

既設高架橋等の耐震補強工事例などから考える 復旧工事の迅速性を妨げる要因

大場 宏樹¹

¹正会員 仙建工業株式会社（〒980-0811仙台市 青葉区一番町二丁目2-13）

1. はじめに

地震による応・復旧工事を迅速に行う上で損傷部位およびその損傷程度、施工環境により復旧要する時間に相違がある。

また、震災直後の状況下で復旧工事を実施するため、余震が続くことや資機材入手困難、作業員収集困難など普段では考えられないような作業環境の中であることも復旧工事に要する時間を左右する。東日本大震災においては、沓座での桁回転事象および橋脚底部での主鉄筋の座沓、中層梁の損傷であったことから、その復旧工事の進捗を左右したのは、材料等入手の困難等を除くと足場設置場所の確保の容易性や地盤面からフーチングまで根入れ長の長短であった。

今後迅速な復旧を考慮した橋梁の計画設計の実施にあたり、橋梁が位置する地形条件に合わせ塑性ヒンジを設けることが必要と考え、その一助としていただくため、ここに、損傷発生部位による東日本大震災の復旧工事と現在実施されている耐震補強工事例から、復旧工事が比較的迅速に実施できた例また、迅速な施工を実施できない例を挙げる。



写真-1 サイドストッパー破損状況

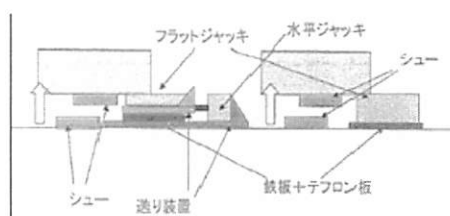


図-1 ジャッキフロー図

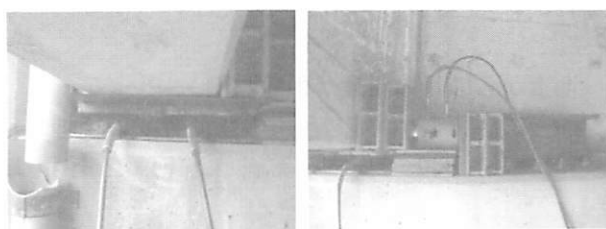


写真-2 フラットジャッキ設置状況

2. 迅速施工を行うための要因

(1) 足場設置による工事事例

a) 足場設置が容易な例

工事事例として、沓座に足場を設置し、人力で作業を実施した復旧工事例を挙げる。

写真-1は、橋桁の横方向のズレを制限するサイドストッパーの破損状況であり、沓が塑性ヒンジとなった。支承がゴム沓で、弾性変形による水平変位が大きくなり、RCサイドストッパーに桁が衝撃した。

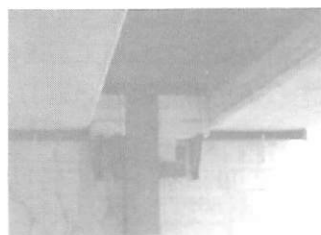


写真-3 応急対策



写真-4 復旧対策

これにより橋軸直角方向の移動制限機能が失われ、2011年4月7日発生の余震で最大約82mmの桁ズレが



写真-5 足場設置及び人力による復旧工事

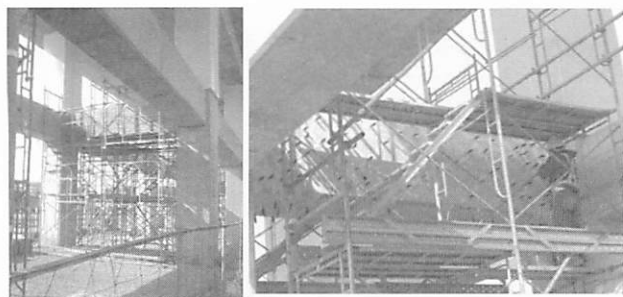


写真-6 中層はり足場設置及び人力による復旧工事

生じた。ゴム支承は弾性範囲内であったため、損傷がなかった。また、桁そのものにも損傷は認められなかった。

この橋梁の復旧方法は、桁座上に鉄板とテフロン板を布設した上面にフラットジャッキをセットして桁をこう上させた後、水平ジャッキで元の位置まで戻す手順を採用した。図-1 にフローを示す。

