

SC 杭を用いた反力壁・反力床の性能試験に関する実験研究  
(その2: 性能試験結果と解析結果)

正会員 小須田 威\* 正会員 藤本 効\*\*  
正会員 菅谷 憲一\*\*  
正会員 市橋 重勝\*\*\*

反力壁 反力床 FEM

**1.実験結果** 反力壁・反力床の性能試験結果をTable1 に示す。ケース 1 の実験結果をFig.1、Fig.2、Table2 に示す。ケース 1 は、最大正加力 1500kN時が最大変位で 1.394mm(HU-6)、最大負加力-1500kN時が最大変位で-1.582mm(HU-3)となった。ケース 2 とケース 3 の実験結果をFig.3、Fig.4、Fig.5、Fig.6、Table3 に示す。ケース 2 は、最大加力 500kN時が最大正変位で 0.568mm(HU-1)となり、最大加力-500kN時が最大負変位で-0.508mm(HU-1)となった。ケース 3 は、最大正加力 500kN時が最大変位で 0.594mm(HU-6)となり、最大負加力-500kN時が最大変位で-0.532mm(HU-6)となった。ケース 4 の実験結果をFig.7、Fig.8、Table4 示す。ケース 4 は、最大正加力 1000kN時に平均変位が 1.009mmとなり、最大負加力-1000kNに平均変位が-0.921mmとなった。

**2.実験考察** 反力壁は、対称形があるため弾性範囲内では正加力・負加力は同等の変形になることが予想された。各ケースの荷重 - 変位図に示す試験結果からは、原点を対称とする履歴が得られた。最初に加力を行ったケース 1 の負加力の変形が正加力の変形を上回った原因は、加力のための反力に用いた三角フレームの剛性の影響が考えられる。最大変形角はケース 1(集中荷重)の最大加力時で正加力は、最大変位 1.394mm(HU-6) / 高さ 4850mm 1 / 3400 となり、最大加力時で負加力は、1.582mm(HU-3) / 高さ 4850mm 1 / 3000 となった。実験から確認できた最大曲げモーメントは最大加力 1500kN×加力位置 4.2m = 6300kN・mで、その時の最大変形角は 1 / 3000 (< 1 / 800) となった。ケース 2 とケース 3 は、加力位置が対称的位置にあるため、最大変位は同等になると予想された。実験結果においても、若干の誤差はあるものの同等の変位になることが確認できた。ケース 4 は水平変位が平均的(変位測定点HU-1~HU-6)に進行すると予想された。実験結果においても、若干の誤差はあるものの、水平変位は平均的に進行した。また、全ケースで、除荷後の変位は 0 になったため、性能試験の範囲において反力壁は弾性範囲であったと考えられる。

Table1 ケース 1~ケース 4 の実験結果

	最大加力	HU-1	HU-2	HU-3	HU-4	HU-5	HU-6	平均
ケース1	1500kN	1.270 mm	1.328 mm	1.364 mm	1.392 mm	1.392 mm	1.394 mm	1.357 mm
	-1500kN	-1.446 mm	-1.526 mm	-1.582 mm	-1.546 mm	-1.544 mm	-1.504 mm	-1.525 mm
ケース2	500kN	0.568 mm	0.534 mm	0.514 mm	0.460 mm	0.432 mm	0.400 mm	0.485 mm
	-500kN	-0.508 mm	-0.488 mm	-0.476 mm	-0.430 mm	-0.414 mm	-0.404 mm	-0.453 mm
ケース3	500kN	0.378 mm	0.428 mm	0.470 mm	0.508 mm	0.560 mm	0.594 mm	0.490 mm
	-500kN	-0.334 mm	-0.370 mm	-0.400 mm	-0.430 mm	-0.488 mm	-0.532 mm	-0.426 mm
ケース4	1000kN	0.982 mm	0.990 mm	1.004 mm	1.006 mm	1.024 mm	1.046 mm	1.009 mm
	-1000kN	-0.896 mm	-0.910 mm	-0.926 mm	-0.908 mm	-0.942 mm	-0.944 mm	-0.921 mm

