

玉砂利を使用したオープンケーソンに作用する周面摩擦に関する研究(Ⅱ)

Research on the skin Friction of open caisson using the gravel (Ⅱ)

五味信治^{1*}, 岡本將昭¹, 風間秀彦²

Shinji Gomi, Masaaki Okamoto, Hidehiko Kazama

¹ 日産建設株式会社技術研究所

Res. & Dev. Institute, Nissan Construction Corp.

² 埼玉大学 地圏科学研究センター

Geosphere Research Institute, Saitama University

Abstract

The Space System caisson (SS caisson) foundation is the open caisson method. This method reduces frictional force of caisson wall surface using the gravel. In this paper, frictional force of caisson wall surface was measured in the field. Construction case of open caisson method and SS caisson foundation is compared. And, the case as the shape of the SS caisson foundation differs from the construction region is shown. From the case of the measurement, the effectiveness of frictional force reduction by the SS caisson foundation was confirmed.

Key Words: Space System Caisson Method, skin friction, gravel, field measurement

1. はじめに

基礎構造物を構築する施工方法であるSSケーソン工法(Space System Caisson Method)¹⁾は、オープンケーソン工法に分類される。SSケーソン工法の特徴は、ケーソン躯体と掘削地山間にスペースを設け玉砂利等のスペース砂利を充填させることにより躯体と地山間に発生する摩擦抵抗を低減し、無載荷でケーソン本体(躯体)の沈設を可能とする工法である。また、周辺地盤への影響を一般的なオープンケーソン工法と比較して飛躍的に減少できる工法である。しかしながら、一般的なオープンケーソンも含めてこれら工法による施工時のケーソン躯体の挙動把握はほとんど実施されていない。

本研究では、ケーソンの躯体に作用する外力はオープンケーソンの場合、主として土圧、水圧、周面摩擦力であるので、これらの外力に着目しケーソン施工の躯体に作用する外力を施工時に計測することとした。現場計測は、同工区内のSSケーソンお

よび一般的なオープンケーソン、また異なる地域で形状の異なるSSケーソンについて実施し、周面摩擦力および土圧で整理した結果について報告する。

2. SSケーソン工法の概要

ケーソン工法は、オープンケーソン工法とニューマチックケーソン工法に大分類される。SSケーソン工法は、前者のオープンケーソン工法に分類される。ケーソン工法の分類を図-1に示す。

SSケーソン工法の大きな特徴²⁾は、ケーソン躯体の自重のみ(無載荷)で沈設できることである。本工法概念図を図-2に示す。SSケーソンの周面摩擦力を他の工法より低減できるのは、図-3に示してある掘削地山とケーソン躯体間にスペース砂利(玉砂利など)を充填し、スペース砂利のローリング効果によって周面摩擦抵抗を低減するためである。スペース砂利の外観を図-4に示す。

一般的なオープンケーソン工法とSSケーソン工法を比較した概念図を図-5に示す。ただし、図には従来工法の載荷設備は記載していない。この図より、一般的なオープンケーソン工法は摩擦低減のた

* 〒350-1205 埼玉県日高市原宿 746
TEL : 0429-85-5655 FAX : 0429-85-5179
Email : gomi@nissan-con. co. jp

ケーソン工法の分類

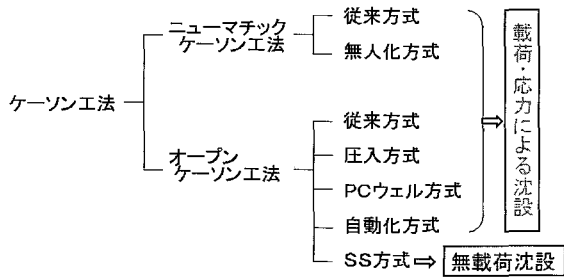


図-1 ケーソン分類の図

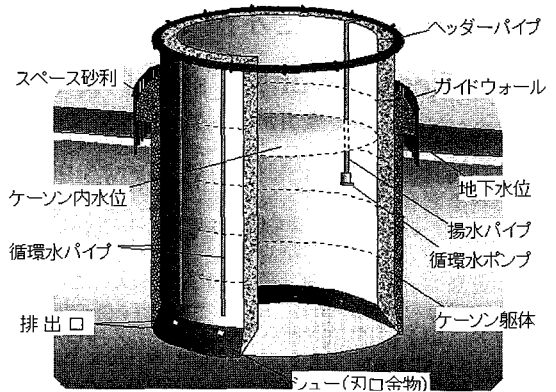


図-2 SS ケーソン工法の概念図

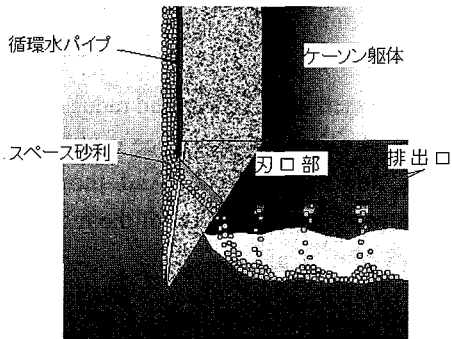
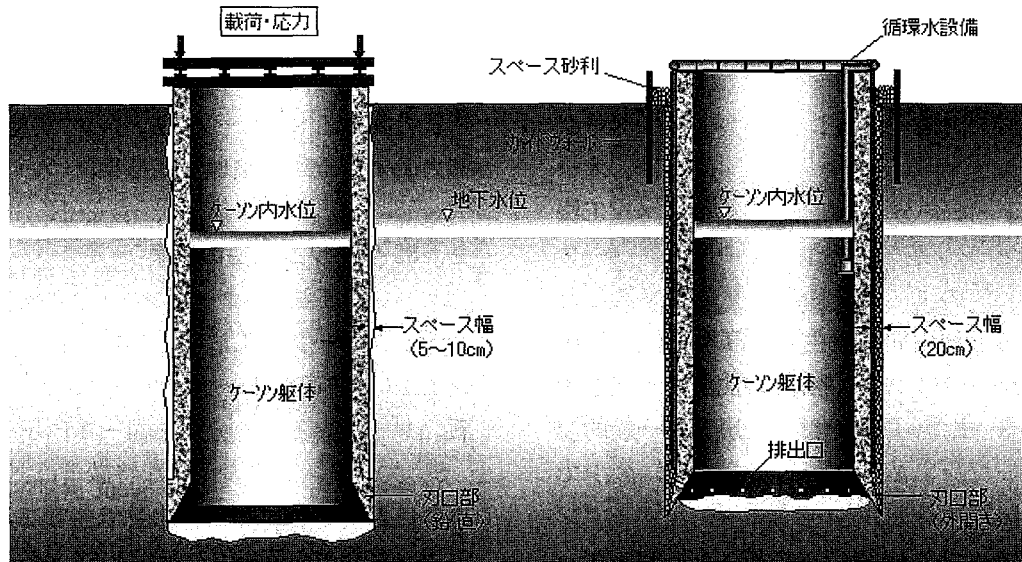


図-3 SS ケーソン刃口部の概念図



図-4 スペース砂利(玉砂利 40mm分級)



(a) 一般的なオープンケーソン

(b) SS ケーソン

図-5 ケーソン比較図

めケーソン躯体と掘削地山間を 50~100mm として掘削している。SS ケーソン工法では、粒径 40mm(40mm 分級)の玉砂利等をスペース砂利として使用するため、スペース砂利のローリング効果を阻害しないように躯体と地山間の空間を 200mm としている。また、スペース砂利を安定して供給するための貯留ピットとしての役割も持つガイドウォー

ルを設置する。

刃口金物は、一般的なオープンケーソン工法ではフリクションカッター部が掘削地山と接し、刃口金物以深に余掘り部がある。SS ケーソン工法では刃先金物が直接地山と接しており、また刃口金物以深に余掘りを必要としない。

表-1 計測項目および計測センサの仕様

計測項目	計測センサ	設置数	計測範囲	精度
周面摩擦力	摩擦計	2	200kPa	0.1kPa
土圧(側圧)	土圧計	2	4MPa	0.5kPa
躯体傾斜量	2方向傾斜計	1	±2deg.	0.001deg.
沈下量	変位計	1	5000mm	1mm

