

## 5. 橋梁付属物の補修・補強

### 5. 1 はじめに

#### 5.1.1 橋梁付属物の現状

橋梁付属物といわれるものには、支承・伸縮装置・落橋防止装置・排水装置・検査路・高欄防護柵・照明設備・防音設備<sup>1)</sup>などがあり、その種類や役割も様々である。

本章においては、これらの付属物の中でも橋梁本体と同様に重要な構造部材であり、さらには補修・補強に関しても今後課題になるとと思われる、①支承、②伸縮装置、③落橋防止装置について着目し述べることとした。

支承は、上部構造からの荷重を支え下部構造に伝える役目を有し、橋梁全体の安全性・耐久性に関わる重要な構造部材である。また、支承のタイプについては兵庫県南部地震以来、従来の鋼製支承からゴム支承が中心となり、新設橋のみならず既設橋においてもゴム支承への取替え工事等が頻繁に行われている。しかしながら、我が国におけるゴム支承の歴史はまだ浅く、様々な検討課題や問題点があり、研究や実験も行われているが、未だ明らかにされていないのが現状である。

伸縮装置は、橋上を通行する車両等を円滑に走行させるための重要な装置であり、交通流に大きな影響を及ぼす。また、橋の長大化等により構造も複雑になってきている。伸縮装置の補修や取替え工事などにおいては交通規制を伴うため、その原因の解明や補修方法などについても十分に検討し、早急に解決する必要がある。

落橋防止装置は、兵庫県南部地震により非常事態における重要性というものが再認識され、道路橋示方書の改訂（平成8年12月）においても大きく見直しが行われた。これまでも設計方針や構造そのものが大きく変遷しており、ゴム支承と同様に落橋防止装置の追加・取替え工事が頻繁に行われている。

さらには、耐震対策の一環として鋼製橋脚基部に免震支承を設置するなど新たな概念の導入や多径間連続化による構造系の変更なども行われ、橋梁付属物においてはますます複雑な内容が要求されるようになっていく。

#### 5.1.2 橋梁付属物の補修・補強

これまでも補修・補強に関する文献や資料などが多数出版されてきたが、付属物に限定して述べられているものは少なく、付属物の補修・補強に対する認識が低かったものと思われる。

しかしながら、兵庫県南部地震においても立証されたように、支承や落橋防止装置が橋梁そのものの機能を左右することもあり、橋梁本体と同様に付属物に関する補修・補強が早急に望まれるようになった。

そこで、本調査研究においては、付属物に関する補修・補強の事例集の収集を行い、とりまとめるものとした。文献調査の一例として、「JICSTによる橋梁付属物の補修・補強に関する文献検索結果」を表-5.1に示す。ここでは、検索結果は文献数のみであり、文献名等は省略するものとするが、検索結果からも明らかなように、支承・伸縮装置・落橋防止装置の損傷・補修・補強に関する文献は非常に少ないものであり、本報告書が今後の付属物の補修・補強に役立てれば幸いである。

本章の構成としては、各節において各付属物の①種類、②損傷事例とその原因、③補修・補強事例を基本として、一般的な補修・補強の考え方を取りまとめ述べることとした。

さらには、支承においてはゴム支承に着目して、問題点の列挙と支点沈下の影響を検討することとし、伸縮装置においてはノージョイント化工法についても触れるものとする。

また、橋梁付属物の損傷の中には雨水や漏水等の水による被害を無視することが出来ず、伸縮装置や支承回りの水処理については、コンクリート床版や沓座モルタルの劣化に大きな影響を及ぼすため、特に配慮する必要があることをここで追記しておく。

表-5.1 JICSTによる橋梁付属物の補修・補強に関する文献検索結果

道路橋	支 承	伸縮装置	落橋防止	損 傷	補 修	補 強	データ数		
							1975.1~ 1980.12	1981.1~ 1996.4	計
*							1,776	8,934	10,710
	*						585	4,191	4,776
		*					23	864	887
			*				0	2	2
				*			17,647	88,913	106,560
					*		6,764	23,408	30,172
						*	3,568	12,538	16,106
*	*						36	186	222
*		*					10	221	231
*			*				0	0	0
*	*			*			0	24	24
*	*				*	*	0	10	10
*		*		*			2	26	28
*		*			*	*	0	11	11
*			*	*			0	0	0
*			*		*	*	0	0	0

## 5. 2 支承

### 5.2.1 支承の種類

#### (1) 支承の概要

支承は、橋梁の上部構造に加わる荷重を下部構造に伝え、かつ上・下部構造間の変位にも追従できる機能を持つ構造として、上部構造・下部構造の接点に設けられる部材である。したがって、支承は橋梁の構造物としての全体的な機能を発揮させ、また、その安全性を確保するうえで大きな役割を果たすことになる。そのため、支承とその周辺部の設計・製作・施工および維持管理にはとくに慎重な配慮が必要となる。

近年の橋梁技術の進歩に伴い、橋梁の大型化が進んだことや、道路線形の重視、架設条件上の厳しい制約から、複雑な橋梁が設計されるようになったことなどの理由により、支承の受け持つ機能も拡大化、複雑化を余儀なくされ、支承が橋梁部材として果たす役割は、ますます増大している。

また、既設橋梁については、交通量の増大や重車両交通量の増加などの理由により、予想以上に損傷を受けており、橋梁各部に変状を起こしている例も多い。支承部の損傷はそのまま放置すれば、上・下部構造にまで影響し、落橋という大事故にもつながるおそれがあるため、直ちに適切な処置を必要とする。しかし支承自体が狭いので補修が困難な場所に位置することもあり、十分な対応が難しく維持管理上の大きな問題点となっている。

このような現状に対処するため、支承の耐久性の向上と支承に関する補修技術の確立が急務となっている。

#### (2) 支承の歴史

##### a) 支承の歴史<sup>2)</sup>

明治以前の我が国の橋梁は、木橋や石橋がすべてであり、支承という概念は明確でなかった。明治時代の文明開化とともに近代橋梁が西欧より輸入され、初めて支承を有する構造の橋梁が現れた。これらの橋梁に使用された支承は、錬鉄板が支点部に配置された単純なすべり支承であり固定・可動の区別はなかった。

明治中期に入ると鑄鉄製の支承が使用され始めた。明治23年にボーストリングトラス橋に使用されたロッカー支承は、上・下の鋼板の間に1本のロッカーを挿入することにより桁の回転と移動をとる構造となっている。また明治28年に国鉄の阿武隈川橋梁に使用された初期のローラー支承は、上・下の鑄鉄沓の間に鋼ローラーを挿入したもので、たわみによる支点の角変化が無視されており、アンカーボルトも使用されていない。

大正中期までは、支承の構造は、明治時代と同様でありほとんど変化はなかったが、大正12年に発生した関東大震災を境に構造と機能の改良がなされた。それまでの輸入橋梁は、地震に対する配慮がされていなかったが、震災以後この配慮がされるようになり、アンカーボルトによる下部構造への定着、上沓・下沓の連結、浮上り止めのサイドブロックの配置などの改良がなされた。

昭和に入ると角形の支承を改良し、鋼桁用として小判型の線支承が表れ、形状から亀の子沓と呼ばれ広く使用された。沓本体は鑄鉄品が使用されているが、水平力はリブでとらせ、アップリフトのみアンカーボルト1本でとらせた構造である。

昭和20年代の末頃より、道路・鉄道ともに、整備拡充が盛んに行われ、製鋼技術の伸展に併せ橋梁技術の進歩がめざましく、支承に関しても具備すべき条件の要求が強くなされるようになった。昭和30年代には、摩擦係数の低いすべり支承の研究が進められ上沓と下沓の間に支承板を挿入した高力黄銅支承が開発された。その後、化学的安定した材料のフッ素樹脂を埋め込んだフッ素樹脂支承板支承や、回転機能を下沓に埋め込んだゴム板の弾性変形を利用してとらせる密閉ゴム支承板支承が開発され、昭和38年以降高速道路において使用され始めた。ローラー支承についても小型化が進められ、桁の伸縮とたわみによる角変化を同時に満足する構造をなす高硬度1本ローラー支承が開発され、他にピンと組み合わせたピン・高硬度ローラー支承等が使用され始めた。昭和30年代以降、多種の支承が開発され、以前の支承と比較してその性能は飛躍的に向上した。

一方、ゴム支承に関しては、昭和30年代初頭にフランスよりラミネーションパッドが輸入され、昭和33年に国鉄で採用されたのを期に、中小支間コンクリート橋においてゴム支承が採用された。我が国においてもゴム支承体の試作製造に着手し、独自の規格によるゴム支承が昭和34年に開発された。その後、構造の単純さや施工の簡便さから利用が大幅に増えた。また、使用後の支承体での物理・化学試験により耐久性能が確認され、ゴム支承が実用化後に発生した地震による被害調査においても本体の損傷はほとんど見れていないことから耐震性も把握され、なお進展をとげてきている。

近年、耐震技術開発の一環として、道路橋を中心とする土木構造物に対する免震設計技術が開発され実用化が進んでいる。<sup>3)</sup> 昭和61年より、道路橋に対する免震設計技術の本格的な適用に関する技術開発が開始された。免震設計の要となる免震装置として、現在、実用化されている免震支承は、鉛プラグ入り

積層ゴム支承（LRB）と高減衰ゴム支承（HDR）である。鉛プラグ入り積層ゴム支承は、積層ゴムで固有周期を長周期化し、鉛プラグで地震エネルギーを吸収する仕組みであり、高減衰ゴム支承は、バネ剛性とエネルギー吸収のための減衰機構をゴム自体に持たせる支承である。また、都市高速道路を中心に走行性の向上と交通振動の低減、維持管理性の向上を目的としてノージョイント化を図る事例が多くなっている。既存の支承を免震支承に入れ替えて地震力

の分散と減衰性能の付加による耐震性の向上を図る橋が増えている。今後、耐震性の向上および騒音・振動等を軽減し、耐久性に優れた橋梁の設計を図っていく上で免震支承の適用が必要となる。

b) 示方書等の変遷

支承に関する示方書・要領等の変遷を表-5.2に示す。

表-5.2 示方書・要領等の変遷<sup>4)</sup>

年月	示方書・要領等の名称	機関	備考
[T12]	[関東地震]		
T15. 6	道路橋構造細則案	内務省土木局	支承の支圧応力度
S14. 2	鋼道路橋設計製作示方書	"	各応力度など
[S27]	[十勝沖地震]		
S31. 5	鋼道路橋設計・製作示方書	日本道路協会	支承の細部規定
S38. 11	鋼道路橋設計・製作示方書	"	鋳鉄(FC)材の使用
[S39]	[新潟地震]		
S43. 3	道路橋下部構造設計指針橋台橋脚設計編	日本道路協会	承縁部距離規定
S47. 3	道路橋耐震設計指針	"	移動制限装置等
S48. 2	道路橋示方書・同解説Ⅰ・Ⅱ	"	鋳鋼の使用
S48. 3	道路橋支承便覧	"	支承の標準化
S51. 1	支承標準設計（ゴム支承・すべり支承偏）	"	
[S53]	[宮城沖地震]		[支承の被害]
S54. 1	支承標準設計（ゴム支承・ころがり支承偏）	日本道路協会	
S54. 2	道路橋支承便覧（施工編）	"	無収縮モルタルの原則
S54. 2	道路橋補修便覧	"	
S55. 2	道路橋示方書・同解説Ⅰ・Ⅱ	"	鋳鉄(FC)材禁止等
S55. 4	道路橋示方書・同解説Ⅴ	"	支承部の規定
[S58]	[日本海中部地震]		
H 2. 2	道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ	日本道路協会	修正震度法の廃止
H 3. 7	道路橋支承便覧	"	維持管理の詳細等
[H 5]	[釧路沖地震]		
[H 5]	[北海道南西沖地震]		
H 5. 11	道路構造令の一部改正	建設省	車両制限令の改訂
H 6. 2	道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅳ	日本道路協会	活荷重の変更
[H 7]	[兵庫県南部地震]		
H 8. 12	道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ	日本道路協会	耐震設計法の改訂

(3)種類と機構

支承は、荷重の伝達機能と回転機能を持った固定示承と、これらの機能の他に水平移動機能もあわせ持った可動示承に大別される。また、使用される材

料の種類により、鋼製支承、ゴム支承およびコンクリート製の支承などに分類される。支承の一般的な分類と機構を表-5.3に示す。

表-5.3 支承の種類と機構

支承の名称		可動、固定の区別	形状	支持機構	移動機構	移動方向	回転機構	回転方向	
鋼製	線支承	可動および固定		平面と円柱面の線接触	すべり	1方向	ころがり	1方向	
	支承板支承	可動および固定		平面、円柱面球面の面接触	すべり	1方向または全方向	すべり	1方向または全方向	
				平面と平面の面接触	すべり	1方向または全方向	ゴムプレートの弾性変形	全方向	
	ピン支承	固定		凹凸円柱面の面接触	—	—	すべり	1方向	
	ピボット支承	固定		凹凸球面の面接触	—	—	すべり	全方向	
				半径の異なる凹凸面の点接触			ころがり		
	ローラー	1本ローラー支承	1本ローラー支承		平面と円柱面の線接触	ころがり	1方向	ころがり	1方向
		ピン複数ローラー支承	ピン複数ローラー支承		ピン支承 + 複数の円柱面と平面の線接触	ころがり	1方向	すべり	1方向
		ピボット複数ローラー支承	可動		ピボット支承 + 複数の円柱面と平面の線接触	ころがり	1方向	すべり	全方向
	ロック	ロッキングピアピボット支承	可動		凹凸球面の面接触 半径の異なる凹凸球面の点接触	柱の傾斜	全方向	ピボットのすべり	全方向
ロッカー支承		可動		平面と欠円柱面の線接触	ころがり	1方向	ころがり	1方向	
ゴム	ゴム支承	可動、固定および反力分散		平面と平面の面接触	せん断弾性変形	全方向	弾性変形	全方向	
コンクリート	コンクリートヒンジ支	固定		線接触	—	—	曲げ変形	1方向	
コンクリート	コンクリートロッカー支	可動		面接触または線接触	すべり ころがり	1方向	ころがり	1方向	

a)線支承 (LB 支承)

上・下沓接触部分の一方を平面に他方を円柱面として、線接触させた1方向のみ回転可能な支承である。可動支承と固定支承の違いは、上沓に設けられた切込み部の幅に移動量を見込むか見込まないかによる。

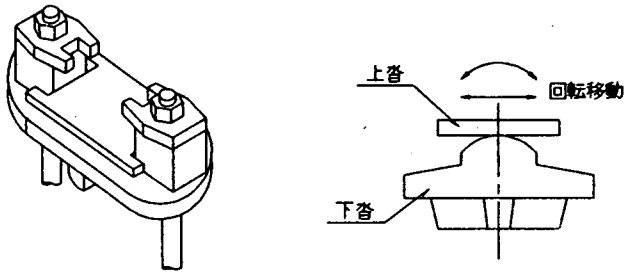


図-5.1 線支承

b)支承板支承 (BP 支承)

水平移動と回転部分に支承板を用いた支承である。使用する支承板の材質、形状によって高力黄銅支承板支承、密閉ゴム支承板支承、スライディングプレート支承の3種類に分類される。

① 高力黄銅支承板支承 (BP・A 支承)

図-5.2に示すように、一方の接触面を平面、他方を円柱面あるいは球面としたベアリングプレートを用い、上沓および下沓双方と面接触させて、平面接触部で伸縮機能、局面接触部で回転機能を持たせた支承である。

可動支承と固定支承の違いは、上沓に設けられた切込み部の幅に移動量を見込むか見込まないかによる。

ベアリングプレートは高力黄銅鑄物板の摩擦面に黒鉛等の個体潤滑材を埋め込み摩擦を低減したものである。下沓および上沓の支承板との接触面は耐食、耐摩耗の目的から、個体潤滑材焼付皮膜、クロムめっき、ステンレス板張付け等の表面処理が施される。

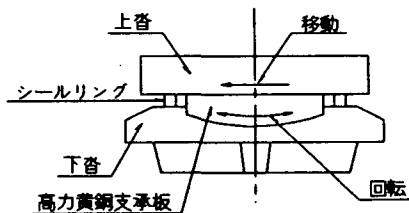


図-5.2 高力黄銅支承板支承

②密閉ゴム支承板支承 (BP・B 支承)

可動支承は中間プレート(鋼板)に厚さの一部を突き出させてはめ込まれたふっ素樹脂すべり板(P T F E板)と下沓の中に密閉されたゴムとを組み合

わせて用い、すべり板と上沓との間の滑りで伸縮を、ゴムの弾性変形で回転機能を持たせた構造である。また、固定支承は、中間プレートにすべり板をはめ込まずに直接上沓に接触させて下沓に密閉されたゴムの弾性変形で回転機能のみを持たせた構造である。

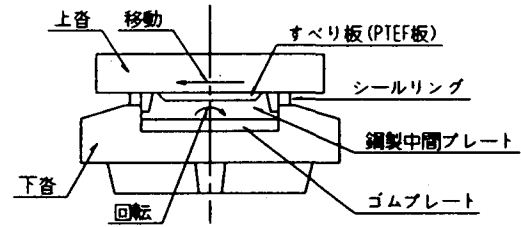


図-5.3 密閉ゴム支承板支承

③スライディングプレート支承

一方の接触面を平面に、他方を円柱面もしくは、球面としたスライディングプレートを用い、上沓および下沓とそれぞれ面接触させて、平面接触部ですべり機能、曲面接触部で回転機能を持たせた支承である。

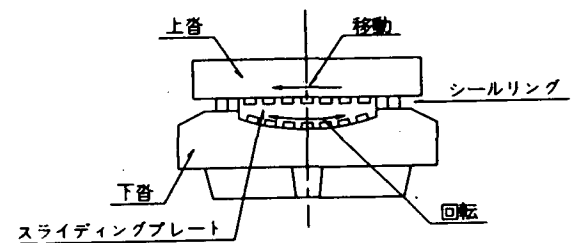
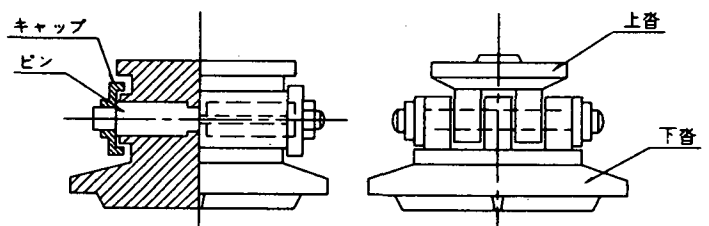


図-5.4 スライディングプレート支承

c)ピン支承 (PN 支承)

上沓と下沓の間にピンを配した構造のもので、1方向のみ回転可能な固定支承である。

ピンを支持する方法により支圧型とせん断型の2種類がある。支圧型は図-5.5に示すように、上沓と下沓の間にピンをはさんだ構造で、一般的に使用されている。上揚力と負反力に対し端部に取り付けたキャップで抵抗する。せん断型は上沓と下沓からくし形に突き出たリブをかみ合わせ、ピンを通したものであり、負反力に対し信頼のおける構造である。



(a) 支圧型ピン支承 (b) せん断型ピン支承

図-5.5 ピン支承

d)ピボット支承（PV支承）

上沓を凹面状に下沓を凸面状に球面仕上げして組み合わせ、回転機能を持たせた固定支承である。したがって、どの方向にも回転が可能である。この支承には、上沓と下沓の球面の半径が実質的に等しい球面支承と、上沓側の半径が下沓の半径よりかなり大きい点支承の2種類がある。球面支承では、荷重に対しほぼ全面接触となり回転にはすべりが伴うが、点支承の場合は局所的な接触にとどまるため、回転はころがり作用によることとなり摩擦が少ない。したがって、支承としての回転性能に関しては点支承の方が優れている。点支承の場合には、接触部付近の支圧強さを高めることが必要であるため、小規模なものを除いては一般に設計が困難となる。一般には球面支承が多く使用されている。