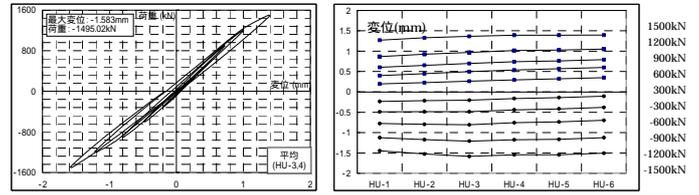


Fig.1 荷重 - 変位図(ケース 1) Fig.2 加力ピークごとの変位  
Table2 ケース 1 の最大変位

ケース	小面 大面(正)			大面 小面(負)			平均変位 負/正 %
	最大加力 kN	変位 HU-6 mm	変形角 rad	最大加力 kN	最大変位 HU-3 mm	変形角 rad	
ケース1	1501.89	1.394	1/3480	-1504.83	-1.582	1/3065	112.4

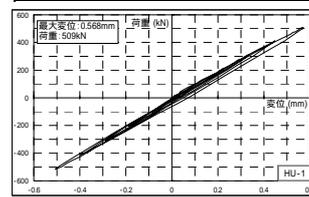


Fig.3 荷重 - 変位図(ケース 2)

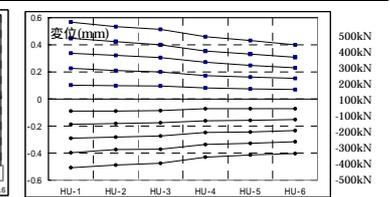


Fig.4 加力ピークごとの変位

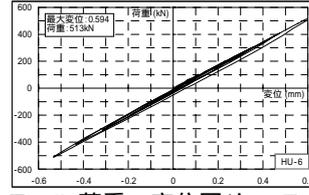


Fig.5 荷重 - 変位図(ケース 3)

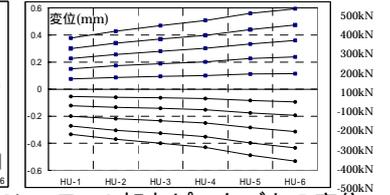


Fig.6 加力ピークごとの変位

Table3 ケース 2,3 の最大変位

ケース	小面 大面(正)		大面 小面(負)	
	最大加力 kN	変位 HU-1/HU-6 mm	最大加力 kN	変位 HU-1/HU-6 mm
ケース2/3	509/513	0.568/0.594	-514/-512	-0.568/-0.532

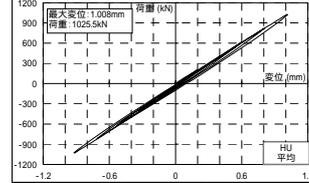


Fig.7 荷重 - 変位図(ケース 4)

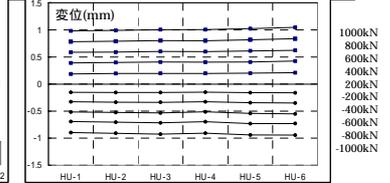


Fig.8 加力ピークごとの変位

Table4 ケース 4 の平均変位

ケース4	単位	HU-1	HU-2	HU-3	HU-4	HU-5	HU-6	平均
+	変位 mm	0.982	0.99	1.004	1.006	1.024	1.046	1.009
	HU/平均 %	97	98	100	100	102	104	100
-	変位 mm	-0.896	-0.91	-0.926	-0.908	-0.942	-0.944	-0.921
	HU/平均 %	97	99	101	99	102	102	100

Experimental study for performance testing on the reaction wall and floor with steel composite concrete piles.(Analytical result and Performance test result.)

