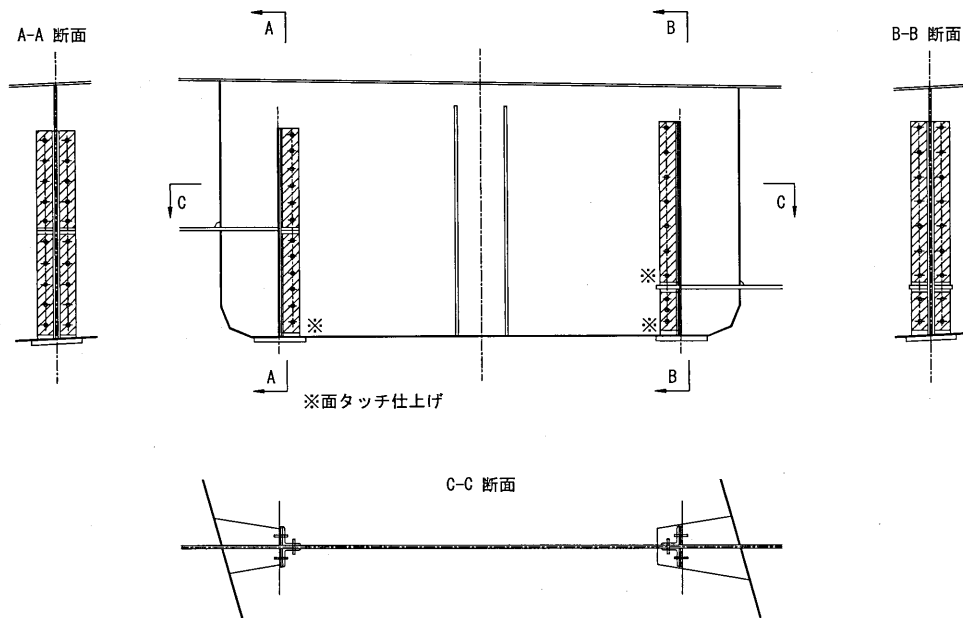


図 4.14 仮受け点の補強構造 (トレースして転載)

4.4.2 仮受け部材の工夫事例

ここでは、基本的な仮受け設備に比べて合理的な施工を行うため、また、設備の設置スペースの確保が困難な条件に対応するため、仮受け部材を工夫した事例を紹介する。

(1)のブラケット工法に代わる橋脚鞍懸工法については、仮受け部材である H 形鋼と下部構造との取付け (固定) 方法の記述がなく、仮受け構造の安定性について確認ができなかった。また、主桁かけ違い部で本工法を用いた場合、前後の支点反力に差があると、仮受け構造の安定性が悪くなるので、連続桁の支点部で採用することが適していると考えられ、仮受け時の安定性の確保について十分留意する必要がある。

(2)の遊間を利用した主桁支持工法については、桁遊間や桁端部のスペースについての記述がなく、ジャッキ設置についての検討過程を確認できなかったが、ベントを設置したり、下部付きブラケットを設置したりする場合と比較して、経済性に優れていると考えられる。また、(3)のゲルバー桁の主桁支持工法の場合は、R型当て金具の曲率半径が大きくなると、支持面積が小さくなり安定性に問題が発生する可能性がある。本工法を参考にする際は、経済性の他、施工性、安全性の面からも十分な検討が必要である。

(4)の特異な仮受け架台を利用した事例（その1）および（その2）は、基本的なブラケット工法やベント工法を適用できない場合の代替工法である。しかし、多額の仮設費用が見込まれるため、参考にする際は十分な比較検討が必要である。

(1) ブラケット工法に代わる橋脚鞍懸工法¹¹²⁾

この工法は、図4.15に示すとおり、橋脚上にH鋼梁を配置し、さらに、H鋼梁を吊り下げ、吊り下げたH鋼梁を反力受けとして、ジャッキを設置し、桁をジャッキアップするものである。この工法は、下部付きブラケット工法に代わる工法で、図4.15に示す特徴をもつ。

【特徴】

- ・橋台部分への使用は不可能。
- ・橋脚の場合でも配水管、電らん、化粧板等の付属設備によって設置に制限を受ける。また、主桁かけ違い部分への使用は難しい。
- ・アンカーボルトを設置する必要がなく、それに伴う削孔作業等が不要。
- ・橋脚コンクリート、鉄筋を傷つけることが無い。また、橋脚表面に跡を残さない。
- ・橋脚寸法、桁間隔の変化に対応出来るようそれぞれの梁を多孔、長孔にしておけば、半永久的に転用することが可能である。

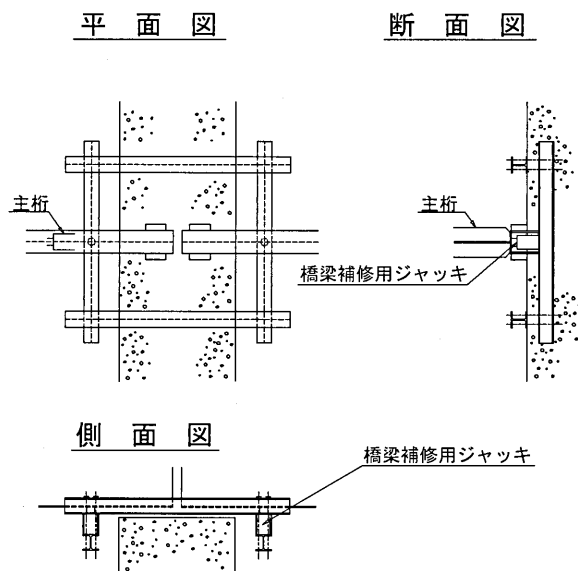


図 4.15 鞍懸工法の特徴と工法図（トレースして転載）

(2) 遊間を利用した主桁支持工法¹¹²⁾

本事例は鉄道橋における遊間を利用した主桁支持工法で、図4.16に示すとおり、桁遊間にジャッキを配置したものである。文献に、構造的な特徴の記述や寸法がほとんど記載されていないため、文献に掲載されていた図および写真を判読し、その特徴を紹介する。図4.16に示すとおり、本事例は遊間が比較的広く、ジャッキや反力受けブラケットを設置するスペースを確保すること

ができる構造になっている。支承の取替えを終列車後の夜間作業で行うこととした旨の記述があったことから、支承取替工事の主な反力は死荷重のみと考えられ、このことにより、ジャッキは小型のものを採用できたと思われる。腹板に設けられた反力受けブラケットは、反力が小さいことで小規模な構造となり、施工性・経済性が向上したものと考えられる。支承は、支承本体にタップボルト加工を行い、支承にアイボルトを取付けて吊り上げている。

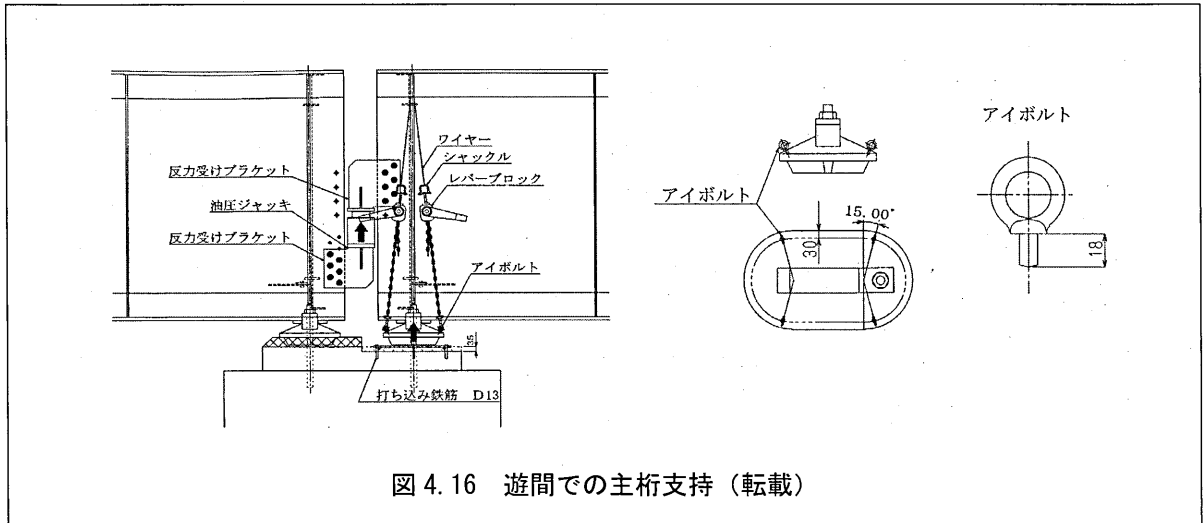


図 4.16 遊間での主桁支持（転載）

(3) ゲルバー桁の主桁支持工法¹¹³⁾

本事例は、ゲルバー式鋼鉄桁橋のゲルバーかけ違い部において、伸縮装置からの漏水により、支承が腐食し破損したため、支承の取替えを行ったものである。

図4.17に示すとおり、受け側（下側）の腹板端部に反力受けブラケットを取付け、その上部にジャッキ（トライアップ）を配置し、支持する桁の桁端切欠き部のコーナー付近で仮受けする構造となっている。支持する桁および受け側の桁とも、当板により桁端切欠き部の補強が行われている。