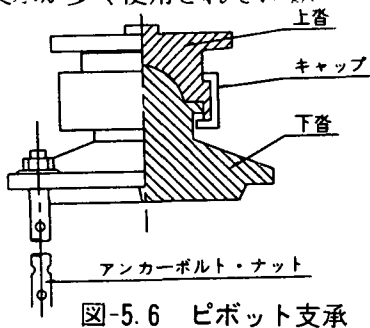


図-5.6 ピボット支承

e)ローラー支承

ローラーによる移動機能を有する可動支承である。ローラー支承には水平移動を許容するための複数のローラーと、回転を逃すためのピンあるいはピボットを組み合わせた構造の複数ローラー支承、ならびに1本ローラーで水平移動と回転を逃す1本ローラー支承がある。

①複数ローラー支承

複数ローラー支承とは、ローラーを2本以上使用した可動支承であり、回転機能としてピンを用いたピンローラー支承が一般的である。ピンの代わりにピボットを用いたピボットローラー支承や、支承板を用いた支承板ローラー支承のように、全方向に回転が可能なものも必要に応じて使用される。

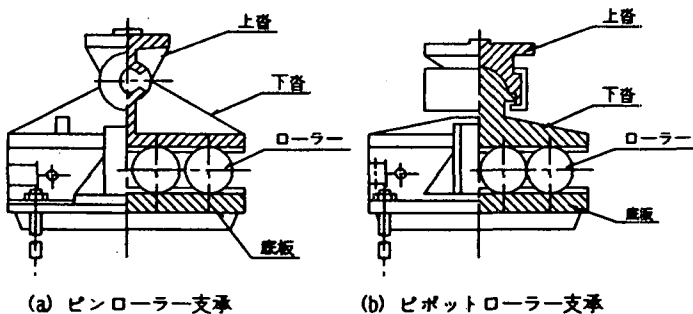


図-5.7 複数ローラー支承

②1本ローラー支承

1本ローラー支承は、一本のローラーで移動機能と回転機能を持たせた支承で、複数ローラーに比べて構造が単純であり小型である。ローラーおよび上・下沓のローラーとの接触部の硬さを高めた高硬度1本ローラー支承が一般的に使用される。

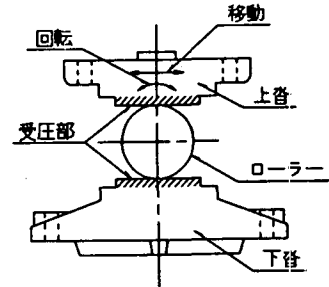


図-5.8 1本ローラー支承

f)ロッキングピアピボット支承

柱の上・下にピボット支承を取り付けた支承である。ピボット支承は、単独では固定支承であるため移動機能を有していないが、柱の上・下に取り付けることにより、柱のたおれと上・下のピボットの回転で上部構造の移動と回転を逃がす支承である。

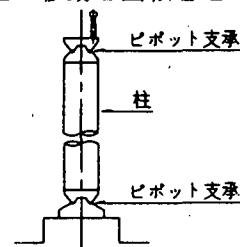


図-5.9 ロッキングピアピボット支承

g)ゴム支承

ゴム支承は、構造物の変形（移動・回転）をゴムの弾性変形により吸収させる支承である。本体に移動を制限する機能を設けず、アンカーバー等を用いた移動制限機能を本体と別に設置し、その移動制限量により、固定と可動を使い分けるのが一般的である。ゴム材の膨出を抑制し、支承としての支圧機能を増加するために、ゴム層間に金属製の補強材が挿入され、補強材の構造により、積層タイプとリングプレートタイプに大別される。積層タイプは、補強材として薄い金属板を使用し、この金属板と加硫接着により強固に接着され積層構造を作り出している。また、上下補強材の防錆および滑動防止対策として、補強材をゴムでコーティングした一体成型タイプと、補強材にステンレス板を使用しエポキシ系塗料と研削材を混合した塗料を塗布した切断加工タイプがある。一方、リングプレートタイプは補強材として上・下面に金属板、中間にリング状の鋼板とリング状のメッシュ筋を使用し、これらの補強材とゴムとが

加硫接着により強固に接着されている。上下補強材の防錆および滑動防止には、補強材をゴムコーティングして対処している。このほかに、PTFE板とゴム支承を組み合わせたすべりゴム支承があり、上部構造の伸縮をPTFE板のすべりで、回転をゴム支承のゴムでとらせる構造である。この支承は、伸縮量がとくに大きく、ゴムのせん断変形のみで吸収できない場合などの可動支承として使用される。



図-5.13 簡易ゴム支承

i) 免震支承

免震支承には、高減衰ゴム支承と鉛プラグ入り積層ゴム支承がある。高減衰ゴム支承は、ゴム材料に特殊配合を行うことにより、ゴム自身に減衰性能を持たせた高減衰ゴムを用いた積層ゴム支承をいう。また、鉛プラグ入り積層ゴム支承は、天然ゴムを用いた積層ゴムに円柱状の鉛を圧入させることにより、鉛の持つ減衰特性とゴムの持つ復元力特性を合わせ持つ積層ゴム支承である。

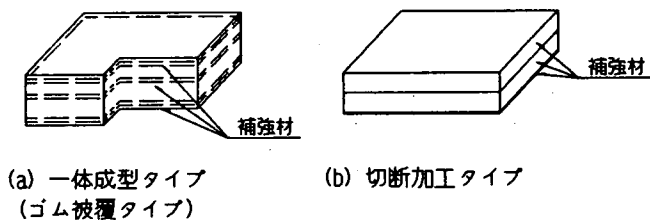
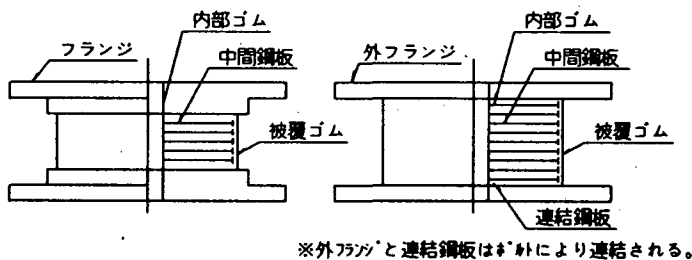


図-5.10 積層タイプのゴム支承



[フランジ一体型] [フランジ組立型]

図-5.14 高減衰型積層ゴム

図-5.11 リングプレートタイプのゴム支承の構造

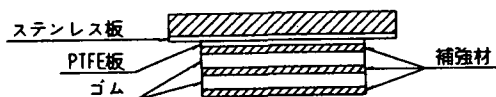
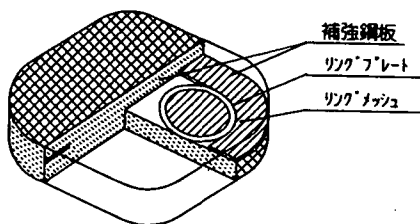


図-5.12 すべりゴム支承

h) 簡易ゴム支承

スラブ橋や場所打コンクリート床版橋などの短支間の橋梁で反力、伸縮量が小さく、回転移動量の吸収を主目的とする場合などに、2層構造の簡易ゴム支承や単層構造の簡易ゴム支承が使用される。また、帯状タイプの簡易ゴム支承を桁下に敷設し、移動制限のためのアンカーバーを本体に貫通して設置する構造等もある。

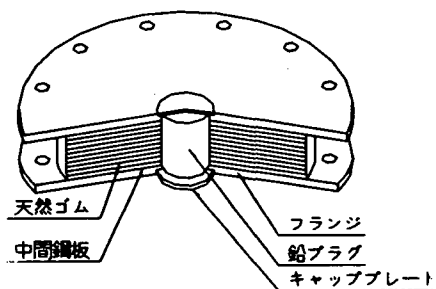


図-5.15 鉛プラグ入り積層ゴム

j) コンクリートヒンジ

コンクリートヒンジはヒンジ機能としては不完全なヒンジであるが、ヒンジ部の曲げ剛性が、部材の曲げ剛性と比較してかなり小さければ、実用上ヒンジと考えられる。コンクリートヒンジの型式は、図-5.16に示すような種類のものがあるが、現在一般に使用されているのは(d)~(g)の型式である。

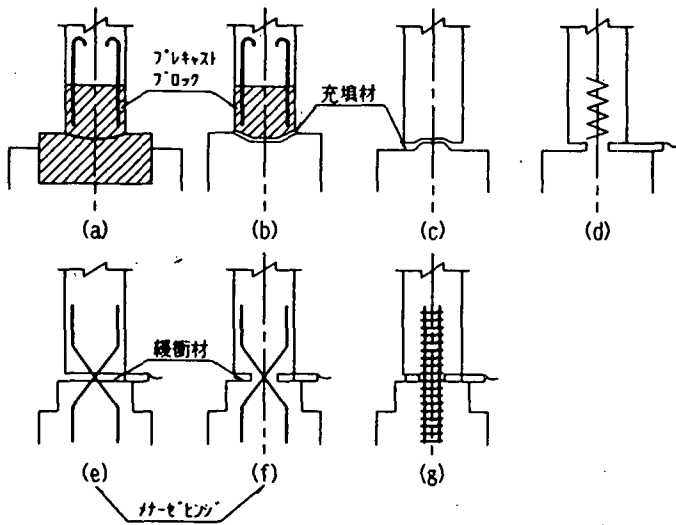
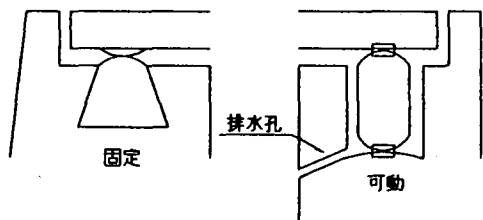


図-5.16 コンクリートヒンジの種類

k) コンクリートロッカー

コンクリート製のロッカーに回転と移動機能を持たせた支承である。コンクリートロッカーの代表的構造形式を図-5.17に示す。



接触面を鋼で補強し弧面をつけた形式

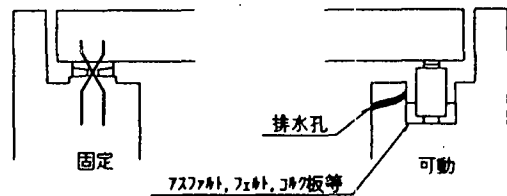


図-5.17 コンクリートロッカー

(4)形式選定

支承形式は、その支承に要求される機能を満足するものを選定する必要がある。機能を損なう場合は、支承本体のみならず上・下部構造にも損傷をおよぼす原因となるため、慎重に選定する必要がある。選定にあたり考慮すべき要素として、以下のものが考えられる。

- ①反力の大きさ
- ②移動量と回転量
- ③移動方向と回転方向との関係
- ④支承の特性
- ⑤上部構造形式とその構造特性
- ⑥地盤条件も含めた下部構造の特性
- ⑦経済性

支承形式は、1種類に断定することは難しく、その選定は通常、慣行や設計者の判断に委ねられ、過去の実績などにより、一般的な使われ方が方向付けられている。適用範囲および上部構造形式ごとの支承選定例を表-5.4に示す。なお、ロッカー支承およびコンクリートロッカー支承は、現在ほとんど使用されていない。

表-5.4 支承の適用範囲および上部構造の形式による選定表

■ 一般によく用いられる範囲  
□ 比較的用いられる範囲

○ 使用適  
△ 使用にあたっては、構造面、経済面での検討を行うことが望ましい  
× 使用不適

支承の種類	鉛直反力 (t)		支間長 (m)	橋梁種別		橋								
	100 300 500 700 900 1,100 1,300 1,500			コンクリート橋	鋼			橋						
	0 200 400 600 800 1,000 1,200 1,400	0 10 20 30 40 50 60 70 80			PC	I	桁	箱	複	ト				
線 支 承	■		■	固	定	桁橋	桁橋	RC橋	H桁	単	連	箱	複	ト
支 承 版 支 承	■		■	固	定	○	○	○	○	○	○	○	○	△
ピ ン 支 承	■		■	固	定	△	○	△	△	△	○	○	○	○
ピ ヲ ッ ト 支 承	■		■	固	定	△	△	△	△	△	○	○	○	△
1 本 ロ ー ー 支 承	■		■	可	動	△	△	△	△	△	△	△	△	△
複 数 ロ ー ー 支 承	■		■	可	動 (レ	△	○	△	△	△	○	○	○	○
ゴ ム 支 承	■		■	可	動 (レ	○	○	△	△	△	○	○	○	△
(簡 易 ゴ ム 含 む)	■		■	固	定	○	○	○	○	△	△	△	△	△
コ ン ク リ ー ト				可	動	○	○	○	○	△	△	△	△	△
ヒ ン ジ 支 承			■	固	定	×	○	○						

(注) 1. ここに示された選択の範囲は、いままでの実績をもとに表示したものであるから、  
 2. その他支承に要求される諸条件を十分検討し支承を選択しなければならない。  
 3. 連続げたの場合の支間長は最大支間長とする。  
 4. 鉛直反力は1支承あたりの反力である。



## (5) 橋梁構造と支承配置

支承の配置を決定するには、上・下部構造の特性を考慮し、上部構造からの力が下部構造に無理なく伝達するように、また上部構造の動きが拘束されないように配慮しなければならない。しかし、上部構造の動きを拘束することによって、橋梁全体の経済性を高めたり、構造上の問題点が解消されることもある。この場合には支承本体および上・下部構造に発生する拘束力について、安全性の照査が必要となる。

支承の配置に関しては、平面・側面・横断骨組形状、支点反力の種類、移動・回転方向、固定・可動支承等の位置などに留意しなければならない。

### a) 固定支承の位置

固定支承は橋梁の伸縮に関する原点であり、また水平力を下部構造に伝達する接点でもあり、重要な機能を保持している。また、その位置の選定は、下部構造も含めた橋梁全体の経済性、構造特性および景観等を左右する一要因であり、地形や地盤条件、上・下部構造の支持条件等全体的に検討を行い決定しなければならない。固定支承の配置には、以下の項目について考慮する必要がある。

- ① 橋梁全体の経済性
- ② 水平反力のとりやすい支点
- ③ 死荷重反力が大きい支点
- ④ 可動支承の移動量をより少なくする支点
- ⑤ 傾斜している橋の場合には、低い方の支点

### b) 支承の種類

一橋梁内において、固定支承と可動支承の種類は、ピン支承に対してはピンローラー支承、ピボット支承に対してはピボットローラー支承など、同機能を有する支承を選定し煩雑さを防ぐ配慮が必要である。

また、同一支承線上の支承については、回転中心の位置や下部構造の施工特性などを考慮した場合、同機能を有する2種類程度以下にすることが望ましい。

## 5.2.2 損傷事例とその要因

橋梁本体の損傷と橋梁付属物の損傷には密接な関係があり、橋梁付属物の損傷から橋梁本体の損傷が発見されることがある。橋梁付属物から引き起こされる橋梁本体の損傷として以下のようなものが考えられる。

支承部にたたき音や陥没もしくは可動支承の移動量不足や回転不良がある場合は、橋梁あるいは他の橋梁付属物に変形や亀裂が発生している場合がある。

可動支承の移動量が大きかったり、沓座モルタルが破損している場合にも、下部工から異常な力が作用している場合がある。

損傷の要因としては、荷重などの外的要因や設計・施工に起因するものに分けられる。また、進行性があるか否かなどより検討を行い、経済的、合理的な補修・補強工法を選定する必要がある。

損傷の多くは、下部工の移動による場合が多く、1次要因を除去せず補修を行っても、再び同様な損傷を繰り返すこととなる。

橋梁付属物の損傷には同じ形態のものが多く、過去に調査した事例が損傷原因の推定や補修方法を選定するにあたり有効に活用することができる。これらの事例の中から過去の検討により、損傷原因や補修方法が明らかで、損傷の発生部材・部位や発生状況から判断して、詳細調査を行わなくとも原因究明が可能な損傷もある。

点検により損傷が発見されてから、損傷の程度の判定、調査、損傷原因の推定、補修までのフローを図-5.18に示す。

### (1) 支承の点検

3種類の点検に関する考え方を以下に示す。

#### a) 通常点検

通常点検では、道路の通常巡回にあわせ、橋梁の点検も実施することを原則とし、主に目視による点検を行う。支承構造などの異常は、橋面変状に注意することにより早期発見も可能となる。注意すべき項目について以下に示す。

- ① 路面の不当沈下、段違い
- ② 車両通過時の異常音および車上感覚の異常
- ③ 路面のひび割れ

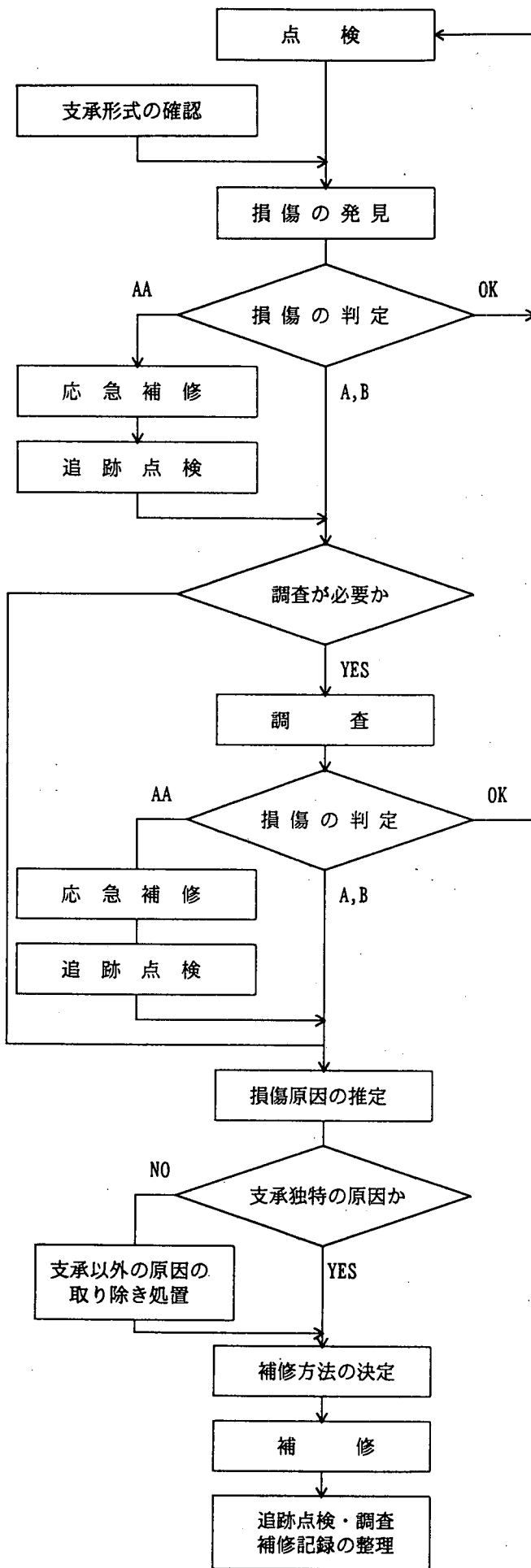
#### b) 定期点検

定期点検は、橋梁の保全を図るために定期的を実施するものであり、橋梁の細部にわたり橋下面からの点検を行うとともに、支承設置個所において工具等を用いたたたき点検なども行う。定期点検は支承の点検において最も重要な機会であり、点検を計画的にまた円滑かつ適正に行う必要がある。

#### c) 異常時点検

異常時点検は、通常点検や定期点検で発見された重大な変状、損傷に対して行うほか、台風・集中豪雨・豪雪・地震・火災等の災害が発生した場合、もしくはそのおそれのある場合に行うものである。とくに地震発生後には詳細な点検が必要となる。

定期点検および異常時点検の主な点検項目について表-5.5に示す。



点 検： 定期点検B，臨時点検，定期点検A，または日常点検。

支承形式： 設計図書から支承の租別，形式，寸法，容量などを把握。

損傷判定： 判定の標準によりAA，A，B，OKの判定をする。

調 査： 点検の結果，調査が必要となった場合に行う。

応急補修： 判定AAの場合で走行車両や第三者に支障をきたす恐れがある場合には，とりあえず応急補修を行う必要がある。

補 修： 点検・調査の結果損傷の原因を究明し，原因を取り除き機能を回復させる補修や損傷予防となる補修を行う。損傷の原因が支障以外にある場合は，その1次原因を取り除いた上で，補修を行わなければ有効なものとはならない。

