

### 橋台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. はじめに

橋梁の耐震設計基準は大地震の震災経験を活かして改訂されている。橋梁の所要耐震性能は耐震基準の改訂につれ高くなり、旧基準で設計・建設されたものが現行基準の要求に満たすために耐震補強は必要である。1995年兵庫県南部大震災以来多くの橋梁が耐震補強されている。然し、今までの耐震補強は主として補強工法が確立されている地上にある橋脚の柱に集中している。地中にある基礎構造物および半地下にある橋台の耐震補強はまだあまり実施されていないのは現状である。これは橋台の有効且つ経済的な耐震補強工法はまだ確立されていないと思われる。本文は、グラウンドアンカー工法の橋台の耐震補強の有効性について数値解析法にて検証した。

#### 2. グラウンドアンカー補強工法

グラウンドアンカー補強工法は従来の巻き立て工法のように部材断面を大きくして部材の耐力を直接向上する事ではなく、PC ケーブルなどを用いて構造部材（上部構造、橋脚柱、橋台堅壁あるいはフーチング）とグラウンドアンカーをつなぎ、地震による構造物の応答値を低減し耐震性能の向上を図る工法である。これまでの模型実験および数値解析結果によれば、グラウンドアンカーが上部構造に連結した場合は支承を含む構造全体、橋脚柱に連結した場合は柱および基礎構造の耐震性能を高める事ができる。本検討ではグラウンドアンカーを堅壁と連結ものとした。

#### 3. 橋台諸元

本検討に用いる橋台は平成2年版の道路橋示方書・同解説に基づいて設計された2径間床版橋のA1橋台である。逆T式のA1橋台は場所打ち杭で支えられ、全高は7.50mである。杭径と杭長はそれぞれ1.2mと34.5mである。建設地点の表層地盤は砂と砂礫の互層からなり、耐震工学上の基盤面は平均N値60以上の砂礫層の上面で、地盤の特性値は0.86sである。表層地盤の土質定数は表1に示す。

#### 3. 解析モデルおよび解析方法

解析は橋台、杭基礎およびその周辺地盤から構成する2次元モデルによって実施した。橋台の堅壁・フーチ

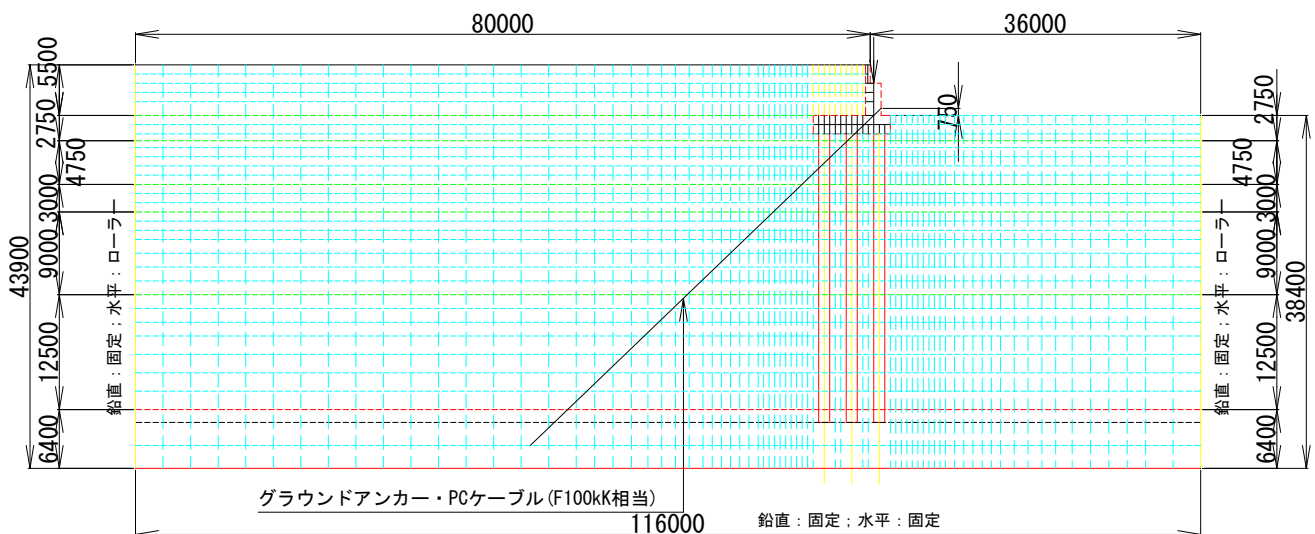


図-1 解析用モデル

キーワード グラウンドアンカー, 橋台耐震補強, 耐震性能, 数値解析

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 TEL03-5286-3852

ングは線形梁要素に、場所打ち杭は非線形梁要素にモデル化した。杭の曲げ非線形特性は武田モデルによって評価した。地盤は非線形平面歪み要素とした。その非線形特性は Ramberg-Osgood 曲線で評価した。また、グラウンドアンカーと堅壁間の PC ケーブルは圧縮力を抵抗しない非線形ばね要素とした。

