

SG-Wall 工法のケーソン式岸壁への適用に関する FEM 動的解析

動的解析 固化処理土 ジオグリッド

地域地盤環境研究所	国際会員	叶 冠林
	国際会員	福田 光治
	国際会員	長屋 淳一
広島大学	国際会員	一井 康二
港湾空港技術研究所	正会員	奈良 俊介
みらい建設工業株式会社	正会員	寺川 秀人
三井化学産資株式会社	国際会員	弘中 淳市

1. はじめに

SG-Wall 工法(ケーソンタイプ)は、ケーソン岸壁の背面に固化処理土を打設するもので、ジオシンセティックスを介してケーソンと一体化させることを目的としている。ケーソンは固化処理土により土圧が軽減されるだけでなく、ジオシンセティックスの引張り力により滑動抵抗の増大が図られ、さらにケーソンのロッキングも抑制されるため地震時の安定性が向上する。また、防舷材により接岸位置を調整することで前面水深の増深も可能となる。その概念図を図 1 に示す。

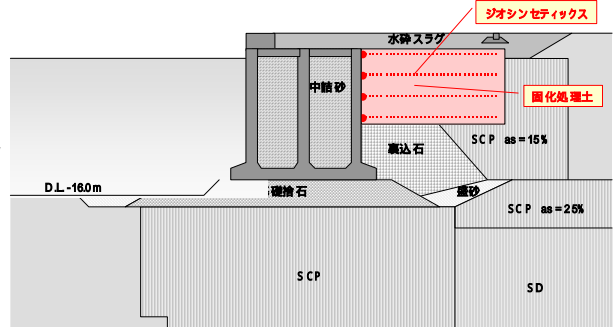


図 1. SG-Wall 工法(ケーソンタイプ)概念図

本工法の耐震補強効果は水中振動台模型実験<sup>(1)</sup>によって検証しており、剛体運動力学の視点からの安定照査法<sup>(2)</sup>および FEM による動的解析<sup>(3)</sup>により、設計法に関する研究を進めている。本論文は、ある実スケールのケーソン式岸壁を対象とし、有限要素法プログラム FLIP によって、SG-Wall 工法を適用した場合の補強効果を比較・検討したものである。

2. 実スケールのケーソン式岸壁への適用とその解析

図 2 に検討対象となるケーソン式岸壁を示す。ケーソンは高さ 17.8m 幅 14.9m である。その下の支持地盤は 70%SCP で改良され、非液化化層と考えられる。解析条件は、無補強、ケーソン背面に逆台形(深さ 7m、頂面幅 30m、角度 33°)の固化処理土改良体の構築、固化処理土とジオグリッドの併用(図 2)、の 3 ケースである。入力波はポートアイランド波(PI 波)(最大加速度 816Gal)を用いた。

固化処理土は単位体積重量を 12kN/m<sup>3</sup>、一軸圧縮強度  $q_u=200$ kPa とする。ジオグリッドの設計強度は 117kN/m とした。ジオグリッドなどのモデル化は図 2 の右下に示す。ケーソン背面と底面に剥離と滑りを考慮できるジョイント要素を用いて表現する。解析物性値は表 1~2 に示す。