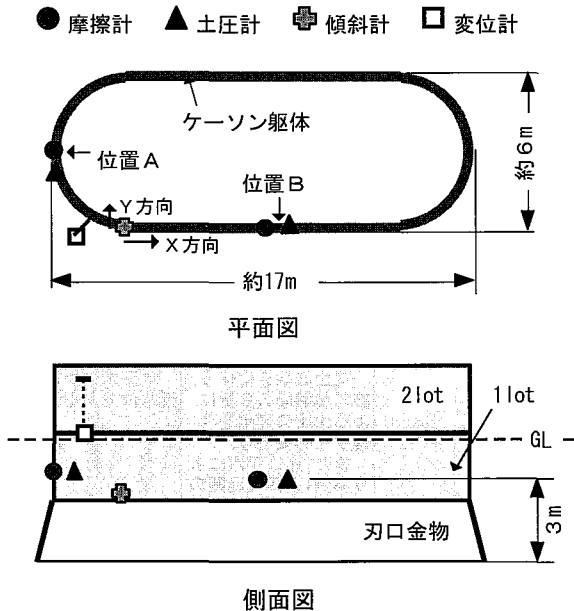


図-7 計測センサの配置図

3. 計測計画

SS ケーソン工法では、地盤とケーソン躯体の間にスペース砂利が入るため、特に周面摩擦力の測定が難しく、これまで計画的に測定した例は少ない。ケーソン沈設のためには、どの程度の摩擦力が働くのかを把握する必要がある。計測は、一般的なオープンケーソンと異なると考えられる周面摩擦力を主に計測することとし、ケーソンの挙動把握に最低限必要である傾斜等の計測も実施することとした。計測に使用する土圧センサおよび摩擦センサは、長辺の中央部に両側および短辺曲線部の最外部に1箇所設置した。土圧センサは4MPa計、摩擦センサは±200kPa計を使用した。また、沈下量の測定は5000mmの変位計、傾斜角は±2度の傾斜計により実施した。計測項目の一覧を表-1に示す。データ収集は、高速静的データロガーとPCで行った。計測機器の外観写真を図-6に示す。データは、掘削・沈設時は1min毎、他の作業や夜間は30min毎に記

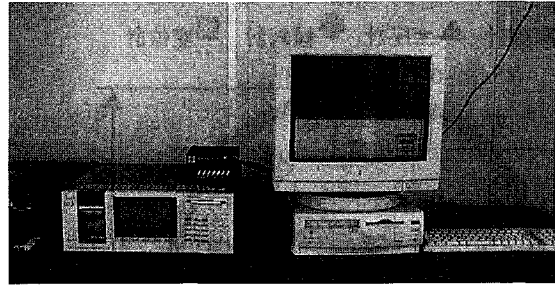


図-6 データ集積装置の外観

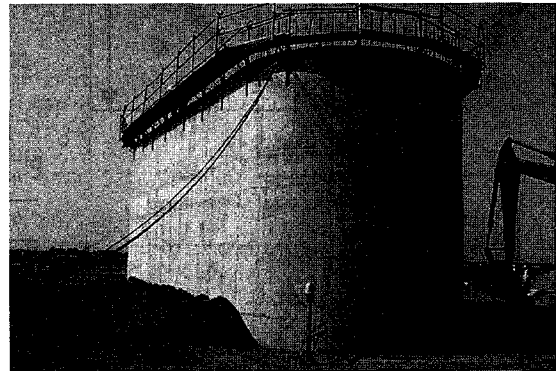


図-8 ケーソンの外観

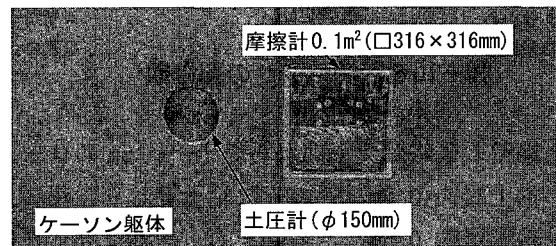


図-9 計測センサの設置状況

録することとした。

3.1 施工方法の違い

施工方法の比較として、SS ケーソン工法と一般的なオープンケーソンを同工区内での施工時にそれぞれのケーソンの挙動計測を実施することとした。対象とした地盤の概略は、上部から約5mが泥土層、次に約10mの砂層、さらに砂礫層という構成である。計測対象のSSケーソンは、長辺約17m×短辺約6mの小判型、沈設深度約17mである。センサ配置の概念、ケーソンの外観写真および計測項センサの設置状況を図-7～図-9に示す。

3.2 施工条件の違い

施工条件によるSSケーソンの挙動を比較するため施工地域が異なる場合の施工を対象として計測を実施することとした。また、構築構造物が異なったためSSケーソンの形状も異なっている。対象と

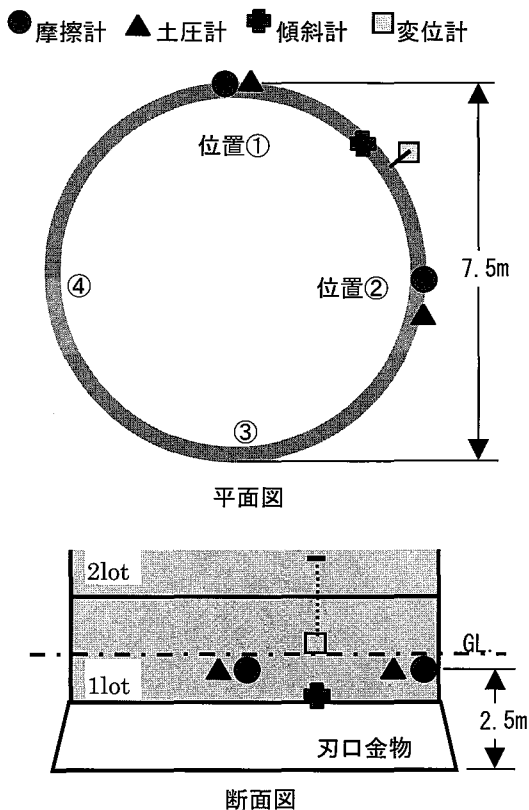


図-10 計測センサの配置図

した地盤の概略は、上部から表土、約5mのローム層、粘土層約0.8m、その下に粘土混じり砂礫層、また粘土層約0.5m、さらにその下に粘土混じり砂礫層という構成である。SSケーソンの形状は円形φ7.5m(外径)で、沈設深度約14mである。計測に使用するセンサは3.1の場合と同様な仕様とし、配置に関しては円形(3.1は小判型)のためケーソン本体に対して90度となる位置に設置した。計測センサの配置図の概念およびケーソンの外観写真を図-10および図-11に示す。計測センサの設置状況および計測機器の外観は3.1と同様である。

ここで、計測事例3基のケーソンを3.1のSSケーソンおよびオープンケーソンを事例1および事例2、3.2のSSケーソンを事例3とし、それぞれのケーソンの概要を表-2に纏めて示す。

4. 計測結果

4.1 施工方法の違い

事例1のSSケーソン工法のデータ整理は、データがある程度安定する深度として地表面から約1.4mの深さであるEL.0.0m~-8.0m付近(GL.-9.4m

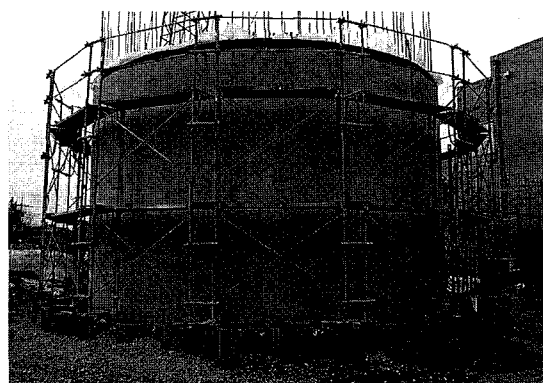


図-11 SSケーソンの外観(事例3)

表-2 ケーソンの概要一覧

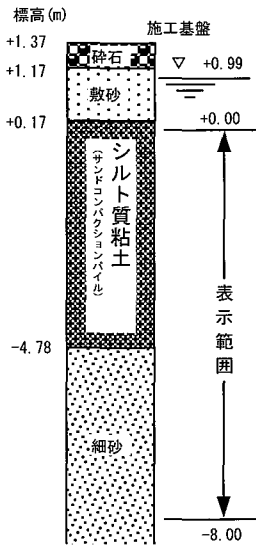
事例	1	2	3
ケーソンの種類	SS	OPEN	SS
ケーソンの形状	小判型(17m×6m)	小判型(17m×6m)	円形(外形7.5m)
対象地盤	沖積粘性土、砂質土	沖積粘性土、砂質土	ローム、砂礫
沈設深度	約17m	約17m	約14m
地下水位	GL.-0.4m	GL.-0.4m	GL.-5.0m
備考		盛土取除きに伴う、施工基盤面の変更による土圧の変化を考慮する必要あり。 また、施工手順により事例1と同様範囲の計測が不可となる。	地下水位が比較的低位である。

SS:SSケーソン工法 OPEN:一般的なオープンケーソン

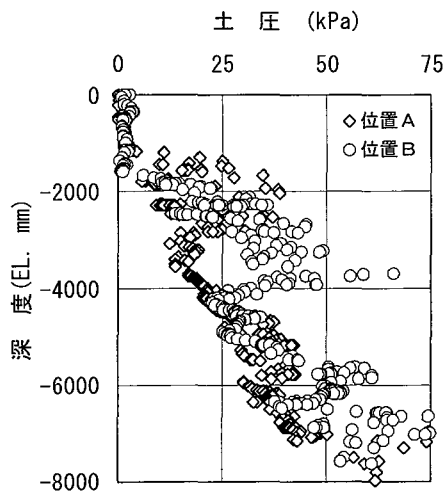
付近)までの泥土層(約4m)および砂質土層(約4m)の計測結果をケーソン躯体に作用する土圧および摩擦力に関して行うこととした。ケーソン壁面に作用する土圧および周面摩擦力について整理した結果を図-12に示す。事例2のオープンケーソン工法のデータ整理は、当初SSケーソン工法と同様な沈設深度での計測予定であったが、載荷盛土の撤去等施工の制約により、SSケーソン工法と比較可能な範囲でのデータ収集が不可能となった。しかしながら、貴重なデータ(計測範囲EL.+6.0~-2.0m)として土圧および周面摩擦力について整理した結果を図-13に示し、傾向のみ比較することとした。

掘削初期の段階で土圧については、SSケーソンよりオープンケーソンの土圧は変動が大きい傾向が見受けられる。ただし、オープンケーソンは初期の掘削沈設時の基盤面をEL.+5.5mとし、途中で基盤面をEL.+1.3mまで載荷盛土を撤去した後掘削沈設を行っている影響も現れていると思われる。

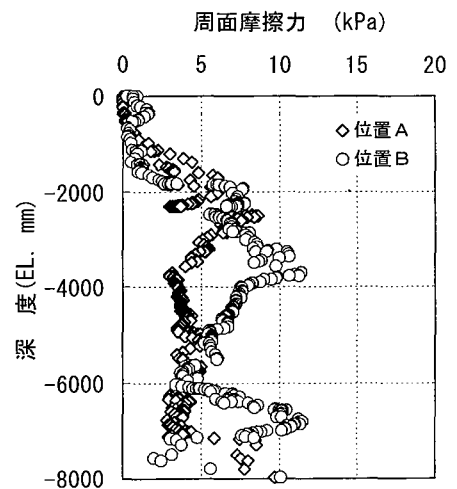
次に、周面摩擦力は、前述した土圧が変動すると同様に変化するという傾向が一部見受けられる。こ



