

弾性波探査などによるCSG構造物の工学特性

建設省土木研究所 ○正会員 豊田光雄 正会員 今井裕一

1. はじめに

CSGは、現地発生材にセメントを添加混合して改良盛立材として用いるものであり、これまで仮締切堤などの構造物を築造している。本報文は、これまで築造されたCSG構造物で弾性波探査などを行い、構造物の速度層（P波、S波）の分布、セメントを添加していることから材令による速度変化、さらにはP波速度およびS波速度から求めた剛性率、ポアソン比などを整理した結果を述べたものである。

2. 測定概要

測定対象の構造物を表-1に示す。これら構造物の母材の平均的な粒度を図-2に示す。A～Cの構造物は母材が砂礫で細粒分を含んでいないが、D構造物の母材は掘削残土であるため細粒分を約10%含んでいる。

A～Dの構造物は単位セメント量60～80kg/m³であり、C構造物は築造直後に、それ以外のA、B構造物は築造後約4～5年経過後に、D構造物は1、4、13ヶ月経過後に測定している。

測定は、弾性波探査と表面波探査の2つの方法を行った。いずれも地盤調査法に準拠した方法で表-2に測定条件を示す。弾性波探査では屈折法により速度分布を求めた。一方、表面波探査においては、表面波の伝播速度から速度の変化点に着目して求めた速度をPS検層のS波速度との相関式を利用してV_s'速度に変換した。表-3に弾性波探査の仕様を示す。

3. 測定結果および考察

3.1 速度分布

図-2に、B構造物（堤高4.0m、堤頂長60m）において得られた弾性波探査（図-2a）と表面波探査（図-2b）の結果を示す。弾性波探査によれば、表層より約50～200cmではS波速度V_sは900～1000m/sを示し、それより深いところではV_s=1400～1900m/sである。構造物内部で均一な速度分布となっていない。表面波探査においてもV_s'は表層部で小さく下部で大きい分布を示す。V_sとV_s'の速度値および分布はほぼ一致している。このような弾性波探査における速度分布はA、C、D構造物でも認められ、V_s'も図-2bと同様の傾向を示している¹⁾。

3.2 経時変化

図-3に約1年間におけるCSGの経時変化について弾性波探査によって測定したV_sの結果を示す。CSGの母材

表-1 測定対象物の概要

構造物	CSG		高さ H	基礎
	母材	単位セメント量		
A	河床堆積物 (砂礫)	60kg/m ³	8～12m	砂礫
B	河床堆積物 (砂礫)	60	4	砂礫
C	河床堆積物 (砂礫)	80	9.5	砂礫
D	掘削残土 (粘板岩)	60	1.2	砂礫

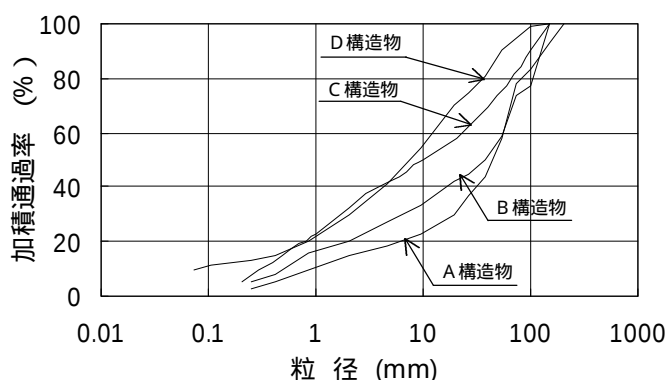


図-1 測定対象物の平均的な粒度分布

表-2 測定条件

弾性波探査	起振器	P波 鉄ハンマー S波 板たたき、鉄ハンマー
	受振器	速度計（固有周波数28Hz）
	測定器	サンプリングタイム 50μsec
表面波探査	起振器	最大起振力 785N
	受振器	周波数範囲 3～1000Hz
	受振器	加速度計 周波数範囲 1～250Hz

表-3 弾性波探査の仕様

構造物	測線長	受信点間隔	起振点間隔
A	68m	2.0m	4m
B	63	0.5	1
C	50	2.0	4
D	10	0.5	1

キーワード：CSG，弾性波探査，表面波探査，P波速度，S波速度

連絡先：〒305-0804 つくば市旭一番地，TEL(0298)64-2211，FAX(0298)64-0164

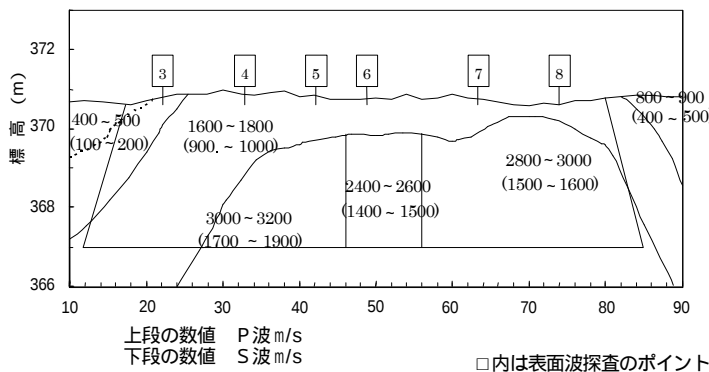


図-2a 弾性波探査による V_s 分布

は粘板岩である。 V_s =約500m/sを境界として2層に分け、小さい方を1層目、大きい方を2層目とした。時間の経過に伴い1層目および2層目とも V_s の増加傾向がみられる。なお、一方、母材が砂礫のCSG構造物では、このような測定は行っていないが、築造後約10日後のC構造物の測定結果(1層目 V_s =700m/s、2層目 V_s =1200m/s)から推定すれば、2層目の場合に約1.2~1.5倍の速度増加が認められる。すなわち、CSG構造物は母材によらず経時変化による剛性が高くなる性質を持っていると考えられる。なお、せん断強度においても材令による強度増加がみられる²⁾。