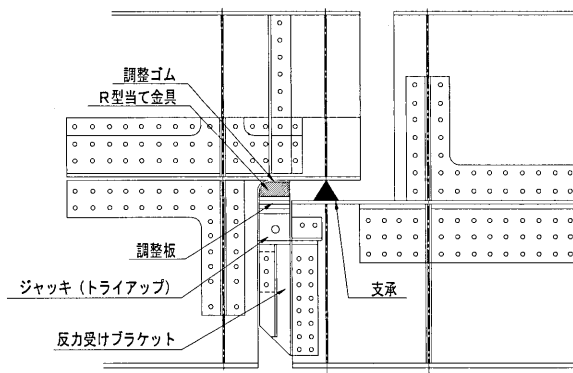


図 4.17 ゲルバー桁の主桁支持（トレースして転載）

(4) 特殊な仮受け架台を利用した事例 (その1) ⁶⁵⁾

本事例は、大反力支承で路下に制約が多いなどの条件下における支承取替えに対して考えられた、特殊な仮受け架台を利用した架設工法である。

反力 1,300 ton から 1,780ton への大反力の支承取替えであるため、「直受工法」はスペース不足、「ブラケット工法」は RC 巻立て耐震補強済みで新旧の鉄筋が密に配筋されアンカー削孔が困難、「ベント工法」は仮設備規模が大規模となり路下への影響が大きいため、新たに「ノンアンカーブラケット工法 (樽締め工法)」を開発したものである。

「ノンアンカーブラケット工法 (樽締め工法)」は、既設コンクリートに削孔し、アンカー定着して拡幅ブラケットを固定する従来のブラケット工法に対して、アンカー定着を用いず、拡幅ブラケットを樽型形状にし、その外周を PC 鋼材で緊張締め付けを行い、橋脚との摩擦抵抗力のみで固定する工法である。

構造は、図 4.18~図 4.20 に示すように、橋脚天端付近に円弧形状のブラケットを設置し、外周に PC より線を密に配置し、定着コネクタを用いて、単円状に締め付けて樽締め架台と橋脚との間の摩擦抵抗力により、反力を支持するものである。PC 鋼線の配置は、試験施工の結果、施工性、腹圧力、経済性の比較から、図 4.21 の配置が採用された。

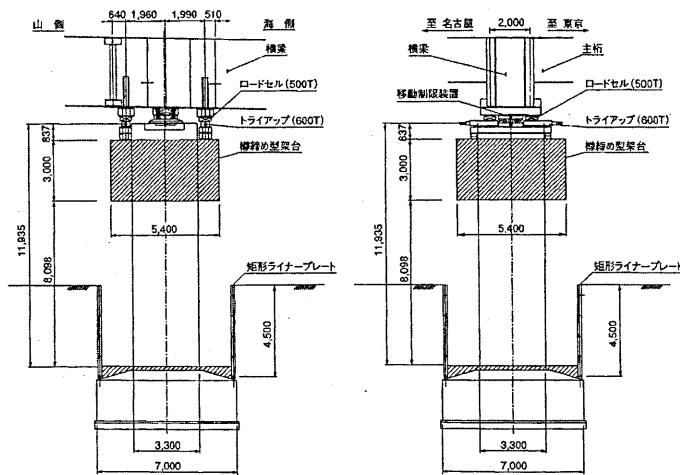


図 4.18 取り付け概要図 (転載)

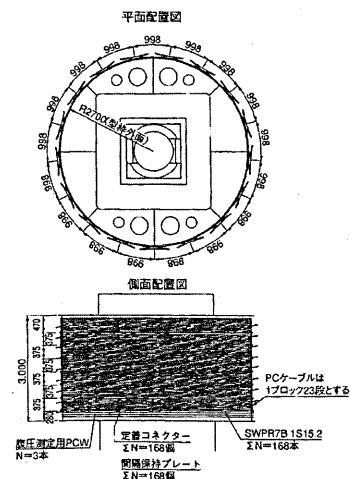


図 4.19 平面および側面図 (転載)

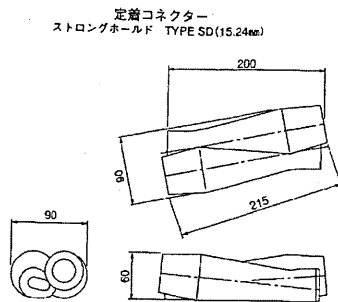


図 4.20 定着コネクタ (転載)

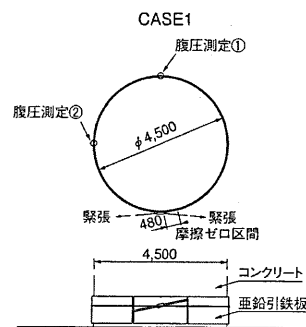


図 4.21 PC 鋼線の配置 (転載)

(5) 特殊な仮受け架台を利用した事例 (その2) ¹⁰⁾

本事例は、沓座に十分なスペースが無く、地上から作業足場を組むことが出来ない施工条件で、**図4.22**に示す架台が開発された。

この工法は、工場で製作した二つ割りのコンクリートブロックで、円柱形状の橋脚上部を挟み込み、無収縮モルタル充填・硬化後に、円弧上に配置したPC鋼線を緊張し橋脚とPC架台を一体化させる構造となっている。架台は摩擦力によって橋脚に支持されている。

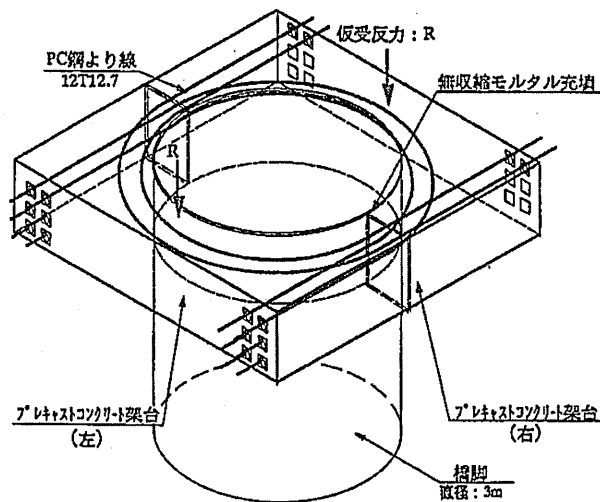


図 4.22 PC 架台概念図 (転載)

4.4.3 仮受け時の安定性確保の工夫事例

ここでは、ジャッキアップ時に拘束がなくなり桁が移動することを防止する事例、仮受け時の活荷重に対して安定を図るための工夫事例を紹介する。ジャッキアップ時の主桁の横移動に対応するためには、様々な検討を行う必要がある。これらの検討時の留意点は、次のようなものがある。

- ・ 施工時荷重の適切な設定 (活荷重, 施工時荷重等)
- ・ 主桁変位の把握と対策
- ・ 施工時の構造安定性の確保
- ・ 構造変化に伴う応力状態の適切な把握と耐荷力の照査
- ・ 付属物等の既設構造物との干渉状況
- ・ 補強部材の搬入の可否 (例: 箱桁のマンホールの位置, 大きさ等)