(a) 柱状図

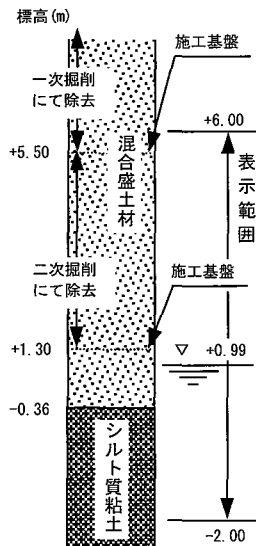


(b) 土圧

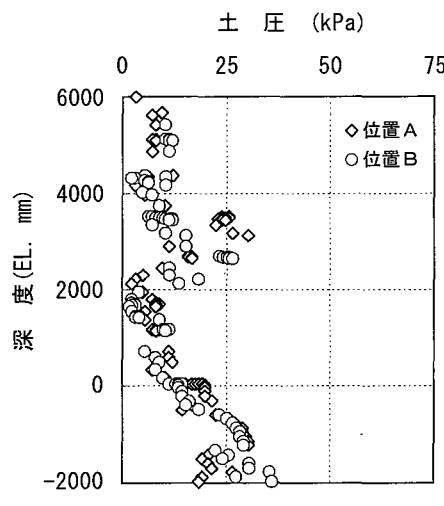


(c) 摩擦力

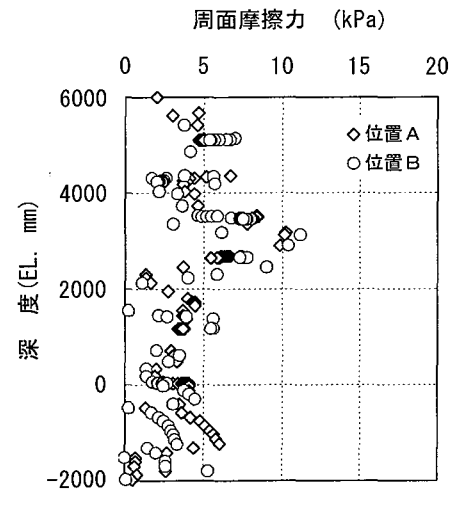
図-12 SS ケーソン壁面に作用する土圧および摩擦力(事例 1)



(a) 柱状図



(b) 土圧



(c) 摩擦力

図-13 オープンケーソン壁面に作用する土圧および摩擦力(事例 2 載荷盛土の計測事例)

ここで、施工したケーソンの形状が小判型であり特に長辺中央(位置 B)ではケーソンの傾斜変動の影響が土圧および周面摩擦力に反映されたものであると考えられる。しかし、半円の位置 A では EL. -3.8m 付近から 4kPa 程度の値で一定となっている。また、SS ケーソン工法による設計時に用いている周面摩擦力 7.0kPa の値に対して、地質が粘性土から砂質土に変わってもほぼ同様の値で推移していることより、SS ケーソンのスペース砂利による周面摩擦抵抗の低減効果は地盤の違いによる影響をほとんど受けないと考えられる。したがって、スペース砂利が有効に作用していることが確認できた。

また、今回計測した事例 1 および事例 2 の計測結果は一概に比較できないが、事例 2 のオープンケーソンの周面摩擦力は条件が最も良い盛土材部(砂質土)でも一部 10kPa 程度の値が測定されている。このことより、周面摩擦力に関しては SS ケーソン工法のほうが有利であると推察される。ただ、周面摩擦力については、ケーソン外壁面の材質、地質、深度等によって変化し、外周の土のせん断強度と直接関係はなく、ケーソン下端の形状、掘削方法および本体の大きさにも影響されるといわれているのでさらに検討を重ねる必要がある。

