

III-460 地中連続多壁基礎の水平載荷試験に基づく 壁体の水平耐力に関する研究

首都高速道路公団 田中栄治 正会員 ○菅原 聡
日本国土開発(株) 正会員 岡田宏明

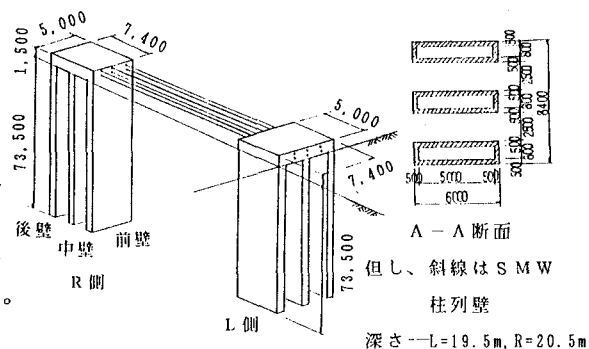
1. まえがき

多径間連続桁橋では、橋軸方向には常時の上部工の温度応力による変形が大きく、剛体基礎よりもフレキシブルな構造の基礎が有利であると考えられる。そこで、首都高速湾岸線BY412, 413工区では、上部工の荷重特性を考慮した壁式構造の地中連続壁基礎を採用することとした。設計手法は、基礎を弾性体として扱い、地盤バネに支持された弾性支承上のはりと考え、水平載荷試験により基礎前面の水平バネ及び側面のせん断バネ値を設定した。実験体は本体基礎の1/2モデルとし、本体基礎の工区内で制作し、同じ地盤条件下で載荷試験を行うこととした。しかし、この地盤において、連壁施工における溝壁の安定検討を半円形スベリ理論で解析したところ、GL-20mまで続くN値 0~4の埋土層が崩壊する危険があり、単列でソイルセメント柱列壁(SMW工法)を補助工法として施工することにした。この条件下で行った水平載荷試験の結果と、柱列壁が基礎連壁の水平耐力に及ぼす影響を報告する。

図-1 実験体概要図

2. 載荷試験の概要

試験体は、地中連続壁(断面諸元一長辺長5.0m, 短辺長0.8m, 基礎長73.5m)を等間隔に3列配置し、頭部を頂版で剛結合したものを面内方向(橋軸直角方向; L側供試体)と面外方向(橋軸方向; R側供試体)を向かい合わせに施工し、センターホール型油圧ジャッキ6台で互いに引き合う方式とした。載荷は一方向多サイクル方式で行い、3サイクルのピーク荷重を各々、200tf, 600tf, 1120tfに設定した。



3. 載荷試験結果

3-1. 頂版変位 ----- L側供試体の頂版が荷重レベル900tfからねじれが生じ、最大回転角6分を記録したが、R側は最大回転角2分であった。埋土地盤の不均一性による地盤反力度の相違に起因するものと考えられる。各荷重段階の水平変位を比較するとR側試験体はL側試験体の、2.0~2.5倍となっている。

3-2. 杭体の水平変位 ----- 杭体内部に設置した固定式傾斜計により、L側試験体はGL-30m付近から変位していると見られ、R側試験体はGL-17m付近から変位していると思われる。

3-3. コンクリート弾性係数 ----- 第2サイクル終了までは両試験体は線形弾性変形を示している。この範囲の、コンクリートの弾性係数を求めると、L側試験体; $E_{CL} = 2.77 \times 10^5$ (kgf/cm²), $E_{CR} = 1.62 \times 10^5$ (kgf/cm²), このときのヤング係数比はそれぞれ $n_L = 7.582$, $n_R = 12.996$ である。

3-4. 鉄筋応力分布 ----- L側試験体(面内)の鉄筋応力は短杭での”杭頭自由”的な傾向が見られる。その他、L側鉄筋応力分布より次のことが言える。① 載荷重600tfまでは圧縮応力度と引張応力度がほぼ等しく、中立軸の移動がないと考えられる。② 載荷重800tfあたりから引張応力度が卓越しているが、GL-8.0m付近でひびわれが生じたものと考えられる。③ 鉄筋応力は荷重の大きさに関係なく、GL-30m以深で収束している。 R側試験体(面外)の鉄筋応力の分布形状は、GL-3.0m付近で圧縮応力度と引張応力度が逆転しており、R側は単杭での”杭頭固定”的な傾向が見られる。その他、R側鉄筋応力分布から次のことが言える。① 壁体断面の応力分布は頂版の回転の影響を受けており、前壁は引抜き力による引張力が、後壁は押し込み力による圧縮力が作用している。 ② 杭頭部において、後壁が800tf、中壁が640tf、前壁が760tfでひびわれが発生しており、ひびわれ発生順序は中壁-前壁-後壁である。 ③ 地中部については、後壁が700tf、中壁が740tf、前壁が840tfでひびわれが発生しており、ひびわれ発生順序は後壁-中壁-前壁である。