(1) ジャッキアップ時の横移動に対処した事例^{52), 16)}

曲線桁や縦断勾配の大きい橋梁のジャッキアップ時は、横移動拘束を行う必要があるため、橋軸方向に水平ジャッキ (図4.23)、橋軸直角方向に仮設ガイド材 (図4.24) を設置した事例が見られた。

図4.24の仮設ガイド材について、支承取替時に支承本体が持つ橋軸直角方向の移動防止機能が喪失した状態となるため、また、当該橋梁は2径間連続の曲線桁で、ジャッキアップにより横振れが懸念されたため、ガイド材を設け安全性の向上を図ったものである。

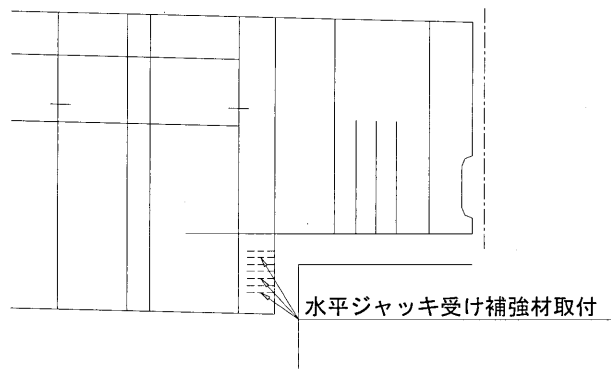


図 4.23 仮受け位置図 (トレースして転載)

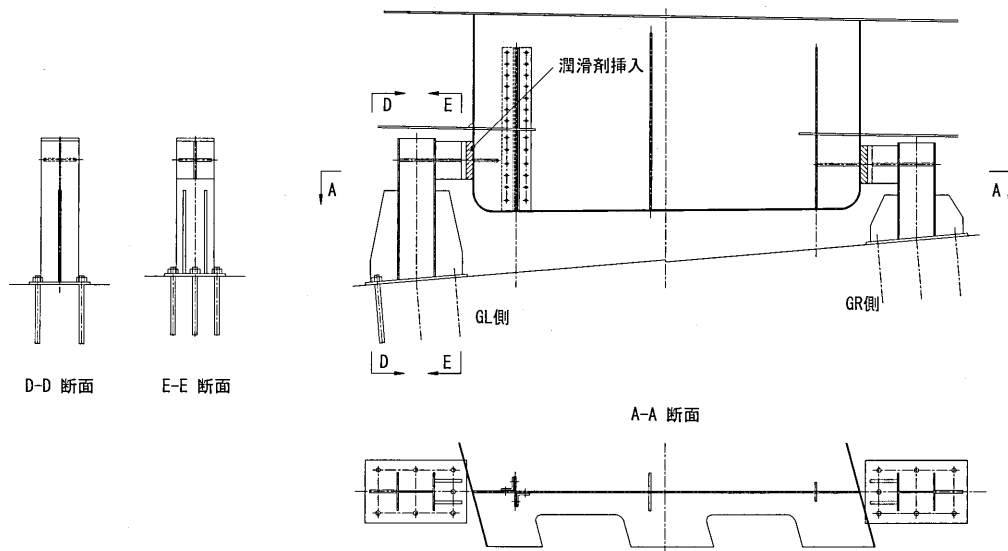


図4.24 仮設ガイド材の構造 (トレースして転載)

(2) 仮受け時の面外方向の安定に対処した事例⁴²⁾

新幹線の支承受替の事例である。新幹線では支承の交換を伴う支点部の補強工事は通常夜間の限られた時間内での施工が困難であることから、列車の徐行を行う中で実施されてきた。しかし、数多くの支承の交換工事が計画されている中で、多くの徐行状態を確保することが難しい状況であることを考えると、徐行を必要としない工法の確立が急務とされていた。そこで、図4.25に示す鋼箱桁橋の支承本体の交換に際して、列車の徐行を行わない状態（以下、無徐行施工法と呼ぶ）で昼間施工とする工法が検討・計画され、2支点の支承を交換した。

図4.25示す鋼箱桁橋は、1箱桁で、その支点部は、2支承で支持している。支承を交換するには、仮受け点を設けなければならないが、支点上ダイヤフラムは補剛リブを設けた充腹板である。そこで、仮受け点を箱桁中心に設置し、主桁腹板に反力を伝達する梁として支点上ダイヤフラムを補強した。また、仮受け時の面外方向の安定をはかることと、支点反力の盛り替えのためにブラケットを設置した。

補強部材に対する設計時の考え方は、無徐行施工法の確立を目的とした施工であることから、通常の列車走行時と同様に考え、夜間に支点反力の盛り替えを行う時の仮受ブラケットのみ架設時の割増し25%を考慮した。

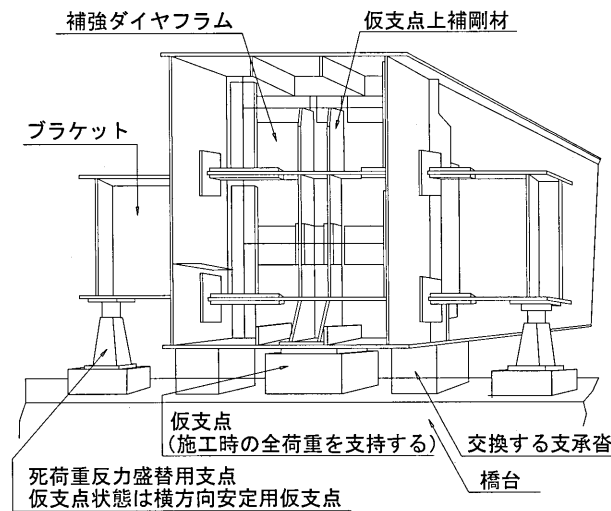


図 4.25 ジャッキ受けおよび控え材（トレースして転載）

4.4.4 仮受け工の省力化・効率化の事例

ここでは、耐震補強部材を仮受け部材として利用したり、仮受け部材を転用したりすることによって、支承受替施工の省力化・効率化を図った事例を紹介する。取替え施工の省力化・効率化を図るためには、仮受け部材を兼用したり、転用したりすることは大変有効である。兼用する場合には、それぞれの部材としての要求性能を満足するように、設計・施工を行う必要がある。また、転用する場合には、それぞれの設置位置での要求性能を満足する必要があるとともに、部材の設置・撤去が容易な構造（ピースの大きさ、連結構造の工夫等）とする必要がある。

(1) 縁端拡幅 Bracket とジャッキアップ用 Bracket の兼用事例¹¹⁴⁾

支取替のためのために、下部工の横梁にジャッキアップ用の Bracket を設けることとしたが、縁端拡幅 Bracket も必要となったことから、両方の機能を兼ねた Bracket を設置した事例である。

縁端拡幅専用 Bracket では、死荷重反力のみをもっとも条件の厳しい Bracket 先端に載荷した。ジャッキアップ用 Bracket では、車両荷重を受けた状態でのジャッキアップを考え、死荷重反力+活荷重反力をジャッキ位置となる Bracket 中心に載荷した。(図4.26)

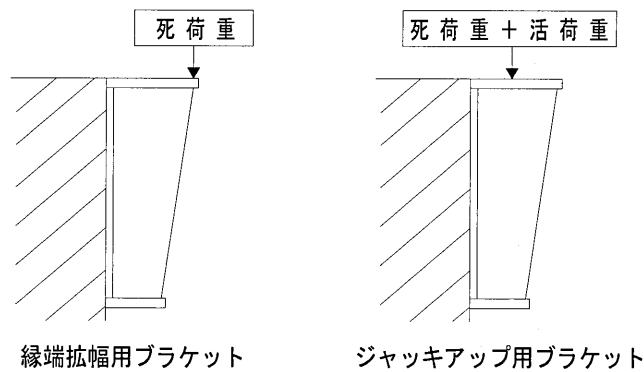


図4.26 下部付き Bracket (トレースして転載)

(2) 仮受け用 Bracket の転用事例⁶⁷⁾

仮受け用 Bracket の転用の事例である。図4.27に示すとおり、主桁にリブを設置し、そのリブに、HTBでジャッキアップ用 Bracket を、1主桁当たり8箇所設置した。この Bracket は、他の支点へ転用できる構造・設計とし、最小数の Bracket を製作して、工程ごとに Bracket を他の支点へ転用することで、工費縮減を図ったものである。