表-1 土質定数

Category	Thickness (m)	SPT Average N	Adhesive Force C (kN/m <sup>2</sup> )	Inner Friction Angle φ (°)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	
					Wet γ	Effective γ'
Sand	5.50	30	0	30	18	18
Gravel	2.75	10	0	33	18	9
Sand	4.75	5	0	32	17	8
Gravel	3.00	10	0	33	18	9
Sand	9.00	6	0	30	17	8
Gravel	12.50	41	0	35	20	11
Gravel	6.40	69	0	40	20	11

境界条件について基盤面では全方向固定，両サイドでは鉛直方向固，水平方向ローラーとした。図-1 は解析用モデルを示す。

表-2 最大応答値

Element	Shear Force S (kN)		Moment M (kNm)	
	Existing	Retrofit	Existing	Retrofit
Vertical Wall	1950.8	1941.4	5592.2	5189.1
Pile Cap	5448.1	5708.3	5907.4 (-8118.3)	6118.3 (-5270.9)
Pile Head	1708.2	1680.2	-	-

構造物の応答値は非線形動的解析によって求めた。動的解析は直接積分法，積分は New-β (β=0.25) 法によって行った。また，減衰はひずみエネルギー比例～レイリ型とした。解析用地震入力は道路橋示方書に示されている I 種地盤タイプ II 地震動設計用 JMA KOB 波形を基盤波とした。

4. 解析結果および補強効果

解析は橋軸直角方向杭 1 列当たり幅 (3m) で行った。補強用グラウンドアンカーは F100K (7×φ11.1, 降伏荷重: 826kN) に相当するもの 1 本とした。PC ケーブルは堅壁のフーチング上面から上へ 0.75m 辺りに連結した。表-2 は各部材最大応答値を示す。補強後堅壁のせん断力は 0.5%，曲げモーメントは 7.2%程度低減した。フーチング後趾のせん断力と下側引張りの曲げモーメントはそれぞれ 4.8%と 3.6%程度増加したが下側引張り曲げ

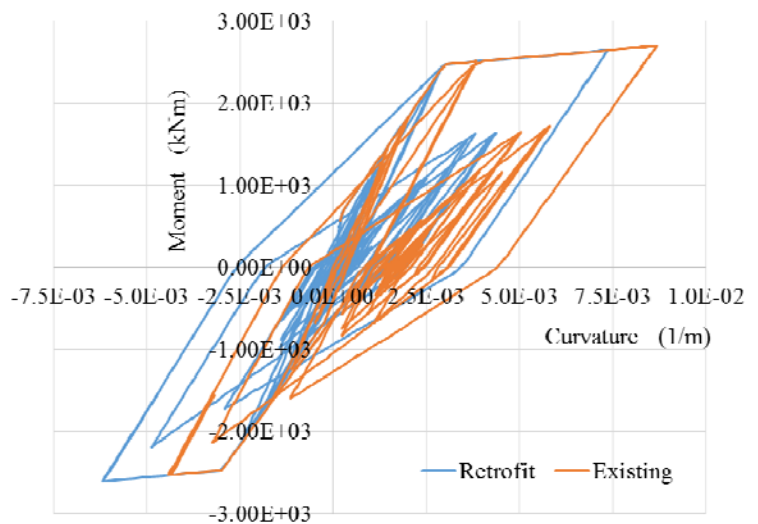


図-2 杭 M～φ 応答履歴曲線

モーメントは 35.1%程度低減した。杭頭部の最大せん断力については，補強によって 1.6%程度低減した。図-2 は杭頭部の曲げモーメントと曲率の履歴曲線を示す。曲率の現況での最大応答値は 0.0087 1/m で制限値の 0.0085 1/m を若干上回ったが補強することによって最大応答値 0.0074 1/m まで低減し制限値以下になった。グラウンドアンカーの最大応答値は 450kN で降伏値の 54.5%弱であった。

5. まとめ

数値解析法でグラウンドアンカーの橋台の耐震補強への適用性について検証した。検討結果としてグラウンドアンカー工法は橋台の殆どの部材の地震応答値を低減することができ，橋台の耐震性能を向上することが期待できる。本検討は初期的なもので実用に向けて模型実験などでアンカーの定着を含む更に詳細な検討する必要がある。

6. 参考文献

(1) 道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説 社団法人 日本道路協会； (2) An T.X., Kiyomiya O. and T. V. Hung (2010) “Effect of earthquake-proof reinforcement by ground anchor and damper on an existing bridge with high pier”, The 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada