

弾性波探査によるため池堤体の改修効果の評価 Evaluation on effect of improvement of dam body of ponds by Seismic prospecting

○児谷吉紘*,西村伸一*,珠玖隆行*

KOTANI Yoshihiro , NISHIMURA Shinichi , SHUKU Takayuki

1. はじめに

小降雨地帯の瀬戸内沿岸には、ため池が点在する。その大半が経年劣化により老朽化しており、堤体安定や貯水・取水の機能低下、最悪の場合決壊に至っている。そのため、堤体の改修が進められつつあるが、低コスト化、最適化が求められており、適切な改修効果の評価方法が必要である。一般に改修前には、ボーリング調査を中心に堤体の調査がなされるが、改修後の堤体の破壊試験は不可能であるため、調査される機会が少ない。しかし、改修後の堤体の内部状況の把握は改修前と同様に重要だと考えられる。そこで本研究では、改修前後の堤体の状況を等しく調査するために弾性波探査を行い、改修による堤体内部の強度増加の状況を明らかにすることを目的とした。

2. ため池堤体の弾性波探査

2.1 調査対象のため池の諸元

岡山県内の A から E の 5 地点の池を対象とし、それぞれの堤体の諸元を表-1 に与える。この 5 地点は岡山県の防災ダム事業及びため池等整備事業により改修が完了しており、表-1(a)、(b)に、それぞれ改修前、改修後に調査した際の、ため池堤体の堤高、堤長、探査方法及び改修工法を示す。改修前のため池はまさ土を材料として築造された均質ダムである。改修は底樋と洪水吐き部分の全面改修と現堤体の表面の補強が行われている。また、改修後は、止水壁が設けられ、前刃金工法が用いられている。堤長は 52~112.0m、堤高は改修前のもので 5.3~10.1m、改修後は若干大型化する傾向があり、7.5~10.1m である。

2.2 弾性波探査屈折法による探査結果

4 地点の堤体で、弾性波探査屈折法を使用し、はざとり法を適用している。人工震源については、P 波は木槌で地面を打撃することにより発生させ、S 波は堤体天端に錘を載せてその錘を横から打撃することで発生させる。センサー(受振点)はため池の規模や状況により、堤軸方向に 50~55m の距離で 5m 毎に設置し、センサー位置が中点となるように 5m 毎に起振点を設置した。改修前後に探査を実施した A、B 池の探査結果を表-2 に示す。表には計測されたせん断波(S 波)速度とこれを N 値換算したものを示している。換算式は今井による式(1)を用いることとする。

$$V_s = 97.0N^{0.314} \dots\dots\dots(1)$$

A 池の改修前後の計測結果に基づく堤体の S 波速度分布を図-1 に示す。計測及び解析精度の問題で、地山と堤体を含めた層構造が若干異なっているが、最上層は堤体部分のみに依存していると考えられる。そこで、表-2 に示した A、B 池における最上層の S 波速度を改修前後で比較すると、A 池で 1.31 倍、B 池

表-1 解析対象としたため池の諸元
The specifications of the target ponds

(a)改修前のため池

	堤高(m)	堤長(m)	探査方法
A池	9.8	88.3	E
B池	10.1	112.0	E
C池	5.3	52.0	S
D池	7.1	53.0	E,S
E池	9.0	96.0	E,S

(E : 屈折法, S : 表面波探査)

(b)改修後のため池

	堤高(m)	堤長(m)	探査方法	改修工法
A池	9.8	88.3	E	前刃金工法
B池	10.1	112.0	E	前刃金工法
C池	7.5	52.0	S	前刃金工法
D池	8.1	53.0	S	前刃金工法
E池	9.0	96.0	S	前刃金工法

(E : 屈折法, S : 表面波探査)

表-2 屈折法による弾性波探査結果
Seismic prospecting results of refraction method

		Vs (m/s)	換算 N値
改修前	A池	124	2.19
	B池	140	3.22
改修後	A池	162	5.12
	B池	260	23.10

*岡山大学大学院環境生命科学研究科 (Graduate School of Environmental and Life Science ,Okayama University)
キーワード:弾性波探査、ため池、土構造

で 1.86 倍となった。2 地点の平均は 1.59 倍となり、改修後の方が剛性が高い結果となった。

2.3 表面波探査による探査結果

改修前後の 3 地点 (C 池、D 池、E 池) について S 波速度の推定が容易な表面波探査を行った。センサーはため池の規模や状況により、堤軸方向に 40~46m の距離で 2m 毎に設置し、センサー位置が中点となるように 2m 毎に起振点を設置した。実施した探査結果を表-3 に示す。表-3 に示した S 波速度と換算 N 値は各地点において、堤体中央付近の深度 1~7m における値である。堤体中央は最も堤体厚さが大きい位置であるため、改修前後における堤体の強度の比較・検討に最適な箇所だと考えられる。3 地点の改修前後の S 波速度を比較すると、図-2 に示すように改修後の堤体の S 波速度は約 1.17 倍となり、屈折法の結果との間に差異が生じた。これは屈折法、表面波探査ともにデータ数が少ないことと、波動解析の理論の違いが影響していると考えられる。しかし、どちらの探査方法でも堤体の改修による S 波速度は増加しており、強度の上昇が確認できた。