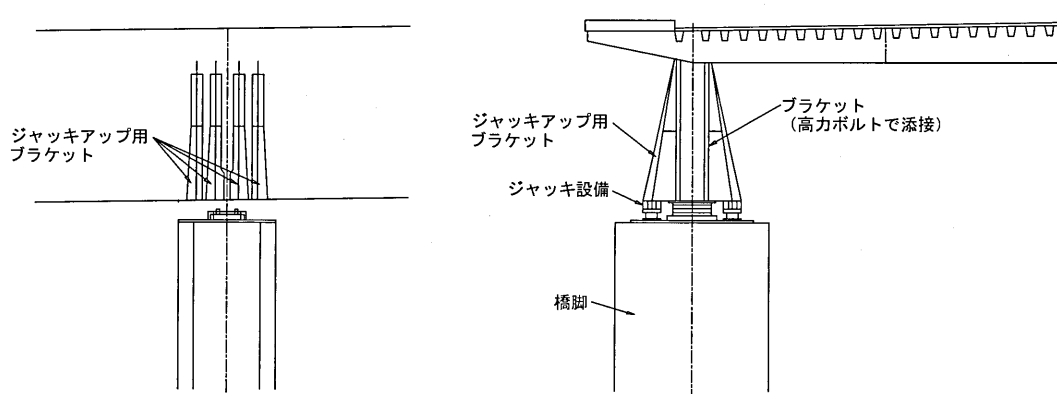
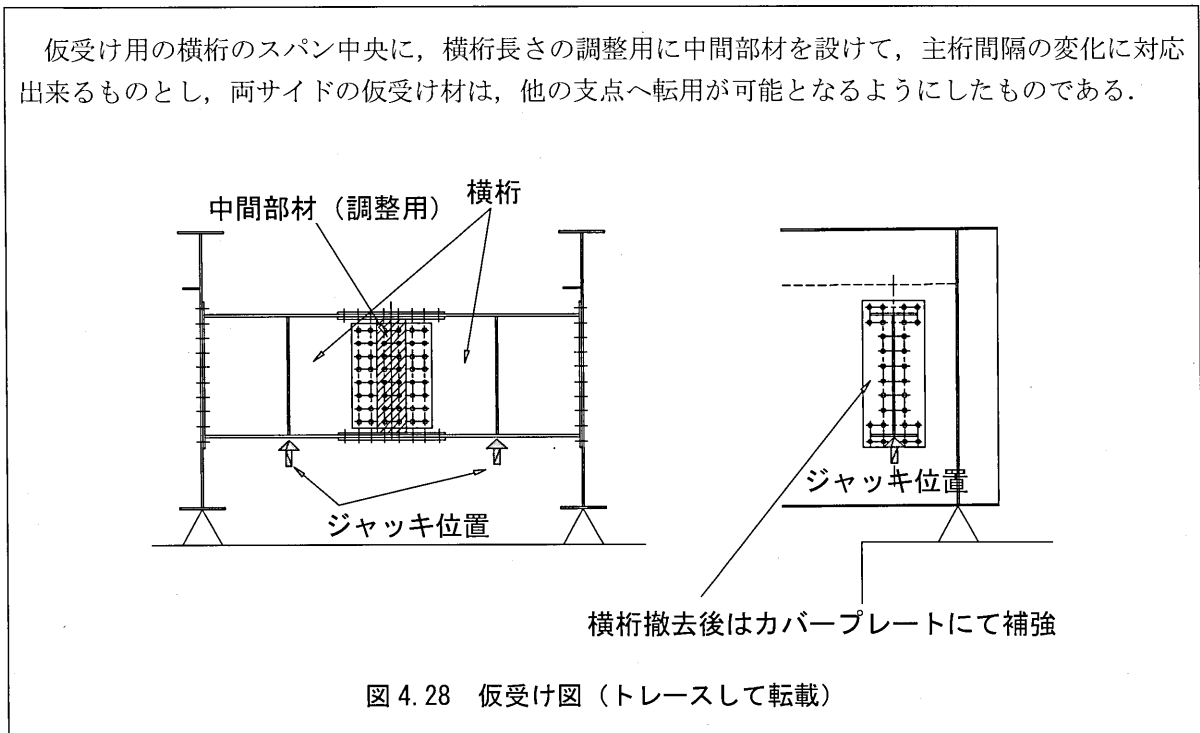


図4.27 仮受け図 (トレースして転載)

(3) 仮受け用の横桁の転用事例⁶⁹⁾



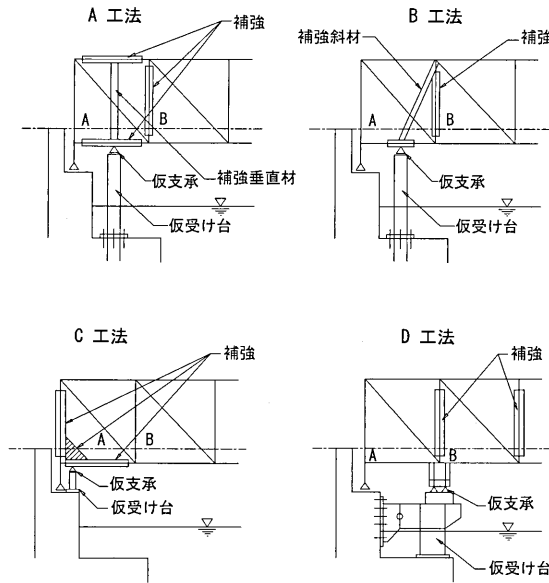
4.4.5 トラス橋の取替え事例

ここでは、構造変更を伴うトラス橋の支承取替えの事例を紹介する。トラス橋は、ジャッキアップ位置の補強が困難であり、部材の追加など大規模となる場合が多い。支承部やトラス部材に変状が生じている場合は、内部応力、材料の溶接性など十分な調査・検討を行う必要がある。特に、古い橋梁の場合は、設計計算書や図面が保存されていないものもあり、事前の調査が大変重要となる。また、ジャッキアップ位置の補強のために、部材を追加した場合は、取替え完了後に追加部材の影響により既設部材に当初設計で考慮していない応力が発生する可能性がある。このような場合は、取替え完了後に追加部材を撤去するか検討を行う必要がある。

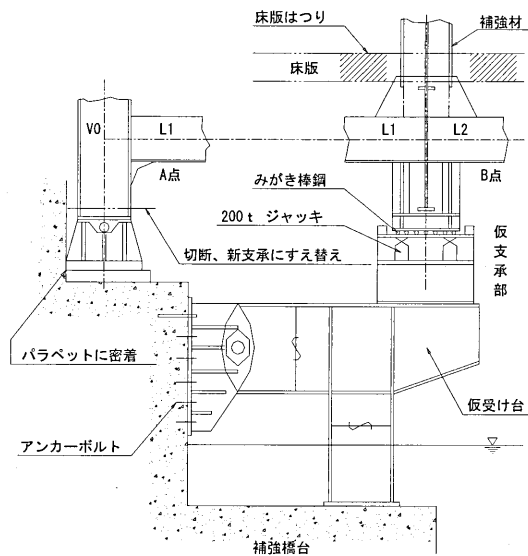
一方、支点部をコンクリートで巻立てたり、支点部の対傾構を補強したりすると、剛性が大きく変化し、ジャッキアップ時に、トラスのねじれを拘束し、横移動などの挙動を示す場合があるので、施工には、十分な注意が必要と考えられる。

(1) 中間格点での仮受けの事例⁴⁹⁾

支承付近に仮受け点を設けることができず、直近の格点部に、仮受け点を設けた事例である。図4.29に示すとおり、水中の仮受け台アンカー施工性の問題、弦材の曲げ応力の発生と補強溶接部に引張力が働くなどの理由から、現支承から離れた格点部での仮受けとなっている。ここでの特徴は、仮受け台を下部工の形状に合わせて設計・製作し、鉛直・水平方向の安定性を確保した他、水位に対しても対応可能な構造にした点にある。



(a) 工法比較検討



(b) 採用案 (D 案) の構造

図 4.29 仮受け台 (トレースして転載)

(2) 中間支点での仮受けの事例¹⁴⁾

図4.30に示すように、格点部に大きなガセットを設置し、現支承を挟むように仮受け点を設置した事例である。ガセットは、ワンサイドボルトを用いて設置している。格点・仮支点の補強設計にあたっては、斜材からの軸力の作用があるなど、応力状態が複雑になるので、FEM解析を実施している。この解析結果から、新設ガセットの応力状態を把握して設計を行っている。

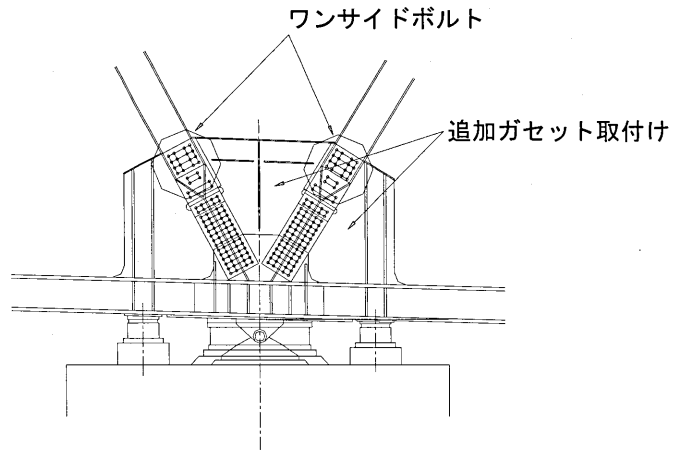


図 4.30 中間支点部仮受け図 (トレースして転載)

(3) 追加斜材を用いた仮受けの事例¹¹⁵⁾

地震で被災したトラス橋において、応急復旧では、支承を含む支点付近の補強が実施されていた。本復旧にあたり、橋台を拡幅し、反力伝達部材として、新たに斜材を追加した事例である。

図4.31に示すとおり、追加した斜材の下端に仮支点を設けて、支点部の架設部材を切断して、支承を含めて新設部材に取り換える方法が採用された。本工法は、本来の支点位置と仮支点の位置が大きく離れるため、部材取替と完成時の構造系が大きく変わり、支点反力や各部材の挙動に影響を与えることが懸念された。そこで、施工ステップを考慮した2段階の立体解析が行われた。各段階における支点反力の変化や桁端部の変位量を把握することで、安全を確認するとともに、現場施工時の管理に活用された。

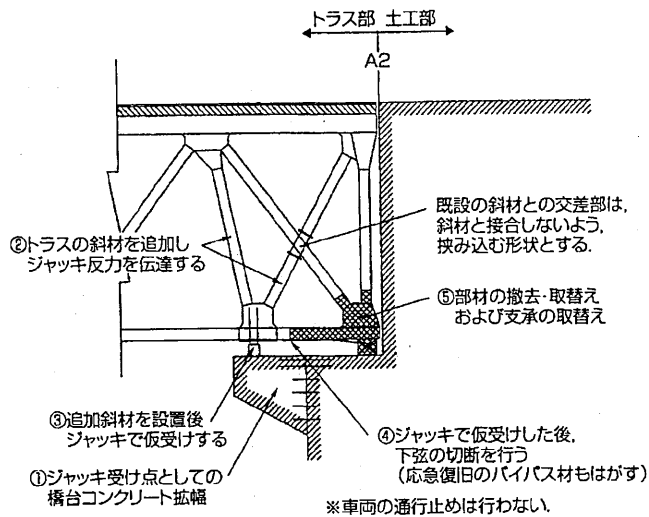


図 4.31 追加した斜材と仮支点 (転載)

(4) 追加控え材を用いた仮受けの事例¹¹⁶⁾

耐震補強工事を目的とした支点部のジャッキアップの事例である。図 4.32 に示すとおり、控え材を設置してジャッキ受けとしている。部材の取付けは、新規ガセットと既設部材とは、ワンサイドボルトで連結し、同ガセットと控え材とは、高力ボルトで連結している。

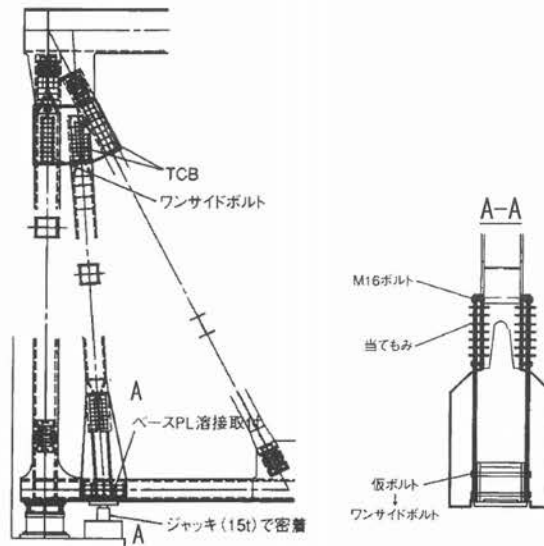


図 4.32 追加した控え材と仮支点 (転載)

(5) 支点部を無収縮モルタルで補強した事例⁷⁰⁾

本事例では、当初の計画では、既設床版撤去後、死荷重が軽減された状態で、支点上横桁と支点側下弦材第一格点をベント支持することにより、支取替えを行う予定であった。

しかし、ベント設置（下弦材第一格点）位置は河川内となり、かつ水深が5～6mあるためベント基礎の施工に大きな問題が生じ、ベント設置は不可能と判断した。そこで、A2橋台の縁端拡幅後、写真4.3に示すように、支承上部の隅角部に無収縮モルタルを注入し、弦材の座屈防止を図り、仮受け点を設け支取替えを行ったものである。



写真 4.3 無収縮モルタル注入状況 (転載)

(6) 大規模地震時に発生するアップリフト対策と支承取替え事例⁹⁵⁾

トラス橋のように、主構高が高い長大橋では、橋軸直角方向の大規模地震時(L2)に、支承部にアップリフト(引抜力)が発生することがある。本事例は、支承取替え工事のジャッキ設置部に、アップリフト対策で構築した巻立てコンクリート構造を活用した事例である。

アップリフト対策は、免震支承へ支承取替えと巻き立てコンクリートのカウンターウェイトにより対応している。また、コンクリートのカウンターウェイト構造を利用して、ジャッキの仮受部を設けている。

この構造は、図4.33(a),(c)に示すように、支点部に集中する反力を、巻立てコンクリートから橋軸方向の両側に設けた突起を介してジャッキ支点に伝達する構造で、巻立てコンクリートと鋼部材はスタッドジベルを介して反力が伝達される。図4.33(c)は架違い部の構造を示すものであるが、巻立てコンクリートからのジャッキ設置のための突起は片側のみとなるため、偏心ねじりを解消するために、頂部隙間にジャッキを設置し、下部にはPC鋼棒にてテンションを掛けてねじれを防止している。図4.33(b)は支点部の対傾構部の補強例を示すものである。

