

I-5. せん断弾性波速度の測定事例

(株)シアテック ○渡邊 貴之
今村 純
内田 広文

1. はじめに

本件は、海岸施設の耐震設計に必要な地盤データを取得するための調査業務であった。耐震設計を行う上で、重要なファクターである動剛性率 ($G = \rho V_s^2$ ρ : 密度 V_s : せん断弾性波速度) は、せん断弾性波速度 (以下、S波速度) が2乗で作用する。そのため、適切なS波速度を求めることが課題となる。本件では、サスペンション方式とダウンホール方式の2通りの方式でPS検層を実施した。サスペンション方式においては、埋土層で波形の乱れやノイズが生じ、受信波形を読み取ることが困難であった。ダウンホール方式では、海底地盤層にノイズが発生した。そこで、ノイズ発生の原因を見極め、対策を講じることによって、各地層の適切なS波速度の提案を行った事例を紹介する。

2. 地形・地質概要

(1) 地形概要

本件調査地は、図-1に示すように、愛媛県西端の佐田岬半島の三崎港に位置する。ここには、フェリーターミナルがあり、九州への玄関口となっている。三崎港は南側に突出する小半島との付け根に位置し、湾口方向は南西に向いている。施設周辺は、埋め立てにより造成され、自然地形は残っていない。また、本港は、台風などによる波浪の影響を受けやすい港である。



図-1 位置図¹⁾に加筆

(2) 地質概要

本件調査地の地層は図-2に示すように、下位より非常に密な砂礫層主体の洪積層、緩い砂質土層と粘性土層で構成された沖積層および埋土層が分布している。

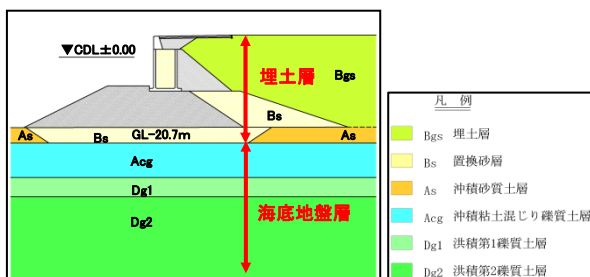


図-2 地質断面図

3. PS 検層実施計画

PS 検層は、図-3に示すように No.4孔、No.5孔の2箇所で行った。また、既存 No.2においても PS 検層が行われていた。

既存 No.2における PS 検層は、サスペンション方式で行われていたが、図-4に示すように埋土層内でノイズが発生した状態でS波速度が求められていた。ノイズの発生原因は、保孔管 (ネトロン管) を用いて測定を行っていたためと考えた。

そこで、本業務では、サスペンション方式を裸孔で行うと共に、ダウンホール方式を併用することを計画した。

サスペンション方式、ダウンホール方式とも PS 検層実施時は、ノイズの影響を防ぐため、車の走行があるときやフェリーの発着時、波が高い時等の測定を避けた。

サスペンション方式では、誤差を極力小さくするために、ゾンデを孔の中心に吊り降ろした後、揺れが止まったから測定を行った。

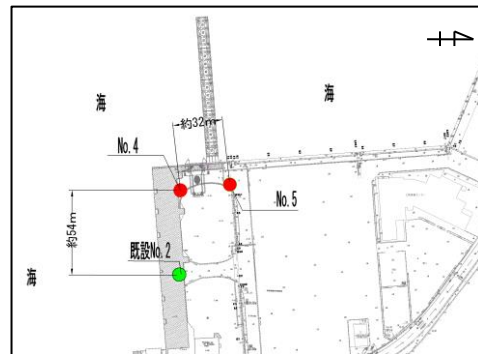


図-3 調査位置図

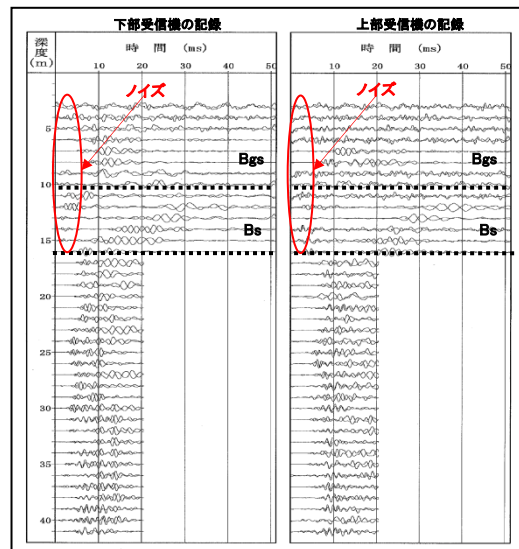


図-4 既設 No.2サスペンション方式 S波 波形図

4. ノイズの原因と対策

測定の結果、サスペンション方式では埋土層に波形の乱れが、ダウンホール方式では、海底地盤層にノイズが発生した。

(1) サスペンション方式

裸孔においてサスペンション方式で PS 検層を行った際、起振前にノイズは生じていなかったにもかかわらず、起振後には、図-5に示すように埋土層で、波形が大きく振れる現象が生じた。

波形が大きく振れた原因は、機器の引き上げ時に抵抗があったことから、孔壁がせり出し、孔壁とゾンデが接触していたために、発信器から起振させた波が、地下水(海水)を介さずに、直接受信器に伝わったためと考えた。そのため、S波の読み取り波形が大きく振れた後に伝わった波を読み取り、S波速度を求めたが、埋土層における測定結果の採用は難しいと判断した。

