

宮城県沖地震における支承部の被害

日本 支 承 協 会

1. ま え が き

支承は、上・下部構造の接点として、構造系のなかで地震時の作用力、変位により、被害の生じやすい部材であり、これまでの地震においても相当な被害が発生したこともあったが、今回の2回にわたる宮城県沖の地震によっても、鉄道橋および道路橋の支承部にかなりの被害が見られた。被害状況については、すでにいくつか報告^{1)~18)}されているので、本文では、これら報告された支承部の被害状況について分類整理し、原因の推察および対策、二、三の支承被害部の復旧方法などを紹介することとする。

2. 支承部の被害の形態および原因と対策

宮城県沖の地震で発生した支承部の被害について主要なものを図-1に示す。

これらの支承部の被害と、その被害を受けた支承の種類および原因の推察ならびに対策を表-1に示した。被害の原因として、作用力または変位量の大きさといった外的要因と、被害を受けた支承または部材自体の内的要因とが考えられるが、表-1は、内的要因について記した。支承の被害についても、原因が一つではなく、いくつかの原因が重なって生じたことも勿論考えられる。

また、沓座モルタルの破損を除き、支承の破損が上・下部構造の破損を含めてあまり重複して生じないことがこれまでの地震で報告されており、今回の地震についても、このような観点からの分析も望まれる。

なお、地震の被害調査によって地震以前に破損していたと考えられるものや、伸縮装置の機能不全による漏水や、土砂じん埃が集積したことなどによる著しい支承の腐食が見出されることも多く、日常の定期点検の実施についても見のがせないことの一つのように思われる。