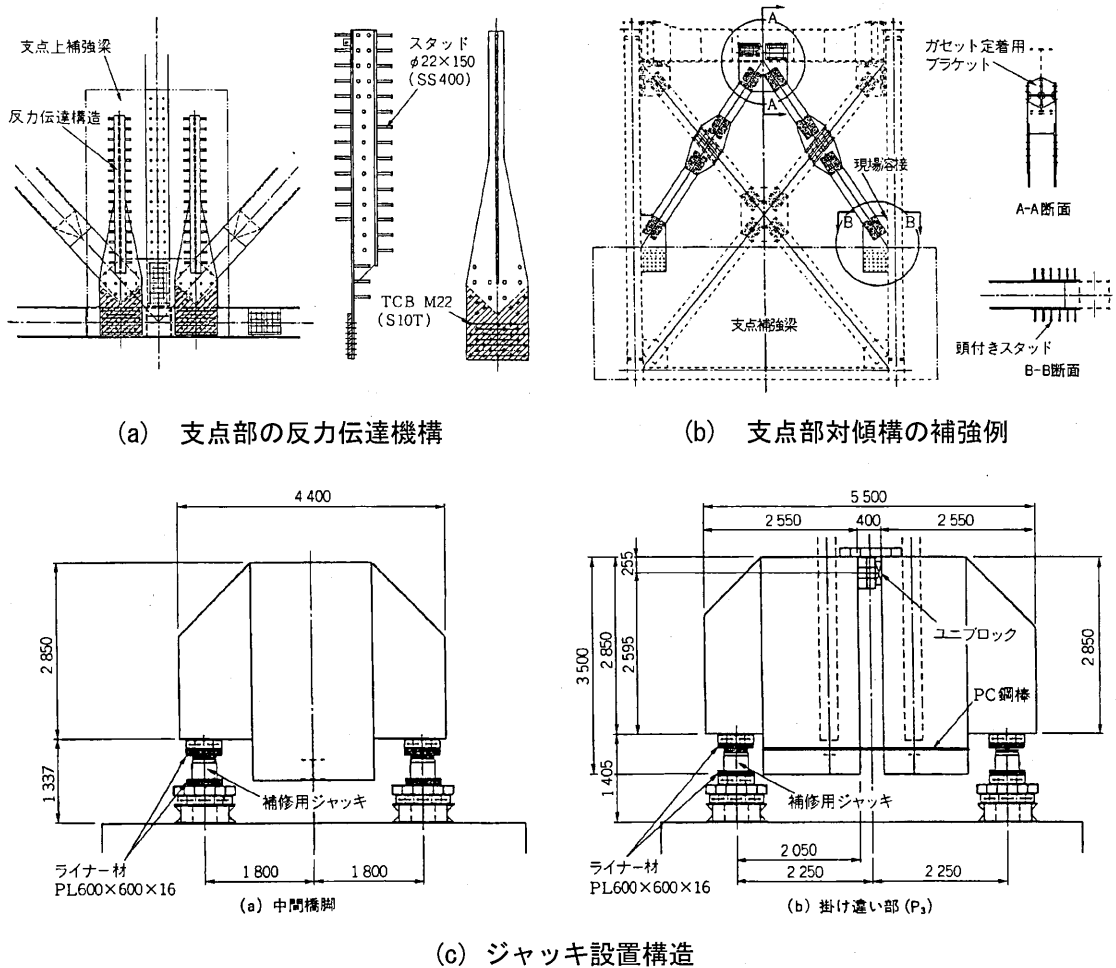
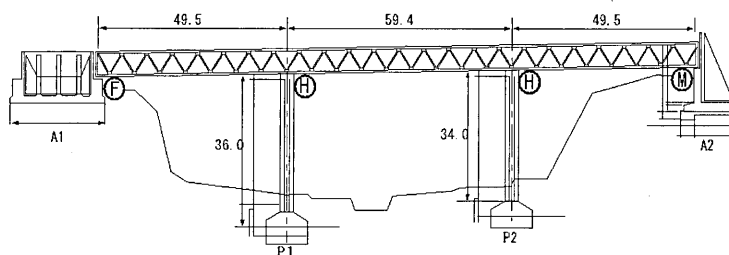


図 4.33 支点部補強構造およびジャッキ設置構造 (転載)

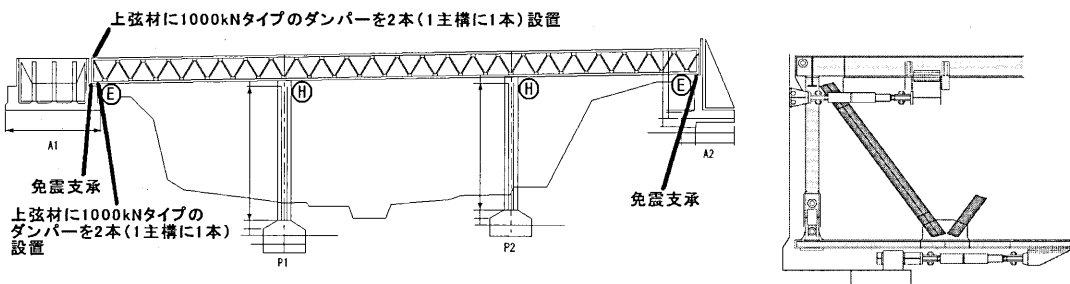
(7) フレキシブル橋脚を有する支承取替え事例¹⁷⁾

本事例は、図4.34に示すように、3径間連続鋼トラス橋の耐震性向上を目的とした支承改良事例である。この橋梁の特徴は、高い橋脚の軽減化を実現した橋梁形式であり、橋軸方向は橋台1基の固定支持で、橋脚は柱頂部と上部構造をヒンジ結合した構造系である。橋脚は、橋軸方向の剛性を小さくした変形しやすいI型断面で構成されており、橋軸方向の地震時には上部構造に支持された挙動を示す。このため、固定橋台には上部構造の全重量と橋脚重量の3/8を、橋軸方向の地震時に上部構造を介して負担することとなる。

このような特徴を有する橋梁の、大規模地震時の耐震性については、固定橋台側のトラス部材の大半が、圧縮あるいは引張力に対して降伏応力を超過することとなる。



改良前構造系



改良後構造系

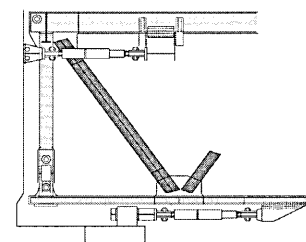


図 4.35 ダンパー設置状況図 (転載)

図 4.34 構造概要図 (転載)

この解決策として、1点に集中する既設構造系を変更し、固定橋台部を可動支承に変更することにより、上部構造には大きな断面力が発生しない構造系とすることができると判明したが、水平変位が増大し、橋台に衝突する事態が生じる。このため、水平変位を抑制する対策として、可動支承を減衰効果のある免震支承とし、さらにダンパー（制震装置）を設置することで対応した。改良後の構造系は、図4.34に示すとおりであり、3次元立体動的解析モデルでは、上部構造が橋台パラペット部に衝突することを考慮して、パラペット部に剛なバネを設定している。

固定橋台部に設置したダンパーは、図4.35に示すとおりであり、軟塑性体ダンパーを上下弦材に設置した。橋脚については、当初の構造に比べて地震時慣性力の負担が大きくなるものの、橋台部に免震支承を採用することにより、固有周期が長周期となるため、地震時の応答加速度（水平力）は小さくなり、橋軸方向については、直角方向で決定した耐震補強で満足する結果となっている。

4.4.6 大型免震支承の取替え事例⁸⁷⁾

免震支承の取替えは、現時点ではほとんど実施されていない状況にある。ここに紹介する事例は、約10年経過した免震支承の物性の経年変化を調査する目的で取替えた事例である。

本免震支承は、上部工がPC橋であったため、乾燥収縮・クリープがほぼ終了したしゅん工2年後に、せん断変形を開放する工事を行っている。

交換工事は、夜間全面交通止めで実施され、死荷重反力 10,000kN に対して 12 台の油圧ジャッキ (1,500kN) を橋脚周囲の仮設ベントに設置、主桁 7mm ジャッキアップで支承の交換を実施した。

交換時には、温度変化に対応したひずみ調整と既設支承を無傷で回収して新規支承に交換することがポイントで、前者は、**図4.36**に示すように、小型ジャッキによる橋軸方向の調整と、直角方向にはくさび機構の調整器具を採用している。後者は、既存のベースプレートを利用した特別な引込み治具等を製作して対応した。また、支承交換にはガイド治具をセットし、交換用支承の下フランジにテフロンパウダーを塗布、レバーブロックにて引込み、仮締めしたあと、橋軸直角方向のひずみ調整後、橋軸方向のひずみ調整を実施し、上側ボルトを仮締めし、ジャッキダウンしたあと、本締めを行った。実作業においては、ボルトの孔合わせが課題として挙げられており、基準点のマーキングやファイバースコープなどの利用が有効であると提案されている。