3. まとめ

弾性波探査屈折法及び表面波探査の結果に基づき、改修に伴うため池堤体の強度を評価した。改修前後の S 波速度を比較したところ、改修後の堤体では、弾性波探査屈折法で約 1.59 倍、表面波探査で約 1.17 倍の速度を示した。これらの結果から、改修によってため池の強度が上昇したことが明らかとなった。

改修後の堤体ではボーリング調査が行えないため、弾性波探査などの非破壊物理探査が有効であると考えられる。また、老朽化の進む土木構造物の維持管理は今後ますます重要であり、時系列に基づいてリスク管理を行い、最適な改修時期や改修工法を決定すべきである。そのため、今後は改修予定のあるため池堤体の非破壊物理探査を継続しながら、改修における効果を定量的に確かめるため、地震応答解析や浸透流解析にも取り組みたいと考えている。

謝辞: 調査にあたって、岡山県農林水産部にはご配慮を賜った。記して謝意を表する。

参考文献

- ・西村伸一・藤澤和謙・森井顕二・長尾遥奈 ため池の維持管理と改修効果の評価,地盤工学会誌,pp28-31,2012
- ・地盤工学会 地盤調査の方法と解説,2004
- ・今井常雄・麓秀夫・横田耕一郎 日本の地盤における弾性波速度と力学的特性,第 4 回日本地震工学シンポジウム論文集,pp.89-96,1975
- ・林宏一 表面波を用いた地下浅層部の探査,非破壊探査,Vol.53,pp.254-259,2004

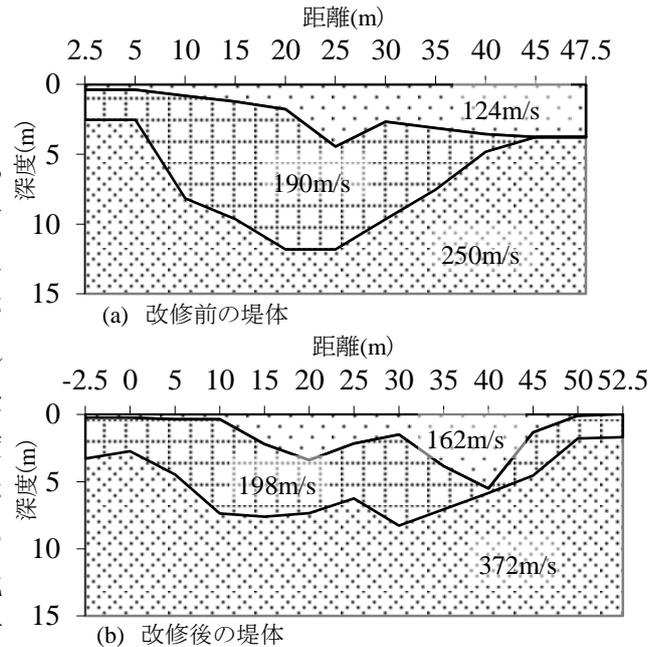


図-1 せん断波速度の分布 (A 池)
Distribution of shear wave velocity (Pond A)

表-3 表面波探査による弾性波探査結果
Seismic prospecting results of surface wave method

	深度 (m)	改修前		改修後	
		Vs (m/s)	換算 N 値	Vs (m/s)	換算 N 値
C池	1	133.06	2.74	214.11	12.45
	3	160.66	4.99	207.25	11.22
	5	228.77	15.37	243.22	18.68
	7	280.68	29.48	317.44	43.63
D池	1	148.99	3.92	233.20	16.34
	3	149.69	3.98	202.83	10.48
	5	200.74	10.14	217.28	13.04
	7	230.72	15.79	275.25	27.70
E池	1	136.05	2.94	172.44	6.25
	3	146.79	3.74	154.90	4.44
	5	160.61	4.98	158.78	4.80
	7	185.64	7.90	184.59	7.76

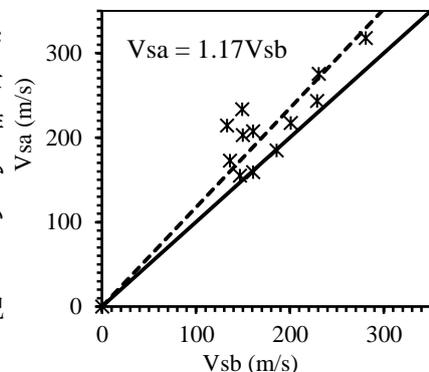


図-2 改修前後のせん断波速度の比較(表面波探査)
Comparison of shear wave velocity (Surface wave method)