この橋梁の設置位置が以下の写真-5の通り平地であり、作業位置までのアプローチが比較的容易であったことから、地上から枠組み足場を設置し、迅速な施工を実施することができた。また、2層ラーメン中層はりの足場設置による人力施工の状況写真を写真-6に示す。

b) 地上からの足場設置が困難な例

次の工事事例として、河川内に位置する橋脚に足場を設置し、人力で作業を実施した復旧工事例を挙げる。

河川内に位置する橋脚等の施工は、河川の仮締切りや河川の汚染等を防止の工夫が必要となる。写真-7は、座屈した橋脚にコンクリート巻き立ての耐震補強を行った例で、河川を締め切ったの施工が困難であるため、橋梁上部工から吊足場を設置し施工を実施した例である。

橋脚の既設コンクリート80mmはつり、新たにFB-4.5×2.5を主鉄筋補強としてアンカー固定で設置、配力筋(D25)を設置した後、クラックバスターを混合した湿式吹付けコンクリートとすることで、コンクリート打設時に発生する高アルカリ性の水分の河川への流入を防止した(図-2)。

河川水面から上部及び地上部の施工は足場工を設

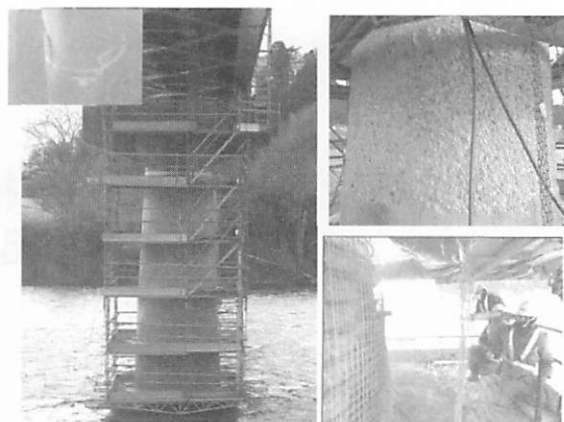


写真-7 河川内足場設置及び人力による復旧工事

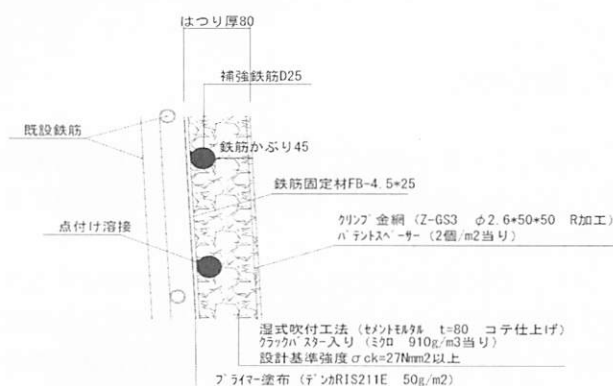


図-2 橋脚コンクリート巻き立て復旧工事

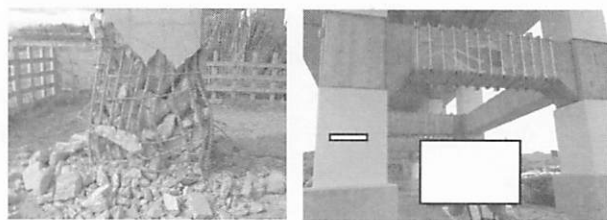


写真-8 根入れが短い場合の復旧工事 施工前・完成

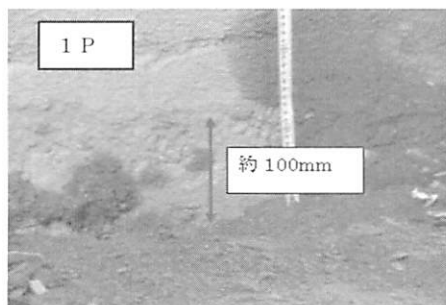
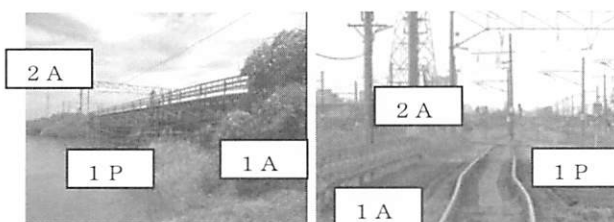
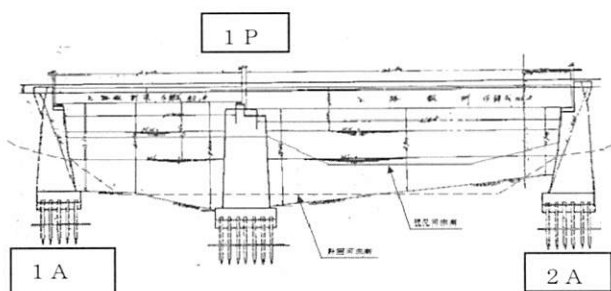
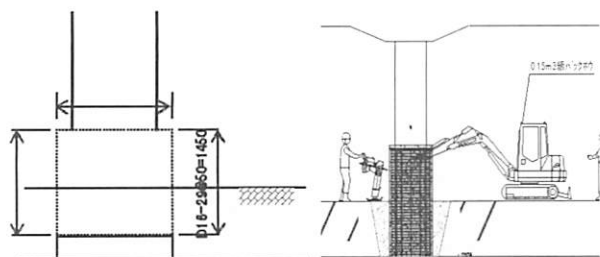
置することが復旧工事を実施するための必要条件である。また、足場工上での作業は上記の例から、人力施工となる場合がほとんどである。そのため、人力で実施できる施工方法を特にベント部材とうの形状・寸法や特殊機械を使用しての応・復旧工事内容はかえって作業の進捗を遅らせることが多い。

