

高橋脚を有する橋梁のグラウンドアンカーによる耐震補強

早稲田大学 正会員 ○安 同祥
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. まえがき 既設橋梁の耐震補強において、RC・鋼鉄・CFRPなどの巻立て工法を用いて下部構造の耐力を高めるのが一般的である。これらの工法は柱の耐震性を向上するが、基礎構造に更なる負担をかけるケースが多い。グラウンドアンカーを利用して橋梁を補強する場合、アンカーが直接地盤へ定着するため基礎への直接的な影響は小さいと考えられる。ここで、ある高橋脚を有する2径間の既設橋梁を例として動的解析法にてグラウンドアンカーの橋梁耐震補強への適用性について検討した。

2. 対象橋梁および解析手法 対象橋梁の概要を図-1に示す。対象橋梁は昭和60年代に建設された、急峻なV字渓谷に位置する上下線分離式の2径間連続鉄桁である。橋台は杭基礎を有する逆T式で、橋脚は一基直接基礎で支持する2本柱からなっている。橋脚柱の高さは46.50m、断面橋軸方向の幅は2.50m、柱の高幅比は18.60である。上部構造橋軸方向の支持条件はFix (A1), Hinge (P1), Mov (A2)である。耐震設計上の地盤種別として橋台はⅡ地盤に位置するが、橋脚はⅠ地盤上にある。検討用グラウンドアンカーはF360TA (断面積1875.5mm², 降伏荷重2964kN)とし、配置はP1柱天端から8.5m (片側2本), 14.5m (片側4本), 20.5m (片側4本)に3段で橋軸方向・橋軸直角方向に対して対称的に全部で40本とする。また、アンカーの水平方向との角度は45度とする。

検討は立体フレーム(梁・集中質量)によって行った。基礎は弾性バネに、橋台は弾性梁部材に、橋脚柱の曲げ特性(M~φ)は武田モデルに、グラウンドアンカーはトラス部材(初期張力の導入)に、上部構造は弾性梁部材にそれぞれモデル化した。解析は直接積分法による構造要素の非線形履歴モデルを直接取り込んだ非線形動的解析法とした。積分はニューマークβ(β=1/4)法とし、収束計算はNewton法を用いた。減衰はRayleigh型(ひずみエネルギー比例)とした。なお、解析の時刻刻みは0.001sとした。

3. 検討用地震動入力 解析に用いた地震動入力は1995年兵庫県南部地震の記録に基づいて調整した標準波形とし、「道路橋示方書・同解説」(V 耐震設計編)に記されているレベル2のタイプⅡ(内陸型)地震動とした。橋脚付近の地盤はⅠ種のため、本検討はⅠ種地盤の波形を用いた。

