

地震時液状化地盤に設置した橋台の耐震補強

早稲田大学 理工学術院 正会員 ○安 同様
早稲田大学 創造理工学部 フェロー 清宮 理

1. はじめに 橋梁の耐震補強について、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が、その補強は橋脚の柱に集中しているのは現状である。橋梁の基礎および橋台についての補強はあまり実施されていない。橋台は橋梁の上部構造を支えていると同時にその後ろの裏込め材・道路からの土圧を抵抗する土留めの役割もしている半地下構造である。故に、橋台の振動特性および耐震性能は橋梁の上部構造と基礎地盤のみならず裏込め材の特性にも影響される。地震時地盤の液状化によって地盤の構造物への支持機能が低減したり流動圧を作用したりすることで構造物の振動特性および耐震性能に大きな影響を与えられとされる。本文は、数値解析法にて地震時液状化が生じる恐れのある緩い地盤に設置した橋台の挙動および耐震性能を調べ、地盤改良工法および裏込め材の軽量化工法の補強効果を検証した。

2. 橋台および地盤諸元 本検討に用いた橋台は逆T式で6×4列計24本の鋼管杭で支持され、構造全高は10.00mである。杭径と杭長はそれぞれ0.8mと31.5mである(図-1参照)。建設地点の耐震工学上の基礎面は平均N値が50以上の砂礫層の上面で、表層地盤は上から平均N値が10程度の砂礫層、5.0程度の砂層と25.0程度の砂混じり礫の層からなり、地盤一次モードの周期は0.80sで、耐震設計上の地盤種別はⅢ種地盤である。

3. 補強工法 本検討で用いた補強工法は構造物を直接補強する工法(部材の増し厚、基礎の増し杭など)ではなく、地盤改良、裏込め材の軽量化およびその組み合わせとした。地盤改良は液状化地盤あるいは軟弱地盤によく使われているCDM工法で、橋台背面、前面および前・背面の3ケースと仮定した。また、橋軸方向の改良幅は2.0m、深さ方向はN値が25の砂礫地盤へ3.0mの根入れとした。裏込め材の軽量化範囲は縦壁背面とフーチング後し底面の先から路面まで後ろ45度の線との区間とした(図-1参照)。

4. 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なる2次元モデルによって実施した。橋台のパラペット・フーチングは線形梁要素、縦壁・鋼管杭は非線形梁要素にてモデル化した。縦壁の曲げ非線形特性は武田モデル、杭はバイリニア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。その非線形特性は修正R-O(Ramberg-Osgood)曲線で評価した。地盤の液状化特性は修正R-O+Bowlモデル(全

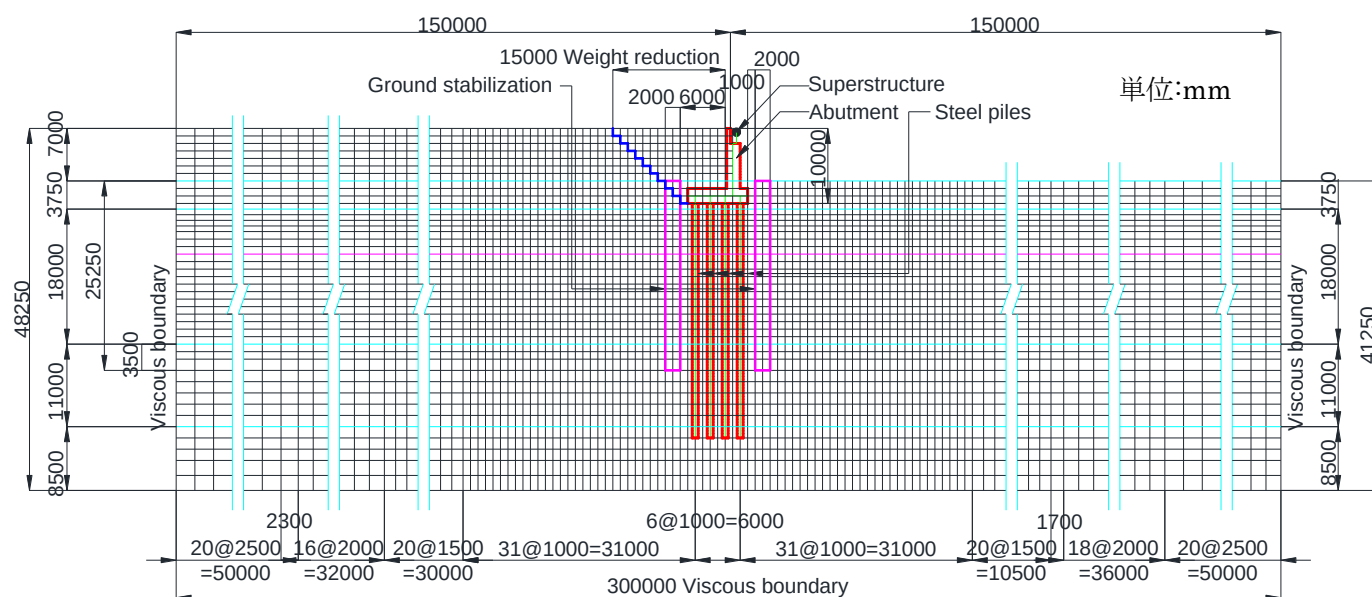


図-1 橋台および補強概要・検討用モデル

キーワード 橋台, 杭基礎, 液状化地盤, 耐震性能, 耐震補強

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3丁目4-1 TEL 03-5286-3852

応力度)で評価した。また、CDMで改良したおよび軽量化(単位体積重量:10kN/m³)した地盤は線形平面ひずみ要素とした。境界条件について、動的解析では基礎面および両サイドの鉛直方向は固定で、水平方向は粘性ダンパーとした。図-1は解析用モデルを示す。地盤および構造物の応答値は道路橋示方書に

表-1 検討ケースおよび解析結果

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
ケース	補強工法	無対策	無対策	背面CDM	前面CDM	前背面CDM	軽量化	Case3+6
	液状化有無	無	有	有	有	有	有	有
縦壁	曲率(10 ⁻³ /m)	-5.930	-1.875	2.141	-3.981	3.128	-0.129	0.869
	φ _y =1.297	Yield	Yield	Yield	Yield	Yield	Crack	Crack
	せん断力(kN)	9028	7876	8148	8953	8990	6617	8101
杭	曲率(10 ⁻³ /m)	3.080	18.440	7.335	6.861	4.909	17.660	7.278
	φ _y =3.574	Not yield	Yield	Yield	Yield	Yield	Yield	Yield
	押込み	3192	3866	4007	4117	3428	3225	3741
	引抜き	-1403	-1723	-2046	-2178	-1340	-1616	-2176

示されているI種地盤タイプII地震動設計用JMA KOBE波形を用いて非線形動的解析によって求めた。解析は無対策、地盤改良、裏込め材軽量化および地盤の液状化の有無において表-1に示す7ケースについて行った。

5. 地盤液状化の影響 上部構造応答加速度および解析用入力波形のフーリエ解析結果は図-2に示す。地盤の液状化によって上部構造の応答加速度は周期2.3s以上の成分が増幅したが、それ以下の成分が大きく低減した。地盤・構造物の初期剛性による卓越周期は0.75sなので、地盤の液状化は構造物の応答値を低減するケースがある。図-2は構造物の応答水平変位を示す。液状化によって地盤の支持機能が低下し基礎の応答変位が大きくなり、構造物の水平変位が大きくなった。但し、縦壁の変位が小さくなった。縦壁と杭の応答値は表-1に示す。液状化によって縦壁の応答値が小さくなったが地盤支持力の低下によって杭の曲率および鉛直反力が大きくなった。

6. 補強効果 地盤を補強することによって上部構造の水平加速度の短周期(0.9s以下)成分は大きくなった(図-2)。これで縦壁の応答値が大きくなった(表-1)。然し、改良によって地盤の支持力が改善され、基礎の応答変位(図-3)および杭の曲率の応答値(表-1)は大きく低減した。裏込め材の軽量化によって縦壁の応答値が大きく低減することができるが基礎の水平変位および杭の曲率への補強効果はあまり期待できない。

地盤改良と裏込め材の軽量化を併用する事によって基礎の水平変位それに構造物全体の水平変位(図-3)、杭の曲率および縦壁の応答値(表-1)を低減する事ができ、構造物全体の補強効果を得る事が期待できる。

7. まとめ 1) 地盤の液状化は基礎の応答値を増大したが縦壁の応答値を低減した; 2) 地盤改良は基礎の耐震性能を向上する事ができるが縦壁への効果あまり期待できない; 3) 地盤改良と裏込め材の軽量化を併用する事で構造物全体の耐震性能を向上する事が期待できる。

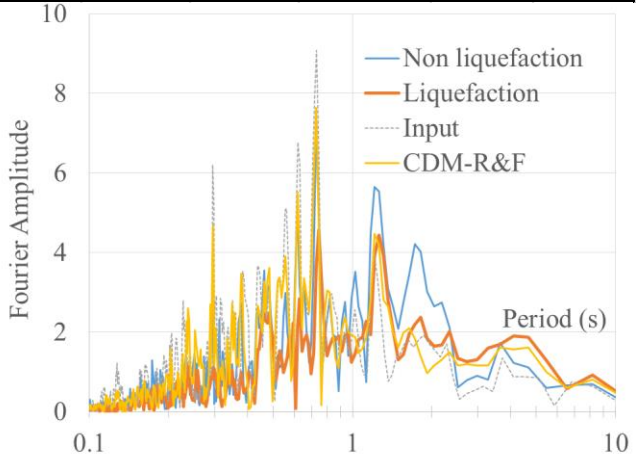


図-2 上部構造応答加速のフーリエ解析結果

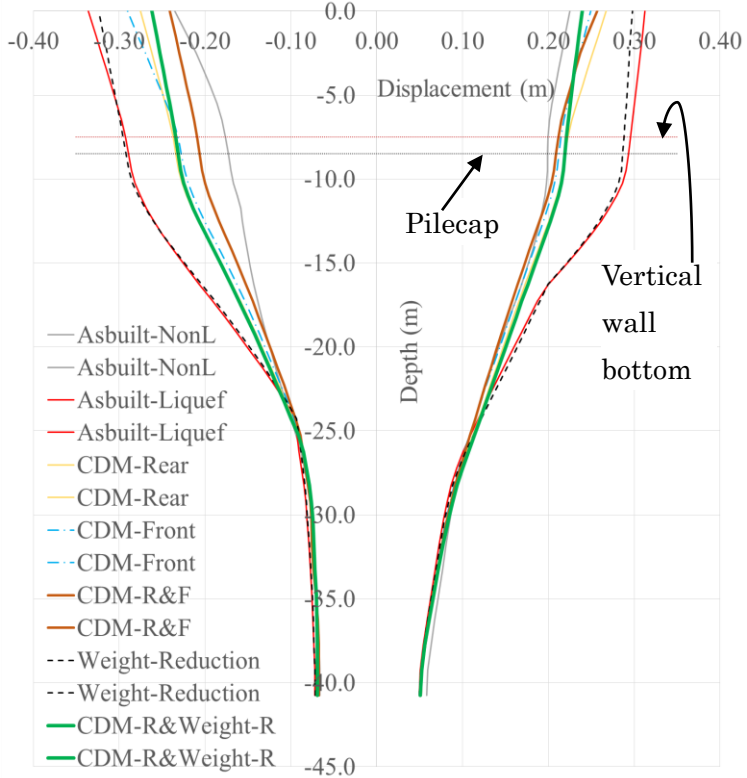


図-3 構造物の応答水平変位