

V-545 兵庫県南部地震で被災した5径間連続RC中空床版橋の復旧工事

住友建設(株) 大阪支店 正会員 森田雄三
 日本道路公団 大阪建設局 吉井等志
 日本道路公団 大阪建設局 中蘭明広
 住友建設(株) 技術研究所 正会員 中井裕司

1. 被災の概要

本橋の構造形式は、図-1に示すような5径間連続の中空床版橋が連続している。土質条件は武庫川の扇状地であり、地表から約7m間N値=15の砂質土をはさんで混じり砂質土の支持地盤にいたる。地下水位は地表面から2mである。下部構造は、場所打ち杭に支持された壁式橋脚である。中央2橋脚は壁厚850mm幅5500mmである。上部構造の支持条件は、中央の2橋脚がメナーゼ支承で両端2橋脚が可動支承である。中空床版は17mの等スパンで、幅員10,550mm、桁高が950mmで、円筒型枠径が650mmである。

下部構造の被災は、上記構造の中央2つのメナーゼ支承を有する固定の橋脚に集中した。破壊形式は段落とし部を起点とする典型的なせん断破壊である。上部構造の被災は、橋脚の破壊により沈下し、一部の上部構造がそれに伴い支点沈下し損傷した。この中で大きな比較的大きな損傷を受けた部分の支点沈下量は200～370mm生じており上部構造に深刻な損傷が生じている可能性があった。本報告では、この最大370mmの支点沈下を生じた橋梁について述べる。

2. 調査の概要

下部構造の損傷により、上部構造は大きな損傷を2点で受けている。損傷の発生部位を図-1に示す。A断面は、負の曲げモーメントに抵抗する断面に正の曲げモーメントが作用した位置である。B断面は、負の曲げモーメントに抵抗する断面に過大な負の曲げモーメントが作用した位置である。鉄筋の応力測定の結果、これらの断面の引張側鉄筋はほぼ降伏していた。一方、これらの断面の圧縮側鉄筋の解放されたひずみ量は、A断面で100 μ 、B点で-1135 μ であった。A断面は全断面が引張の応力状態であり、この断面は正の曲げモーメントに対して過小鉄筋比以下で設計されているために、コンクリートの圧縮破壊を伴わずに破壊し、ヒンジ化していると考えられた。また、ひび割れ幅は最大4mmであり、降伏ひずみを大きく越えている。B断面はRC構造物としての曲げ降伏耐力と曲げ破壊抵抗耐力の間の荷重状態と推定された。ひび割れ幅は0.1mm程度であり、ひび割れ本数も少ないので、鉄筋ひずみはほぼ降伏ひずみ程度と想定された。C断面は、A断面が塑性ヒンジ化したために比較的小さな正の曲げモーメントが発生するにとどまり鉄筋の発生応力は許容応力以内であった。

設計で想定した曲げモーメントと同一の極性の曲げモーメントを受けた断面は、RC構造物としての耐荷機構

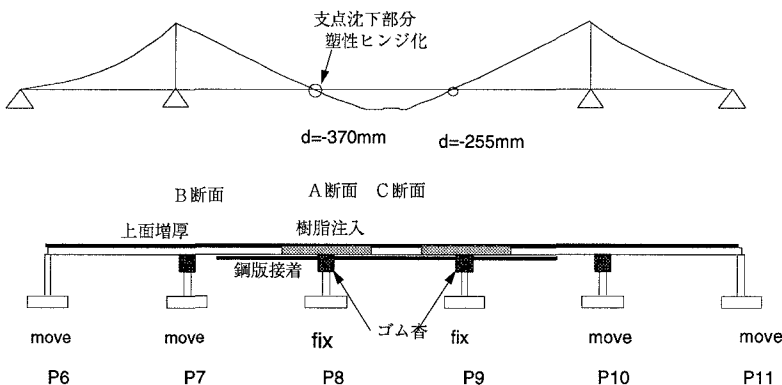


図-1 被災橋梁の側面図と被災時の想定モーメント



写真-1 被災状況

を被災後も有している。一方、逆方向の曲げモーメントを受けた断面は、脆性的に破壊し本来の圧縮側鉄筋が大きく引張降伏ひずみを越えているが、本来の引張側鉄筋は健全であった。