追跡点検： 補修後の追跡調査は，原因の究明や補修方法の確認のために重要である。また，今後の補修の資料としても必要となる。

図-5.18 点検から補修までのフロー

表-5.5 定期点検および異常時点検の項目

分類	箇所	点検項目
支承本体	支承構造部 ベアリングプレート ローラー アソカボルト セットボルト	部品のわれ, 腐食 正常位置からのずれ , 腐食 切断, 曲り, 腐食, ナットのゆるみ, 欠 落, 切断
	浮上り止めアソカ ゴム支承のゴム	切断 ひびわれ, はみ出し , 劣化(硬化)
支承機能	(移動, 回転)	遊間量
支承部周辺	沓座コンクリート, 保護 モルタル	ひびわれ, 空洞
	伸縮装置	漏水

(2)一般的な変状の原因

支承部の変状は支承本体の変状と取り付け部の変状とに大別できる。支承各部の変状を表-5.6に、損傷の主なものを分類すると図-5.19の様になる。

表-5.6 支承各部の変状

分類	変状の種類	
支 承 本 体	鋼 上	①浮上り防止装置の破損(サイドブロック) ②移動制限装置の破損(上沓ストップ) ③ " (下沓ストップ)
	製 下 沓	④支承部のわれ ⑤各部材の腐食 ⑥ナットのゆるみ ⑦タップボルト, セットボルトのゆるみ, 抜落ち
本 承 面 と 面	耐 腐 蝕 面	⑧すべり面, ころがり面の腐食 ⑨ローラーずれおよび落下 ⑩ピンおよびローラーのわれ
	ゴム 支 承	⑪ゴム系支承の劣化, ひび割れ
取 付 け 部		⑫充填モルタルのひび割れ ⑬アンカーボルトの切断・引抜け ⑭沓座コンクリートの圧壊, はく離

変状の原因は大別すると以下の2種類に分けられる。

- ①設計・製作・施工および維持管理の不備が原因の場合
- ②地震もしくは下部構造の予想外の変位など不慮の災害が原因の場合

以下に各部の変状の主要原因について述べる。

- a)浮上り防止装置の損傷(サイドブロック)
  - ・曲線橋および斜橋等の構造やその挙動が複雑な

場合予想外の負反力が作用する。

- b)移動制限装置の損傷
  - ・曲線桁や斜橋の可動支承のように, 移動方向と回転方向が一致しない場合で, 支承の型式選定および配置が不適切である。
  - ・PC橋やRC橋の場合などでは, クリープ・乾燥収縮などによる予想外の変形が生じる。
  - ・施工時のセット誤差
  - ・同一橋脚および橋脚上に多数の支承を設置する場合で橋軸直角方向の上下の支承のすき間が一定でないときには, 地震時水平力が特定の支承に集中して作用するため損傷することがある。
  - ・PC曲線橋や斜橋の場合, 緊張による桁の縮み量とその方向を十分に検討していないために移動が拘束され, 下沓の立ち上がり部が損傷することがある。
- c)支承部のわれ
  - ・モルタルの充填不良やライナープレートの腐食などによる損傷が生じることがある。
  - ・曲線橋や斜橋など, 構造および挙動が複雑な場合において, 不均等な反力が局部的に集中し支承本体のわれが生じることがある。
  - ・不十分な品質管理, 製作の困難さによる鑄巣・われ・きずなどの材料の欠陥
- d)各部材の腐食
  - ・塗装系の選定誤り, 防錆の不良および防水・排水装置の損傷による漏水
  - ・浸水等
  - ・沓座面の清掃不足
- e)ナットのゆるみ
  - ・施工時のナットの締込み不足および振動
- f)タップボルト, セットボルトの抜落ち
  - ・抜落ちに対する設計上の配慮不足
- g)すべり面, ころがり面のさびつき
  - ・すべり面, ころがり面への塵埃・異物の混入
  - ・伸縮装置の止水装置および防水・排水装置の損傷による漏水, 浸水
- h)ローラーのずれ, 落下
  - ・移動量あるいは移動方向の検討不足
  - ・コンクリート長大橋の場合は, クリープ・乾燥収縮による予想外の移動がある。
  - ・施工時のセット量の誤り
- i)ピンおよびローラーのわれ
  - ・橋軸直角方向のピンおよびローラーのすきが一方に寄りすぎ
- j)ゴム支承の劣化, ひびわれ
  - ・沓座モルタルの仕上り不良や主桁のレアーの製作不良によって局部に過度の圧縮ひずみを生じ

た場合、ひび割れの原因となる。

- ・製造上の品質管理不良によりゴムの早期劣化
- k) 充填モルタルのひび割れ
  - ・無収縮モルタルの充填不良による場合、およびモルタルの配合不良
  - ・伸縮装置の止水装置や排水装置の破損による漏水がモルタル内部に浸透し、凍結などによりひび割れが生じる。
- l) アンカーボルトの切断、引抜け
  - ・可動支承の適用範囲の逸脱あるいは固定支承の

位置の誤りなど

- ・アンカーボルトの本数、埋込み長に対する検討不十分
- ・負の反力を受ける支承の定点装置の不備
- ・モルタルの充填不良
- m) 沓座コンクリートの圧壊、はく離
  - ・支承縁端距離不足および沓座補強鉄筋の不足
  - ・支承の底面突起および支承底面の形状寸法に対する検討の不足
  - ・モルタル充填の不良

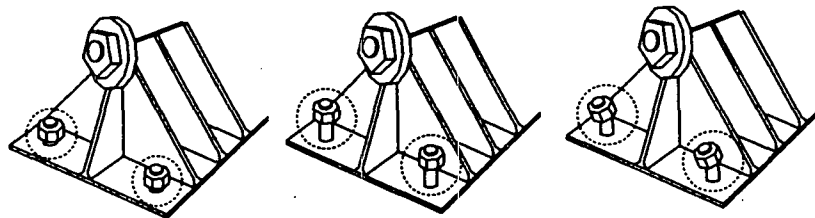
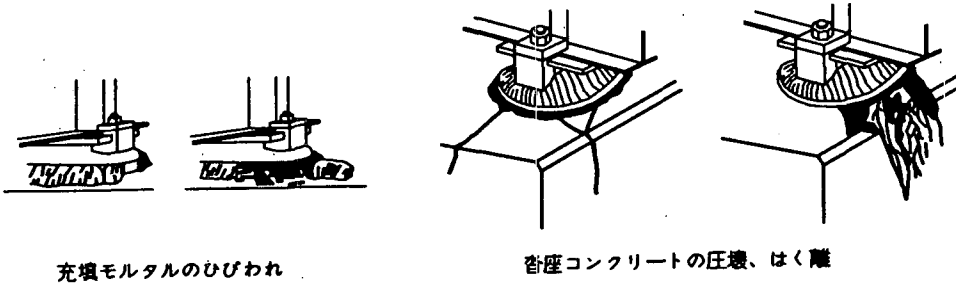
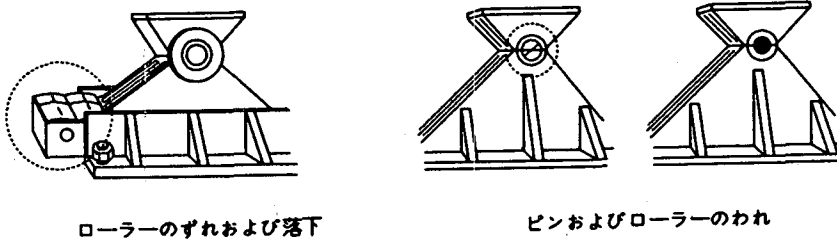
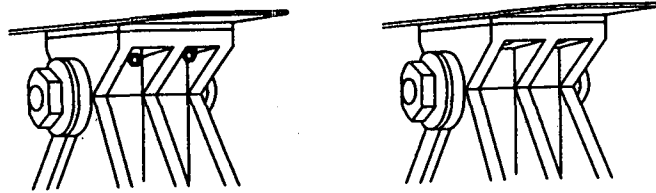
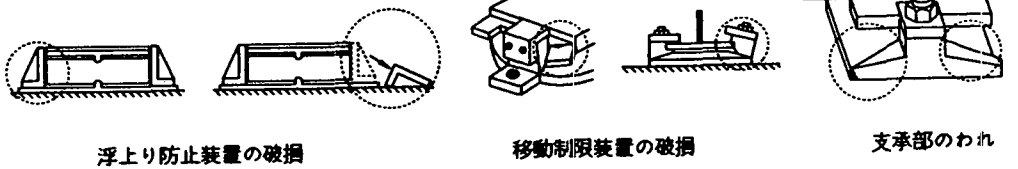


図-5.19 支承各部の変状

(3)地震による支承の変状

過去の地震による道路橋の被害では支承部の被害が多い。支承は上下部構造を結ぶ唯一の構造部材であり、支承被害の防止が橋の耐震性を向上させるうえで重要な課題の一つである。

宮城沖地震および兵庫県南部地震の被害形態について記述する。

a)宮城沖地震<sup>2) 5)</sup>

支承の変状を被害形態別に分類すると図-5.20のようになる。この図よりアンカーボルトの被害が一番多く(全体の38%), 以下, 上沓の逸脱防止構造(22%), 沓座モルタル(18%), 沓座コンクリート(12%)の順となっており, これだけで全体の90%を占めている。

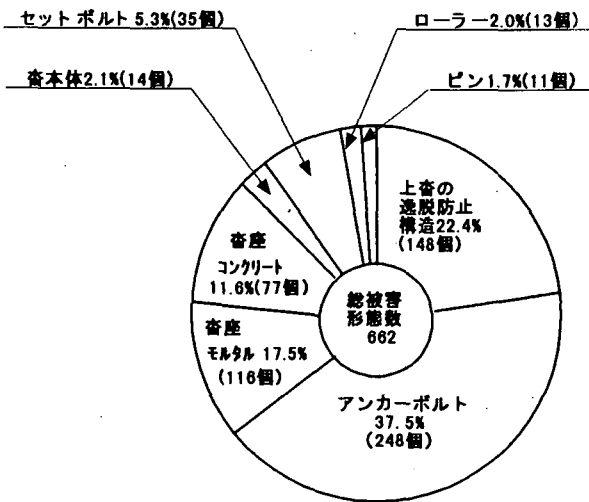


図-5.20 被害形態別の被害件数およびその割合

b)兵庫県南部地震<sup>6)</sup>

一般国道, 高速自動車国道および都市高速道路における被災を受けた路線において, 調査が行われた支承は5,741個であった。支承の材料種別は, 鋼製支承が4,773個, ゴム支承が244個, その他メナーゼ支承や剛結支承などの特殊な支承も含まれている。鋼製支承とゴム支承の被災度の違いを比較すると, ゴム支

承の被害が圧倒的に少なく, 被災度Aと判断された鋼製支承は全体の21%であり, ゴム支承はない。また, 被災度BおよびCにおいても, 鋼製支承の13%, 14%に対し, ゴム支承(免震支承を含む)は2%, 8%である。また, 鋼製支承においては, 可動支承のほうが固定支承より被害が大きく, ピン支承およびローラ支承の被害度が高くなっている。

表-5.7 支承材料と被災度の関係

支承型式	被災度				計
	A	B	C	D	
鋼製支承	986	603	681	2503	4773
	21%	13%	14%	52%	100%
ゴム支承	0	6	19	219	244
	0%	2%	8%	90%	100%
合計	986	609	700	2722	5017
	20%	12%	14%	54%	100%

表-5.8 鋼製支の支承型式別被災度

固定支承					
支承型式	被災度				計
	A	B	C	D	
BP	133	146	126	634	1039
	13%	14%	12%	61%	100%
ピン	86	28	23	116	253
	34%	11%	9%	46%	100%
ピボット	12	9	45	36	102
	12%	9%	44%	35%	100%
線	32	17	55	269	373
	9%	5%	15%	72%	100%
合計	263	200	249	1055	1767
	20%	12%	14%	54%	100%

可動支承

支承型式	被災度				計
	A	B	C	D	
BP	497	239	224	909	1851
	26%	13%	12%	49%	100%
ローラ	238	141	152	257	788
	30%	18%	19%	33%	100%
線	6	23	56	282	367
	2%	6%	15%	77%	100%
合計	723	403	432	1448	3006
	24%	13%	14%	48%	100%

被災度	定義
A	セットボルト, アンカーボルトの破断やソールプレート, ホース部の被害 沓座コンクリートの破壊
B	ピンの切断, 上沓ストッパーの破断。ローラー, アンカーボルトの抜けだし。 移動制限装置の破損。沓座モルタルの破壊
C	上沓, 下沓の変形。セットボルトのゆるみ。移動制限装置の変形および亀裂。 沓座コンクリート, 沓座モルタルの亀裂。層間剥離, 層間ずれ, 変形
D	損傷なしもしくは耐力に影響のない極めて軽微なもの

### 5.2.3 補修・補強事例

#### (1) 補修工事の検討事項

支承の補修は狭隘部での施工となり、短時間での作業となることが多い。制約条件下において、迅速

かつ確実な補修が安全に行えるように、補修工法や施工機械の選択などについて、十分な検討を行う必要がある。補修工事における検討事項のフローチャートを図-5.21に示す。

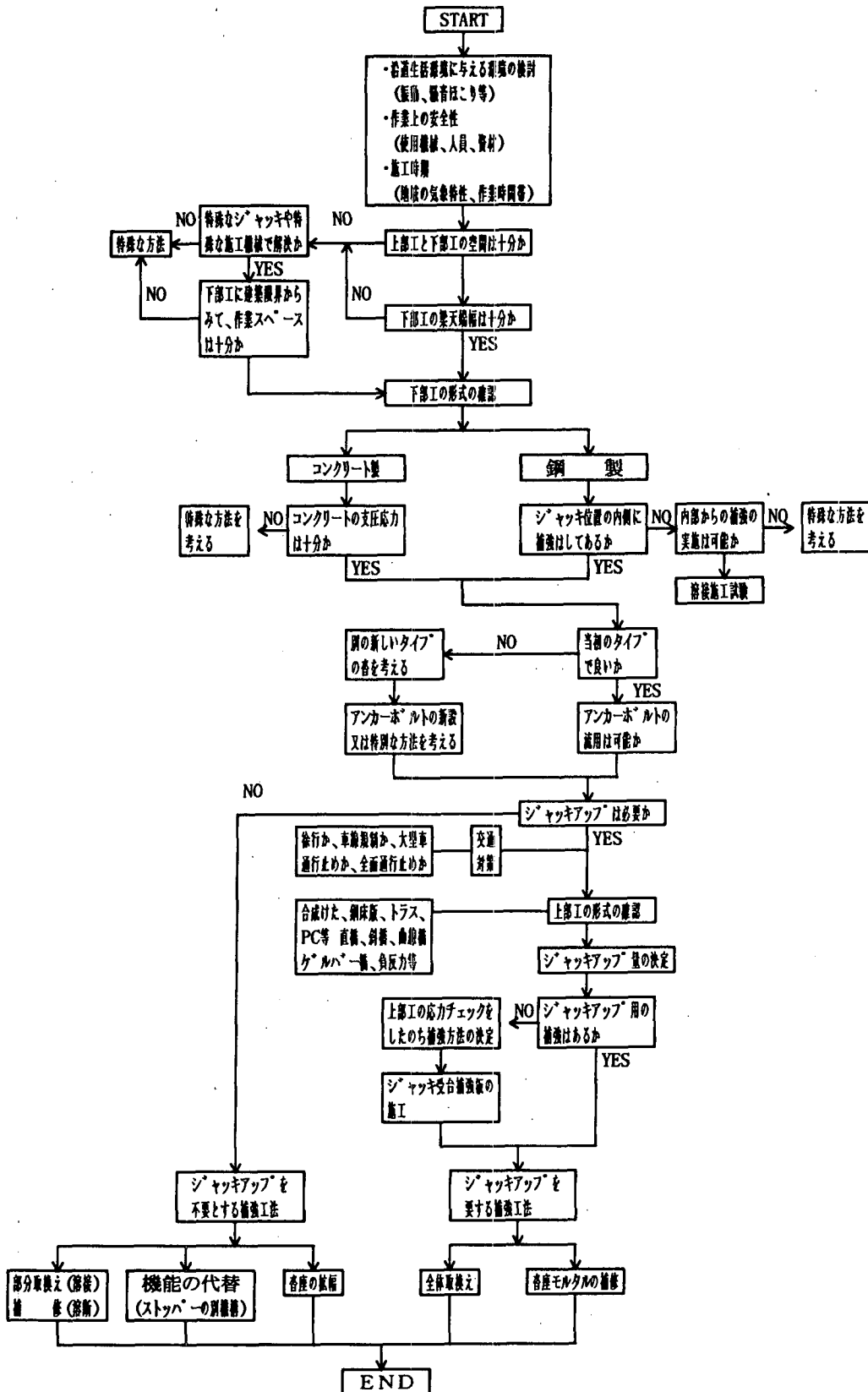


図-5.21 補修工事における検討事項のフローチャートの一例

a)変状の部位および程度

補修工法を決定するには、まず変状の原因を把握しなければならない。伸縮装置、排水装置の不備による漏水は、支承部に錆が発生する場合やライナープレートの腐食、充填モルタル部への水の侵入によるモルタル内部からの疲労破壊を起こす原因となる。漏水がある場合は、支承部の工事と共に漏水対策工事も併せて行う必要がある。特に下部工の変位が原因である場合には、将来予測される変位をも考慮した補修方法が必要となる。

b)下部構造の形式

下部構造物が、コンクリート製か鋼製かによってジャッキアップに備えての検討項目が異なるほか、作業空間保持のための作業足場の設置方法によっても異なってくるため、十分な検討が必要となる。

c)ジャッキアップ

下部構造物がコンクリート構造の場合には、ジャッキ設置位置でのコンクリート支圧応力度の照査が、また、鋼構造物の場合には、その位置の作用力に見合った補剛材またはダイヤフラムを設ける必要がある。上部工が鋼桁、とくに箱桁橋の場合には、将来のジャッキアップを考慮し、建設時にジャッキアップ用の補強リブを設置しておくのがよい。

(2)補修工法

支承の補修工法は、支承本体および付属品の全部または一部の取替え、溶接による損傷部材の補修、上・下構造との取付け部の補修・補強、補修塗装などに分けられる。現在行われている一般的な補修作業の流れについて図-5.22に示す。

