

神戸大学大学院 学生員 松本正人 神戸大学工学部 正会員 森川英典  
 神戸大学工学部 正会員 高田至郎

1. はじめに

兵庫県南部地震において多くの鉄道高架橋が被害を受けたが、本稿ではその中でも特に西宮市、尼崎市、伊丹市におけるJR山陽新幹線の被害を例にとり、被害の発生原因の検討を行い、その後の復旧状況について調査した結果と今後の課題について示した。

2. 被害状況

図1, 2は西宮市、芦屋市、伊丹市におけるJR山陽新幹線の主な被害箇所をそれぞれ地質・断層図、地形図に示したものである。また、参考のために名神高速道路の被害箇所についても示してある。被害箇所は六甲トンネル出口付近から、阪急今津線跨線橋を経て上大市の阪神水道事業団北側に至る約1kmの区間で高架橋が連続的に崩壊している。ところがそれ以東、武庫川に至る区間については、同形式の高架橋にもかかわらず、損傷程度が全く異なりひびわれ程度の損傷が生じているのみである。地形的にみると六甲トンネル出口近傍は、緩斜面から平地への変化部であり、地震動が一般に増幅されやすい箇所であるといえる。また、被害地域は震度7地区付近である。地質・断面図を見ると、被害箇所は甲陽断層の南側にあり、また被害の有無の境界にはリニアメントが存在している。さらに、被害を受けていない地区は武庫川周辺の沖積層であり、被害地域には新たな堆積砂層が存在し、これらの要因が地震動増幅特性に影響を及ぼしているものと考えられる。ただし、参考のために示した名神高速道路の被害は、新幹線の被害と全く異なる様相を呈していることをつけ加えておく。また、現在、復旧作業によりフーチング上面まで地盤を掘削しているが、出水が見られ地下水位が高いことも被害に影響を及ぼしているものと考えられる。構造的には国鉄の旧基準に基づいて設計されているため、帯鉄筋量が少なく、現行基準の半分程度(現行基準の靱性率4程度に対して靱性率2程度)になっている。したがって、想定地震動(関東地震クラス)を越える地震動を受けた場合、エネルギーが吸収しきれない状態になり得る。これは、当時帯筋は主としてせん断抵抗部材として考えられ、最大荷重後の靱性保持という観点でとらえられていなかったということによる。一方、地中梁については、損傷は軽微であり、また杭については、数カ所で検査されたが、大きな損傷は認められていない。次に武庫川橋梁は、全橋梁にコンクリート剥離、主筋の張り出し損傷を受けたが、これは主筋の段落とし部が旧基準のまま存在したためであり、宮城県沖地震において生じた損傷と全く同一の形態であり、これがなければ大きな損傷は免れたものと推測される。一方、武庫川以東の尼崎市における落橋は、沖積層の低位段丘近傍で生じており、さらに東側の伊丹市における落橋は低位段丘上で生じている。これらの箇所は、ある一つの桁(3径間ラーメン)が破壊しており、その前後の桁は連続的にコンクリートの剥離、鉄筋一部座屈損傷が生じている

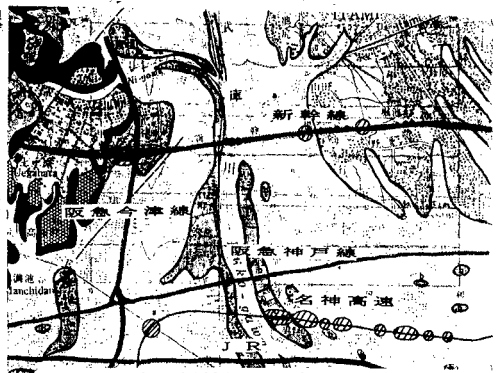


図1 JR山陽新幹線の被害(地質・断層図)



図2 JR山陽新幹線の被害(地形図)