3.3 剛性率およびポアソン比

P波速度 V_p 、S波速度 V_s から求めた剛性率およびポアソン比などを表-3に示す。 V_p および V_s は、測定場所によりばらつきがあるため平均値を用いて計算している。4~5年後の構造物の剛性率は、表層部(1層目)を除けば4800~6800MPaを示し、ポアソン比は0.25~0.33となっている。図-4、図-5はD構造物材料の剛性率とポアソン比の経時変化である。約1年後の剛性率は1ヶ月後に比べ約2~3倍となるが、ポアソン比は、1層目で減少し2層目ではほぼ同じである。

4. まとめ

4つのCSG構造物を対象に弾性波探査および表面波探査を行った結果、次のことがわかった。1)弾性波探査と表面波探査から得られるそれぞれのS波速度はほぼ一致している。2)CSG構造物内部において速度分布は様ではなく下層部のS波速度が大きい。3)経時変化に伴いS波速度は増加の傾向にあり、剛性率も高くなると考えられる。

参考文献 1)豊田光雄、CSG構造物の弾性波および表面波探査による速度分布特性、土木学会第54回年次講演概要集 pp676~677,1999,9 2)豊田光雄、吉田等、山本裕之、CSGの締固めとせん断強度、土木技術資料 Vol.39-10,pp38~43,1997

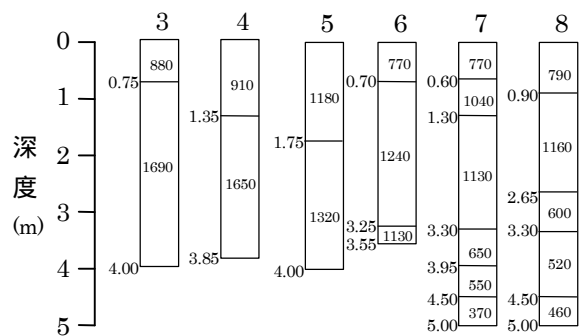


図-2b 表面波探査による V_s' 分布

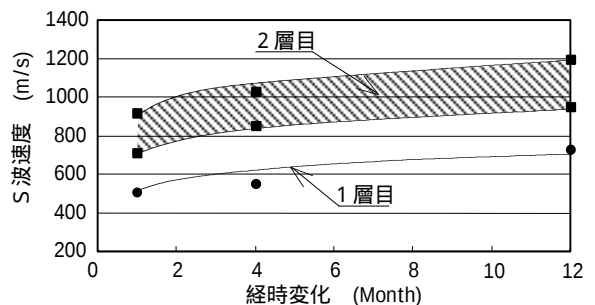


図-3 S波速度の経時変化

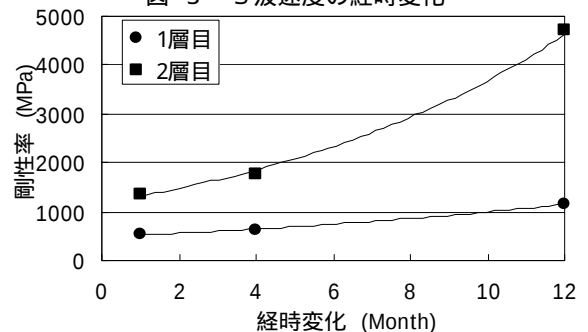


図-4 剛性率の経時変化

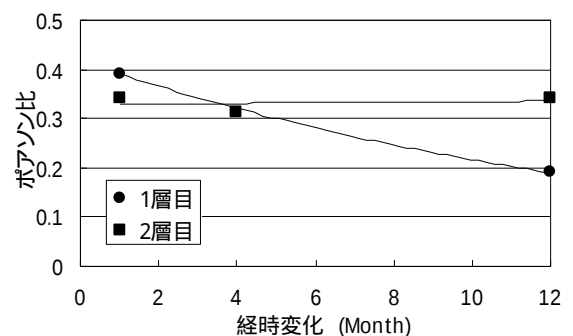


図-5 ポアソン比の経時変化

表-3 各構造物の変形係数

構造物	CSGの母材	測定時		剛性率 MPa	ヤング率 MPa	ポアソン比
A	砂礫	4年	1層	1344	3827	0.42
			2層	6804	18144	0.33
B	砂礫	5年	1層	1940	5275	0.36
			2層	4793	14786	0.25
C	砂礫	10日	1層	980	2540	0.30
			2層	2880	7563	0.31
D	粘板岩	1年	1層	1160	2600	0.30
			2層	4700	6200	0.33

測定時は築造後の年月を示す