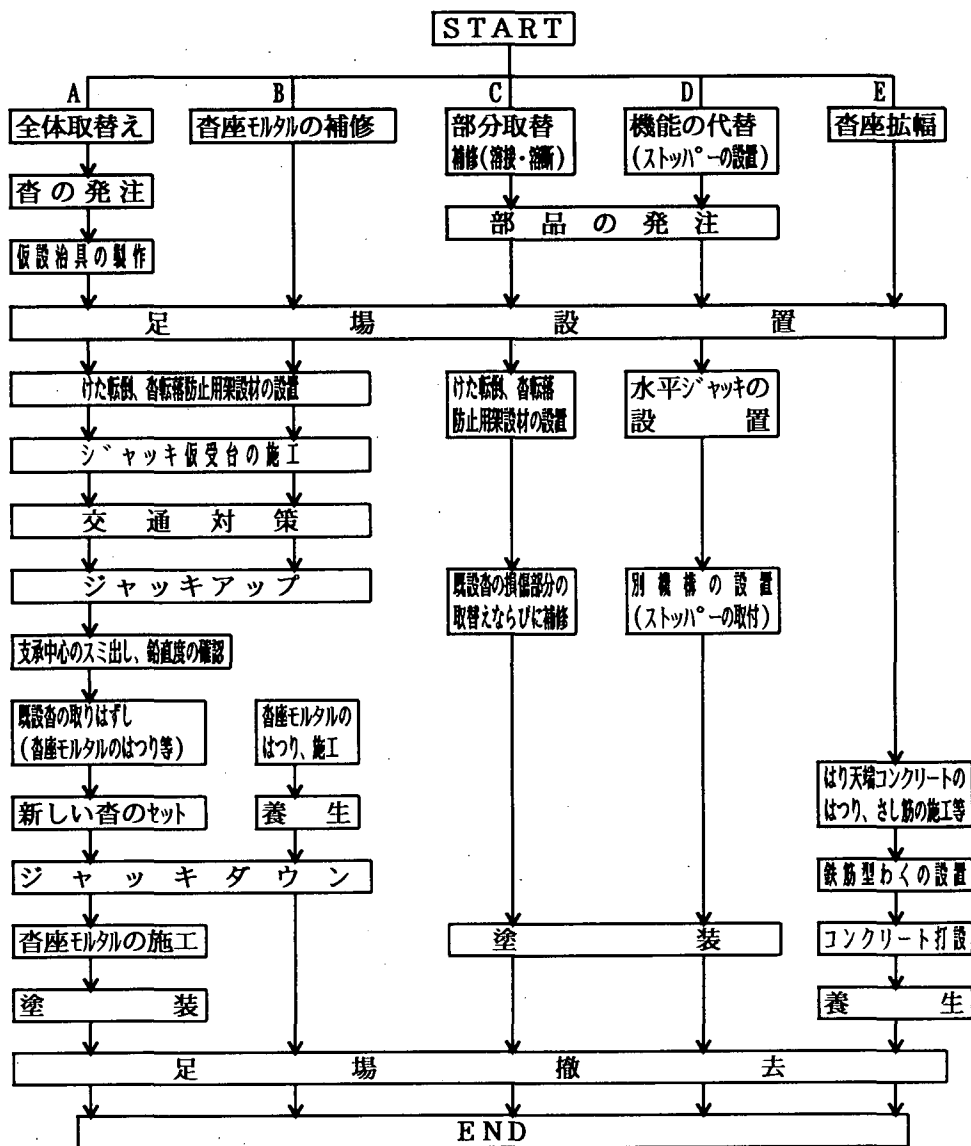


図-5.22 補修作業の流れの一例

a)変状の部位および程度

支承全体の破損（ローラーのずれ落ち、ピンローラー、下沓のわれ等）に対し、上部構造をジャッキアップして新しい支承に取り替える。支承形式が異なると、回転中心位置、摩擦係数等が異なり上・下部構造物へ良くない影響を与える可能性があるため、特定の場合を除いて、既存支承と同形式の支承とすることが望ましい。

b)部分取替え

支承本体の損傷のうち、ボルト、ナットの抜け落ち、浮き上がり防止装置の破壊等ジャッキアップを要しない場合にはその部品のみを取り替えとなる。

c)補修（溶接、溶断）

支承を溶接補修する場合は、支承を構成している部品により溶接性が異なるため注意が必要である。溶接の熱により、近傍の他の部品が変質しないか否かの確認を必要とする。

(3)補修補強事例

a)支承の全体取替え

単純活荷重合成桁の可動支承（1本ローラー支承）を支承板支承への取替えが行われた。

①損傷箇所の状況

- ・ 3主桁のうち、1外主桁の支承はローラー両端のガイド歯車が損傷し、ローラーが逸脱しかかっていた。
- ・ 3支承とも標準温度で上沓と下沓のずれが大きい。
- ・ 3主桁とも桁端部が隣接沓座コンクリート側面に食い込んだ状態である。

②考えられる原因

- ・ 移動量の検討不足、据え付け位置、上沓・下沓のずれ等施工時の配慮不足と考えられる。

③施工手順

- ・ 桁受け用補剛材およびブラケット、仮支承取り付け・桁ジャッキアップ、仮受け
- ・ 旧支承、ソールプレート撤去
- ・ アンカーボルト継足し（溶接）
- ・ 沓座補強鉄筋組立
- ・ 無収縮モルタル打設、養生
- ・ 仮受支承から本沓への取替え

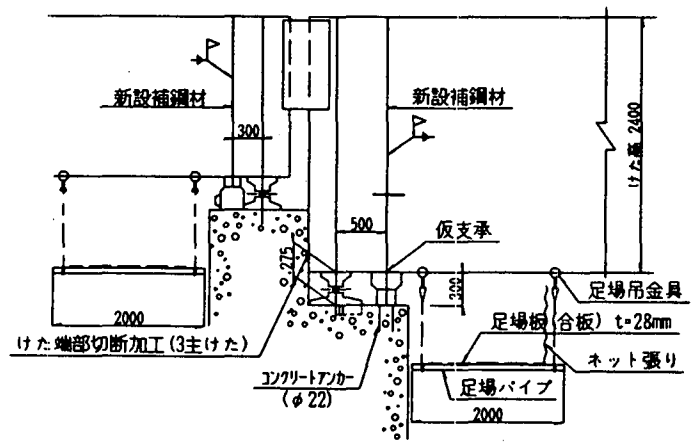


図-5.23 補修概要図

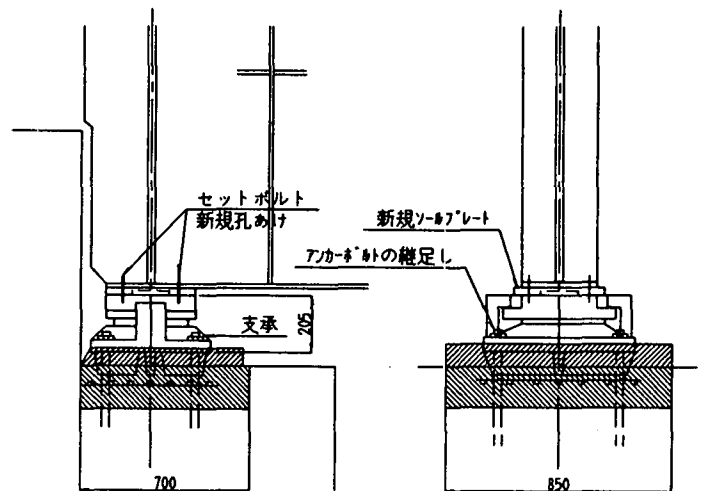


図-5.24 新支承の据付け図

b)支承の一部取替え

①損傷箇所の状況

- ・ ピンローラー支承の下沓、ローラー、アンカーボルト等の腐食が著しく機能が低下しているため、部分的に取り替えが行われた。

②考えられる原因

- ・ 伸縮継手部からの漏水によりピンローラー支承のローラー部が著しく腐食したものと考えられる。

③施工手順

- ・ 仮受部の桁の補強
- ・ 仮受部のセットおよび桁のジャッキアップ
- ・ 旧支承の取り外し、オーバーホール
- ・ 沓座コンクリートのはつりおよびアンカーボルトの取り替え
- ・ コンクリートの打設および養生
- ・ オーバーホール後の支承または新製品の取り付け
- ・ 無収縮モルタル打設



・ジャッキダウンおよび仮受台撤去

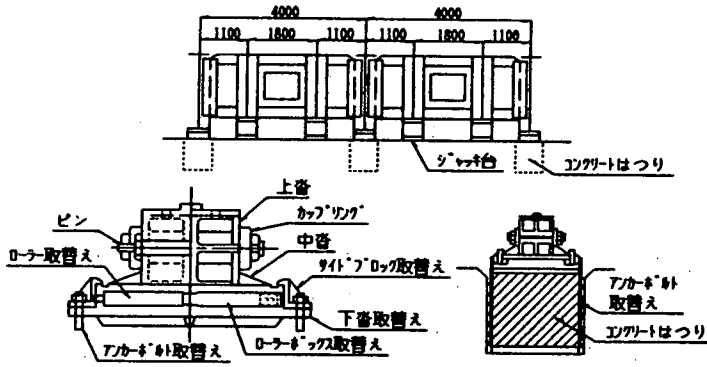


図-5.25 補修補強図

c) 支承の部分補修

支承そのものに損傷はなく、下部構造にも損傷がなかったため、沓座モルタルを撤去し、沓を一時撤去のうえ、底面十字突起を除去し、新たな底板構造に変更して再使用された。

① 損傷箇所の状況

一本ローラー支承が上沓と下沓の間で橋軸方向に75mmずれていた。

② 考えられる原因

橋台背面土圧により橋台が傾斜したためと考えられる。

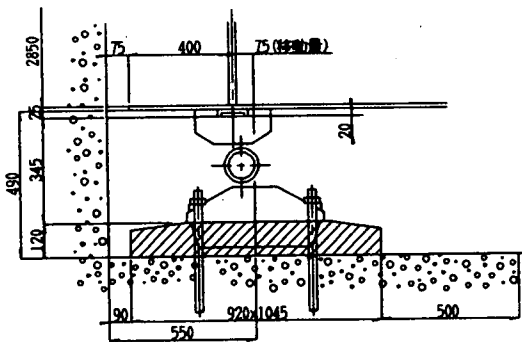


図-5.26 補修前

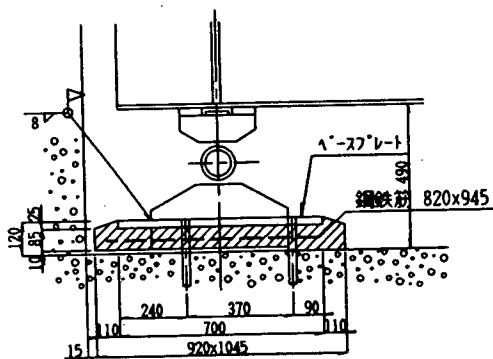


図-5.27 補修後

d) 支承の部分補修（移動制限装置の新設）

支承本体と沓座モルタルに損傷はなかったが、丸型支承のために支承本体への移動制限装置の取付けが困難であったために、端横桁に設置し、サイドブロック破損の補修に変えた。

① 損傷箇所の状況

可動支承の内側サイドブロックにひび割れが生じ、浮き上がり防止板の側面に1mm程度の摩耗が生じていた。

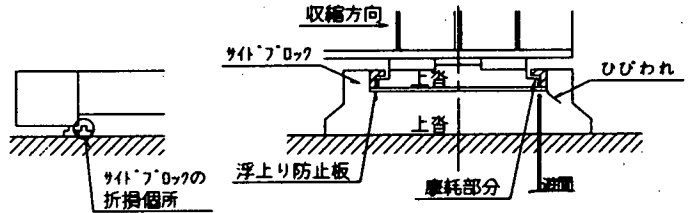


図-5.28 サイドブロックの損傷状況

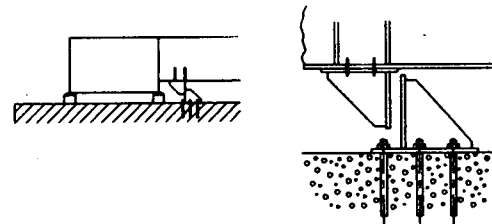


図-5.29 移動制限装置の取付け図

d) 支承の部分補修（移動制限装置の新設）

ひび割れの補修と地震時の落橋防止のため、既設の沓座コンクリートの補修と沓座の拡幅を行っている。沓座コンクリートの両端にP C鋼棒を配置しコンクリート打設後緊張を行い、水平鉄筋の不足を補っている。

① 損傷箇所の状況

曲線高架橋で橋面の横断方向の片勾配も沓座の高さを変化させてとらせていた。この沓座コンクリートにひび割れが発生した。また、沓座コンクリートの縁端と支承底板の距離が5cmしかなく、縁端部が欠け落ちていた。

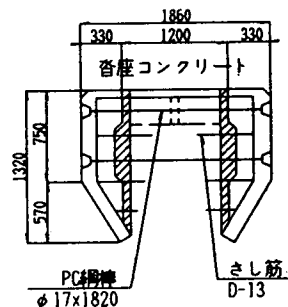


図-5.30 沓座コンクリート補強および沓座拡幅

e) 沓座モルタルの補修

沓座モルタルを打ち替え、本来の高さに据え直した。

① 損傷箇所の状況

支承板支承の沓座モルタルにクラックが発生し、支承全体が沈下している。

② 考えられる原因

モルタルの充填が不十分でモルタル、沓下に空隙があり、ライナーに加わる荷重が不均等となるために、順次モルタルが破損し、支承全体が沈下したものと考えられる。

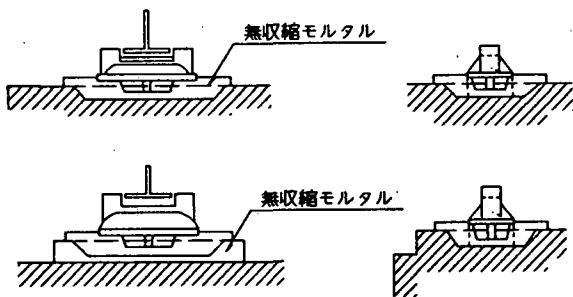


図-5.31 補修完了側面図

f) 支承板支承の損傷による桁衝撃音

① 損傷箇所の状況

鋼桁の腹板を打撃したような衝撃音が発生した。この発生音は車両の伸縮装置通過時や路面の凹凸による衝撃音とは異質な音であった。

② 考えられる原因

当橋の可動支承として、高力黄銅支承板が使用されており、すべり面に錆や塵芥の堆積がみられた。このため、温度変化や活荷重の変動に追従できず橋桁の温度変化などによる移動を拘束し、大型車両等の走行荷重の発生により瞬間的に解放されるため、衝撃音が発生したものと考えられる。

改良した支承板支承に取替え衝撃音の解消が図られた。

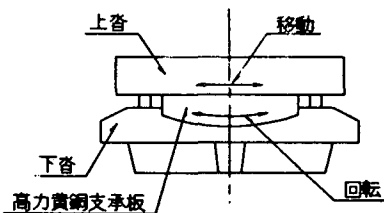


図-5.32 支承板支承

5.2.4 ゴム支承の問題点と今後の検討課題

(1) 鋼製支承をゴム支承に取り替えた場合の問題点  
既設橋梁の鋼製支承をゴム支承に取り替えた場合の問題点として以下の点が考えられる。

a) 活荷重および衝撃による支点沈下の影響

- ・ 支点沈下により床版、端対傾構に付加曲げモーメントが発生する。

b) 活荷重の変動による振動の発生。

c) 鋼製支承に比べてゴム支承が大きくなる事による影響

- ・ ゴム沓への荷重の均等化が難しく、主桁への支点上補剛材付近の改造が必要になる場合がある。
- ・ 沓座面を大きくとる必要があり、他の落橋防止装置との干渉の可能性がある、また維持管理スペースも減少する。

d) 鋼橋においては上部工重量が小さいため、ゴム支承を用いた場合、常時において水平力により橋の挙動が不安定になりやすい。

e) ゴムの経年劣化の影響

- ・ ゴムの経年劣化により当初期待している支承の性能の低下が考えられる。

f) 火災等による損傷の可能性

- ・ 鋼製支承に比べ火災に対して弱く、特に都市部の高速道路において車両、隣接建築物の火災により支承が燃えて機能の著しい低下を招く恐れがある。

g) 曲線桁や斜橋などでは、一支承線上において変形量が異なると思われるが、伸縮装置などに対する悪影響が懸念される。

(2) 活荷重および衝撃による支点沈下の影響の検討  
 支承を鋼製支承からゴム支承に変えた場合、活荷重および衝撃によりゴム支承に鉛直変位が生じ、支点沈下が起こる。この支点沈下が橋梁本体に及ぼす影響について検討を行った。検討は、以下の単純活荷重合成 I 桁をモデルに取り、変形法による任意形格子解析と、床版と桁との合成を考えた級数展開による解析の 2 つ方法により行った。

a) モデル橋梁の諸元

モデル橋梁は、架設数の多い一般的な単純合成桁とし、以下の諸元のものを用いた。

- ・橋格：1 等橋
- ・支間：30 m
- ・幅員：9.5 m
- ・主桁本数：4 本
- ・床版厚：230mm (RC 床版)
- ・桁高：1600mm

b) 解析モデル

・変形法による任意形格子解析

図-5.33 に示すような形状と剛度を持つモデルを用いて解析を行った。端横桁にも換算剛度を入力し断面力を算出した。

・床版と桁との合成を考えた級数展開による解析

図-5.34 に示す様な条件のモデルを用いて解析を行った。解析プログラムの制約上、両端固定のため中間支点を設定し、そこにゴム支承を設定した。

c) 活荷重

活荷重は、T 荷重を一組載荷するものとし、載荷位置は、橋軸方向には支点上、支間長の 1/8 点、1/4 点、1/2 点とし、橋軸直角方向には沈下量を最大にするように片方の輪荷重を主桁上とした。

活荷重には主桁間隔を支間長とする衝撃を考慮するものとし、以下の値を用いた。

- ・衝撃係数： $i=20/(50+2.9)=0.378$
- ・荷重： $10 \times 1.378=13.78 \text{tf}$

d) ゴム支承

格子解析の結果から全反力 80t の免震支承 LRB タイプを想定する。これは免震設計を行わなくとも安全率の余裕から免震支承を用いることが多いからである。鉛直バネ値は製品のばらつきを考慮して 15% の誤差を考慮し以下の値を入力の基本値とする。

- ・鉛直バネ：42,800tf/m
- ・入力値： $42800 \times 0.85=36380 \text{tf/m}$

e) 解析条件

解析ケース毎の設定条件の一覧を表-5.9 に示す。CASE1 から CASE4 までは橋軸方向に載荷点をスパン中央側に移動させたケースである。

CASE5 と CASE7 はそれぞれもとの鉛直バネ値を元の 1/2、1/10 にした場合である。

CASE6 は G1 桁に載荷点を変えたケースである。

CASE11、CASE44 は比較のためバネ値を無限大（すなわち鋼製支承を想定した場合）である。

SCASE\*, ACASE\* はそれぞれ級数展開による解析の場合、版の X 方向の長さを格子解析のスパンの倍、もしくは同じに取った場合を示し、数字は格子解析のケースと合わせている。

ACASE0 は比較のため中間の支点を除いたものである。

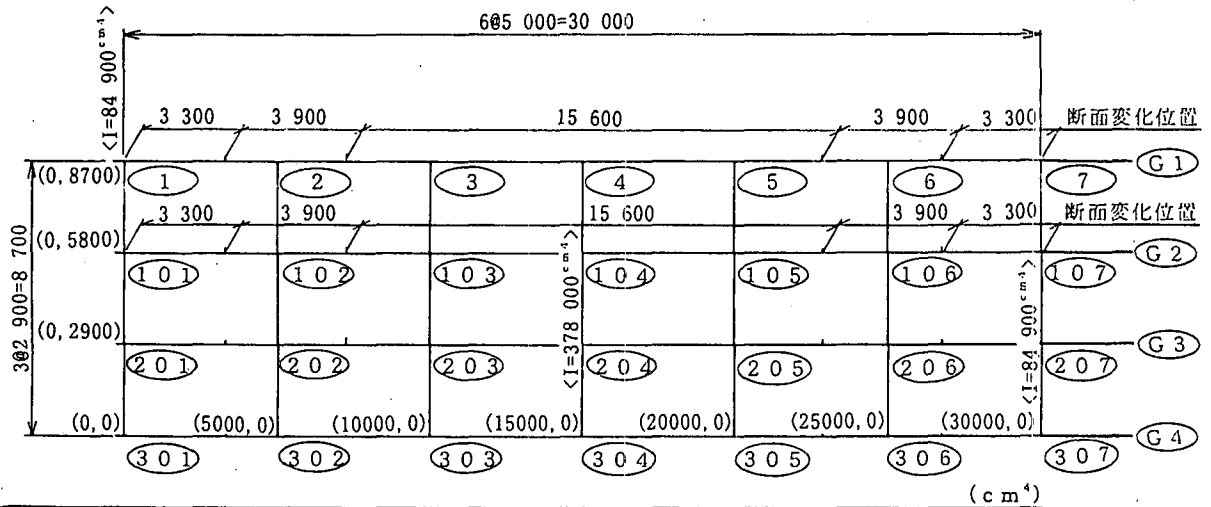
f) 解析結果

解析結果の一覧を表-5.10 に示す。結果は活荷重のみ作用した場合の沈下量、曲げモーメントである。また図-5.35 から図-5.37 に条件を変えた場合の支点沈下量の変化をグラフ化したものを示す。