3. 復旧方法

被災前の支点状態にジャッキアップで復旧する事により、A断面の下縁の圧縮域を除いて上部構造は現状のままで基本的に再利用が可能と判断した。A断面の、圧縮域は下縁側のコンクリートがひび割れにより損傷しているため、圧縮性能の回復が必要であった。

具体的な復旧設計は、A断面の下縁に樹脂注入と鋼版接着を、B断面の上縁に床版上面増し厚と活荷重相当分の引張鉄筋の配置を、計算上引張鉄筋が降伏しているC断面の下縁に活荷重相当分の鋼版接着を行った。

4. 復旧方法の評価

ジャッキアップ時の反力と変位の関係を図-2に示す。P8橋脚は370mm、P9橋脚は255mmの支点沈下が生じていたので、まず、P8橋脚を100mm扛上し、以後、同一変位を支点に与え復旧した。P8橋脚が100mm扛上された後、両橋脚の反力変位関係はP8橋脚がP9橋脚の約1/2の接線勾配であることからP8橋脚の付近の床版のダメージが大きいことが理解できる。当橋脚の設計反力が288tfであるのに対して、P8橋脚反力は150tf過大である。橋梁全体の残留変形のためと推定できる。当橋梁はジャッキアップ後、全ての杓をゴム杓に入れ替えるので、反力調整はその場で行われる。

A断面のジャッキアップ変位と歪の関係を図-3に示す。A断面は、支点の沈下により負の最大曲げモーメントが生ずる点である。緊急調査によると、床版の上面一部に0.1mmのひび割れがあり、床版の下面にひび割れはほとんど観測されていなく、上筋が $+1530\mu$ の引張ひずみを有し降伏前後のひずみ状態であり、下筋が -873μ の圧縮状態であった。ジャッキアップにより、上筋は平均 -1075μ 、床版下面のコンクリートの表面ひずみは平均 $+547\mu$ 解放された。床版自重によって導入されている計算ひずみ量は床版上面で $+480\mu$ 、下面で -220μ であり、ほぼ初期のひずみ状態に戻ったと推定できる。A断面は、概ねRC断面として弾性的な挙動を示したと理解できる。

ジャッキアップと樹脂注入後、常時微動測定により上部構造の固有振動数を測定した結果を表-1に示す。損傷を受けた橋梁の固有振動数は、損傷を受けていない橋梁の固有振動数よりも僅かに高い傾向を有している。従って、微少な振動レベルにおいて、床版をジャッキアップし樹脂を注入することにより、上部構造は損傷を回復し、震災前の曲げ剛性を回復し得たと考えられる。

5. まとめ

震災を受けた橋梁上部構造の損傷を、鉄筋を切断する方法を用い、断面の応力状態として評価した。結果、橋梁の復旧を経済的に短期間で終了することができた。

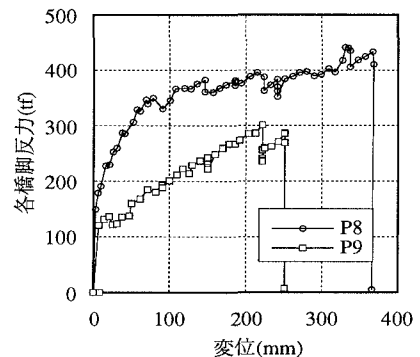


図-2 反力と変位の関係

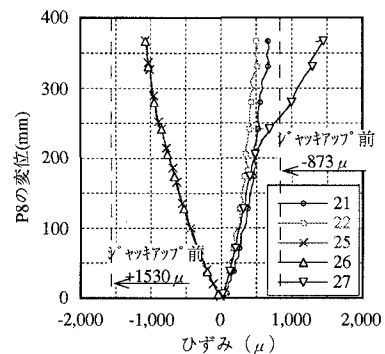
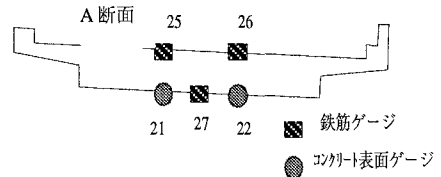


図-3 A断面のジャッキアップ変位と歪の関係

表-1 常時微動計測結果

位置 Hz	被災した橋梁		健全な橋梁	
	P7,P8 Center	P8,P9 Center	P7,P8 Center	P8,P9 Center
常時微動	5.81	5.96	5.66	5.64
計算値	5.51 (1次) 、 6.12 (2次)			