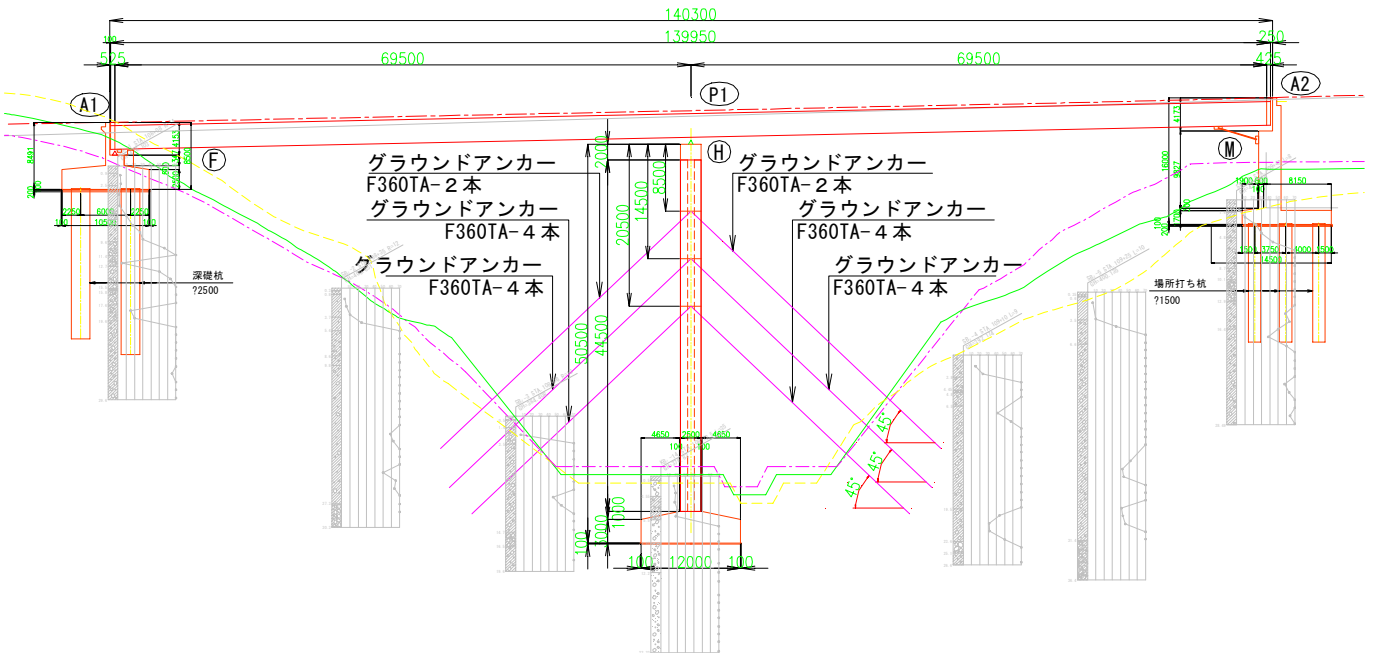


図-1 対象橋梁概要

キーワード グラウンドアンカー, 橋梁耐震補強, 高橋脚, 動的解析法

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工総合研究所 TEL 03-5286-3852

表-1 基礎の最大反力 単位:kN, m

	水平反力	鉛直反力	回転モーメント
補強 Rr	44468	36448	339870
現況 Ro	43171	29548	322646
Rr/Ro	1.03	1.23	1.05

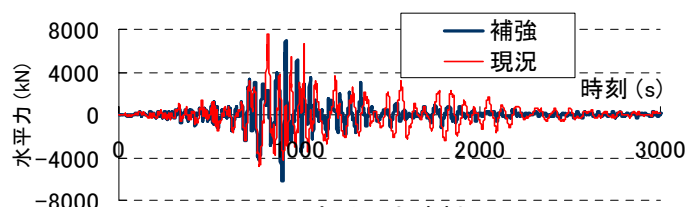


図-2 支承反力時刻歴

4. 解析結果および考察 I 種地盤レベル 2 (タイプ 2) の 3 波形を用いて動的応答解析を実施した。ここで橋軸方向の解析結果を取り上げてグラウンドアンカーの橋梁耐震補強への適用性について説明する。

図-2 は JMA KOBE OBS. N-S 入力による P 1 支承の水平反力を示す。補強後支承の水平反力 (最大値 6877kN) は現況の方 (最大値 7536kN) より小さくなった。これは高橋脚の剛性が上部構造の軸剛性より小さいため、水平方向地震に対して柱は上部構造と基礎構造に支えられ、補強によって柱剛性の向上につれて橋脚の上部構造に対する支持依存性が低くなってきたと考えられる。図-3 は柱の最大応答値 (3 波平均) を示す。柱両端の水平変位は補強前後殆ど変わらなかったが、柱中間部の