KOSUDA Takeshi, SUGAYA Kenichi, ICHIHASHI Shigekatsu FUJIMOTO Isao

**3.解析概要** 解析手法は、FEM解析を用いた三次元立体弾性解析とした。解析ソフトは、MSC/Nastran for windowsを使用した。解析モデルは、Fig.9 に示す三次元立体モデルとした。解析モデルの材料特性をTable5 に示す。部材毎のモデル化は、反力壁内部にあるSC杭と反力床内部にあるH形鋼をFig.10 に示すようにモデル化し、反力壁・反力床のコンクリートをFig.11 に示す。反力壁・反力床内部にあるSC杭・H形鋼とコンクリートの付着は弾性変形範囲内であるので考慮しなかった。拘束条件は、反力壁内部にあるSC杭と反力床を支えているPHC杭をピン固定(x,y,z方向の軸方向を固定)とした(Fig. 9)。

**4.解析結果** 反力壁・反力床の応力状態をFig.12 にSC杭とH形鋼をFig.13 にコンクリートを示す。

**5.実験結果と解析結果の比較** 実験値と解析値の比較をTable6 とFig.14 に示す。全ケースの実験値の変位と解析値の変位を比較した結果、若干の誤差があるものの、よく一致した。反力壁を水平加力した時に反力床がy軸方向に変形するため、反力床に直接取り付けられている不動点タワーが微小に傾くので、水平変位の補正を行った。ケース 1 の解析結果に補正を加えたものをFig.15 ~ Fig.17 とTable7 に示す。補正前の解析と実験結果の差が約 7%であったのに対し、補正後の解析と実験結果の差は約 2%となり、更によく一致した。

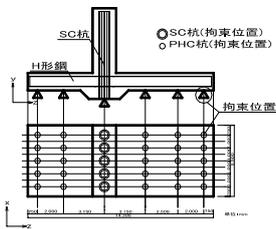


Fig.9 解析モデル

Table5 解析モデルの材料特性

	材種	ヤング率		ポワソン比
		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
反力壁	鋼管	SKK490	$2.05 \times 10^5$	0.3
	コンクリート	Fc80	$4.00 \times 10^4$	0.2
反力床	コンクリート	Fc40	$2.05 \times 10^4$	0.2
	H形鋼	SM490A	$2.05 \times 10^5$	0.3
	コンクリート	Fc40	$2.05 \times 10^4$	0.2

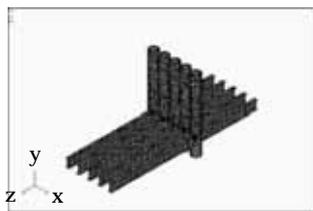


Fig.10 メッシュ割り

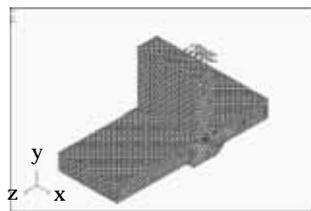


Fig.11 メッシュ割り

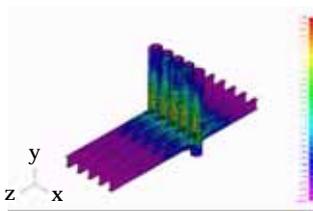


Fig.12 解析結果(応力状態)

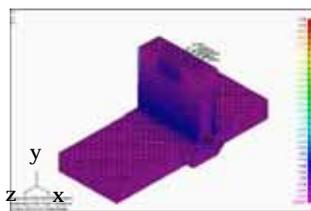


Fig.13 解析結果(応力状態)

Table6 解析結果

単位: mm

ケース1解析結果	実験値	
	正加力	負加力
HU-1	1.303	1.270
HU-2	1.344	1.328
HU-3	1.382	1.364
HU-4	1.380	1.392
HU-5	1.344	1.392
HU-6	1.303	1.394
平均	1.343	1.357
(実/解)×100	98.96 %	88.06 %