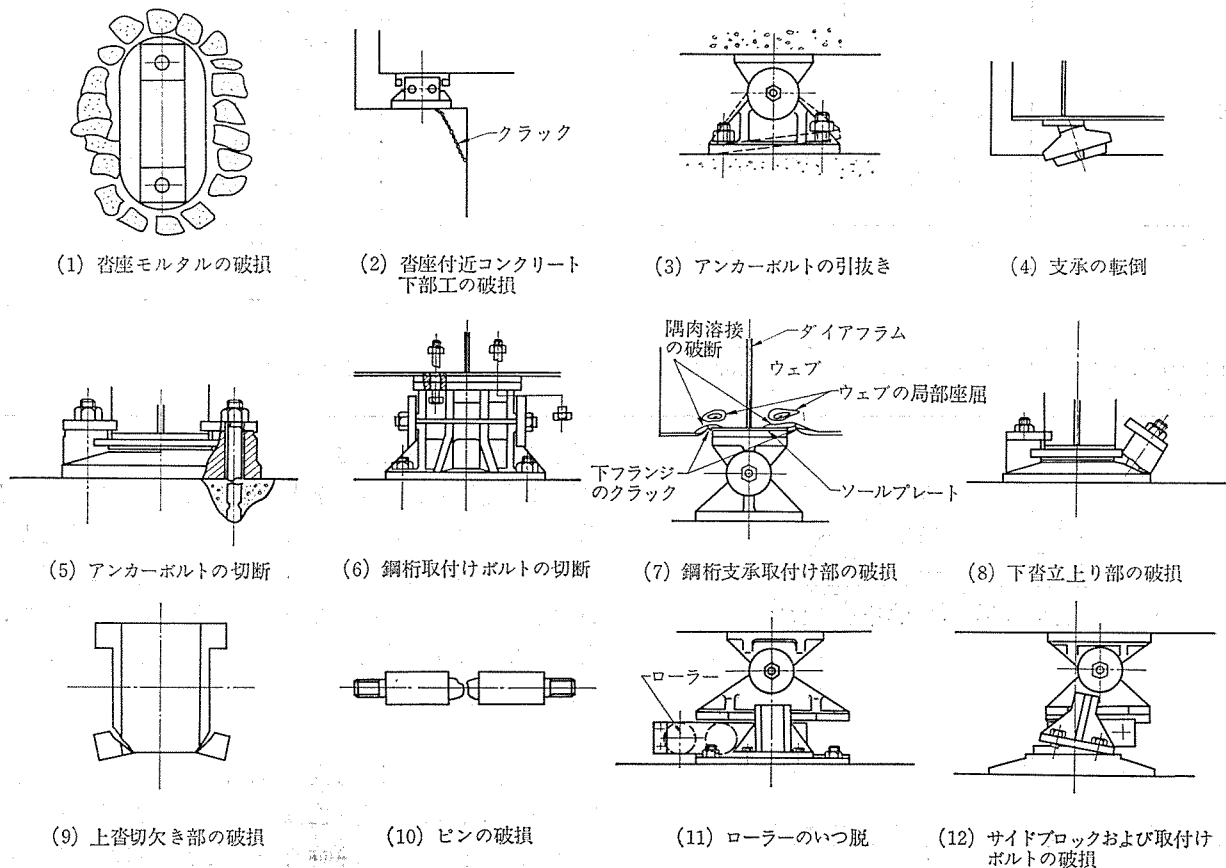


図-1 支承部の被害の形態

表一 支承の被害の種類、原因および対策

	被害を受けた支承	推 察 さ れ る 原 因	対 策
沓座モルタルの破損	線 支 承 支 承 板 支 承 ピ ン 支 承 ローラー支承	1. 下沓底面突起またはアンカーボルトからの水平力に対するモルタルの支圧強度不足。 2. 置去りにされたライナー。 3. 補強鉄筋の不足。 4. モルタル充填不良。	1. 十分な補強鉄筋を挿入し、空気抜きも行って無収縮モルタルをよく充填すること。なおライナーの形状、材質、設置位置についても配慮すること。 2. 首都高速道路公園のベースプレート据付け方式(図-2 参照)を採用すること。
沓座付近のコンクリート下部工の破損	線 支 承 支 承 板 支 承 ピ ン 支 承	支承から伝達される水平力、または上・下部工の過度の回転などに伴う支承底面から伝達される回転モーメントに対する下部工縁端部の強度不足。	回転を円滑に逃がすことのできない平面支承などの使用は避けるとともに必要な縁端距離と鉄筋を設置すること。
アンカーボルトの引き抜き	線 支 承 ピ ン 支 承	1. 水平力または変位による支承の転倒モーメントにより生ずる引き抜き力に対する付着力不足。 2. 上場力または下部工の沈下などにより生ずる引き抜き力に対する付着力不足。	1. 無収縮モルタルを使用し、アンカーボルト周囲によく充填する。 2. アンカーボルト下部への座金の設置またはアンカーフレームの使用。 3. 固定線支承ではアンカーボルトを4本とする。
支承の転倒	線 支 承		
アンカーボルトの切断	線 支 承 ピ ン 支 承	1. 水平力に対するアンカーボルトのせん断強度不足。 2. アンカーボルトの腐食または疲労によるせん断強度の低下。	定期点検による支承回りの漏水手直し、土砂・じん埃の除去、破損した沓座モルタルの手直し。
上沓上面突起のせん断を伴わない鋼桁取付けボルトの切断	ピ ン 支 承	アンカーボルトの引き抜きに同じ。	転倒モーメントにより生ずる桁取付けボルトの応力照査を橋軸および橋軸直角方向ともに行うこと。
鋼桁の支承取付け部の破損	ピ ン 支 承	支承から伝達される水平力または支承の許容回転量以上の上・下部工間の回転に伴うモーメントに対する部材や溶接の強度不足。	1. 桁の支承取付け部付近の強度を水平力に対しても十分とすること。 2. 支承の許容回転量を大きくすること。
下沓立上り部の破損	線 支 承 支 承 板 支 承	1. 橋軸直角方向水平力に対する強度じん性不足、線支承の場合は橋軸方向の強度不足のこともある。 2. 隅角部の応力集中。	1. 設計水平力の見直し。 2. 隅角部に大きな R を付ける。 3. 延びの大きな材料を使用する。 4. スキマ量を小さくし、左右のスキマの均等化をはかる。
上沓切欠き部の破損	支 承 板 支 承	1. 橋軸方向水平力に対する強度不足。 2. 隅角部の応力集中。	1. 設計水平力、移動量の見直し。 2. 隅角部に大きな R を付ける。
ピンの破損	ピ ン 支 承	橋軸直角方向水平力に対する強度不足	1. ピン切欠き部の応力照査。 2. 隅角部の R 付け。
ローラーのいつ脱	ローラー支承	上・下部工の相対変位とローラーの前後動の不可逆性。	1. ビニオン・ラックのごときローラーの位置付け装置の設置。 2. 1本ローラー支承ではローラーいつ脱防止装置の設置。
サイドブロックおよび取付けボルトの破損	ローラー支承	橋軸方向水平力に対する強度不足。	設計水平力、移動量の見直し。