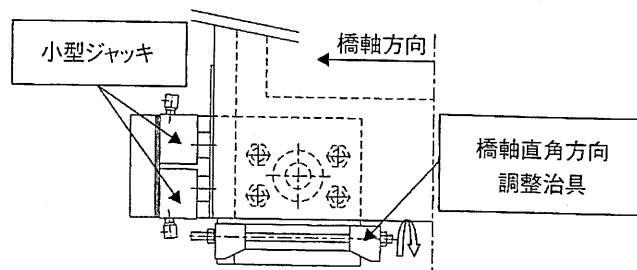


図 4.36 ひずみ調整治具配置図（平面図） （転載）

4.5 支承の取替えに関連する問題点

4.5.1 取替えが困難な構造

4.3 節では支承取替えの基本的な施工方法、4.4 節では支承取替え時に工夫した事例や特殊な事例を紹介した。この事例に共通する点は、既設橋梁の支承部構造は、取替えを十分に考慮していないことである。取替えを考慮するとは、支承本体に限らずに、上部構造のジャッキアップ補強が考慮されていることや、支承取替え作業が支障ないように作業スペースを考慮しているかなどが含まれる。

このような理由から、4.3 節においても既設橋梁が支承の取替えを考慮していない構造であることを前提として、取替え施工方法を説明している。ジャッキアップ補強や沓座コンクリートのはつり作業が不要であれば、支承取替え作業は格段に効率よく行えると考えられる。ここでは、支承の取替えが困難となっている構造を部位別に再整理し、第7章にて施工性や維持管理に配慮した支承部の構造について記述する。

(1) 上下部構造

a) 施工空間

施工空間は取替え作業を効率的に行う上で、もっとも重要な要素のひとつである。取替え時の施工空間は、「4.3.3 施工手順」に示した各工種についてそれぞれ必要であり、それぞれの工種に適した空間を必要とする。施工空間が不足しやすいケースとしては、①取替え前の支承高が低い場合、②1箱桁に対して1支承が配置される場合、③桁遊間が小さい場合、および④支承前面距離が小さい場合などが上げられる。このような場合は、施工機械の仕様が制限されたり、上下部構造ともに取替えにあたり補強が必要になったりすることが考えられる。

b) ジャッキアップ位置

建設段階で、ジャッキアップ位置が設定されているケースは、従来ほとんど見られなかった。そのため、支承取替えにあたっては、ジャッキアップ位置を選定し、上部構造には補強リブを、下部構造でも必要に応じて補強をすることが必要となる。建設段階で、支承取替え計画まで実施されれば、理想的であるが、将来的に実施が不明確な計画をすることは、難しい場合が多かったものと推測される。ジャッキアップ位置を確保しにくいケースとしては、①ジャッキ設置スペースが不足する場合、②横桁が対傾構形式である場合、および③トラス橋である場合などが上げられる。このような場合は、将来の取替え計画時に問題となることが多いため、建設段階からの配慮が必要である。

c) コンクリートはつり

支承を撤去する際には、沓座モルタルとさらに下方のコンクリートをはつり取る必要がある。支承取替え作業において、コンクリートはつり作業は、作業性が悪く困難な作業である。コンクリートのはつりづらいケースとしては、①作業スペースが不足する場合、②施工地点が振動騒音の影響が及びやすい地域に近接する場合などが上げられる。

(2) 支承本体

a) 上下部構造との取付け部

上部構造側は、支承と主桁とを一般にセットボルトとせん断キーにより接合していることが多い。そのため、セットボルトを取り外せば、支承を主桁から分離することができるが、上部構造を数ミリ程度しかジャッキアップができなければ、せん断キーを横方向に抜き出すことができない。この場合には、せん断キーのかみ合わせ高さ分だけ上部構造をジャッキアップする、あるいは、図4.37に示すように支承下部のコンクリートをはつり、支承を下げる必要がある。

下部構造側は、支承と下部構造をアンカーボルトで接合している。アンカーボルトは、下部構造のコンクリートに埋め込まれ、下沓にはナットなどで固定されている。そのため、支承を横方向に抜き出すには、支承下面でアンカーボルトを切断する必要がある。橋梁建設時には、下から上へと順番に設置していくが、支承取替え時は、支承反力を抜くだけの僅かな量のジャッキアップしかできないので、せん断キーやアンカーボルトがかみ合っていると側方に抜き出すことができない。一方、ソールプレートも同時に取替える場合には、せん断キーのかみ合わせ高さは問題とならないが、ソールプレートの溶接部をはつり取る作業が必要となる。

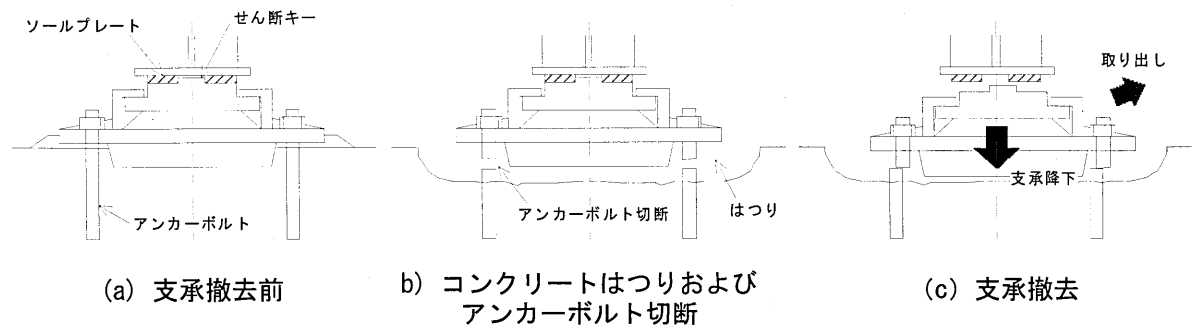


図 4.37 支承撤去の手順の例

b) ゴム支承

ゴム支承の取替え事例は、現在では非常に少ないが、今後取替えが必要なケースを生じることが十分に考えられる。図 4.38 に示すように、摺動部のない一体型のゴム支承は、温度変化により常にせん断変形状態にある。したがって、上下部構造取付け部を取り外す際に、ゴムのせん断変形が急激に解放されることが考えられる。予変形治具のような拘束治具が、取付け可能であれば、拘束状態で取り外し、徐々にせん断変形を解放することができる。また、ゴム支承は、鋼製支承に比べて平面寸法が大きな場合が多く、ねじ込みタイプではアンカーボルトも、中心近くの内側に配置されることもあるので、沓座コンクリートのはつり作業は、より困難になると考えられる。

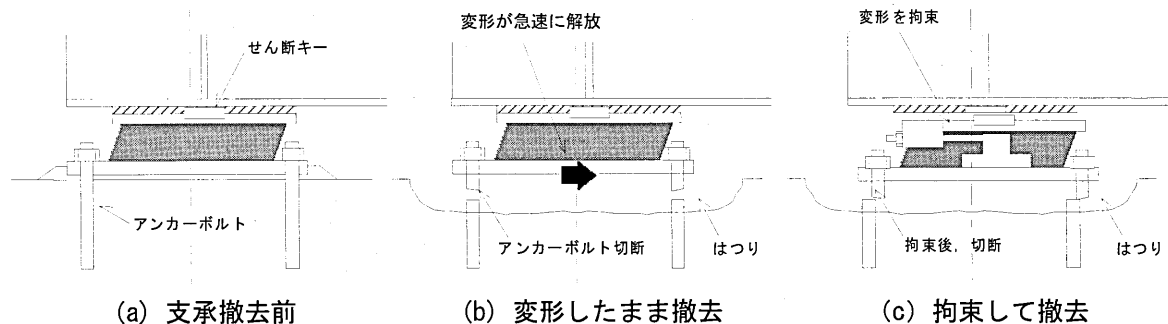


図 4.38 ゴム支承撤去の手順の例

(3) 落橋防止システム、添架物

落橋防止システムや添架物は、支承のスペースを避けて設置されることも多いため、支承取替え時の施工空間が、互いに干渉する場合がある。バイパスや一時的な取り外しのできない部材を支承横に設置する場合は、施工空間との干渉に注意を要する。

(4) コンクリート橋の例

コンクリート橋の場合は、上部構造と上沓の接合がアンカーバーにより桁端部コンクリート中に深く埋め込まれる構造となっている。このため、上沓を取り外すには、桁端部コンクリートを取り壊す必要がある。PC構造の場合は、図4.39に示すように、桁端部がPC鋼材の定着部にあたり、さらに、PC鋼材が、アンカーバーの近傍に配置されている。また、RC構造であっても、厚い部材の横桁の存在や、床版橋や箱桁橋などでは、空間として考慮できる高さはせいぜい支承の高さ程度であり、桁端側を空間として利用できない構造が大半である。そのため、コンクリートのはつり作業が非常に難しい上、コンクリート打設作業難度も高く、コンクリートの品質確保が困難と予想される。このため、上沓の取替えは実施されず、下沓だけを取替える場合が多い。耐震性向上を目的とした取替えの場合では、上沓を拡幅後にアンカーを増設する等の方法により、上沓を補強する例もある。