が、倒壊には至っていない。また、周辺の建物はほとんど倒壊といった大きな被害は受けていない(周辺で全壊数件程度)。倒壊桁のずれはN方向であり、地盤変位はS方向が主動であったと推察される。この破壊の要因を検討するためには、さらに詳細な地盤条件を把握する必要がある。たとえば、現場付近には下水路(開水路)が存在しており、落橋箇所では下水路が橋梁下を横断(幅1m程度の暗渠)している。また、フーチング掘削に際して、ある程度の出水が生じ、排水処理が行われているため、地下水位についても考慮する必要があると考えられる。また、この地区における他の損傷箇所についても、同様に下水路が横断している場合が多い。つまり、新幹線建設前の地形あるいはさらに以前の原地形の状態を詳しく調査する必要があるといえる。たとえば、下水開水路が自然河川をある程度利用して整備されてきた可能性もあり、その場合、周辺地盤は旧河道であり、局部的に地盤が弱い、あるいは地下水位が高いという特殊性を有することになる。また、この点に関する検討のためには、土質柱状図等のデータ採取が必要であることはいうまでもない。

### 3. 復旧対策

今回地震によって被害を受けた鉄道高架橋は、早期復旧を目標に復旧工事が行われた。このような場合、復旧法としては、第1段階として原型復旧を行い、その後第2段階として改善対策が施される方法と、早期復旧工事自体に改善対策が講じられる方法がある。後者の復旧方法は新たな耐震基準の設置前に改善対策を行うことになるので、基本方針の予測を行った上で、現状における知見、過去の実績などを最大限に活用して、最も適切と思われる方法を策定しなければならない。JR山陽新幹線、東海道本線の復旧は、改善対策を考慮した形で進められており、補強設計計算は簡易的な動的解析により行われているものと思われるが、最終的には実験的検証が必要であり、その計画が検討されているものと思われる。一例として武庫川橋梁の復旧状況について見ると、主鉄筋の段落とし部の補強対策として、30cm厚のRC巻立てを行い、さらにその上に6mm鋼板巻立てを行うという方法を採用している。これは、耐荷力・剛性補強と靱性補強の双方を考慮したものであり、新たに設定される耐震基準をある程度見通した処置であるといえる。ただし、このような場合に懸念されるのは、基礎・杭に対する負担が大きくなることにより、結局下部工全体系としては大幅な改善が期待できないことがあり得ることである。現に米国カリフォルニアにおける耐震補強では、これらのことが十分に考慮されており、鋼板の下端とフーチングの上面に5cmの隙間を設ける等、様々に工夫された事例があり、このことは今後必要となる既存橋脚の耐震補強に対しても十分考慮されるべき点であり、実験的な研究に基づいてその方法を確立する必要がある。

また、改善対策早期復旧を行う場合、最終的には新たに設けられる耐震設計基準を満足するかどうかを検証する必要があるが、その前に暫定的に安全性評価、供用再開を行うにあたっては、何らかのリスクを有することになる。したがってそのような内在リスクを無視した形でこれらの決定を行うことは非常に危険なことであり、リスクの確認、評価を十分に行った上で、安全性の根拠を明確にする必要があるといえる。

### 4. まとめ

本稿では、兵庫県南部地震におけるJR山陽新幹線の被害について、その発生原因を検討するための情報として地質・断層図、地形図、周辺地盤状況を取り上げ、現段階で可能な限りの原因の推定を行った。また復旧状況についても調査し、現在、早期復旧を目標として現段階として最適と思われる方法により復旧作業が行われていることが分かった。ただしこの場合、不確定性がかなり内在しているため、今後、詳細解析、実験による検証が必要であるとともに、内在するリスクの確認、評価を行う必要があることを指摘した。今後、既存橋脚の耐震補強対策を策定する際には、橋梁自身の劣化も考慮に入れ、橋梁ごとに優先順位をつけて順次効果的に補強を行えるようにすることが必要になってくるものと思われる。

### 参考文献

川島一彦・岩崎敏男：米国における既設道路橋の耐震補強プログラム，橋梁と基礎，90-3，pp. 38-42，1990. 3.