ケース2解析結果	実験値	
	正加力	負加力
HU-1	0.591	0.568
HU-2	0.533	0.534
HU-3	0.468	0.514
HU-4	0.410	0.460
HU-5	0.360	0.432
HU-6	0.317	0.400
平均	0.447	0.485
(実/解)×100	92.13 %	98.50 %

ケース3解析結果	実験値	
	正加力	負加力
HU-1	0.317	0.378
HU-2	0.360	0.428
HU-3	0.410	0.470
HU-4	0.469	0.508
HU-5	0.532	0.560
HU-6	0.589	0.594
平均	0.446	0.490
(実/解)×100	91.1 %	104.8 %

ケース4解析結果	実験値	
	正加力	負加力
HU-1	0.907	0.982
HU-2	0.893	0.990
HU-3	0.878	1.004
HU-4	0.879	1.006
HU-5	0.892	1.024
HU-6	0.906	1.046
平均	0.893	1.009
(実/解)×100	88.5 %	96.9 %

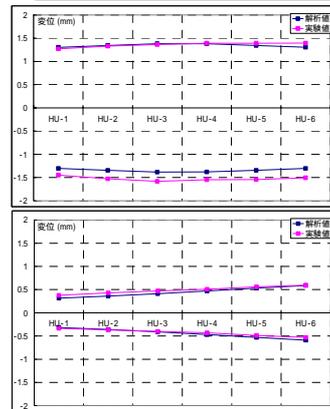


Fig.14 解析値と実験値の比較

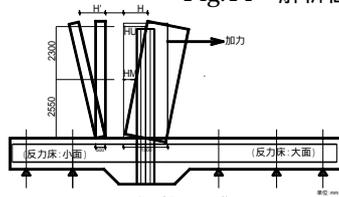
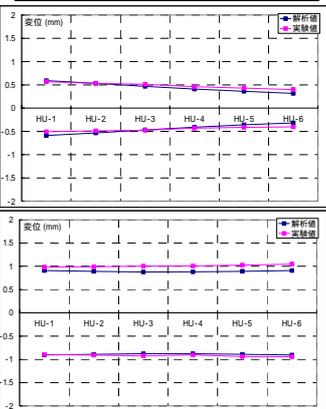


Fig.15 解析の補正

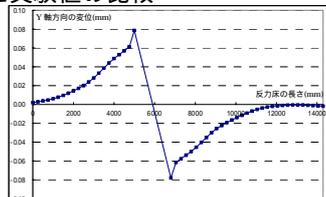


Fig.16 反力床のy軸方向の変位

Table7 解析値(補正) 単位: mm

解析値(補正)	実験値	
	正加力	負加力
HU-1	1.377	1.270
HU-2	1.419	1.328
HU-3	1.456	1.364
HU-4	1.454	1.392
HU-5	1.419	1.392
HU-6	1.378	1.394
平均	1.417	1.357
(実/解)×100	95.72 %	107.58 %

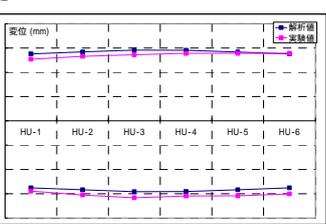


Fig.17 解析値(補正)

**6.結論** 実験結果から、加力時の最大曲げモーメントは(最大加力 1500kN×加力位置 4.2m)6300kN・m > 6000kN・m、最大変形角は、約 1 / 3000 (< 1 / 800)であり、要求性能を満足することが確認できた。また、解析結果と性能試験結果の比較から今回の解析モデルは妥当であると考えられる。これらのことより、SC杭を用いた反力壁・反力床はFEM解析により合理的に設計することが可能であることが分かった。

\* (株)セブテック建築研究所

\*\* (財)ベタリーピング筑波建築試験センター・博士(工学)

\*\*\* 日本工業大学 教授 博士(工学)

\* Sebtech Building Research Institute

\*\* Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living

\*\*\* Nippon Institute of Technology・Dr.Eng.