表-5.9

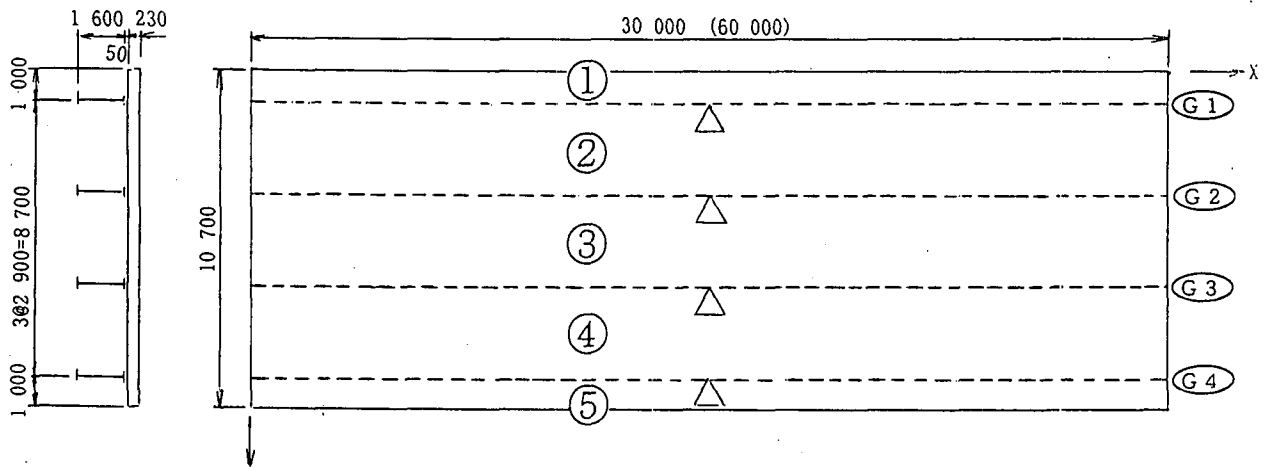
解析条件	ケース名	支点バネ (tf/m)	載荷位置 (m)		
			橋軸方向	橋軸直角方向	
格子解析	CASE1	36380	0	G2	
	CASE2	36380	3.75	G2	
	CASE3	36380	7.5	G2	
	CASE4	36380	15	G2	
	CASE5	21400	0	G2	
	CASE6	36380	0	G1	
	CASE7	4280	0	G2	
	CASE11	∞	0	G2	
	CASE44	∞	15	G2	
		ケース名	支点バネ (tf/m)	載荷位置 (m)	
			橋軸方向	橋軸直角方向	
版の級数展開	SCASE1	36380	支点位置	G2	60
	ACASE1	36380	支点位置	G2	30
	SCASE4	36380	1/2 位置	G2	60
	ACASE5	21400	支点位置	G2	30
	ACASE6	36380	支点位置	G1	30
	ACASE0	支点なし	支点位置相当	G2	30

# 骨組図



主桁剛度表		①	②	③		④	⑤
G 1	合成前	704 000	1 205 000	1 514 000		1 205 000	704 000
G 4	合成後	2 341 000	3 748 000	4 756 000		3 748 000	2 341 000
G 2	合成前	680 000	1 095 000	1 354 000		1 095 000	680 000
G 3	合成後	2 475 000	3 792 000	4 713 000		3 792 000	2 475 000
G 1	合成前	874 000	1 378 000	1 514 000	1 514 000	1 378 000	874 000
G 4	合成後	2 819 000	4 312 000	4 756 000	4 756 000	4 312 000	2 819 000
G 2	合成前	821 000	1 240 000	1 354 000	1 354 000	1 240 000	821 000
G 3	合成後	2 923 000	4 308 000	4 713 000	4 713 000	4 308 000	2 923 000

図-5.33



鋼桁諸元	$E \cdot I$ (tf m <sup>2</sup> )	$E \cdot A$ (tf)	重心距離 (m)
G 1, G 4	317 940	731 850	1.168
G 2, G 3	284 340	672 420	1.153

$E_s = 2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$   
 基準面を床版中心とする  
 中央断面が全長にわたってであると仮定する

コンクリート諸元
$E_c = 2.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
$\nu = 0.3$
$e = 0.0$ (偏心距離)

図-5.34

表-5.10

解析結果	ケース名	支点沈下 (mm)			C 1 端支点上	備考
		G 1	G 2	G 3		
格子解析	CASE1	0.024	0.479	0.258	-0.003	
	CASE2	0.054	0.374	0.215	0.019	
	CASE3	0.078	0.278	0.175	0.037	
	CASE4	0.101	0.119	0.102	0.057	
	CASE5	0.060	0.776	0.455	-0.003	
	CASE6	0.527	0.226	0.011	-0.007	
	CASE7	0.826	3.074	2.309	0.230	
	CASE11	0.000	0.000	0.000	0.000	
	CASE44	0.000	0.000	0.000	-0.000	
	版の級数展開	SCASE1	0.031	0.448	0.289	-0.016
ACASE1		0.022	0.441	0.282	-0.021	
SCASE4		0.099	0.201	0.178	0.039	
ACASE5		0.067	0.679	0.467	-0.020	
ACASE6		0.474	0.264	-0.005	-0.011	
ACASE0		3.690	5.510	4.670	2.080	支点なし
ケース名	曲げモーメント (tfm)			C 1 端支点上	備考	
	G 1-G 2	G 2-G 3	G 3-G 4			
格子解析	CASE1	0.000	2.263	-0.441		
	CASE2	0.000	1.593	-0.280		
	CASE3	0.000	0.994	-0.137		
	CASE4	0.000	0.097	0.064		
	CASE5	0.000	3.399	-0.416		
	CASE6	0.000	-0.126	-0.596		
	CASE7	0.000	9.105	1.905		
	CASE11	0.000	0.000	0.000		
	CASE44	0.000	0.000	0.000		

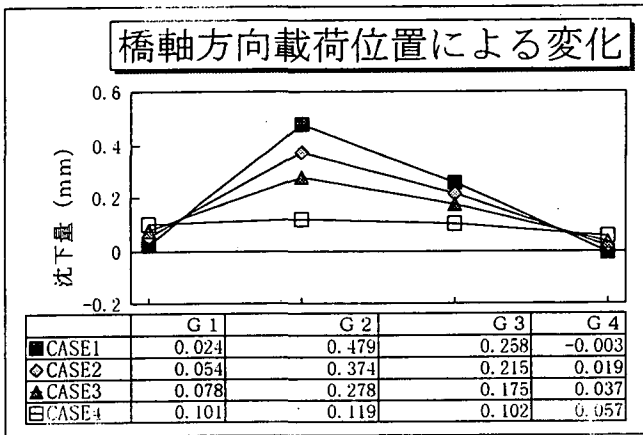


図-5.35

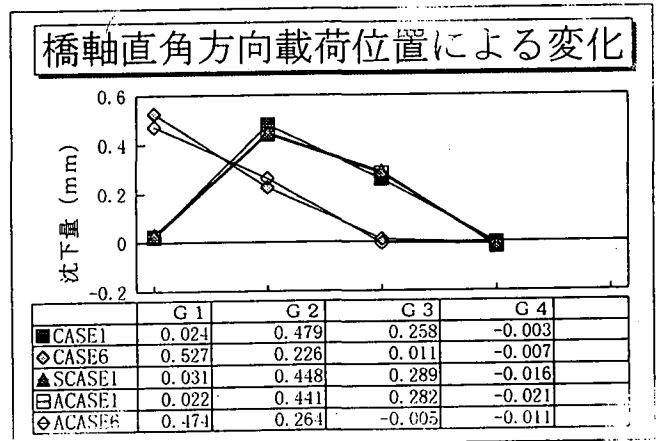


図-5.36

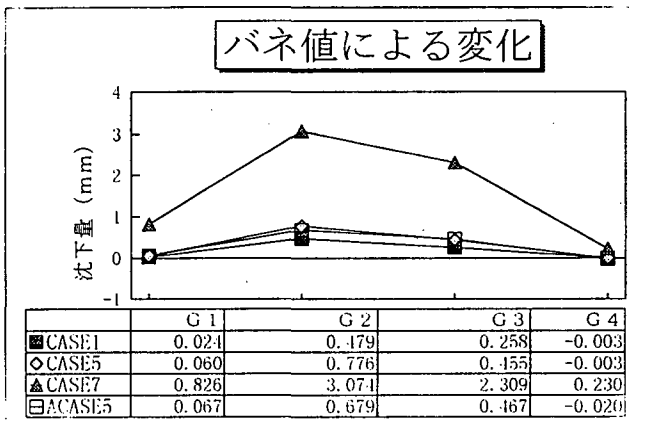


図-5.37

- 橋軸方向の荷重位置による変化  
図-5.35 から明らかなように支間中央に行くに従い桁ごとの相対変位差は小さくなる。
- 橋軸直角方向の荷重位置による変化  
図-5.36 から明らかなように荷重位置直下の変位が最大となり外桁と内桁の差はほとんどない。また解析方法のによる差もほとんどない。
- バネ値による変化  
図-5.37 から明らかなようにバネ値を通常の1/10以下にしないかぎり1mm 以下の微小な沈下量であり、桁の相対変位も問題となる量ではない。

g) 端対傾構に発生するモーメントについて

表-5.11 に示すような曲げモーメントが端対傾構に作用した場合、端対傾構の疲労強度に影響がないか否かの検討を行う。

検討は“鋼構造物の疲労設計指針・同解説”

( (社) 日本鋼構造協会編) に基づき行った。

- ・作用モーメント：M=2.263tfm
- ・端対傾構換算剛度：I=84900m<sup>4</sup>
- ・発生応力度（応力範囲）

下弦材母材断面に対して

$$\Delta \sigma = M/h/A = 2.263 \times 10^5 / 110 / 19.84 = 103.7 \text{ kgf/cm}^2 = 10.6 \text{ MPa}$$

下弦材溶接断面に対して

$$\Delta \sigma = M/h/A = 2.263 \times 10^5 / 110 / 21.2 = 97.0 \text{ kgf/cm}^2 = 9.9 \text{ MPa}$$

- ・設計計算応力補正係数  
 $\alpha = 0.7$  (床版の剛性を考慮)

・安全係数

冗長度係数： $\gamma_b = 1.00$

重要度係数： $\gamma_w = 1.00$

検査係数： $\gamma_i = 0.9$

・疲労強度等級：H (40)

以上の条件をもとに簡便な疲労照査（最大荷重単位を載荷）を行った結果を表-5.11 に示す。2ケースとも詳細な疲労照査は不要となった。

h) 考察

以上の結果から一般的な橋梁の場合鋼製支承をゴム支承に取り替えたときの支点沈下が、本体に及ぼす影響は小さく、問題の少ないことがわかった。しかしながら格子解析では考慮されない条件があるので、さらに桁端部をモデル化したFEM解析を行って水平バネや鉛直バネの影響、床版の影響、局所的な応力集中の問題を検討することが課題となる。

今回の検討ではゴムの劣化は考慮しておらず、もし劣化によるバネ値の変動や、永久的な沈下が起こった場合は、有害な相対変位が上部工に生ずるため注意が必要である。

表-5.1.1 端対傾構の疲労照査結果

疲労照査位置		下弦材母材断面	下弦材溶接断面
疲労強度等級		H (40)	H (40)
設計計算応力補正係数	$\alpha$	0.70	0.70
応力	$\sigma_{max}$ (MPa)	31.8	29.7
最大応力範囲	$\Delta \sigma_{max}$ (MPa)	22.3	20.8
応力範囲の打ち切り限界	$\Delta \sigma_{ce}$ (MPa)	23.0	32.0
平均応力補正係数	CR	1.00	1.00
板厚補正係数	Ct	1.00	1.00
安全係数	$\gamma_b$	1.00	1.00
	$\gamma_w$	1.00	1.00
	$\gamma_i$	0.90	0.90
詳細な疲労照査の要否	$\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i \cdot \Delta \sigma_{max}$ (MPa)	20.0	18.7
	$\Delta \sigma_{ce} \cdot CR \cdot Ct$ (MPa)	23.0	32.0
	要否	不要	不要

## 5. 3 伸縮装置

### 5.3.1 伸縮装置の種類

#### (1)概要

伸縮装置は橋梁端部の継目部に設けられるもので、温度変化やコンクリートのクリープ、載荷荷重などによる桁の伸縮や変形に対応する一方、橋上を通過する車両等を円滑に走行させるための装置である。

伸縮装置は橋梁と橋梁あるいは橋梁と土工部の路面の接続点に設置されるため、直接輪荷重の影響を受けることになり、その結果橋梁構造の中で最も損傷を受けやすい部位の一つとなっている。

伸縮継手に関する示方書、要領等の変遷を表-5.12に示す。

表-5.12 示方書・要領等の変遷

年月	示方書・要領等の名称	発行機関
S38. 11	鋼道路橋設計・製作示方書	日本道路協会
S45. 4	道路橋伸縮装置便覧	〃
S48. 2	道路橋示方書・同解説Ⅰ、Ⅱ	〃
S52. 4	橋りょう伸縮装置基準	日本道路公団
S53. 3	伸縮装置標準設計図集	〃
S54. 2	道路橋補修便覧	日本道路協会
S55. 4	設計要領第7編	日本道路公団
S60. 3	点検の手引きⅡ、Ⅲ	〃
S60. 9	維持管理要領(点検編)	〃
S63. 3	橋梁用伸縮装置標準図集	日本道路ジョイント協会
S63. 5	維持修繕要領 橋梁編	日本道路公団
H 2. 2	道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ	日本道路協会
H 4. 2	点検データ管理システム操作・運用マニュアル	日本道路公団
H 5. 11	道路構造令の一部改正	建設省
H 6. 3	橋梁の補修マニュアル	日本道路公団
H 8. 12	道路橋示方書・同解説Ⅰ～Ⅴ	日本道路協会

#### (2)伸縮装置の種類

伸縮装置には、埋設ジョイント、突合せジョイント、荷重支持ジョイント、鋼製フィンガージョイント等がある。これらを大別すると表-5.13のようになる。それぞれの概要を下記に示す。

##### a)埋設ジョイント(図-5.38参照)

埋設ジョイントは突合せ目地構造の伸縮部を橋面に出さず、連続舗装されたアスファルトなどの変形によって伸縮をとらせる構造である。このうち、舗装をカッターで切削して目地材を注入したものを切削目地という。伸縮装置部が路面に現れることなく舗装が連続するため、自動車の走行に対しては理想的であり、伸縮量が20mm程度までのものに採用

される。

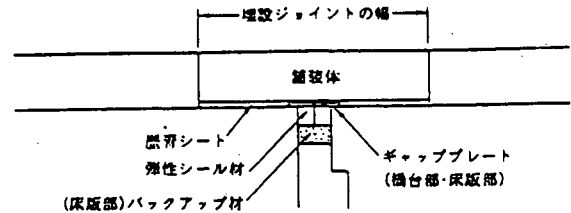


図-5.38 埋設ジョイント

##### b)突合せジョイント(図-5.39参照)

突合せジョイントは、舗装の施工前に設置する突合せ目地構造である。床版遊間に目地材を挿入するだけのものを目地板ジョイント、さらに目地隅角部(床版の両角)を山形鋼で補強されたものをアングル補強ジョイントという。また、横桁状に補剛された補剛鋼材を鋼桁に取り付け、ゴム系の目地材をはさむ形式を補剛鋼材ジョイントという。

他の形式に比べ施工性および経済性がよく、従来から伸縮量10~25mmの橋梁に使用されていたが、樹脂コンクリートと床版コンクリート材料の弾性差による割れが発生することから、最近ではあまり使用されていない。

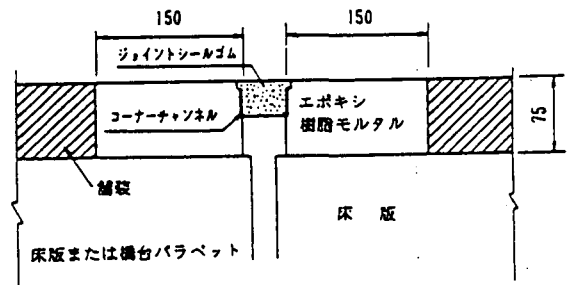


図-5.39 突合せジョイント

##### c)ゴムジョイント(突合せ形式)(図-5.40参照)

突合せ形式ゴムジョイントは、舗装の施工後に設置することができる突合せ目地構造である。本形式は種類が多く、それぞれの形状、材料、施工法などが異なっている。一般的には舗装部を切り取り、目地隅角部を鋼材、樹脂材等で補強し、目地部にシールゴム材を挿入接着されている。

ジョイントシールゴム

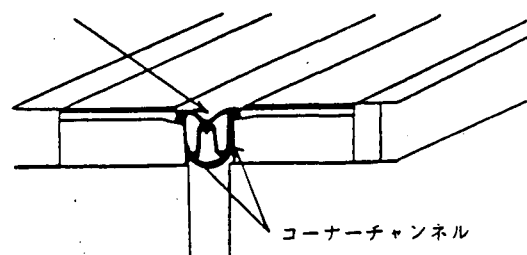


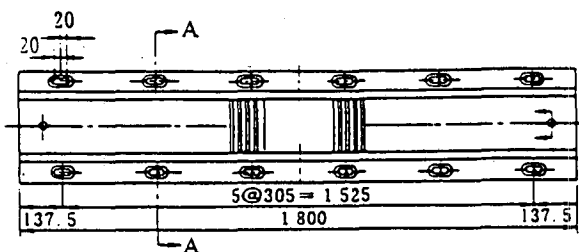
図-5.40 突合せゴムジョイント

表-5.13 伸縮装置の種類

種類	概要	形式	分類	細分種類
埋設ジョイント	前後の舗装と同程度の性状を有する舗装材料を主材料とし、変位を舗装体の変形でとらせる構造	ダミー目地形式	突合せ形式 (輪荷重を床版遊間で支持できない構造)	埋設ジョイント
突合せジョイント	遊間隅角部を鋼材、エポキシ樹脂材料等で補強し、シーリング材を接着またはアンカーで取り付けした構造	先付形式		切削目地 目地板ジョイント アングル補強ジョイント 補剛鋼材ジョイント
ゴムジョイント	伸縮自在な各種ゴム材と鋼材を組み合わせた構造。表面がゴム製、鋼製による分類および荷重を支持できる、できないによる分類の組合せで4種類に分類	後付形式	荷重支持形式 (輪荷重を床版遊間で支持できる構造)	ゴム材主体構造 鋼材主体構造(簡易鋼製ジョイント)
				ゴム材主体構造 鋼材主体構造(簡易鋼製ジョイント)
鋼製フィンガージョイント	鋼材で組み立てられ、直接輪荷重に耐えることのできるクシ形構造	鋼製形式(先付)		鋼製フィンガージョイント(鋼製形式では他に鋼重ね合わせジョイントがある)

d) ゴムジョイント(荷重支持形式)(図-5.41 参照)

単にゴムジョイントという場合には、この形式を指す場合が多い。本形式は伸縮自在な各種形状のゴム材と鋼材とを組み合わせて、輪荷重を支持できるようにした構造である。この形式も種類が多く、それぞれの形状、材料、施工法などが異なっている。



平面図



断面図

図-5.41 荷重支持ゴムジョイント

e) 鋼製フィンガージョイント(図-5.42 参照)

鋼製フィンガージョイントは、鋼材組立て構造で直接輪荷重に耐える構造である。この形式は伸縮量50~200 mmの橋梁に使用され、とくに長大橋梁に多く使われているが、その形状と種類は使用条件により数多くある。このうち、床版遊間をフェースプレートがくし形となっかみ合うように左右から張り出し(片持ち式)、あるいは架け渡している(支持式)構造を鋼フィンガージョイントと言い、矩形状とな

って重ね合わせて架け渡している構造を鋼重ね合わせジョイントと呼んでいる。(図-5.43 参照)

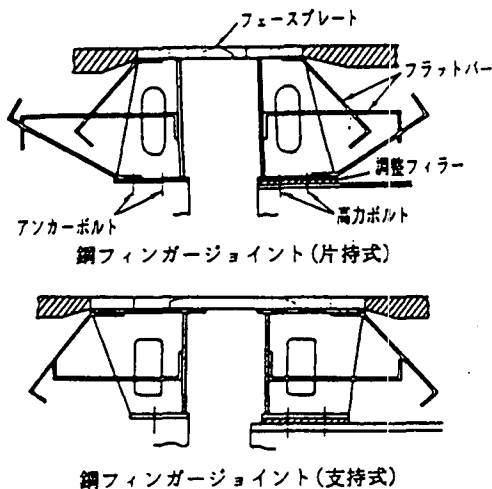


図-5.42 鋼製フィンガージョイント

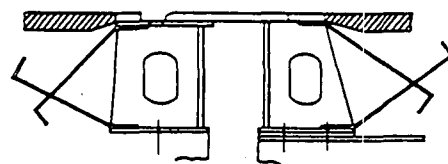


図-5.43 鋼重ね合わせジョイント

### 5.3.2 損傷の種類と原因

#### (1) 損傷の種類

伸縮装置の損傷としては、

- ・本体の損傷
- ・目地周辺または後打ちコンクリート部の損傷
- ・段差



- ・遊間の異常
- ・漏水
- ・異常音

などが挙げられる。またこれらは橋梁本体の損傷とも関連しており、例えば伸縮装置に段差、がたつきおよび損傷が見られる場合には、異常振動や異常音の発生源となっていたり、伸縮装置周辺部の床版、主桁、端横桁などの部材接合部の損傷の誘発や腐食を進行させることがある。また、伸縮装置が車両走行時に沈下する場合には支承が陥没している場合が多い。