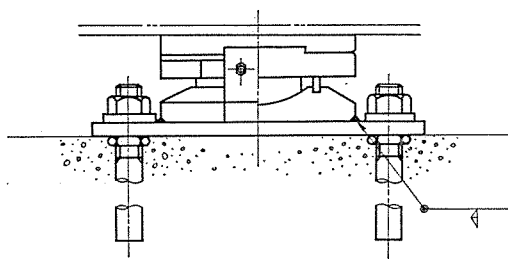


図-2 ベースプレート据付け方式

3. 支承部の被害の外的要因とその対策

宮城県沖の地震でもこれまでの地震と同じく、支承部

の被害は水平力の大きさあるいは、上・下部構造間の相対的水平変位量が設計値を上回ったために生じたものと思われる。すなわち地震による支承部の破損原因として橋梁という構造系からもたらされる外的要因によるものが大きなウェイトを占めているものと考えられるので、次に、このような外的要因と、その対策を述べる。

3.1 外的要因

(1) 支承の各個撃破

橋軸方向、橋軸直角方向ともに、支承の機能上与えられているスキマが前後または左右について不均一であったために、地震時の水平力を一番大きく受ける支承から順次破壊されるものである。これは、これまでの震害調

査でも報告されており、この要因は、設計水平力に対し、作用力を容易に数倍にするものであるが、施工後の上部構造の温度変化に伴う変形などを考えれば、現在の支承構造では、なかなか対処しがたいものといえる。

(2) 動的挙動

地震は、地盤の振動として質量、バネ常数、減衰係数をもった橋梁に与えられ、橋梁の動的挙動の結果として支承部に作用力と変位がもたらされるが、これらは、震度法により静的に算出される水平力や上部構造の温度変化から算出される可動支承の移動量を上回ることが多いようである。宮城県沖の地震でも、開北橋において地盤上 192 gal という加速度に対し、下部構造上 500 gal 以上という値が観測されたと報告されている²⁾。また、支承の部材も静的に設計しているが、可動支承の移動制限装置部など水平力が衝撃的に負荷される部分については、静的設計応力を相当上回る衝撃応力が生ずるものと考えられる。

(3) 水平変位

橋梁の動的挙動からもたらされる水平変位のほかに、基礎の回転沈下や、橋台が背後の土圧で押し出されるなど下部構造の不可逆な変位による上・下部構造間の相対変位量が、可動支承に与えられた移動量を上回ることもあり、支承の破損、極端な場合は錦桜橋のような落橋をまねくことになる。

3.2 外的要因の対策

(1) 垂直反力と水平力支持装置の分離

1 支承線上の複数の支承に水平力を分割して支持させるために支承が各個撃破されるのであるから、水平力を1個の支承に集中して支持させることができれば問題がなくなるが、支承も、上部構造もこのような設計は通常しがたい。したがってゴム支承のように垂直反力を支持するパッドと水平力を支持するアンカーボルトを別個に設置する方策を金属支承について適用することが考えられる。図-3 に示す鋼角ストッパーと呼ばれる水平力支持装置は、日本国有鉄道が宮城県沖の地震対策の一つとして採用されたものである^{12),16)}。

(2) 水平力の均等化と衝撃の緩和

1) 支承のスキマへの詰めもの

これも、日本国有鉄道が、宮城県沖の地震対策として一部の支承に採用された方策で、図-4 に示すごとくコンクリート桁架設後横締めなどがすんでから、ステンレス板などの詰めものにより支承のスキマを 1mm 程度に小さくして地震時の衝撃を弱めるとともに、左右のスキマの不均一を少なくして水平力による各個撃破を緩和しようというものである。