(2) フーチングまでの根入れ長の長短が影響する工事例

a) 根入れ長が短い場合の工事例

フーチングまでの根入れの短い場合は、土留工を有する必要がない場合を想定しており、概ね掘削深さ1.0m程度とする。尚、土留め工の有無は、土質や周辺環境、構造物への近接程度により異なる。

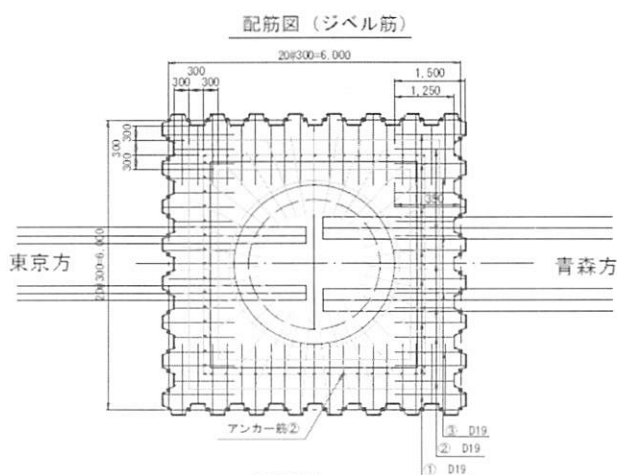
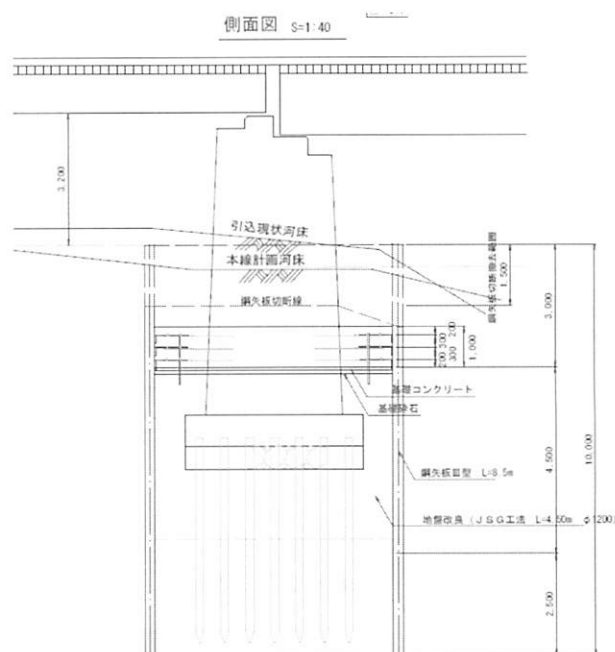
以下の事例は、フーチングまでの根入れ長が1.0m程度で、柱基部に座屈が生じた例である。写真-8に



施工前・完成の写真、図-3にコンクリート巻き立て作業の概要図を示す。根入れ長が、1.0m程度であれば、迅速な施工を実施することが出来る。

b) 橋脚、橋台の根入れが大きい場合の補修工事内容(土留め工設置)

2橋の事例を紹介する。1橋目は宮城県北部に位置する鉄道橋で無筋構造物であり、昭和17年に建設された。2011年4月7日発生の余震直後の現地確認により軌道変位が、1P直上部において、軌道の通り不良115mmでありまた、周辺地盤は地震の揺れによって約100mm程度沈下している状況であった。以下に橋梁全体図(図-4)、橋梁全景写真及び軌道変状写真(写真-9)、地盤沈下状況写真(写真-10)を示す。



その後の追加調査によって、橋脚躯体には、 1.1° 程度の傾斜が見られることが確認されたことから、橋脚の耐力低下等が懸念されたため、橋脚と一体となるケーソン基礎構造(補強部を橋脚躯体と位置づけ)が採用された。以下に復旧図面を示す。