(2) 損傷原因

伸縮装置の損傷原因は多くの悪条件が組み合わさって現れることが多く、厳密に究明することは困難であるが、一般的には下記の原因が考えられる。

a) 設計時の配慮不足

- ・形式選定の誤り
- ・伸縮量算定の誤り
- ・床版端部、桁端部の剛度不足
- ・伸縮装置本体の剛度不足
- ・伸縮装置アンカー部の強度不足
- ・後打ち材の選択の誤り

b) 製作・施工時の不良

- ・遊間の施工誤差
- ・伸縮装置の設置不良、据え付け不陸、段差
- ・溶接部の製作不良
- ・アンカー部の施工不良
- ・後打ち材の施工不良
- ・受け台の施工不良

c) 外的要因による損傷

- ・輪荷重および繰り返し頻度の増大
- ・床版の老朽化
- ・伸縮装置前後の路面の凹凸
- ・路面の清掃不十分
- ・排水樋の泥詰まりなどによる漏水
- ・下部工の側方移動、沈下

- ・支承部の沈下等の損傷
- ・取付け土工部の陥没、沈下
- ・火災、地震などの異常事態発生

図-5.44 に日本道路公団の44 管理事務所が発生した73 の損傷事例の内訳を示す。

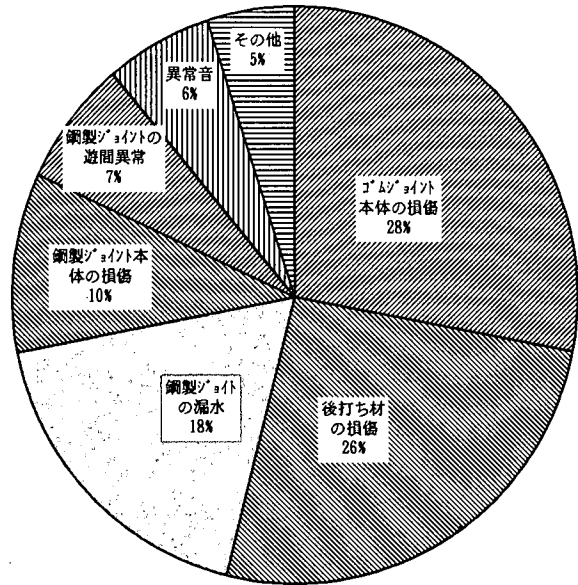


図-5.44 伸縮装置の損傷発生割合

(3) 損傷点検の判定標準

伸縮装置の点検・調査における判定の標準を表-5.14、表-5.15 に示す。

表-5.14 判定の基準

判定区分	一般的状況
AA	損傷が著しい。緊急な補修が必要。
A	損傷が大きい。早急な補修が必要。
B	損傷は小さい。適時な補修が必要。
OK	損傷がないか、あっても軽微で、補修する必要がない。

表-5.15 伸縮装置の点検・調査における判定の標準(1/3)

部位	損傷種別	判定の目安	備考
埋設ジョイント・突合せジョイント	著しいシーラ材の脱落または目地部の開きなどがあり、または引き続き進展の可能性があり、交通に支障となっているか、その恐れがある	AA	定期点検 日常点検
	長さ1 m以上のシーラ材の脱落がある 幅20 mm以上の目地部の開きがある	A	定期点検 日常点検
	シーラ材が局部的に破損したり脱落したりしている 目地の開きがある	B	定期点検 日常点検

表-5.15 伸縮装置の点検・調査における判定の標準(2/3)

部位	損傷種別	判定の目安	備考	
埋設ジョイント・突合せジョイント	目地周辺	目地周辺に著しいくぼみまたは盛上がりがあり、または引き続き進展の可能性がある、交通に支障となっているか、その恐れがある	AA	定期点検 日常点検
		目地周辺に深さ 20 mm以上、長さ 1 m以上、幅 5cm 以上のくぼみまたは盛上がりがある	A	定期点検 日常点検
		目地周辺に、くぼみまたは盛上がりがある	B	定期点検 日常点検
	漏水	目地からの漏水があり、第三者に支障となっている	AA	定期点検
		目地からの漏水があり、他の部材に悪影響を及ぼしている	A	定期点検
	異常音	目地部を車が通過する際に通常の摩擦音以外の金属たたき音、衝撃音など著しい異常音がある	A	定期点検 日常点検
異常音がある		B	定期点検 日常点検	
ゴムジョイント・鋼製フィンガージョイント	本体	著しい損傷があり、または引き続き進展の可能性がある、交通に支障となっているか、その恐れがある	AA	定期点検 日常点検
		フェースプレートに溶接部の破損または長さ 1 m以上の浮上がりがある アンカーボルト取付金具の欠損がある 長さ 50cm 以上のフェースゴムの脱落がある スノープラウによる損傷頻度が著しい	A	定期点検 日常点検 定期点検
		フェースプレートに局所的な溶接部の破損または浮上がりがある アンカーボルト取付金具のゆるみがある ボルトホールの充填物の剥離がある フェースゴムのひびわれ、破損がある スノープラウによる損傷がある	B	定期点検 日常点検 定期点検
		後打材	著しい損傷があり、または引き続き進展の可能性がある、交通に支障となっているか、その恐れがある	AA
	後打材	幅 5 mm以上の本体と後打材または後打材と舗装の隙間がある	A	定期点検 日常点検
		幅 0.3 mm以上、長さ 50cm 以上のひびわれがある	B	定期点検 日常点検
		幅 0.2 mm以上、長さ 30cm 以上のひびわれがある		
	段差	著しい段差があり、または引き続き進展の可能性がある、交通に支障となっているか、その恐れがある	AA	定期点検 日常点検
		(段差) 高 速 15 mm以上 準高速 20 mm以上 一般道 30 mm以上	A	定期点検 日常点検
		(段差) 高 速 10 mm以上 15 mm未満 準高速 15 mm以上 20 mm未満 一般道 20 mm以上 30 mm未満	B	定期点検 日常点検

表-5.15 伸縮装置の点検・調査における判定の標準(3/3)

部位	損傷種別	判定の目安	備考	
ゴムジョイント・鋼製ジョイント	遊間	遊間が閉塞され、橋本体に設計値以上の応力が生じている 恐れがある	A	定期点検 日常点検
		遊間が異常に開いて、衝撃音が大きい		
	漏水	遊間が狭まり、伸縮に支障となる恐れがある 遊間が大きく開いている	B	定期点検 日常点検
		目地からの漏水があり、第三者に支障となっている	AA	定期点検 日常点検
異常音	目地からの漏水があり、橋梁部材に悪影響を及ぼしている	A	定期点検 日常点検	
	目地部を車が通過する際に、通常の摩擦音以外の金属たたき音、衝撃音など著しい異常音がある	A	定期点検 日常点検	
	異常音がある	B	定期点検 日常点検	

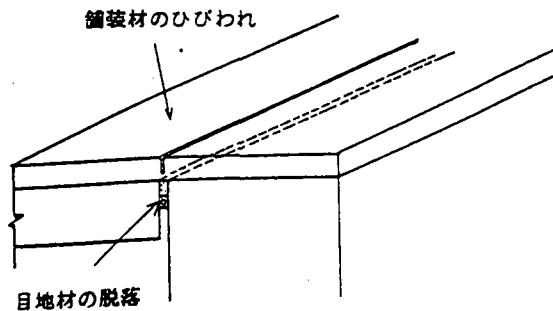


図-5.45 突合せジョイントの損傷事例

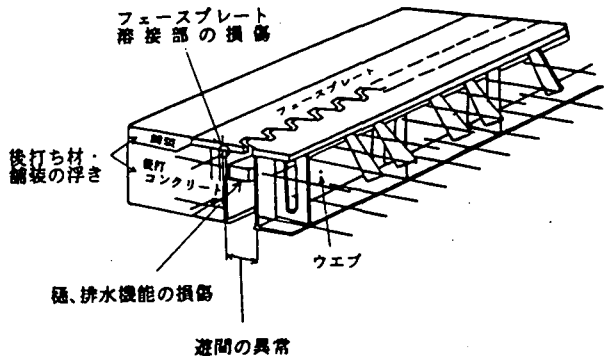


図-5.48 鋼製フィンガージョイントの損傷事例

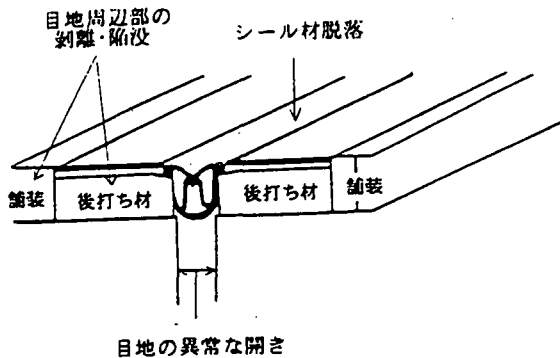


図-5.46 突合せ型ゴムジョイントの損傷事例

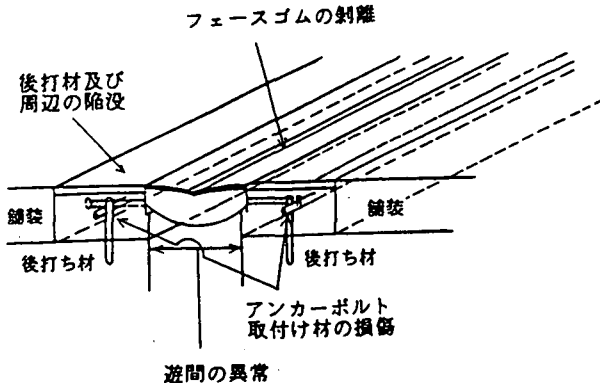


図-5.47 荷重支持型ゴムジョイントの損傷事例

5.3.3 補修・補強事例

(1) 損傷部位および程度による補修方法の選定  
 損傷が生じている部位と損傷程度による補修方法は、表-5.16を前提として検討する。

表-5.16 標準的補修方法

損傷の種別	補修工法の標準的選定
本体の損傷 および目地 周辺の損傷	AA: 全体取り替え (緊急補修) A: 全体取り替えまたは部分補修 B: 部分補修
後打ち材の 損傷	後打ち材の補修
段差	全体取り替え 後打ち材の打ち替え 床版補修, 嵩上げ, 薄層舗装
遊間異常	全体取り替え 床版補修 (遊間縮小)
漏水	止水ゴムの取り替え 鋼製フィンガージョイントの止水化 地覆の止水補修
スノープラウによる 損傷	誘導板の新設

## (2)補修検討における留意事項

伸縮装置を補修する上で次の項目を考慮し、検討しなければならない。

a)できるだけ早期に補修を行うこと

b)損傷原因を解明すること

下部工や支承や床版端部の損傷などが原因の場合は、損傷原因を取り除くために、伸縮装置の補修と併せてそれらも補修しなければならない。

伸縮装置に及ぼす下部工の原因としては側方移動や沈下などが、支承の原因としては沓座等の損傷による沈下などが、また床版の原因としては強度劣化などが考えられ、段差や遊間の異常などとして現れる。

c)立地条件を把握すること

- ・交通量および大型車混入率（補修サイクル、耐久性への配慮）
- ・沿線環境 漏水防止、騒音防止、振動防止の必要性、鋼製フィンガージョイントは非排水化する
- ・積雪地区（プラウ誘導板の設置の有無）

d)施工条件を把握すること

- ・交通規制の方法（範囲および時間）
- ・補修に要する時間（補修規模、方法、材料）
- ・施工時の気象条件
- ・沿線環境（施工時の騒音、振動、防水対策）

e)部分補修と全体取り替えの選択を判断すること

- ・桁および床版端部の構造の把握と伸縮装置の特性の十分な理解

鋼製フィンガージョイントで桁や床版と一体に施工されたものは、損傷部分のみの補修や部分取り替えが不可能なことが多い。そのため、通常の補修では後打ちコンクリートを含めて全体を取り替え、再施工することになる場合が多い。

- ・遊間量・伸縮量の適正

遊間量、伸縮量の検討を必ず行うと共に、遊間量、伸縮量が適正範囲に合致した形式を選定しなければならない。不適正ならば全体取り替えとする。

必要以上に遊間が大きい場合は、床版端部の補修も併せて検討する。設計伸縮量が小さい場合は、埋設ジョイントへの変更も併せて検討するのが良い。

- ・損傷範囲が局部的であるか
- ・部分補修が可能か

後打ち材の補修、取付ボルト・ナットやゴムの交換、鋼製フィンガージョイントの溶接クラックの補修など。

突合せ形式やゴムジョイントで、伸縮装置本体を橋梁側と橋台側にそれぞれ固定する後打ち材に損傷が生じた場合、はつり作業を損傷部分に限定することが困難であり、損傷箇所を過小に限定してしまうと再び同じ損傷が生じて再補修になるので、そのような場合には、交通規制の範囲内でできるだけ幅広く取り替えてしまうのが良い。

- ・施工条件からの制約

f)補修記録

補修した場合には、再補修の際の損傷原因の解明、補修方法の選定などの資料として、必ず記録を残しておく必要がある。主な記録項目は以下のとおりである。

- ・橋梁名、補修年月
- ・伸縮装置位置、場所（上下線、橋台・橋脚番号、車線区分）
- ・伸縮装置の種別・製品名、諸元（許容伸縮量、最大遊間量など）
- ・補修延長、補修理由（損傷の種別など）
- ・補修内容（新設、取替、形式変更、応急補修など）
- ・温度および遊間量、予備圧縮量

## (3)補修・補強の具体例

a)鋼製フィンガージョイント

i)設計・計画上の主な留意点

- ・鋼製フィンガージョイント全体を取り替える場合、伸縮装置を一時的に撤去した状態で交通供用することになる場合がある。この場合、桁端部のねじれに対して、補強横桁あるいは縦桁を増設する必要が生じることがある。（図-5.49 参照）

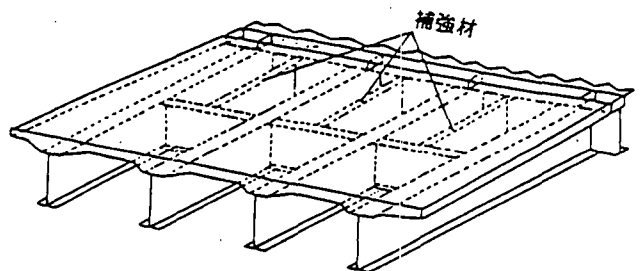


図-5.49 鋼橋の補強例

- ・取り替え作業は、一般の交通を供用しながら車線規制の中で行うか、あるいは通行止め時に行うことになるが、前者の場合は分割施工の手順の検討が必要となる。
- ・新しい伸縮装置は止水化を図る。

- ・実測の遊間量によっては、鋼製フィンガージョイント以外の形式に取り替えた方が有利な場合もある。

ii) 工程上の留意点

- ・鋼製フィンガージョイントは橋梁ごとに製作されたものであるから、新しい同型の伸縮装置に取り替える場合には新たに製作することになる。したがって、工程は材料手配から製作までの期間の余裕を考慮して検討しなければならない。一般的には3～4ヶ月間程度の製作期間を必要とする。
- ・旧伸縮装置の撤去に予想以上の時間を要することがあるので、事前に構造および補修歴などの既往資料を調査しておくことが必要である。

iii) 施工上の留意点

- ・鋼製伸縮装置の取り替えは、全取り替えの場合には車線ごとに分割して取り替えることになるが、撤去開始から据付を完了して交通供用ができるようになるまで長時間を要するので、交通規制の時間に十分余裕をもって警察との協議を行っておく必要がある。
- ・鋼製伸縮装置が河川、道路または鉄道上に位置する場合には、関係官庁との協議が必要となることがあるので、これに要する余裕を考慮しておく。
- ・工事中の騒音が問題となる場合には、無騒音工法の選択や工事時間帯の検討が必要である。また、関係する住民には事前に了解を得る必要がある。

b) その他の伸縮装置

切削目地、突き合わせ後付形式、荷重支持ゴムジョイント等の伸縮装置の標準的な取り替え手順および注意事項を示す。

i) 設計・計画上の主な留意点

- ・環境対策上の理由によって埋設ジョイントを採用している場合を除き、切削目地およびゴムジョイント（突合せ形式）で補修の頻度が高く、損傷の原因が交通量の増大によるものと考えられる場合には、ゴムジョイント（荷重支持形式、鋼材主体）へ取り替えることを検討する必要がある。
- ・ゴムジョイントで取付金具および補強鋼板の腐食が損傷の原因になっている場合には、亜鉛メッキ材の使用等の腐食対策を講じる。
- ・部分補修した伸縮装置では、継目が一体化せずその部分から損傷が進行することがあるので、車線全幅で施工することが望ましい。
- ・後打コンクリートの施工幅は、施工性の面から

も広く（30cm程度）取ることが望ましい。

ii) 工程上の留意点

鋼製フィンガージョイントの取り替えに準じる。

iii) 施工時の主な留意点

- ・桁端部の打ち下しの範囲が狭い橋梁において、端横桁が主桁端の内側にある場合には、後打ちコンクリートのはつりや削孔時の下面をブレイカー等が突き抜けることも考えられるので注意が必要である。万一、端部床版をブレイカーが突き抜けることに備え、型枠となるような鋼板および加工機械器具等を準備しておくことも必要である。
- ・床版端部には鉄筋が込み入っているため、はつり範囲の見極めが困難である。伸縮装置の取り替え時には経験者を配置することも必要である。
- ・後打ちコンクリートのはつりガラなどは、路面はもとより橋台や橋脚の天端に残存されることがないように十分清掃しなければならない。

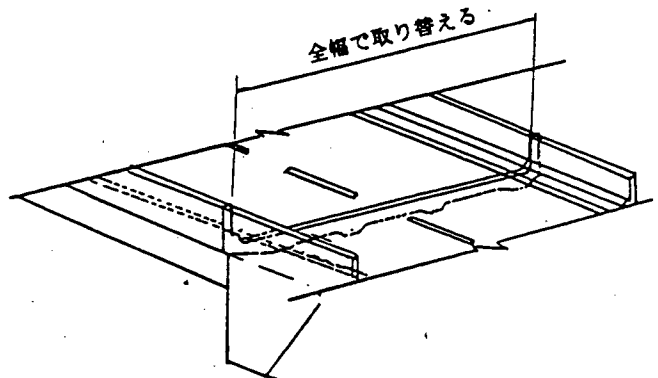


図-5.50 伸縮装置取り替え範囲

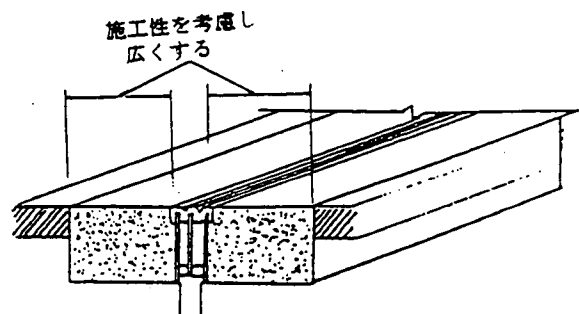


図-5.51 後打ちコンクリートの施工幅

5.3.4 ノージョイント化工法

(1) 目的

ノージョイント工法とは、維持管理上の問題箇所の解消、車両走行の円滑化、騒音・振動の低減を目的として、舗装あるいは床版のみを連続化することにより伸縮装置をなくす工法の総称を指す。

(2) 工法の分類と概要

a) 「埋設型」ノージョイント工法

本工法は、図-5.52に示すように床版や主桁を連結することなく、舗装の中で処理する方式をいう。

これは、舗装自身の材料的な変形性能によって主桁の変形量を吸収するもので、一般的に温度変化時の伸縮量の少ない小規模スパンの橋梁に適用されている。舗装体の変形性能によって主桁の変形を吸収するため、ノージョイントといえどもジョイントとしての性格があることから、一般的には「埋設型ジョイント」と呼ばれている。