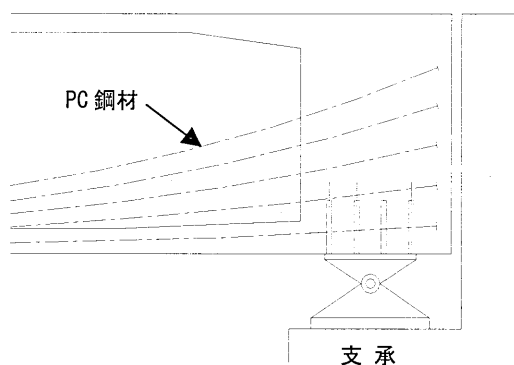


図 4.39 PC 桁の桁端部の概要

4.5.2 取替え計画段階での留意点

支承の取替え計画にあたり、取替え目的に着目すれば、支承本体や支承部周辺が劣化・損傷して支持機能が低下し、支持機能を回復するために、取替えられる事例が一般的である。しかし、4.2節の収集事例でも散見されたが、劣化・損傷の発生とは無関係に、橋梁の機能向上を目的として支承を取替えるケースもある。機能向上の中でも、耐震性向上を目的とした取替えが、非常に多く行われていることが推測される。ここでは、取替えを計画するにあたって、注意すべき点について再整理する。

(1) 劣化・損傷した支承の取替え

地震などで部材の一部が破断した場合は、機能劣化あるいは機能喪失が明らかであるが、上下沓が腐食している場合は、目視により機能劣化の程度を判断することは困難である。このような場合は、取替えの必要性も含めて、機能劣化の程度を正確に把握する調査を行う必要がある。劣化・損傷した支承で、機能劣化の度合いを把握できた場合においても、支承を取替えずに清掃・グリースアップ等の補修をすることにより、機能回復を図ることができるかを判断することも必要である。可動型の支承板支承の場合は、支承内部のすべり面の状態は取替えの過程で明らかになるため、その判断は困難である。

また、劣化・損傷の原因が支承本体にあるか、周辺部材、環境条件および使用条件のいずれにあるかの判断も重要である。特に、支承本体以外にも原因がある場合には、支承の取替えを行ってもいずれ同様の劣化・損傷を生じる可能性が高いことに注意が必要である。

(2) 橋梁の機能向上による支承の取替え

橋梁の拡幅などで、支点反力が増加する場合、耐震性の向上を図るために、ゴム支承に取替える場合など、劣化・損傷が生じていなくても、支承を取替える場合がある。設計条件が変化し支承の機能が、要求性能を満足できなければ、取替えが必要となる。このような支承の取替えの場合には、支承の大きさや形式も変更になることが多いが、取付け部の構造も、取替える支承の機能を十分に発揮できるように、適宜改良が必要となる。取付け部の構造が不十分であれば、取替え後の機能向上も期待できないものとなる。例として、鋼製支承をゴム支承に取替える場合には、一般にゴム支承の平面寸法が大きくなることが多い。その場合、上部構造の支点部も拡幅や補強リブの増設などの改良が必要となる。一方、支承高さが変化する場合も、適切な台座を設置したり、下部構造の天端に食い込んだりしないように注意する必要がある。

4.5.3 まとめ

支承の取替えが困難となっている原因について、部位別に整理を行った。その結果、取替え作業を困難にしている原因としては、作業空間の不足、ジャッキアップ補強困難、および支承の取付け構造の配慮不足の三点に集約されるが、4.5節の冒頭でも述べたとおり、橋梁建設時に支承取替えに対する配慮が不足していたことが最大の原因であると考えられる。広く普及したゴム支承についても、せん断変形の拘束方法を考慮した構造を想定しておく必要があり、初期コストのみを重視するのではなく、維持管理および不測の事態における取替えを視野に入れた検討が必要である。

また、支承の取替え時においては、劣化原因と劣化程度を正確に判断し、支承単体としてだけでなく、支承部や橋梁の支持機能として十分に機能回復が図れるように取替えを行う必要がある。機能向上を目的とした取替えの場合も、取替え前後でそれぞれの支承の構造や機能を十分に理解した上で取替えを行う必要がある。

参考文献（第4章）

- 藤澤利彦，広菴修：兵庫県南部地震による震災復旧工事報告，技報たきがみ，Vol.14，1996（収集文献 No. 52）
- 加藤久晶，古澤浩之：東京国際空港ターミナル北連絡橋連続桁の支承取替え工事，橋梁と基礎，Vol.36，No.6，2002.6（収集文献 No. 16）
- 社団法人日本橋梁建設協会：支承部補修・補強工事施工の手引き，2006.12（収集文献 No. 112）
- 社団法人日本橋梁建設協会：鋼橋の補修・補強事例集，2002.10（収集文献 No. 113）
- 野中晴夫，八木伸夫，山田貴男：樽締め工法による大反力支承取り替え工事について，技報まつお，No.37，1999.10（収集文献 No. 65）
- 七崎洋悦，山下知之，中原淳一郎，御子柴光春：支承取替えにおける仮受け工法の提案，土木学会第52回年次学術講演会概要集，1997.9（収集文献 No. 10）
- 富永喜久雄，羽子岡爾朗，米谷真二：新幹線鋼箱桁橋の支承交換工事報告，横河ブリッジ技報，No.24，1995.1（収集文献 No. 42）
- 新井弘，阿部淑夫，渡邊英貴：支承・連結装置耐震性向上工事2-3工事報告，横河ブリッジグループ技報，No.30，2001.1（収集文献 No. 114）
- 柳原正浩，松沢利充，工藤光弘：「ゴールデンホーン橋」（トルコ）の補修，石川島播磨技報2001，

橋梁特集号, 2001.9 (収集文献 No. 67)

津田亮: 上部耐震改善工事(阪神高速道路公団)の設計, 高田機工技報, No. 18, 2002.12 (収集文献 No. 69)

稲毛克彦, 佐宗正大, 山内勝正, 川村大進: 白鬚橋支承すえ替え工事報告, 住友重機械技報, Vol. 23, No. 67, 1975.4 (収集文献 No. 49)

玉田和也, 関根信哉, 渡辺陽太, 長谷川敏之, 安松敏雄, 築山有二: 中央自動車道鶴川大橋拡幅工事の設計・施工—車線拡幅と支承取替え—, 橋梁と基礎, Vol. 35, No. 7, 2001.7 (収集文献 No. 14)

丸山大三, 岡靖人, 岸雅之: 関越自動車道塩殿橋の災害復旧に関する設計と施工, 橋梁と基礎, Vol. 41, No. 4, 2007.4 (収集文献 No. 115)

新井弘, 阿部淑夫, 船津真一: 柳沢第三橋補強工事報告, 横河ブリッジグループ技報, No. 36, 2007.4 (収集文献 No. 116)

松西登, 塩先浩史: RC床版から鋼コンクリート合成床版への打替えと耐震補強—田井橋, MSC技報, Vol. 15, 2001.12 (収集文献 No. 70)

久保真一, 神田一夫, 内藤政男, 岩川宏和, 岩井政光, 井田一成: 鋼トラス橋の免震支承化と落橋防止システムの改良—東名高速道路酒匂川橋—, 橋梁と基礎, Vol. 38, No. 4, 2004.4 (収集文献 No. 95)

浦川誠一, 神野真一朗, 根井秀樹: フレキシブル橋脚を有するトラス橋の耐震補強設計, 日本道路公団技術情報, No. 166, 2002.10 (収集文献 No. 117)

阿久津豊, 磯野和也, 吉松秀和, 山中修一郎: 如何にして1基3.4tもある支承を取替えたか—山あげ大橋 大型免震支承の取替工事—, 川田技報, Vol. 22, 2003 (収集文献 No. 87)