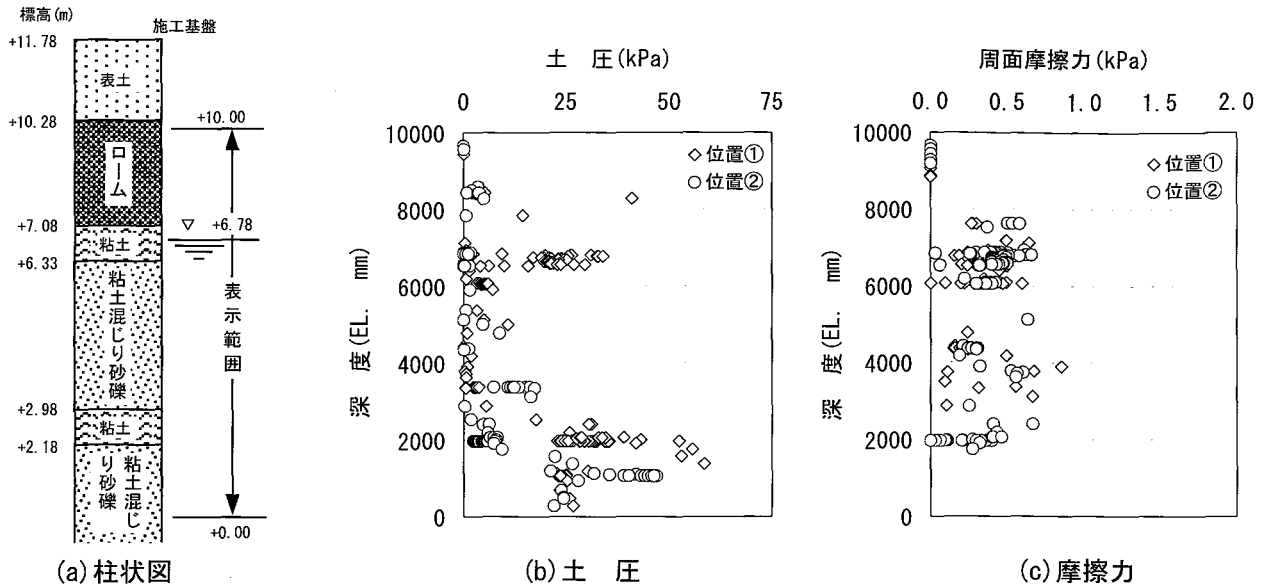


図-14 SS ケーソン壁面に作用する土圧および摩擦力(事例3)

4.2 施工条件の違い

施工条件の比較として 4.1 の事例1 と事例3 の計測結果について検討する。事例1 はケーソン形状が小判型で対象地盤は沖積粘土層および砂層であった。事例3 は、ケーソン形状が円形で対象地盤はローム層と粘土混じり砂礫層および比較的薄い粘土層を介したものであった。また、地下水位は事例1 が GL. -0.4m, 事例3 が GL. -5m と異なり地下水の影響についても違いが生じた。地盤条件に関しては、事例3 の施工に際して実施した試験掘りでローム層は自立することを確認している。事例3 の SS ケーソンについて土圧および摩擦力で整理した結果を図-14 に示す。この図より、ローム層では土圧がほとんど発生しておらず地盤が自立していることが分かる。また、周面摩擦力も非常に小さな 0.5kPa 程度の値で推移している。これは、施工地山の状態がほぼ自立していたためにスペース砂利の周面摩擦力の低減効果をほぼ 100% 発揮したためであると考えられる。したがって、掘削地山が自立する場合、SS ケーソン工法は非常に有効であると考えられる。

5. おわりに

本報では、玉砂利を使用したオープンケーソン工法として開発した SS ケーソン工法におけるケーソン壁面に作用する摩擦力等について現場計測を 2 事例実施した。また、SS ケーソン工法との比較の

ために一般的なオープンケーソン工法についても 1 事例の現場計測を実施した。これら 3 事例の計測結果より、SS ケーソン工法とオープンケーソン工法の比較(施工方法の比較)と SS ケーソン工法の 2 事例にて施工条件の比較を行い得られた知見を以下に示す。

SS ケーソン工法では、粘性土層と砂質土層で発生する周面摩擦力がほぼ同等の値であることより、地質の違いが周面摩擦力に与える影響が非常に小さい。また、SS ケーソン工法は、掘削対象地山が自立する場合ほとんど周面摩擦が発生せず、一般的なオープンケーソンに比べ非常に有利になると考えられる。したがって、上記のことより、SS ケーソン工法で使用するスペース砂利(玉砂利)の効果が確認できた。

今後の課題として、現場計測には条件や数量的な問題があるので、模型等を用いた室内実験や数値解析にてさらに検討する予定である。

参考文献

- 1) 五味信治, 岡本将昭, 風間秀彦: “玉砂利を使用したオープンケーソンに作用する周面摩擦に関する研究”, 埼玉大学地域共同研究センター共同研究成果報告書, 第 6 号, pp. 42-45 (1999).
- 2) 五味信治, 岡本将昭, 松尾義仁, 三国康史: “SS ケーソンによる施工時の躯体の挙動に関する研究(その 1)”, 日産建設(株)技術研究開発報告集, Vol. 5, pp. 1-8 (2000)