

合成構造を用いた親杭横矢板式壁体の地震時挙動における解析的検討

ジオスター 正会員 ○斉藤光海 中谷郁夫 横尾彰彦 西嶋修平
横河住金ブリッジ 正会員 竹内大輔 上條崇 関口修史 松尾卓弥

1. はじめに

親杭横矢板式壁体は、H形鋼等による柱（親杭）を所定の間隔に設置し、その柱間に横矢板を落とし込むことで構築されるもので、主として簡易土留めに採用されている。この工法は施工が容易で工費が比較的安い利点がある一方、部材は何らかの方法で剛性を高めない限り、自由度が高いため耐震性に課題がある。

著者らは、この工法に合成構造を用いて部材の補強を試み、親杭を地中梁で相互連結し、さらに横矢板の脱落防止部材を設けて耐震性向上を図った。本報告では、構造の安全性を確認するために親杭横矢板形式の壁全体をモデル化し、液状化を考慮した地震応答解析をすることで、レベル2地震動による挙動の検討について報告する。

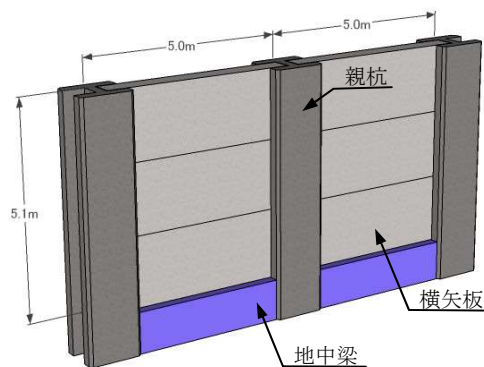


図-1 解析モデル イメージ図

2. 対象構造物

解析対象とした構造物は、壁高5.1m、柱間隔5.0mの親杭横矢板式壁で、10スパン延長50mのモデルであり、各柱は工学的基盤面まで打ち込まれた鋼管杭により支持される。また、横矢板は幅1.7m、厚さ0.5mのRC版で、鉛直方向に段積みとし、隣接する横矢板を脱落防止鋼棒（以下、鋼棒）で連結するモデルとした。解析ケースは、地中梁を剛結合・ピン結合とした2ケースであり、地中梁はRCの棒部材とした。また、横矢板は水平の隙間15mmのスライド可能性を考慮した。解析モデル図を図-2に、解析ケース一覧を表-1に示す。

3. 解析方法

地震応答解析は2次元動的FEM解析手法を用いて、表-2に示す解析条件のもと、図-3に示すレベル2地震動を工学的基盤面に入力して解析を実施した¹⁾。入力地震動は、土木学会の地震動波形のうち、最大加速度の最も大きい内陸型①²⁾を用い、モデル地盤の標高-36.32m以深を工学的基盤（N値50回以上の砂質土層）とした。地盤モデルは、土層断面を壁延長中央部から左右に条件を相違させるため、2種類のボーリングデータを用いて、より厳しい地盤条件のもと解析を行った。地盤の過剰間隙水圧分布図を図-4に示しているが、赤部の表層部が最も液状化していることを示している。

表-2 解析条件

項目	モデル条件
解析方法	2次元動的FEM解析（平面ひずみモデル）
現地盤のモデル化	砂質土層、粘性土層：弾塑性モデル（マルチスプリングモデル）
基礎層	弾性モデル
構造物のモデル化	柱、地中梁：線形はり要素 横矢板：線形平面要素 鋼管杭：非線形はり要素 鋼棒：非線形ばね要素
構造物の天端高	標高 +6.10m
地表面レベル	標高 +1.00m
地下水位	標高 +1.00m
工学的基盤面	標高 -36.32m
境界条件	側方境界：粘性要素 底面境界：粘性要素

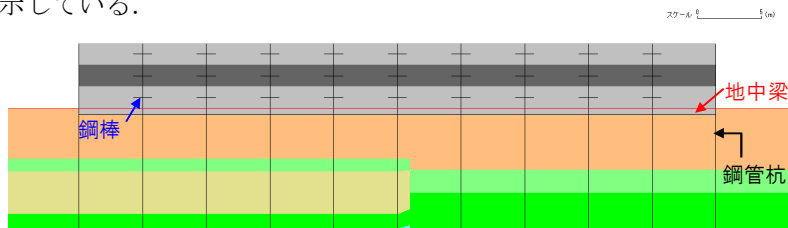


図-2 解析モデル（壁拡大図）

表-1 解析ケース一覧

Case No.	地中梁のモデル化
1	剛結合
2	ピン結合

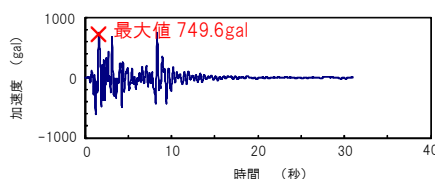


図-3 入力地震動

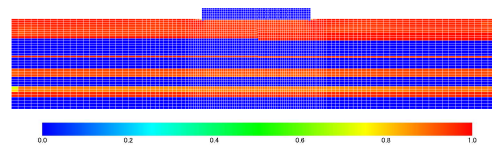


図-4 最大過剰間隙水圧比分布図

キーワード 親杭横矢板, 地震応答解析, 地中梁

連絡先 〒112-0002 東京都文京区小石川 1-28-1 ジオスター 技術部技術開発 T TEL (03) 5844-1203

〒273-0026 千葉県浦安市入船 1-5-2 横河住金ブリッジ 鉄構エンジニアリング技術部 TEL 047-306-5278

4. 解析結果及び考察

解析モデルのメッシュ図を図-5に、解析結果より得られた壁体中央部の節点A,Bにおける各ケースの相対水平変位を表-3に示す。Case1とCase2を比較すると、残留変位および相対変位のいずれも地中梁をピン結合としたCase2の方が大きく、柱上端部の節点Aでは、若干の変位差が生じていることが分かった。Case1は地中梁を剛結合としたことにより、壁全体が拘束され変位が抑えられたため、Case2ほど変位が生じなかったと考えられる。また、図示していないが、柱と横矢板の変位差は15mm程度である。

