

兵庫県南部地震における

(22) 橋梁支承および桁間連結装置の被災状況から想定される衝撃荷重特性と今後の対策

PRINCIPAL DAMAGES OF BEARINGS AND EARTHQUAKE RESISTANT TIES IN HIGHWAY BRIDGE CAUSED BY EARTHQUAKE SHOCK

宮本 文穂*
Ayaho MIYAMOTO

*工博 山口大学教授 工学部知能情報システム工学科（〒755 宇部市常盤台2557）

キーワード：兵庫県南部地震、道路橋、支承、桁間連結、衝撃荷重

(Hyogo-ken Nanbu earthquake, highway bridge, bearing, earthquake resistance tie, impact load)

1. はじめに

高架橋梁を含む道路橋の全体構造系は、主桁、横桁、対傾構、下横構などから成る『上部構造』と柱、梁などで構成される「橋脚」とフーチング、杭などで構成される「基礎」から成る『下部構造』に大別される。さらに、両者の間に位置し、上部構造に加わる種々の荷重を下部構造に伝達するとともに地震時の上部構造落下防止を目的とする、支承、移動制限装置、落橋防止装置などから成る『連結部位』がある。後者は、特に地震時において上・下部構造間の過大な相対変位を防止し、落橋という最悪の事態を防ぐという重要な役目も担っている。兵庫県南部地震においては、これらが著しい損傷を受け、下部構造のみならず上部構造にまでも影響を及ぼす結果となった。本稿では、これらの内、道路橋支承および落橋防止構造（桁間連結装置）の代表的な被災状況を写真を中心に示すとともに、想定される作用荷重特性と今後の対策の方向などを探ってみる。

2. 支承の被害と想定作用荷重

道路橋に使用される鋼製支承の主要部品には鋳鋼が使われる場合が多く、線支承、支承板（BP）支承、ピン支承、ピボット支承、ローラー支承など多くの種類がある。現行道路橋示方書における支承の設計には、上部工自重の0.2倍程度の水平力および0.1倍の鉛直力に対して許容応力度設計法が適用されている。

以下、代表的な支承形式の損傷状況を紹介する。

写真1は、アーチ橋の固定支承に用いられたピボット支承の損傷例であり、鋳鋼製の上沓がほぼ真二つに割れ、一方が橋脚から落下している。このようになる損傷メカニズムは種々考えられるが、衝撃的な上下方向荷重が鋳鋼を脆性破壊させた可能性は十分考えられる。

写真2は、連続プレートガーダー橋の端支点に用いられたピン支承の損傷例であるが、これも衝撃的な上下方向荷重によって桁端に損傷が生じるとともに、主桁と上沓とをつなぐセットボルトが破断して上沓が主桁から完全に外れた可能性が高い例である。

写真3は、単純プレートガーダー桁の固定支承に用いられたピン支承の上沓セットボルト破断による損傷例であり、主桁下面の浮き上がり、セットボルトの脆性的破断状況から、衝撃的な上下方向荷重の作用によって最弱部が破壊された可能性が高いと推定される。

写真4は、連続桁の中間支点に用いられたローラー支承の損傷例で、移動制限装置および浮き上がり防止装置の破

損により橋軸方向に大きく移動した結果、上沓近傍の主桁下フランジが脱落したローラーによって大きく損傷を受けている。

以上のような被災結果を踏まえて、支承の問題点ならびに今後の対策の方向を以下にまとめる：

①支承のセットボルト、ピンなどが破断し、上沓と下沓が外れてしまっているケースが多く見受けられた。これらの部品には衝撃力や予想外の力が作用する可能性があり、設計上の配慮が必要である。

②今回の調査結果では、プレートガーダー本体が横方向に曲げられ損傷している例が多い。プレートガーダーは本来、鉛直方向の力には強いが水平方向の力に対しては弱い。そのため、端横桁で補強しているが、支承近傍ではフリーになっている。今後、桁端部の面外強度、支承の横方向強度、さらには横方向の落橋防止装置（移動制限装置）も含めて、構造システムを検討する必要がある。