2) ゴムパットのはり付け

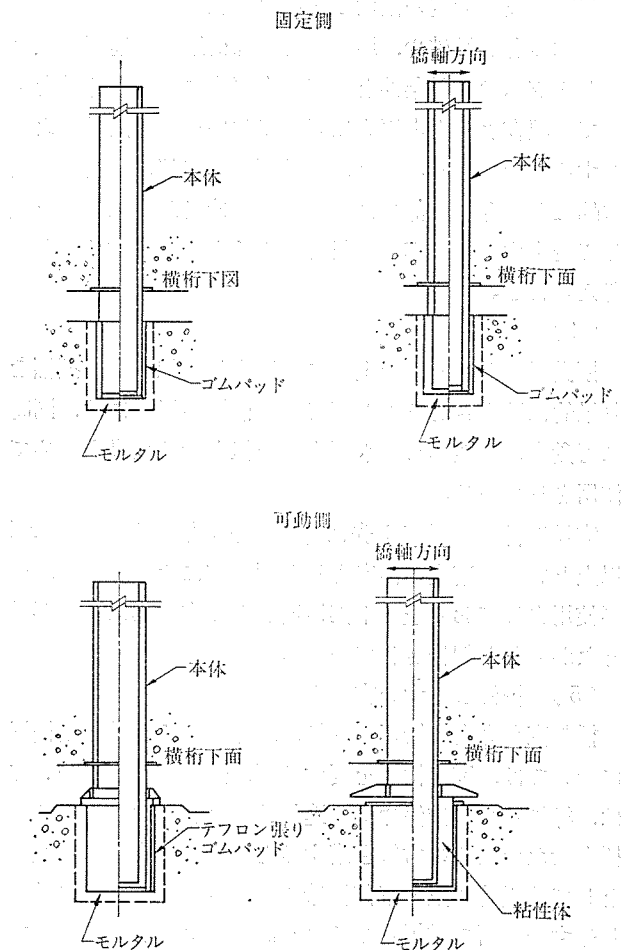


図-3 鋼角ストッパー

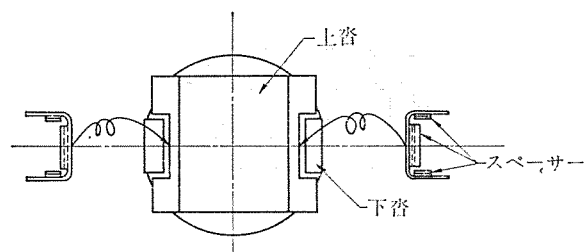


図-4 支承のスキマへの詰めもの

この方策は、道路橋支承便覧に紹介されているもので図-5 のごとく支承のスキマ部分にゴムパットをはりつけ、水平力により衝撃的にぶつかることを緩和しようというものである。

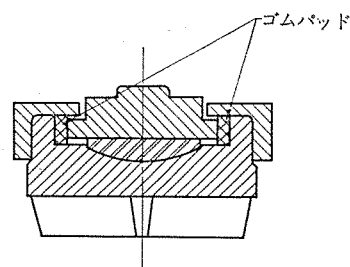


図-5 ゴムパットのはりつけ

(3) 設計荷重の割増しと衝撃係数

支承の各個撃破や、地盤上と下部構造の加速度の差などから支承の設計条件としての水平力に割増し係数を乗じて、現在よりも水平力に対して強い支承を設計しようとするものである。また、移動制限装置部など荷重が衝撃的に負荷される部分については、適当な衝撃係数を乗じて発生する衝撃応力に対応できるよう設計することも考えられる。

(4) ダンパー

振動系にダンパーを上手に使用すれば加速度、振幅を効果的に減少させることができ、橋梁の場合には、同時に可動脚にも地震時の水平力を分担させる効果も含めて使用されている。

宮城県沖の地震でも先に述べた下部構造上で 500 gal 以上という加速度の観察された開北橋にオイルダンパーが使用されており上・下部構造および支承部に被害が殆どなかったと報告されている²⁾。

(5) 補修しやすい支承構造

橋軸直角方向の桁のずれ量が問題となる新幹線用橋梁については、別途検討を要するが、道路橋などについては、縁端距離の確保や桁の連結装置など、地震により落橋させないための方策を講ずるとともに、支承の安全弁として地震時に上・下部構造を破損させず、支承の補修しやすい個所で破損させるよう設計しようというものである。図-6 のごとく支承板支承において、下沓立上り

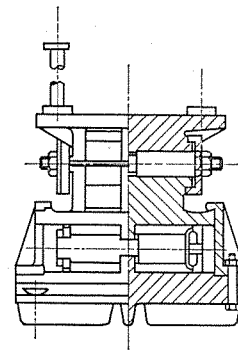


図-7 サイドブロックの取付け通しボルト

部を別のピースとしてボルトにより結合し、地震時の水平力によりこのボルトをせん断させる方策や、図-7 に示す日本道路協会の支承標準設計で採用されたローラー支承のサイドブロックの取付けボルトを通しボルトとする方策などが一つの案として挙げられる。

4. 破損した支承の復旧方法

宮城県沖の地震により破損した支承を使用して復旧した方法を次に紹介する。

(1) 水平力支持ブロックの設置

支承高が低い場合などに、図-8 のごとく支承とは別に水平力支持ブロックを設置するものである¹⁷⁾。

(2) 下沓立上り部の復旧

図-9 のごとく下沓立上り部の破損した支承板支承に別の補強枠を設置するものである¹⁷⁾。

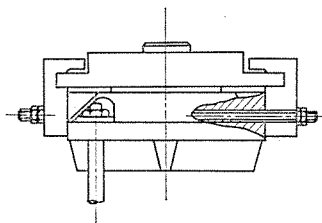


図-6 補修しやすい支承構造

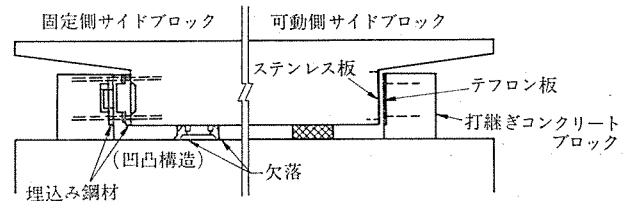


図-8 水平力支持ブロック

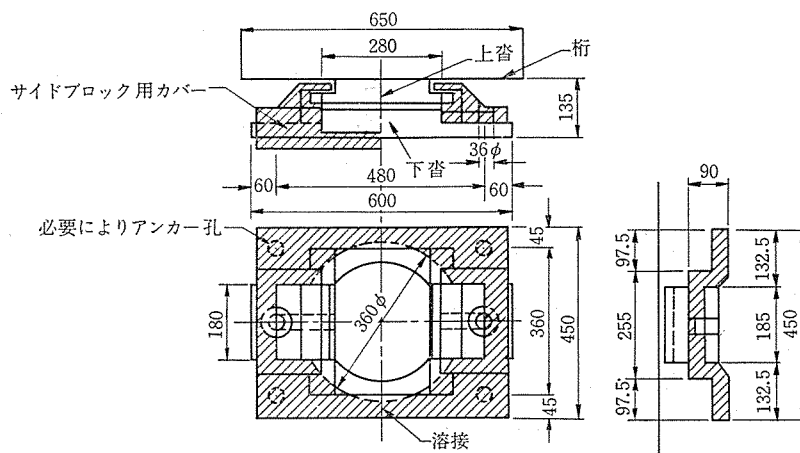
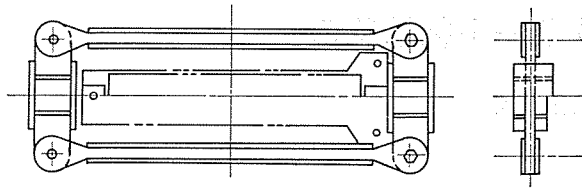
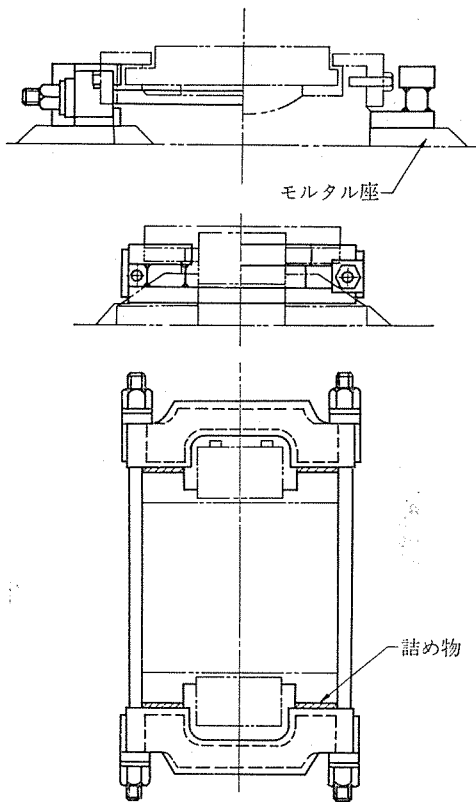