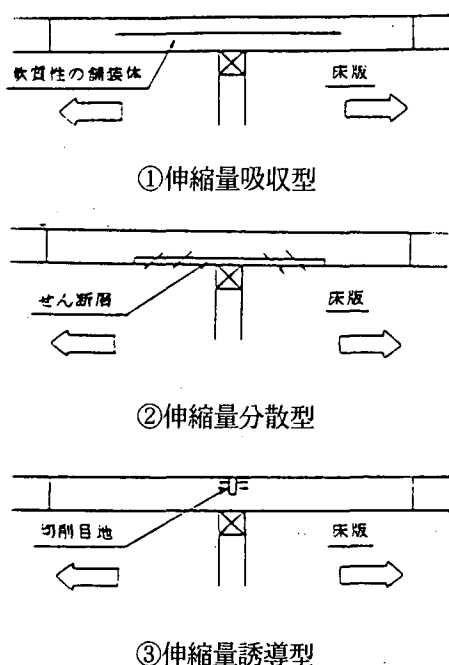


図-5.52 「埋設型」ノージョイントの分類

b) 「連結型」ノージョイント工法

本工法は、既設単純桁の床版、横桁、主桁の一部もしくは全体を連結して、結果的に伸縮装置を撤去する方式のものである。構造系の変更を伴うため、温度変化時や地震時の対応から支承の取り替えやダンパーの設置を伴うことが多い。また、連結構造が可能であれば、小規模から中規模スパンの橋梁に適用することができる。基本形式を分類すると、おおむね図-5.53に示すように3つの工法に分類される。各工法は、次のような考え方に基いている。

i) 床版連結工法：

隣接する主桁間の変形量を拘束する比較的簡単な手段として、床版のみを連結する工法である。通常は、既設の伸縮装置を撤去すると同時に所定の範囲のRC床版の鉄筋をはつり出し、これに連結鉄筋を定着させるのが一般的な方法である。活荷重に対しては単純桁に近い挙動となり、温度変化や地震時の挙動は連続桁に近い状態で、しかも床版のみで応力

を伝達することになる。

ii) 横桁連結工法：

主としてPC桁やRC桁に適用され、比較的剛な端横桁をPC鋼棒などで締結することによって隣接する主桁間を連結する工法である。締結の方法によっては主桁間の拘束度が大きくなり、締結の方法が弱ければ単純桁に近い状態になる。鋼桁では適用性が比較的小さい。

iii) 主桁連結工法：

主桁のフランジおよびウェブの一部あるいは全体を連結する工法で、鋼桁の場合には有利な方法となる。活荷重、温度変化、地震時に対して連続桁として挙動させるもので、基本的に床版を連結しないため工事騒音が少なく、工事の大部分を路下で行うことができ交通規制が少ないという利点がある。

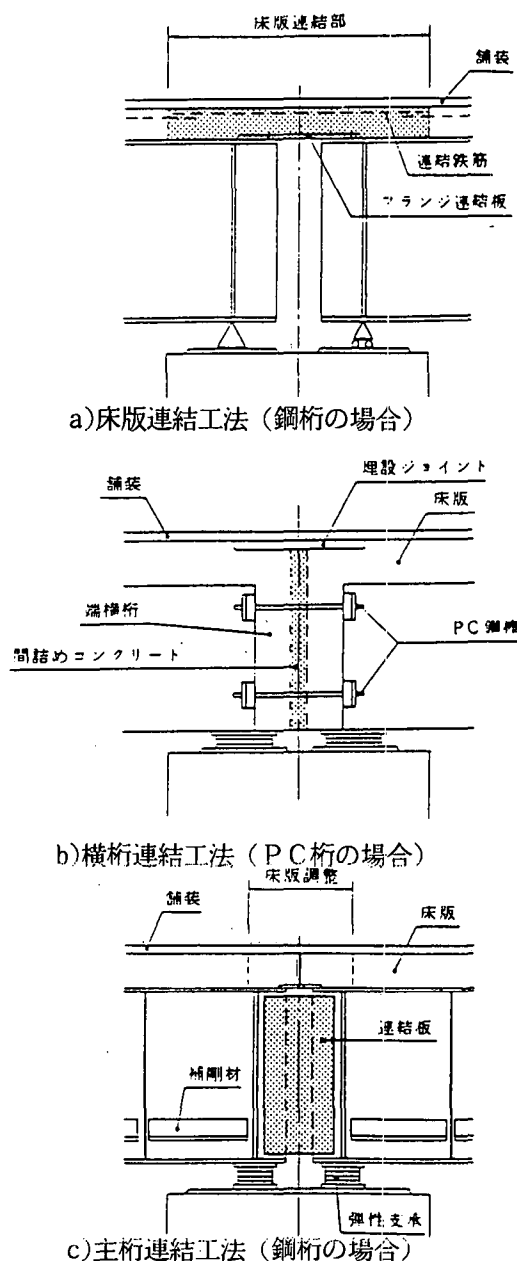


図-5.53 「連結型」ノージョイントの分類

## 5. 4 落橋防止装置

### 5.4.1 落橋防止装置の種類

#### (1)概要

落橋防止装置とは、地震時に橋梁上部工の支承部において、上沓が下沓から逸脱したり、上部工の桁が下部構造頂部から逸脱して落橋するのを防止することを目的として設置されるものと定義されてきた。

この落橋防止装置に関する設計基準の変遷を文献<sup>9)</sup>の比較表をもとにまとめると表-5.17のとおりである。

昭和39年の新潟地震において、架橋地点の周辺地盤の広範囲に及ぶ液状化によって、下部構造に大きな変形が生じ、上下部構造間に有効な落橋防止構造を欠いていたために上部構造の落橋を招いた例が報告された。このような経験から昭和46年に「道路橋耐震設計指針」が発行され、上下部構造間の相対変位による落橋を防止するための構造細目が規定され、これによって構造系全体としての安全性を確保しようという考えが導入された。

昭和46年3月に「道路橋耐震設計指針」が制定されるまで、特殊な橋梁を除く一般的な橋梁では、本格的な落橋防止についての配慮がなされておらず、昭和46年以前に新設された橋梁では、建設時から上記指針に適合する落橋防止装置を備えた橋梁は極めて少ない。その後の宮城県沖地震、浦河沖地震において、鉄筋コンクリート橋脚の破損と同時に支承及びその周辺の上下部構造に多くの損傷が見られたため、昭和55年の「道路橋示方書V耐震設計編」においてRC橋脚の変形性能の照査規定が加えられた。さらに、昭和55年の「道路橋示方書V耐震設計編」の制定後の約10年間、橋の耐震設計に関して多方面の調査研究がなされてきた。とくに、橋を支持する地盤の振動特性、橋の地震応答特性、鉄筋コンクリート橋脚の動的耐震力などについて新しい知見が得られた。これらの調査研究の成果をもとに、平成2年2月に「道路橋示方書V耐震設計編」が改訂され、新たな地震時の設計水平力が規定された。

しかしながら、平成7年の兵庫県南部地震において、道路橋等に上部工の落橋や支承の破損により大きな被害が生じたため、橋梁、道路等の技術基準の改定が行われるまでの当面の処置として「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」が通知され、落橋防止装置の複数使用、緩衝材の使用による衝撃力の緩和、設計水平力の割増しが行われた。

さらに、平成8年には「道路橋示方書V耐震設計編」が改訂され、従来の落橋防止装置を桁かかり長、落橋防止構造、変位制限構造および段差防止構造からなる落橋防止システムとして位置付け、ジョイン

トプロテクター、段差防止構造などの規定が新たに盛り込まれた。

#### (2)種類

現在使用されている落橋防止装置には以下に示すような種類のものがある。

- a) 支承部に上沓が下沓から逸脱しないように移動制限装置を設けるもの(表-5.18 A)。
- b) 桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さを確保するもの(表-5.18 B)。
- c) 2連の桁を相互に連結するもの(表-5.18 C)。
- d) 桁と下部構造を連結するもの(表-5.18 D)。
- e) 桁または下部構造に突起を設けるもの(表-5.18 E)。

一般に落橋防止装置を設計する上でこれらのうちのどの方法を選択するかは、桁と下部構造間のスペース、 $S_E$ の規定を満足させるための下部構造との関係、施工性などを判断して決定する。

また、既設の橋梁に後付けで落橋防止装置を備えるためには、移動制限装置の設置、沓座の拡幅、落橋防止装置の設置が考えられる。これらには、景観面で問題はあがるが、ピン、リンク、チェーンなどを用いて桁と下部構造を連結する工法(表-5.19 A)、鋼製ブラケット、プレキャストブロックなどにより下部構造に突起を設ける工法(表-5.19 B)、および鉄筋コンクリート、鋼製ブラケットなどにより下部構造頂部を拡幅する工法(表-5.19 C)などがある。

兵庫県南部地震以後は、橋軸・橋軸直角方向いずれにも移動可能で、衝撃に強い構造と優れた緩衝メカニズムを備えた連結ケーブルによる落橋防止装置がよく使われるようになってきた(図-5.54参照)。

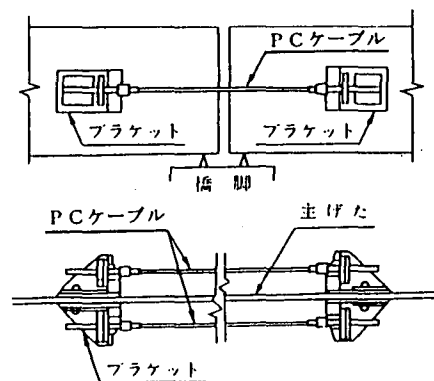


図-5.54 連結ケーブルによる落橋防止装置





表-5.18 新設橋に設ける落橋防止装置の種類

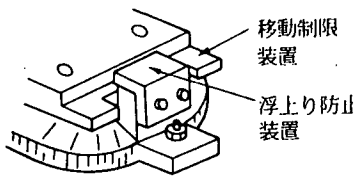
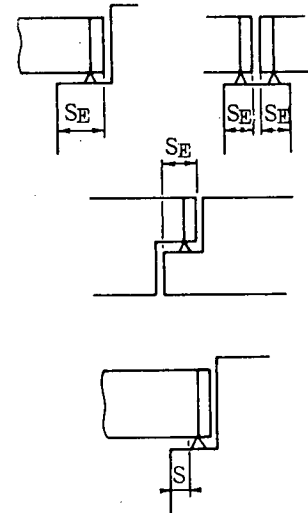
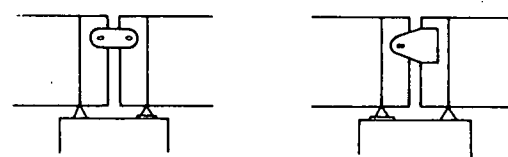
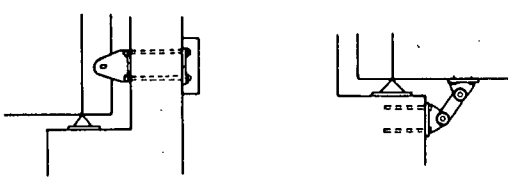
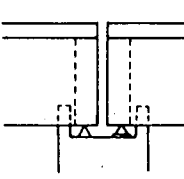
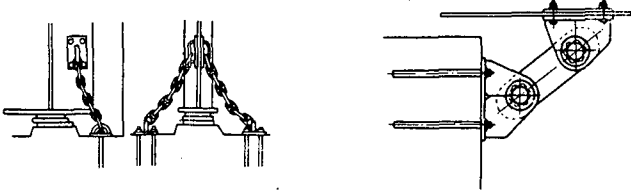
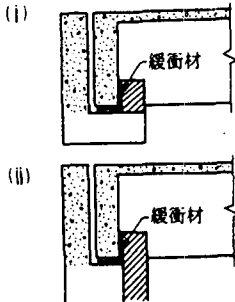
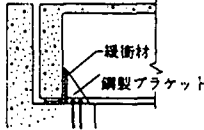
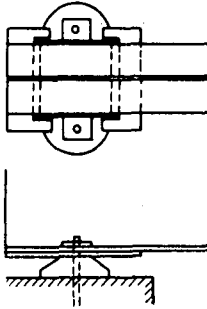
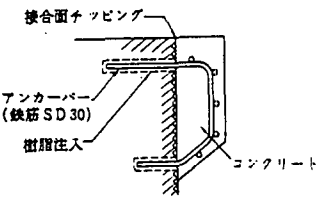
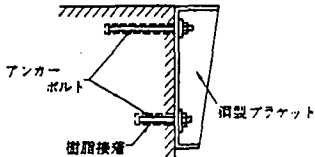
種類	概要図
<p>A</p> <p>支承部に上沓が下沓から逸脱しないように移動制限装置（浮上り防止装置を含む）を設けるもの（支承部移動制限装置）</p>	 <p>移動制限装置 浮上り防止装置</p>
<p>B-1</p> <p>桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さ確保するもの</p> <p>B-2</p> <p>下部構造頂部縁端と支承縁端間の距離を十分にとるもの。</p>	 <p>SE: 桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さおよびかけ違い部の桁の長さ(cm) L: 支間長(m) L ≤ 100の場合 SE = 70 + 0.5L L &gt; 100の場合 SE = 80 + 0.4L</p> <p>S: 橋軸方向の支承縁端と下部構造頂部縁端との距離(cm) L: 支間長(m) L ≤ 100の場合 S = 20 + 0.5L L &gt; 100の場合 S = 30 + 0.4L</p>
<p>C</p> <p>2連の桁を相互に連結する構造（桁間連結装置）</p>	
<p>D</p> <p>桁と下部構造を連結する構造</p>	
<p>E</p> <p>桁または下部構造に突起を設ける構造</p>	

表-5.19 既設橋に落橋防止装置を後付けする場合の構造

種 類	概 要 図
<p>A</p> <p>桁と下部構造を連結する構造</p>	
<p>B</p> <p>桁または下部構造に突起を設ける構造</p>	<p>(1)鉄筋コンクリートの打設</p>  <p>(2)鋼製ブラケット設置</p>  <p>(3)その他</p> 
<p>C</p> <p>下部構造頂部を拡幅する工法</p>	<p>(1)鉄筋コンクリート打設</p>  <p>(2)鋼製ブラケット設置</p> 

## 5.4.2 損傷事例とその原因

### (1) 損傷事例

落橋防止装置の損傷事例としては、以下のようなものが挙げられる。その中で、兵庫県南部地震以前における震災による損傷例は、三陸はるか沖地震による損傷例など若干の報告があるものの極めて少なく、以下に示した損傷例のほとんどは施工不良や下部工の移動等によるものである。

なお、兵庫県南部地震による損傷事例は、そのほとんどが下部工の損傷による上部工の落橋や過大な地震力に起因するものであり、従来の落橋防止装置の損傷形態とは全く異なるものであった。

従って、別途項目を設けて損傷事例を紹介することとした。

- a) 連結板と支点上補剛材または端ブラケットとの接触によりこれらの部材が損傷した例
- b) ピン固定用ナットと端横桁の垂直補剛材との接触
- c) 腐食
- d) 連結板のわれまたは変形
- e) 取付用高力ボルトの折損またはゆるみ
- f) 高力ボルトの長孔の縁端距離不足
- g) 連結板を取付た端横桁垂直補剛材が引張られ、すみ肉溶接部からはく離して腹板がはらんでいる例または腹板裏側にわれを発生している例
- h) 落橋防止装置の移動余裕量が不足している例
- i) 連結板が支点上補剛材に接触して主桁の腹板とフランジの溶接部および主桁腹板補強板取付溶接部にわれが生じ、かつ主桁腹板にはらみが生じた例
- j) 主桁をつかむ形でパラペットに設置されていた落橋防止装置のアンカー部が引き抜かれている例<sup>12)</sup> (写-5.1)

### (2) 損傷原因

- a) ボルトの締めすぎにより、桁の移動や回転を拘束したために生じる損傷
- b) ボルトの締め付けが不十分なために生じる、緩みによる異常音の発生やボルトの脱落
- c) 落橋防止装置の設置位置は上部工の製作誤差、下部工の架設誤差、施工誤差が集約されるところであり、これらの誤差を考慮した設計になっていないため、他の部材と接触したり、遊間の異常が生じたりして、移動や回転を拘束する場合
- d) 落橋防止装置取付位置の補剛材や腹板を補強する必要があるのでに補強されていない例
- e) 下部工の側方移動などの変位による損傷

### (3) 兵庫県南部地震による損傷事例

兵庫県南部地震による落橋防止装置の損傷は、鋼板を用いた桁連結装置で多くみられた。これは、上部工の橋軸方向、橋軸直角方向への移動による損傷、

および下部工の損傷が原因と考えられる。以下に損傷事例を示す<sup>10) 11)</sup> (写-5.2~写-5.11参照)。

- a) 連結板の損傷
- b) ウェブの破断・座屈
- c) ピンの破断

また、兵庫県南部地震では、落橋防止装置の破壊後にも桁かかり長 $S_E$ により落橋を免れた事例もあった。

### 5.4.3 補修・補強事例

補修・補強の概要を以下に示す。

- a) 連結板や補強板などの板同士が接触して移動を拘束している場合は、テフロン板を挿入して移動が円滑になるようにする。
- b) 移動・回転機能を拘束している場合は、新しい連結板に取替えるか、リンク形式の落橋防止装置に改造する。
- c) 高力ボルトの締め過ぎによる損傷の場合は、ピン構造に改良するか、高力ボルトおよび連結板を取替える。
- d) 溶接部や母材にわれが生じている場合は、溶接によってわれを補修する。
- e) パラペットからアンカー部が引き抜かれている場合は、パラペットをはつた後、アンカーボルトの切断を行い、切り口をグラインダーで仕上げ、アンカーボルトの継ぎたし溶接をする<sup>12)</sup> (写-5.12~写-5.17)。

平成8年「道路橋示方書V耐震設計編」の改訂による今後の動向・展望として、桁かかり長の確保、段差防止構造の追加、橋軸直角方向への移動に追従できる構造に変えるなどの落橋防止装置に関する補修・補強工法、または、取替え工法が考えられる。

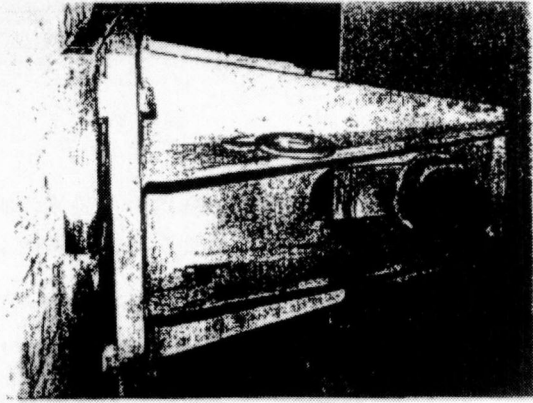


写真-5.1 アンカー部の損傷

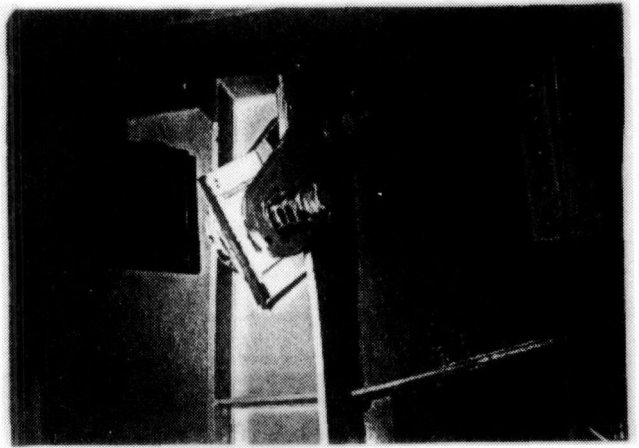


写真-5.2 落橋防止装置の損傷（その1）

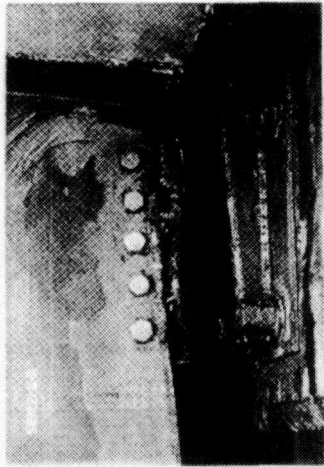


写真-5.3 落橋防止装置の損傷（その2）

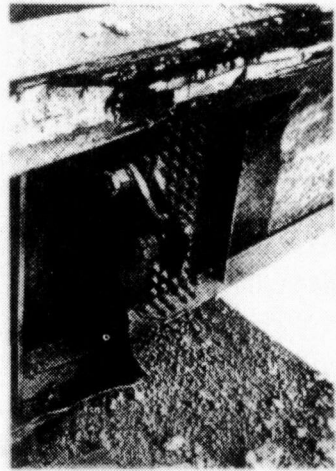


写真-5.4 落橋防止装置の損傷（その3）

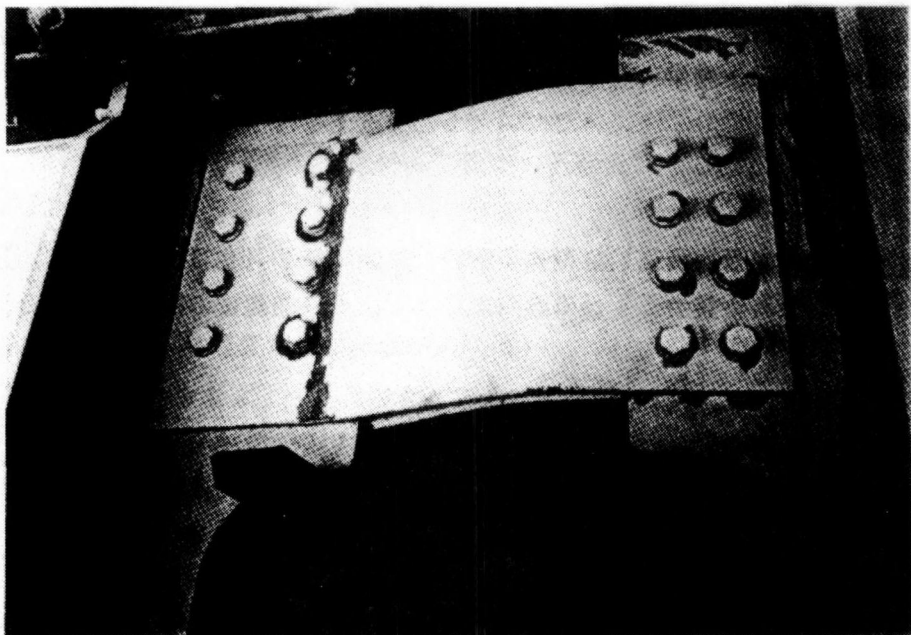


写真-5.5 落橋防止装置の損傷（その4）

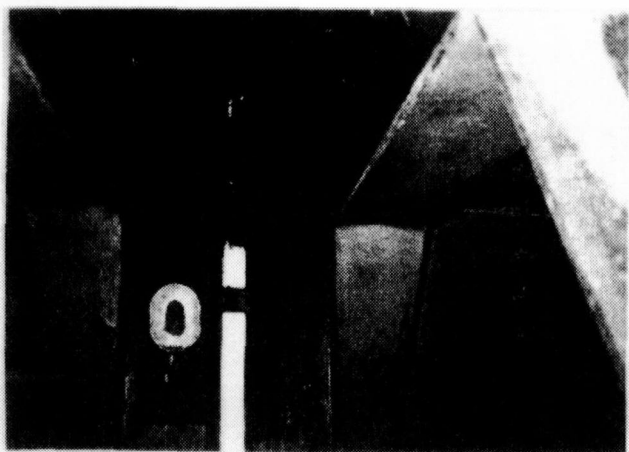


写真-5.6 落橋防止装置の損傷（その5）

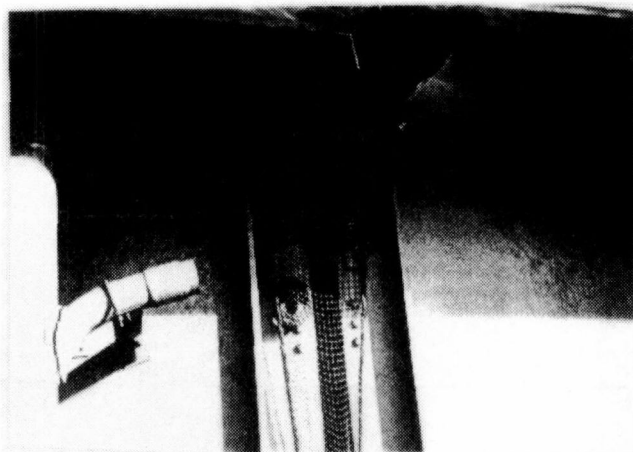


写真-5.7 落橋防止装置の損傷（その6）

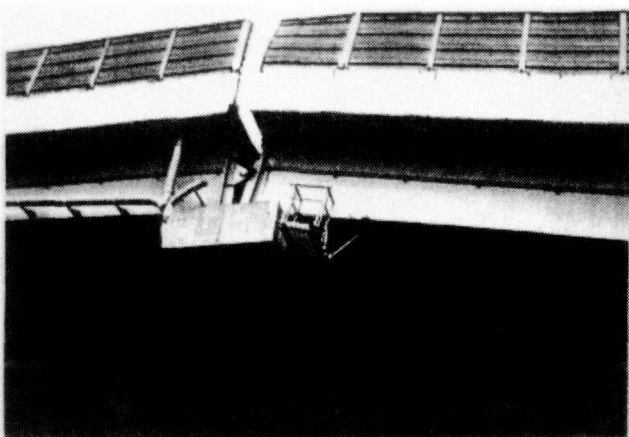


写真-5.8 落橋防止装置の損傷（その7）

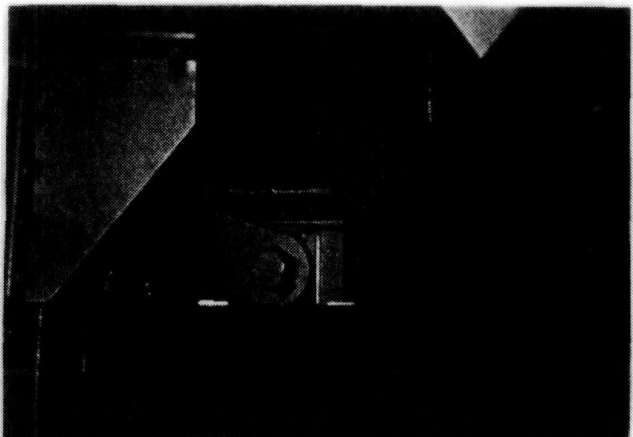


写真-5.9 落橋防止装置の損傷（その8）

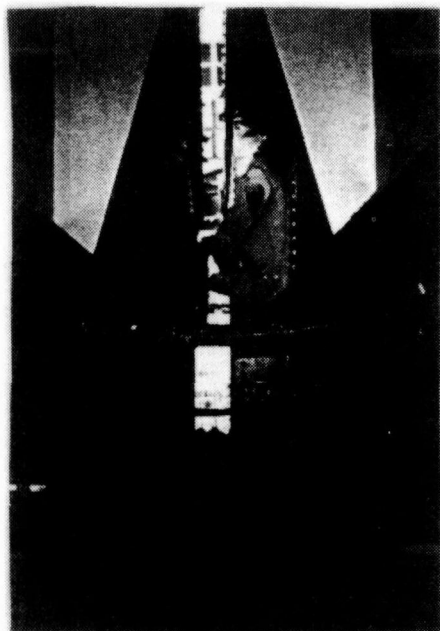


写真-5.10 落橋防止装置の損傷（その9）



写真-5.11 落橋防止装置の損傷（その10）

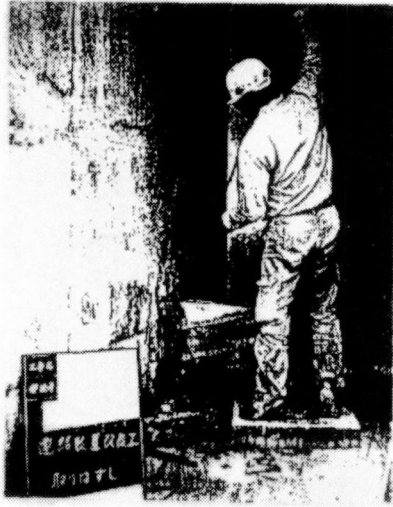


写真-5.12 連結装置取りはずし

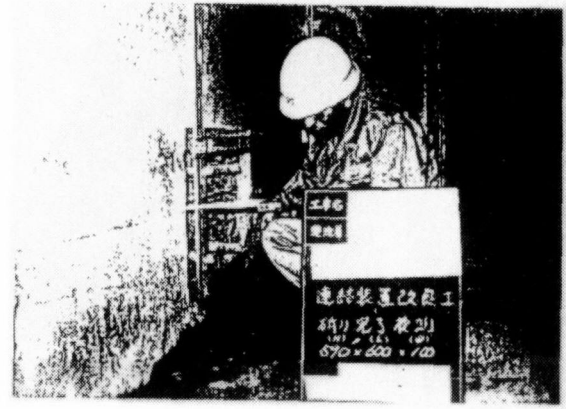


写真-5.13 連結装置の改良

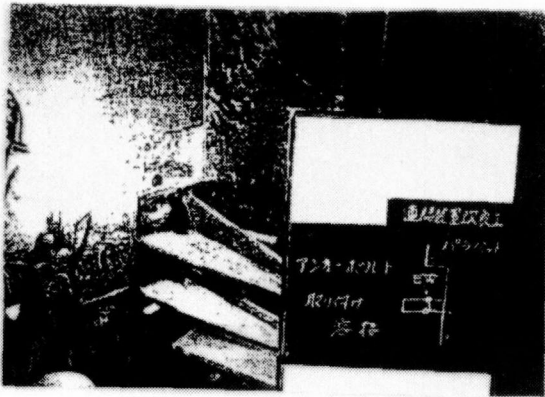


写真-5.14 アンカー設置

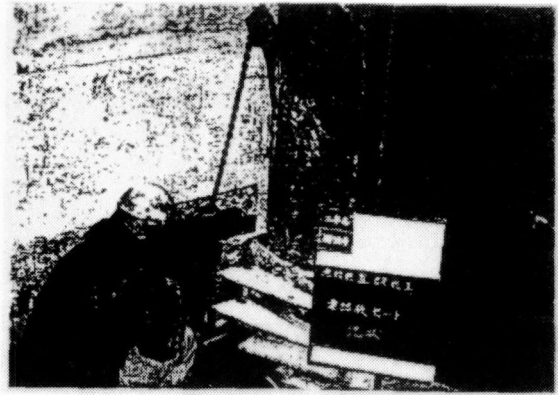


写真-5.15 連結板設置

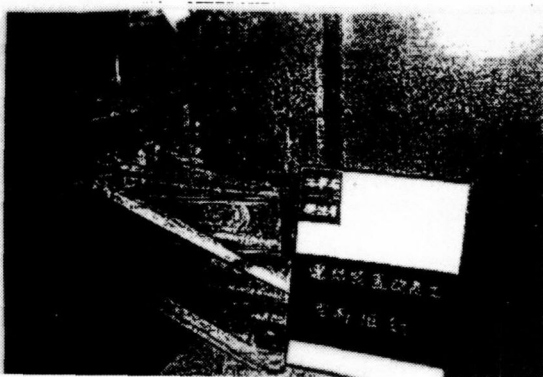


写真-5.16 型枠組立

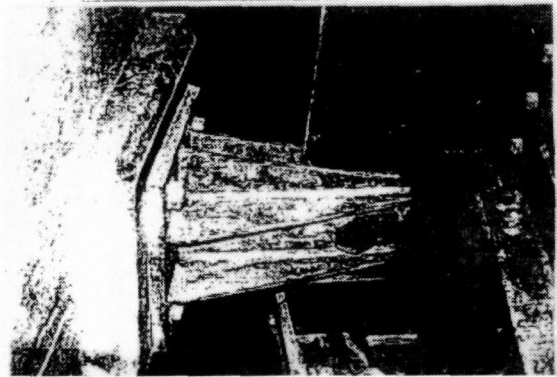


写真-5.17 完成

## 5. 5 まとめ

一般に、支承、伸縮装置および落橋防止装置のような橋梁付属物は、橋梁の見えない部分<sup>13)</sup>として取り扱われており、橋梁本体や下部構造とは切り離して設計されている。つまり、設計者らは既製品が整っているこれらの付属物を、設計から求めた支点反力と橋桁伸縮量の大きさおよび落橋防止策の程度に対して、安全でかつ適切な形式を選定している。しかし、これらの付属物は通常の使用状態および地震などのような非常時において、橋梁の他の部位に比べて、損傷が特に目立っているのが現状である。このことは兵庫県南部地震でも如実に立証されたところである。

### (1) 支承

支承の補修には、支承本体および付属品の全部または一部分を取り替えるか、支承と下部構造との取合い部(沓座コンクリート・アンカーボルトなど)の補修が行われている<sup>14) 15)</sup>。特に支承下モルタルの損傷については、水環境下の疲労試験より、湿潤状態の支承下モルタルが疲労によって泥化することが確認されている<sup>16)</sup>。支承は供用中にその機能が滑り面および転がり面への塵埃・異物(枯れ葉など)の混入、錆の発生およびアンカーボルトのゆるみと抜け落ちなどにより阻害されることのないように、常々、十分な点検整備を行っていなければならない。

一般に、支承は厳しい条件下での使用が余儀なくされている。支承は狭いスペースに設置されているため、点検・調査も思う通りにできない状況である。伸縮装置の排水装置が破損していると、支承には橋面に降り注いだ塵埃などが雨天時に泥水となって流入・堆積するために、その機能が果たせなくなり、支承本体またはその周辺の破損の原因になっている。

B P 支承では上・下沓の間に挿入されている高力黄銅が進入してきた塵埃により研磨され、滑らかに作動しないため、騒音を発する事例があった。また、兵庫県南部地震における支承の被害は、路線によって特徴づけられるが、一般国道では国道2号線、高速自動車道路では名神高速道路、都市高速道路では阪神高速道路の被害が顕著であった<sup>6)</sup>。被災度調査対象5741個の支承の内、金属支承が4773個、ゴム支承が244個である調査データから、金属支承とゴム支承における被災度の違いを比較すると、金属支承の被害が圧倒的に多く、金属支承の被災度がAランクと判断されたのが21%であったのに対して、ゴム支承は現状では使用実績が少ないとはいえ、A

ランクと判断されたものがない。被災度BおよびCについても、金属支承がそれぞれ13%および14%であるに対して、ゴム支承はそれぞれ2%および8%に過ぎなかった。

### (2) 伸縮装置

伸縮装置の破損は、自動車の走行性を損ない、道路利用者に不快感や危機感を与え、橋梁本体にも悪影響を及ぼすばかりでなく、自動車走行によって騒音・振動を発生させ、周辺環境を悪くし、住民に多大な迷惑を及ぼすことになる。したがって、常に良好な状態で使用することが必要となる<sup>14)</sup>。伸縮装置は橋梁構造の中でも破損しやすい部位であり、また一端破損すると補修するのが極めて難しい。そのため、完全に修復することは困難であることから、日常的に十分点検を行い、早期補修を心掛ける必要がある。立体化を伴う高規格道路は、多くの橋梁・高架構造物を出現させるため、それだけ伸縮装置を必要とする箇所が増加することになる。伸縮装置が橋梁構造上の弱点とならないように、日々、維持管理に取り組まなければならない。さらに、施工時の留意点として、鋼製およびゴム系の伸縮装置のいずれにおいても、施工の難易度と施工時の精度がそれらの寿命に関係し、重要となってくる。

### (3) 落橋防止装置

これまで、落橋防止装置の基本的な考え方は、支承に移動制限装置を設けるほかに、次の方法のうち、いずれか一つを併用するのを原則としている。

- ① 同一の下部構造頂部にある2連の桁のうち、一方の桁が頂部より逸脱しても、その桁が落下しないように隣接の桁間を連結する。
- ② 下部構造頂部において、橋軸方向の支承縁端から下部構造頂部縁端までの距離と桁のかかり長を十分とって、桁が異常に移動しても頂部から桁が逸脱しないようにする。
- ③ 構造的に桁と下部構造との相対移動を制限し、桁が下部構造から落下しないようにする。

ところが、最新の道路橋示方書では、兵庫県南部地震で得た教訓が生かされ、新しく落橋防止システムの考え方が導入されている。これによると、橋梁の耐震設計を行う場合には、橋脚などの設計への配慮のみならず、橋梁を全体システムとしてとらえ、地震発生後においても可能な限り道路としての機能

を確保することを基本原則としている。そして、落橋防止および機能損傷軽減対策が規定されている。

最後に、本委員会の分科会で議論した内容を総括しておきたい。

まず、これらの橋梁付属物（支承、伸縮装置および落橋防止装置）の補修・補強を定義することである。橋梁付属物では主に取り替えとなるが、どのような状態をもって取り替えを行うのかについて、判断基準を整備することである。そのためには定期点検と清掃を十分行い、常時、環境のよい状態で使用することが必要である。詳細点検や場合によって取替え工事は、橋梁に足場が設置されるペンキ塗替え時期と同時に行うのも一つの方法である。次いで、取替え時期とその工法（交通規制を含む）の検討である。橋梁付属物の寿命は、橋梁本体のものに比べて短いと考えられるのが一般的である。橋梁本体の寿命に及ぼす橋梁付属物の機能低下の影響は明確でないが、過去の補修工事とその内容などに関するデータベースを構築することが急務であると考えられる。そして、適切な取替え時期の設定を制度化する必要がある。なお、支承の取替えに関しては、新設ではあらかじめジャッキを挿入するための空間を設けておく、既設では桁への補剛方法と橋台・橋脚へのブラケットの取付けるための方法を決めておくなどの配慮が必要である。また、これらの橋梁付属物の取替え工事に伴って交通規制が必要となる場合もある。現在のような道路状況では交通規制は大きな交通渋滞を招くことになり、社会問題にもなりかねない。交通規制に先駆け、大規模な代替路または局所的な迂回路などを確保しておき、広報活動を十分に行っておく必要がある。

このようなことから、橋梁付属物は橋梁の一部であるとの認識が高まりつつあるのも現実であり、橋梁の見えない部分を見えるようにする努力が必要であると考えられる。一日でも早い橋梁付属物の補修と補強に対する考え方の変革を期待するところである。

#### [謝辞]

橋梁付属物関係の損傷資料を阪神高速道路公団の西岡敬治氏から提供していただいたことを記し、ここに深謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 篠原洋司：道路橋の付属物，橋梁と基礎，Vol. 20, No8, 1996.
- 2) 日本道路協会：道路橋支承便覧，1991.
- 3) 大塚久哲，運上茂樹：免震設計技術の開発と免震橋梁の建設，橋梁と基礎，Vol. 30, No8, pp. 168-171, 1996.
- 4) 池田博之：平成8年度橋梁維持補修研修テキスト，(財)全国建設研修センター，pp. 1-102, 1996.
- 5) 土木技術社：土木技術，Vol. 35, No. 12, 1980.
- 6) 神田昌幸：道路橋における支承および落橋防止構造の被災の総括，橋梁と基礎，Vol. 30, No8, pp. 156-162, 1996.
- 7) 池田博之：平成8年度橋梁維持補修研修テキスト，(財)全国建設研修センター，pp. 1-146, 1996.
- 8) 宇佐美健太郎：ノージョイント化（首都高速道路の場合），橋梁，pp. 12-15, 1994.
- 9) 土木技術社：土木技術，Vol. 35, No. 12, 1980.
- 10) 神田昌幸：道路橋における支承および落橋防止構造の被災の総括，橋梁と基礎，Vol. 30, No8, pp. 156-162, 1996.
- 11) (社)日本鋼構造協会：第5回鋼構造物の補修・補強技術報告会論文集，1996.
- 12) 池田博之：平成8年度橋梁維持補修研修テキスト，(財)全国建設研修センター，pp. 1-146, 1996.
- 13) 土木技術社：土木技術，Vol. 35, No. 12, 1980.
- 14) 日本道路協会：道路橋補修便覧，1979.
- 15) 長大橋技術研究会維持補修委員会：支承とその近傍の損傷に関する調査・研究報告書，1995.
- 16) 松井繁之：橋梁支承損傷に関する一考察，長大橋技術研究会維持補修委員会資料，1993. 5.