各ケースの柱部、および地中梁の最大モーメント発生位置の断面力を表-4に示す。柱部に発生する断面力について両ケースを比較すると、せん断応力と軸力に地中梁の結合方法による違いは見られない。また、柱部の曲げモーメントに関しては、Case1で $511.4\text{ kN}\cdot\text{m}$ 、Case2で $637.9\text{ kN}\cdot\text{m}$ であり、大きな差が無いことが分かった。地中梁に発生する断面力について、地中梁を剛結合としたCase1では、特にせん断力が 2650.4 kN と大きな断面力が生じているのに対し、地中梁をピン結合としたCase2では、曲げモーメントおよびせん断応力はほとんど発生せず、軸力が引張方向に 401.5 kN と卓越していることが分かった。

鋼棒は各座標の壁体鉛直方向に3本ずつ配置されており、図-6はそれぞれの鋼棒に生じる軸力の最大値(圧縮方向最大値)と最小値(引張方向最大値)を示すものである。Case1の鋼棒に発生する軸力の平均値は圧縮方向で 46.2 kN 、引張方向で 48.5 kN であり、壁体延長を通して圧縮方向軸力と引張方向軸力に大きな差は見られない。地中梁をピン結合としたCase2の鋼棒に発生する軸力の平均値は圧縮方向で 54.1 kN 、引張方向で 60.9 kN であり、地中梁を剛結合としたCase1よりも僅かに大きい軸力が発生しているものの、両ケースにほとんど差は見られない結果となった。また、各ケースとも、波形の影響と考えられるが解析モデル右方向側に引張方向の軸力が大きくなる傾向が見られた。

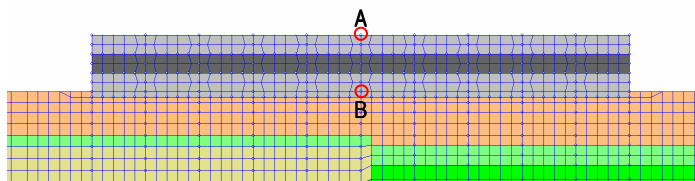


図-5 解析モデルメッシュ図

表-3 着目点の変位

節点	Case	残留変位(mm)		最大変位(mm)	
		水平	鉛直	水平	鉛直
A	1	-70	4	-865	4
	2	-118	4	-1191	4
B	1	-71	4	-734	4
	2	-96	4	-847	4

変位の符号：水平(+)右側、鉛直(−)沈下側

表-4 各ケースの断面力

Case No.	柱			地中梁		
	M(kN・m)	Q(kN)	N(kN)	M(kN・m)	Q(kN)	N(kN)
1	511.4	372.9	9.1	-1487.9	-2650.4	-320.5
2	637.9	376.7	9.0	9.9	-14.7	-401.5

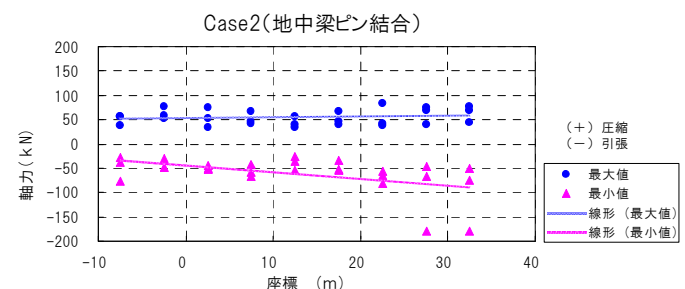
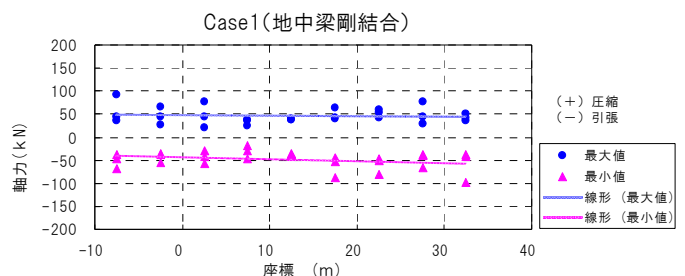


図-6 鋼棒の軸力

5. まとめ

親杭横矢板式壁体をモデル化し、液状化を考慮した地震応答解析を行った結果、地中梁を剛結合とした場合、ピン結合とした場合の2ケースについて、各部材の断面力および変形の傾向が分かった。これらの結果から、地中梁と脱落防止鋼棒を用いれば両ケースとも現在想定している部材での縦断面方向の耐震性を確保できることが確認でき、現場条件に応じて地中梁の接続方法を選択することが可能である。今後、脱落防止鋼材の有無による影響や、地中梁の無いケースを増やし、地中梁の耐震性に関して検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 斉藤光海, 中谷郁夫, 横尾彰彦, 林健二: レベル2地震動における自立式PCaコンクリート矢板護岸の地震応答解析, 第69回土木学会年次学術講演会講演概要集, 部門Ⅲ-338, 2014.9
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書[設計編], pp. 254-257, 2012