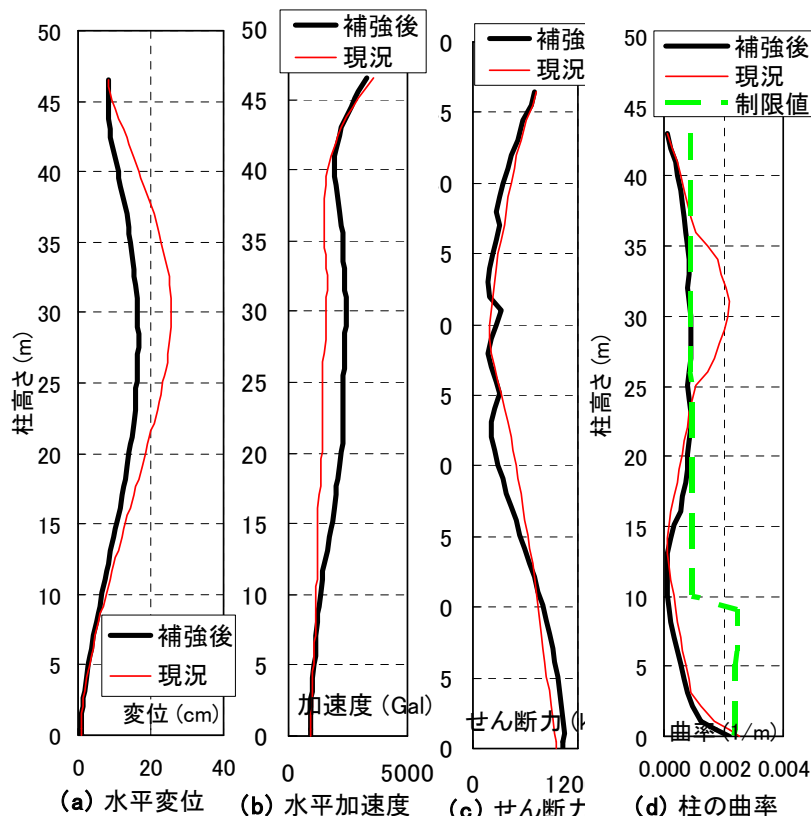


図-3 柱の応答値 (3 波平均値)

水平変位は補強によって大幅減少した (最大値は 25.5cm から 16.5cm まで小さくなった)。また柱の最大水平変位分布形状から高橋脚の振動に対して 1 モードのみならず高次モードも大きく影響する (図-3(a) 参照) ことが分かる。図-3(b) は柱の最大水平加速を示す。補強後柱の水平加速度は補強前より大きくなった。これは補強後柱剛性の増大によるものと思われる。柱応答水平加速度の増加によって補強後柱下端のせん断力が大きくなる傾向がある (図-3(c) 参照)。柱の曲げ曲率を図-3(d) に示す。現況において柱中間部 (主鉄筋段落し部) の最大応答曲率は制限値の 2 倍程度も超えていたが、補強によって柱の応答曲率は全て制限値以内に収まった。これはグラウンドアンカーが柱中間部の弾性支持となり、柱の曲げスパンを縮小したからである。

表-1 は P1 橋脚の基礎反力を示す。補強後グラウンドアンカーの鉛直分力により基礎の鉛直反力は 23% 増加したが、水平反力 (3%) および回転モーメント (5%) は顕著な増加は見られなかった。グラウンドアンカー 1 本当たりの最大荷重は 1964kN で降伏荷重の 66.3% である。

5. 結論 高橋脚にグラウンドアンカーを取り付けた場合、アンカーは柱中間部の弾性支持となり橋脚の剛性が向上され、柱の水平変位は大きく抑えられ、まげ曲率を大幅減少させることができ、柱の曲げ補強には有効である。また補強によって基礎の水平反力および回転モーメントは殆ど変化なしで、基礎への負担増はあまりない。一方補強によってせん断力の改善は見られなかった。課題として今後本工法の普通橋梁への適用性、ダンパーの導入等について検討する必要があると思われる。

参考文献

- (1) 道路橋示方書・同解説 (社) 日本道路協会 H. 14. 12 (2) 設計要領 NEXCO H. 18. 4 (3) グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 地盤工学会 2000. 5