④鉄筋応力は荷重の大きさに関係なくGL-17.5m以深で収束している。

3-5. 試験体とソイルセメント柱列壁との相対変位 ----- 連壁施工の補助工法として施工したソイルセメント柱列壁が本体壁の水平耐力に及ぼす影響を調査するため、試験体と柱列壁の水平方向のズレをダイヤルゲージによって観測した。この結果、試験体の弾性変形内ではR、L側共、柱列壁が一体となって移動しており、設計上、柱列壁が壁体の水平耐力に及ぼす影響を検討する必要が生じた。

4. 載荷試験解析

4-1. 解析条件 ----- 図-2 に示すように、基礎前面の水平方向地盤反力係数と側面の水平方向せん断地盤反力係数を求め、それぞれのバネが受働土圧強度より定まる上限値を持つ弾塑性体として解析した。前面バネについては受働土圧強度の3倍を、側面バネについてはせん断強度(1倍)を上限値とした。杭先端はピン支点とし、試験体が弾性変形を示した載荷重600tf以下の荷重で解析した。表-1と表-2に試験体位置での地層における横方向地盤反力係数を示す。断面性能は試験体、柱列壁共コア試験結果の値を用いた。

図-2 地盤バネモデル

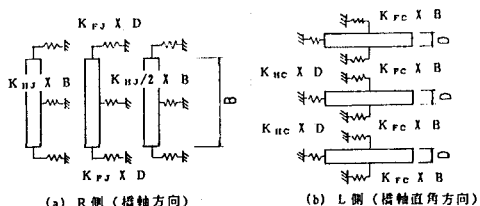


表-3 杭頭変位比較表 単位: mm

荷重 tf	L側(横軸直角方向)		R側(横軸直角方向)	
	実験値	解析値	実験値	解析値
200	0.70	1.03	0.91	1.38
400	0.53	1.03	0.91	1.35
600	1.98	2.05	1.83	4.92
	4.47	3.08	2.74	10.38

但し解析値(A): 試験体, 解析値(B): 試験体+S.M.W

4-2. 解析結果と考察

載荷重200~600tfでの平均杭頭変位は、実験値と解析値が良く整合している(表-3)。L、R側の杭頭変位共、400tfまでは実験値が解析値を上回っており、600tfでは逆転しているが、これは地盤の非線形性によるものと考えられる。壁体の断面性能を用いて解析した結果と、試験体とソイルセメント柱列壁の合成断面で解析した結果を実験値と比較したグラフを図-3~4に示す。R側モーメントについては、実験値では前、中、後壁で値の差が小さく、前壁の負の最大曲げモーメントは解析値と比較的良く整合しているが、中、後壁では解析値を上回っている。このため、水平力に対しては前壁の解析値を基準として、中、後壁を同断面として設計することとした。L側モーメントについては、最大曲げモーメントの解析値が実験値を18%上回っており、安全側の設計になっている。柱列壁については、壁体の水平耐力に及ぼす影響を検討したが、頭部変位が13~14%小さくなるものの、モーメントは差異が小さく、柱列壁の圧縮強度を20kgf/cm²程度にすれば、設計上無視できることが分かった。

参考文献①日本道路協会: 道路橋仕方書・同解説 I, IV(H.2.2), ②首都高速道路厚生会: 首都高速道路下部構造物設計基準(H.3.4), ③日本道路協会下部構造小委員会資料: 地中連続壁基礎設計施工指針(最終案)

表-1 横方向地盤反力係数(面外、RE)

地層名	層厚(m)	N値	横方向地盤反力係数 (tf/m ²)							
			基礎幅(5.0x1.6m)				SM-壁(6.0x1.6m)			
			横軸方向	縦軸方向	横軸方向	縦軸方向	横軸方向	縦軸方向	横軸方向	縦軸方向
R	20.4	8	1810	543	7156	2147	1579	474	3895	1169
U.C.L.1	5.4	4	905	272	3579	1073	790	237	1948	584
U.S	9.5	14	3168	950	12523	3757	2783	829	6817	2045
U.C.L.2	22.2	7	1584	475	6262	1879	1382	414	3408	1023
M.S	6.1	22	4979	1494	19680	5904	4342	1303	10712	3214
M.C	7.5	9	2037	611	8051	2415	1776	533	4382	1315
T	2.4	50	11315	3394	44726	13418	9869	2961	24346	7304

表-2 横方向地盤反力係数(面内、LE)

地層名	層厚(m)	N値	横方向地盤反力係数 (tf/m ²)							
			基礎幅(5.0x1.6m)				SM-壁(6.0x1.6m)			
			横軸方向	縦軸方向	横軸方向	縦軸方向	横軸方向	縦軸方向	横軸方向	縦軸方向
R	15.7	7	1584	475	6262	1879	1382	414	3408	1023
U.C.L.1	9.9	2	453	136	1789	537	395	118	974	292
U.S	9.7	10	2263	679	8945	2684	1974	592	4869	1461
U.C.L.2	22.2	5	1131	339	4472	1342	987	296	2435	730
M.S	6.1	28	6336	1901	25047	7514	5527	1658	13634	4080
M.C	6.3	9	2037	611	8051	2415	1776	533	4382	1315
T	3	50	11315	3394	44726	13418	9869	2961	24346	7304