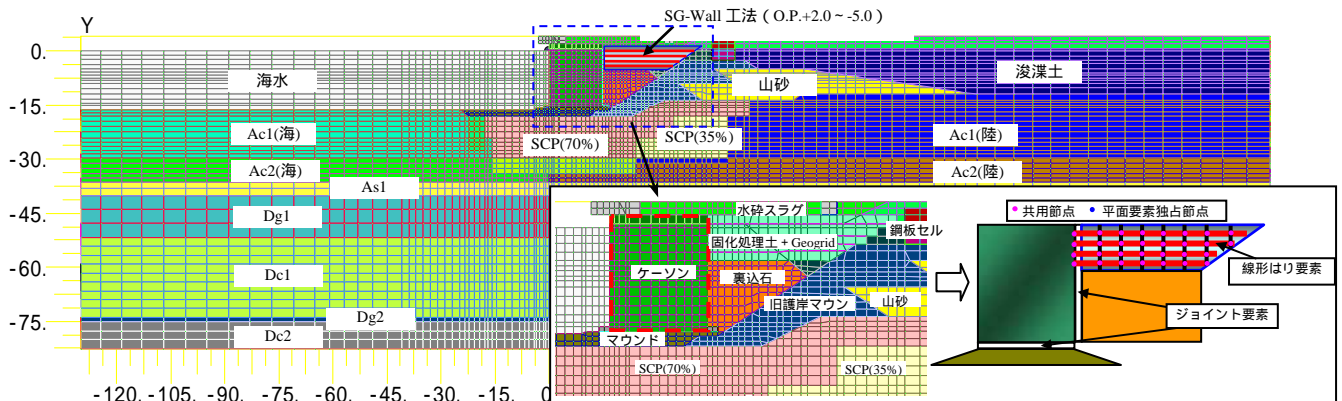


図 2. ケーソン式護岸解析メッシュおよびジオグリッドのモデル化

3. 解析結果および考察

加振終了後の変位量コンター図を図 3 に示す。ケーソンおよび周辺地盤の変位は、無補強の Case1、固化処理土のみの Case2、固化処理土 + ジオグリッドの Case3 の順番に小さくなっている。更に、Case3 では、ケーソンおよび背面地盤の変位の変化も滑らかになり、ジオグリッドの連結効果によりケーソンと背面地盤が一体化したことが伺える。また、Case1 に比べ、Case2 と Case3 ではケーソン背面地盤の沈下量がかなり抑えられており、耐震に優れていると考えられる。

ケーソンの水平変位とロッキングの時刻歴を図 4 に示す。Case1 に比べ、Case2 では 3%の水平変位抑制、10%のロッキング抑制効果があるのに対して、Case3 では 10%の水平変位抑制、30%のロッキング抑制効果がある。固化処理土中心およびケーソンの同じ高さの位置での加速度を図 5 に示す。両者の振幅はほぼ同じであり、位相差もほとんどないという結果が得られた。

ケーソン背面の最大土圧分布を図 6 に示す。ケーソン天端から下方 2~6m 範囲内では土圧が軽減されている。これはロッキング抑制の原因と考えられる。上記以深の範囲では逆に土圧が増えている。原因はまだ解明されていないが、固化処理土の剛性を大きくすると、固化処理土のひずみは小さくなるものの、その下の裏込石のひずみは逆に大きくなるの

Finite element analysis on the application of SG-Wall to real quay wall

Ye, G.L., Fukuda, M., Nagaya, J. (Geo-Research Institute), Ichii, K. (Kiroshima Univ.), Nara, S. (Port and Airport Research Institute), Terakawa, H. (Mirai Construction Co. Ltd.), Hironaka, J. (Mitsui Chemicals Industrial Products, LTD.)

でこのような逆転現象が生じたと考えられる<sup>(4)</sup>。ケーソン底面の最大土圧分布を図7に示す。Case1とCase2に比べ、ジオグリッドを用いたCase3では前端し圧が軽減されている。

最上段のジオグリッドの最大引張力分布を図8に示す。連結治具近傍で引張力が集中的に発生する傾向にあること、発生する引張力はジオグリッドの設計強度内に抑えられていることが分かる。

表1. マルチスプリング要素の解析物性値

土層	(t/m)	n	c (kPa)	m0 (kPa)	G0 (kPa)	K0 (kPa)	hmax	液状化パラメータ					
								S1	P1	P2	C1		
Ac1(海側)	1.50	0.55	-2.370:-25.224 =0.1: D.L.±0	-	-	G=340c	K=2.6078-G	0.204	-	-	-	-	-
Ac2(海側)	1.70	0.55	-2.370:-25.224 =0.1: D.L.±0	-	-	G=340c	K=2.6078-G	0.204	-	-	-	-	-
As1	2.00	0.45	-	42.1	98.00	138216	360446	0.240	-	-	-	-	-
Dg1	2.00	0.45	-	44.8	98.00	240463	627090	0.240	-	-	-	-	-
Dc1	1.70	0.55	-	167.5	-	層一定	66947	148509	0.204	-	-	-	-
Dg2	2.00	0.45	-	39.7	98.00	84400	220102	0.240	-	-	-	-	-
Dc2	1.70	0.55	-	172.9	-	層一定	58780	153305	0.204	-	-	-	-
Ac1(陸側)	1.80	0.55	-2.370:-11.826 =0.1: D.L.±0	-	-	G=340c	K=2.6078-G	0.204	-	-	-	-	-
Ac2(陸側)	1.70	0.55	-2.370:-11.826 =0.1: D.L.±0	-	-	G=340c	K=2.6078-G	0.204	-	-	-	-	-
埋立(水面上)	1.80	0.45	-	39.3	98.00	353624	922196	0.240	-	-	-	-	-
山砂	2.10	0.45	-	39.8	98.00	88121	229806	0.240	28.000	0.005	3.321	0.500	0.861
湿潤土	1.50	0.45	-2.370:-4.304 =0.1: D.L.±0	-	98.00	G=340c	K=2.6078-G	0.204	-	-	-	-	-
SCP70	1.85	0.45	-	38.4	98.00	83014	216487	0.240	-	-	-	-	-
SCP70	1.85	0.45	-	38.0	98.00	75595	197140	0.240	-	-	-	-	-
SCP70	1.91	0.45	-	37.8	98.00	76523	199560	0.240	-	-	-	-	-
SCP35	1.68	0.45	-	34.7	98.00	47764	124561	0.240	-	-	-	-	-
SCP35	1.81	0.45	-	34.4	98.00	49562	129250	0.240	-	-	-	-	-
裏込め	2.00	0.45	20.0	35.0	98.00	101250	264044	0.240	-	-	-	-	-
マウンド	2.00	0.45	20.0	35.0	98.00	180000	469412	0.240	-	-	-	-	-
水砕スラグ	1.30	0.45	-	35.0	98.00	94162	245560	0.240	-	-	-	-	-
固化処理土	1.20	0.45	100	-	98.00	88450	412800	0.100	-	-	-	-	-

表2. ジオグリッド解析物性値

銘柄	A(m <sup>2</sup> /m)	E(GPa)	I(m <sup>4</sup> )
SR110	5.86 × 10 <sup>-4</sup>	2.46	19.5 × 10 <sup>-11</sup>