施工内容は、フーチングの周囲に鋼矢板を打設し、鋼矢板内部を地盤改良し、周囲の地盤を強化した。また、鋼矢板の先端は、既存の松丸太杭よりも深い位置まで打設した。その後鋼矢板内を掘削し、鋼矢板にジベル筋を設置、及び橋脚躯体にアンカー筋を設置し、鋼矢板内にコンクリートを打設して、橋脚躯体と鋼矢板を一体化させた。当工事は、鋼矢板による土留め工を設置し、掘削4m程度を実施する必要があったことから、計画から施工完了まで、約半年程度必要であった。

2橋目は現在実施されている橋脚の耐震補強工で、

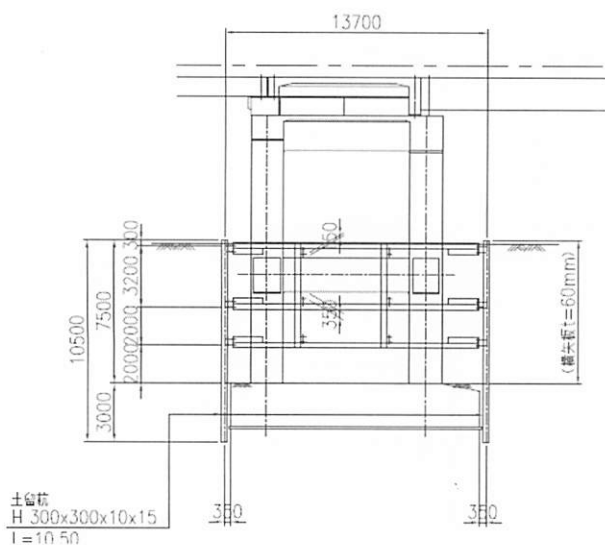


図-6 土留め工仮設側面図



写真-11 設置位置全景

7.5m掘削を伴う工事事例である。施工内容は、2層ラーメン橋脚に鋼板巻き立てを実施するものであり、計画から施工完了まで、約半年程度必要であった。

(3) 迅速な復旧工事を行うための要因の把握の必要性

震災直後および現在実施している耐震補強工の工事例を列挙した。これらの状況から、塑性ヒンジの設定位置により復旧の迅速性が左右されることがご理解いただけたと思う。特に橋台フーチング根入長は、一度損傷が発生した場合、多くの時間を要する。また、制震ダンパーやチェーン等は受注生産でありまた、重量が大きすぎることが欠点でもある。通常の工事でも橋梁工事は、空頭制限がありクレーンの使用が制限され、ウインチ等を併用した人力高所作業となるため、使用材料の重量は最大150kgぐらいが限度である。今後、迅速な復旧工事を実施する上で上述のような要因を把握して、設計・施工を実施する必要がある。



写真-12 土留め工設置状況

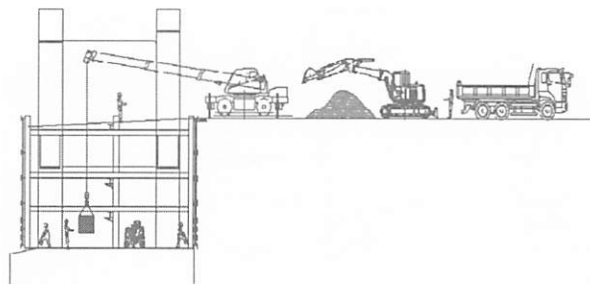


図-7 地下部掘削施工状況図

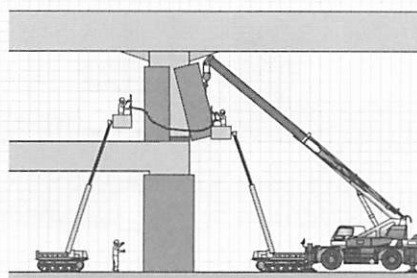


図-8 地上部施工状況図

参考文献

- 1) 源栄 正人：東日本大震災における地震動と建物被害の実態と教訓，東日本大震災に関する技術講演会論文集，一巨大地震・巨大津波がもたらした被害と教訓 -
- 2) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説－耐震設計，2012.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V 耐震設計編，2012.
- 4) 川島 一彦：地震との戦い なぜ橋は地震に弱かったのか，鹿島出版会，2014，
- 5) 大場 宏樹：東日本大震災復旧工事等における迅速な復旧工事を行うための施工側からの考察，第15回性能に基づく橋梁等の設計に関するシンポジウム講演論文集，2012.