図-9 下沓立上り部の復旧



図—10 線支承用補強枠



図—11 支承板支承用補強枠

日本国有鉄道では、線支承に図—10、支承板支承に図—11 に示す補強枠を設置されている。

5. むすび

日本支承協会としても、宮城県沖の地震における支承

部の被害からできるだけ多くの教訓を学びとり、施主、橋梁設計者ならびに橋梁製作者に協力して、支承の破壊対策を講ずることにより、支承を通じて橋梁の安全性、耐久性をより一層向上させたいと考えているので、今後の幅広い、御指導、御支援をお願いいたす次第である。

参 考 文 献

- 1) 川島一彦氏他：宮城県沖の地震（1978年2月）被害概報，土木技術資料，Vol. 20 No. 8, 1978年8月
- 2) 土木研究所第1次調査団：1978年6月宮城県沖地震被害調査速報，土木技術資料，Vol. 20 No. 8, 1978年8月
- 3) 蝦名晃郎氏：1978 宮城県沖地震，道路，No. 451, 1978年9月
- 4) 山本茂樹氏他：宮城県沖地震と直轄国道の管理，道路，No. 451, 1978年9月
- 5) 鋼構造物震害対策調査団：1978年宮城県沖地震による鋼構造物の被害調査報告，JSSC，Vol. 14 No. 153, 1978年9月
- 6) 建設省土木研究所地震防災部研究室：1978年6月宮城県沖地震被害調査概報，土木研究所資料，第1422号，1978年10月
- 7) 構造物設計事務所：'78 宮城県沖地震鉄道被害状況，構造物設計資料，No. 55, 1978年9月
- 8) 構造物設計事務所：宮城県沖地震道路橋被害状況，構造物設計資料，No. 55, 1978年9月
- 9) 岡本舜三氏：宮城県沖地震と耐震設計基準の再検討，橋梁，Vol. 14 No. 10, 1978年10月
- 10) 谷内田昌熙氏：宮城県沖地震による橋梁の被害と復旧（鉄道），橋梁，Vol. 14 No. 10, 1978年10月
- 11) 山本茂樹氏：宮城県沖地震による橋梁の被害と復旧（道路），橋梁，Vol. 14 No. 10, 1978年10月
- 12) 構造物設計事務所：東北新幹線コンクリート桁支承部の耐震設計，構造物設計資料，No. 56, 1978年12月
- 13) 東北支部宮城県沖地震調査委員会：1978年宮城県沖地震報告，土木学会誌，Vol. 63 No. 12, 1978年12月
- 14) 岩崎敏男氏：地震の概要，橋梁と基礎，Vol. 12 No. 12, 1978年12月
- 15) 納宏氏：直轄国道の被害と復旧，橋梁と基礎，Vol. 12 No. 12, 1978年12月
- 16) 高崎修輔氏：鉄道の被害と復旧，橋梁と基礎，Vol. 12 No. 12, 1978年12月
- 17) 児島啓三氏：高速道路の被害と復旧，橋梁と基礎，Vol. 12 No. 12, 1978年12月
- 18) 藤本俊郎氏：宮城県における橋梁被害，橋梁と基礎 Vol. 12 No. 12, 1978年12月

〔文責：技術委員長 多田 博〕