③鋼支承の主要材料である鋳鋼は、ねばりが少なく衝撃力に対するエネルギー吸収能力が小さい。今後、使用材料の見直しおよび破壊まで考えた設計法の導入が期待される。ただし、支承強度のみ上げると上・下部工本体に被害が生じる恐れがあり、やはり構造システム全体のバランスを考えた設計が必要である。

④今回のような直下型大地震では、落橋以外の部分的破損はやむを得ないと考えられ、構造本体に被害を及ぼさないためには支承が破損し、ある程度のエネルギー吸収を行うという考え方もできる。このような場合には、破損してもすぐに修復できるような構造とする必要がある。

⑤連続鋼ボックス桁橋の固定橋脚に地震力が集中し、橋脚がせん断破壊して落橋している例がある。今後は地震力をいくつかの橋脚に分散させる支承、また地震のエネルギーを吸収できるような支承構造が望ましい。そのための解決策として、反力分散沓、免震沓などの使用が考えられる。

3. 落橋防止構造の被害と想定作用荷重

道路橋の落橋防止対策は、一般に、①支承の移動制限装置、②桁がかり長の確保、③桁間連結装置の設置により行われている。落橋防止構造は、桁遊間が広がる場合に対して隣接する桁の重量を利用して落橋を防止するよう設計されており、現行道路橋示方書における基本的な設計水平震度は0.25とし、さらに対象とする橋梁の立地条件により、水平力の割増し係数を2.0から最大4.0まで考慮している。また、材料選定においても、強度だけでなく降伏点以降の変形能に留意し、なるべく低強度で降伏比の低い材料を使用するよう規定されている。

以下、各種桁間連結装置の代表的な損傷事例を紹介する。

写真5は、前述写真2の橋梁の桁端と橋台の間に設置されていた落橋防止装置の損壊例であるが、橋台に定着されたアンカーボルトが上向きに変形して破断しており、最初の衝撃的な上下方向荷重によってぜい性的に上方向にせん断破壊した可能性が高いと推察できる。

写真6～8は、タイバー形式の損傷事例を示すが、桁間連結装置本体のタイバーおよびピンの破損に先行してそれらを主桁に定着する高力ボルト、溶接継ぎ目部あるいは母材が主桁の急激な相対移動によって衝撃的引張力を受けてぜい性的に破断したものと考えられる。

以上のような被災結果を踏まえて、落橋防止構造の問題点ならびに今後の対策の方向を以下にまとめる：

①損傷事例の中で連結用ピンの破断・折損が特に目立ったのは、ピンと連結板孔との間に温度変化による桁移動を吸収するためのクリアランスがあるため、水平力が衝撃的に作用し、靱性の低いピンが先に破断したものと考えられる。なお、今後、破断部位を確認することが重要となるが、いずれにしても桁間連結装置の本来の機能を考慮した場合、連結用ピンの先行破断は避けなければならない。降伏比の低い、靱性の高い材料選定をこころがけることは当然であるが、構造的な取合いによる制限もあるため、ゴム等の緩衝材を桁間連結装置に付加する等の対策を検討する必要がある。

②支承が破損することで橋軸直角方向に主桁本体が移動し、桁間連結装置に面外方向の外力が作用した結果、桁間連結装置および取付け部主桁腹板の損傷を引き起こしている箇所がかなり見受けられた。従来の桁間連結装置は橋軸方向の移動制限のみを意識していることから、橋軸直角方向の移動制限機能も従来の桁間連結装置に付加するか、別

途、支承破損以降の橋軸直角方向の移動制限装置を検討する必要がある。

③桁遊間が広がる場合、狭まる場合それぞれについて、個々の落橋防止機構が地震動エネルギーを吸収する順序を再検討し、さらに、落橋を防止するという必須条件の基で桁間連結装置の終局限界状態を想定することが必要である。そして、損傷時の補修作業の容易さを意識した（例えば、損傷範囲を桁端張り出し側腹板や2次部材で止める等）部材決定、補強方法・範囲を終局強度設計に準じて決定する手法を検討する必要がある。

4. あとがき

本稿では、今回の兵庫県南部地震で早急な見直しが迫られている道路橋支承および落橋防止構造の主要な被災状況を示すとともに、これらから想定される作用荷重の特性について検討を加えた。その結果、明らかになったことをまとめると以下のようになる：

①地震時に支承に作用する上下方向の荷重特性は、力積衝撃に近い荷重特性になる可能性もあり、今回の地震で鋳鋼などが脆性的に破断した例が見られた。

②落橋防止構造を構成する桁間連結装置には、地震時に急激な主桁間の相対移動に伴う衝撃的な荷重が作用したと考えられる多様な破壊モードの損傷例が見られた。

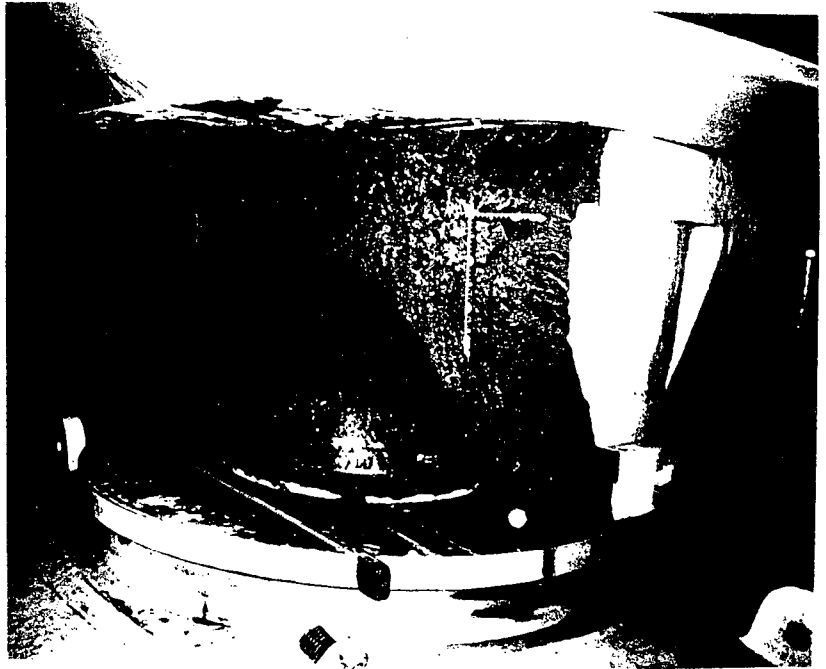


写真1 ピボット支承（固定支承）上沓の割裂破壊状況



写真2 連続プレートガーダー橋の
ピン支承（固定支承）の破損状況

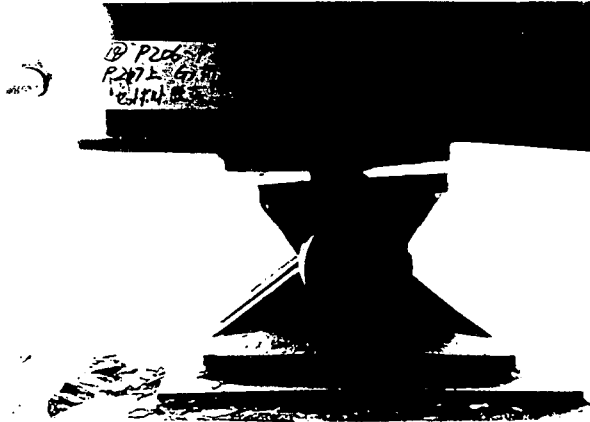


写真3 単純プレートガーダー桁のピン支承（固定支承）の破損状況

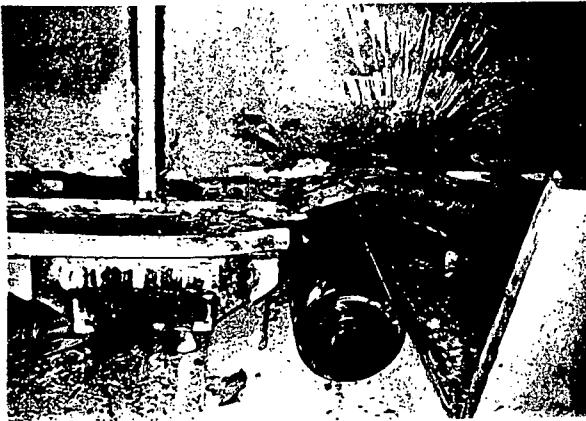


写真4 連続桁中間支点のローラー支承落脱による下フランジの損傷状況

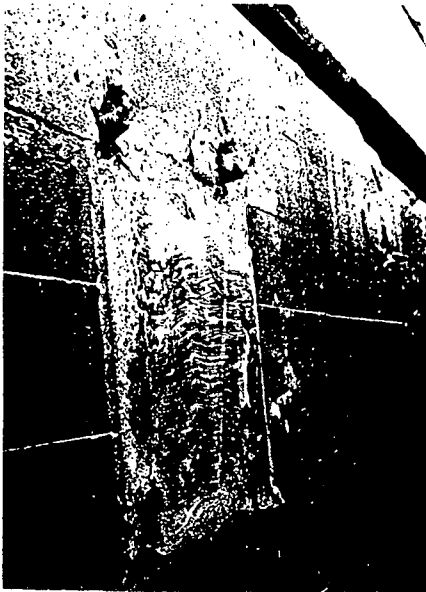


写真5 橋台と主桁間の落橋防止装置の
アンカーボルト破断状況



写真6 タイバー形式桁間連結装置の取付けボルトの引張り破断状況

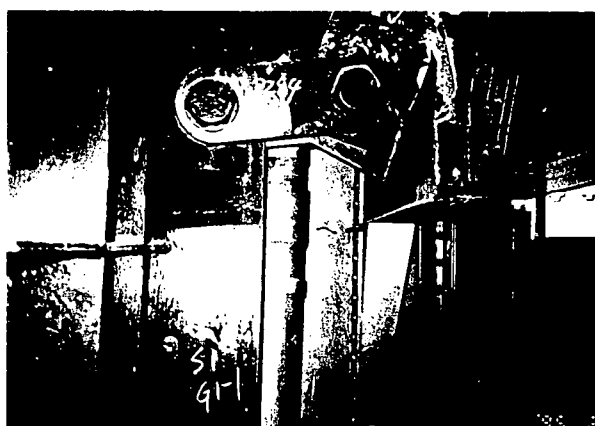


写真7 タイバー形式桁間連結装置の溶接継ぎ目部の引張り破断状況

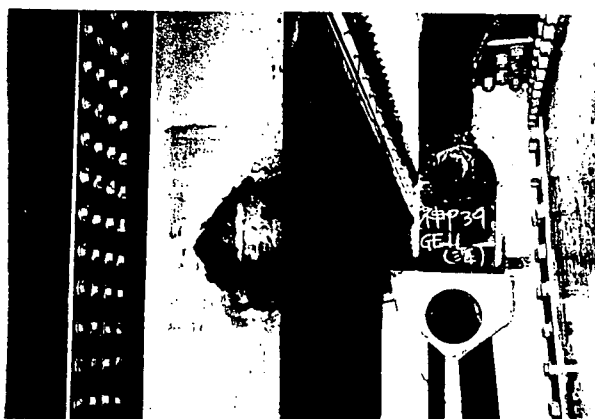


写真8 タイバー形式桁間連結装置の取付け母材の引張り破断状況