海底地盤層は、波形の乱れはなく、ノイズも小さかったため、容易に波形を読み取ることができた。

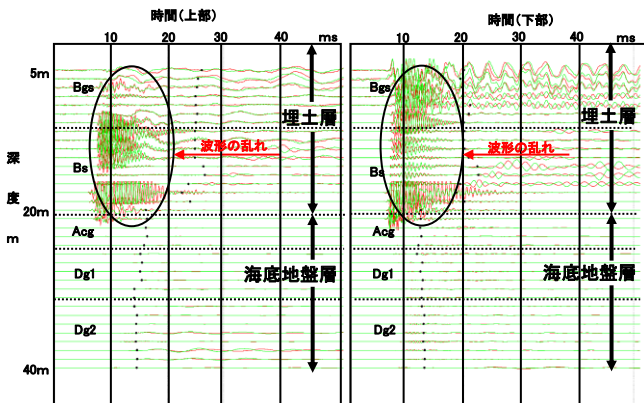


図-5 No.4孔サスペンション方式 S波 波形図

(2) ダウンホール方式

ダウンホール方式で PS 検層を行った際、海底地盤層で、ノイズが発生する現象が生じた。

ノイズが発生した際、図-6(左図)に示すようにケーシングを多段で挿入し、海底地盤層における測定は、φ86mm ケーシング内で実施していた。測定時、埋土層において、φ86mm ケーシングは、中空状態であった。

ノイズ発生の原因は、φ86mm ケーシングの挿入長40mに対し、中空区間を21m 有していたために、φ86mm ケーシングが揺れやすい状態にあり、その影響により、ノイズが発生したと考えた。

そこで、ケーシングの揺れを防ぐために、φ86mm ケーシングをすべて引き上げ、図-6(右図)に示すようにφ116mm ケーシングを40mまで挿入することで、ケーシングの中空区間を短くし、再度、測定を実施した。再測定時、φ116mm ケーシングの中空区間は、10mであった。その結果、ノイズが軽減され、容易に波形を読み取ることができた。S波速度は、ノイズ対策前と比べ、遅い結果となった。

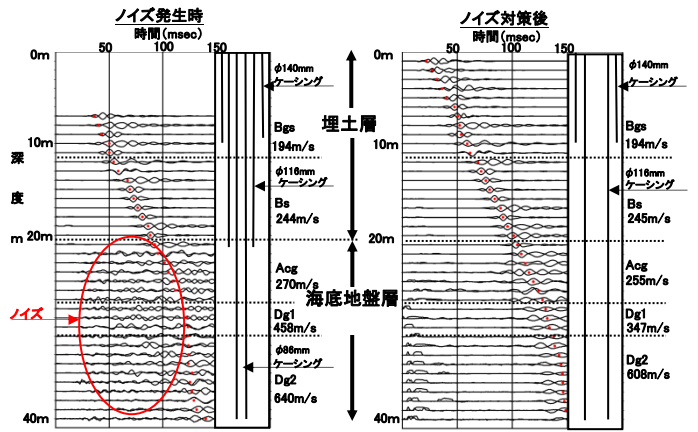


図-6 No.4孔 ダウンホール方式 S波 波形図

5. 測定結果

S波速度の測定結果を表-1および図-7に示す。

- 埋土層において、ノイズの少ないダウンホール方式のS波速度測定結果は、保孔管を用いたサスペンション方式の測定結果と比べ、速い結果となった。
- 海底地盤層において、裸孔で実施したサスペンション方式のS波速度測定結果は、ノイズ対策を講じたダウンホール方式の測定結果と、ほぼ同じ結果となった。
- N値とS波速度の関係は、概ね妥当な範囲にある。

表-1 S波速度測定結果

地層	平均N値	S波速度 (m/s)					
		既設No.2 サスペンション 保孔管有	No.4 ダウンホール 保孔管有	No.4 サスペンション 裸孔	No.5 ダウンホール 保孔管有	No.5 サスペンション 裸孔	
埋土層	Bgs	11.4	100	194	196	250	195
	Bs	11.2	100	245	232	198	210
海底地盤層	Acg	15.7	240	255	269	237	258
	Dg1	26.3	240	347	351	204	269
	Dg2	70.1	360	608	609	535	589

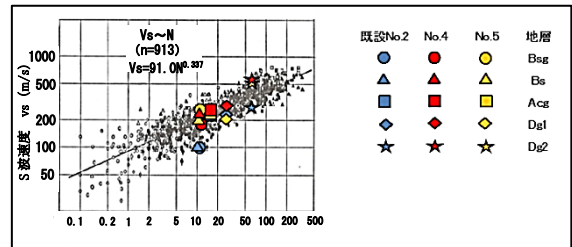


図-7 N値とS波速度相関図²⁾に加筆

6. まとめ

埋土層で実施したサスペンション方式は、保孔管を用いて測定した場合にはノイズが、裸孔で測定した場合には波形に乱れが生じた。そこで、埋土層のS波速度は、ノイズが少ないダウンホール方式での測定結果を提案した。海底地盤層においては、波形の乱れがなく、ノイズも少なく、対策を講じノイズを軽減させたダウンホール方式での測定結果とも近似するサスペンション方式での測定結果を提案した。

本件では、2種類の方式でPS検層を実施したことで、互いの方式の問題点が解消され、適切なS波速度の提案を行うことができた。

《引用・参考文献》

- 1) 国土地理院ホームページ (<https://maps.gsi.go.jp>)
- 2) 土と基礎の物理探査 土質工学会 P.41