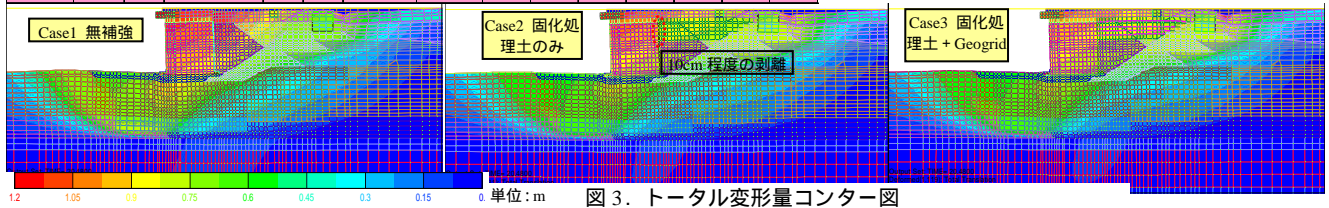


図3. トータル変形量コンター図

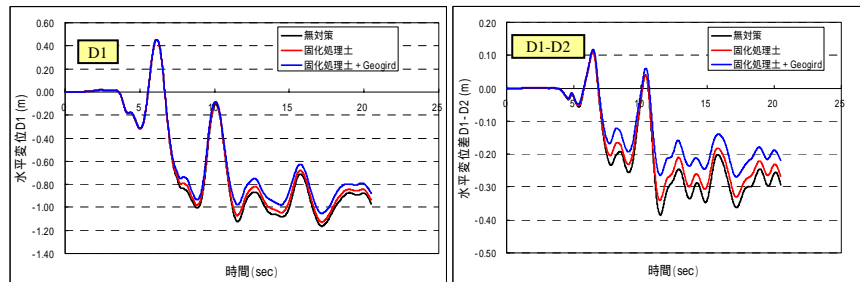


図4. ケーソン天端水平変位とロッキングの時刻歴

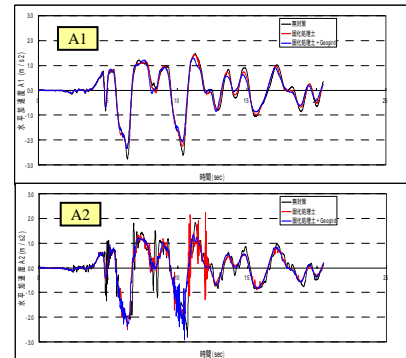


図5. ケーソンと固化処理土の加速度時刻歴

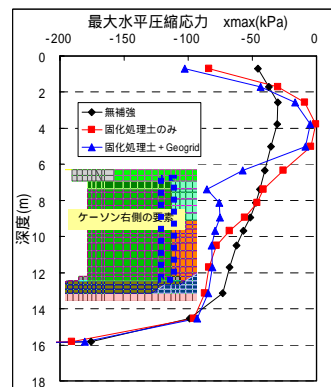


図6. ケーソン背面最大土圧分布

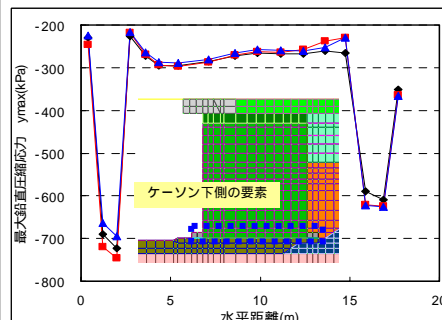


図7. ケーソン底面最大土圧分布

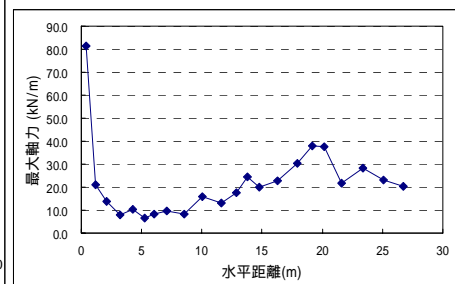


図8. 最上段ジオグリッド最大軸力分布

#### 4. おわりに

本研究では、ある実スケールのケーソン式岸壁にSG-Wall工法を適用した場合の効果をFEM解析で検証した。その結果、ケーソンのロッキングと水平変位を抑制できること、ケーソン背面の土圧をある程度軽減できること、連結治具近傍にて引張力が集中的に発生する傾向にあることが分かった。今後、室内振動台実験と並行してSG-Wall工法の効果と適用条件について更なる検討を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 寺川秀人・高羽泰久・一井康二・弘中淳市・福田光治：SG-Wall工法の振動台実験結果と補強効果，第20回ジオシンセティックシンポジウム論文集，2005。
- 2) 奈良俊介・一井康二：SG-Wall工法によるケーソン式岸壁の耐震安定性の向上に関する一考察，第41回地盤工学研究発表会，2007。
- 3) 叶冠林・李海勲・一井康二・弘中淳市・寺川秀人：SG-Wall工法の振動台実験とFEM解析による評価，第20回ジオシンセティックシンポジウム論文集，2005。
- 4) 岡由剛・井合進・小堤治，2次元有効応力解析のパラメータ感度解析(その1)，第25回地震工学研究発表会講演論文集，P341~P344。