

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 1 月 15 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21580297

研究課題名（和文）表面波探査によるため池内部構造の推定と耐震性評価

研究課題名（英文）Estimation of internal properties of irrigation pond and earthquake resistance by surface wave method

研究代表者

清水 英良（SHIMIZU HIDEYOSHI）

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：90144005

研究成果の概要（和文）：農業用ため池で実施した表面波探査のデータからラブ波の特性をクロス解析により抽出し、常時微動観測データから求めた H/V スペクトルと比較・検討することによりため池堤体と基礎地盤の内部構造を推定した。その結果、以下の事項が明らかになった。

- 1) 堤体の S 波速度は堤体左岸側と堤体中央・右岸側で差異があり、場所による不均質性が認められた。
- 2) H/V スペクトルと S 波速度から、基礎地盤は急峻な V 字谷を形成していることが判明した。
- 3) ラブ波の分散曲線から、基礎地盤の S 波速度は基盤として十分な値を有していると推察された。

研究成果の概要（英文）：We conducted the wave exploration and the micro tremor measurements at the irrigation pond to estimate the inner properties representing the earthquake resistance. Firstly, we obtained the dispersion characteristics of Love waves by striking plate technique. Secondly, we obtained the H/V spectra from the 3-D component micro tremor data measured at three points, to evaluate the predominant frequencies of the embankment. Finally, we estimated the internal phase velocities of S waves and the depth of embankments at each point. The result is summarized as follows:

- 1) S wave velocity at left bank of embankment is greater than that at middle-right of one; inhomogeneity is observed.
- 2) Applying the wedge theory from the measured predominant frequency and S wave velocity at each point, it becomes clear that the foundation ground forms steep figure V valley in shape.
- 4) Using the dispersion curves of Love waves, S wave velocity of foundation is proved to be enough for the base of embankment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：施設環境工学

科研費の分科・細目：農業工学、農業土木学・農村計画学

キーワード：ため池・表面波探査・分散曲線・常時微動・耐震・スペクトル解析

1. 研究開始当初の背景

(1) ため池に代表されるアースダムの地震時における挙動はその内部構造の不均質性により複雑であり、アースダムの耐震性を詳細に検討するには、基礎地盤を含めた内部構造を原位置試験から同定する必要がある。

(2) ため池等の土構造物内の速度構造を求める振動調査は、最近では起振レイリー波表面波探査が用いられつつある。しかしながら、レイリー波探査では同定に必要な地盤パラメータがS波構造のみならずP波構造も要求され、精度上問題がある。

(3) 応募者はこれまでに原位置非破壊振動実験を実施し、微動観測からH/Vスペクトルの算定によるため池・干拓堤防の特性値・応答倍率を求めている。本研究は、微動探査とS波のみを発生させるラブ波探査を併用し、ため池堤体・基礎地盤の速度構造を求めるところに特徴があり、土構造物の耐震性評価に役立てていきたいと考えた。

2. 研究の目的

(1) アースダムの地震時安全性を詳細に検討するには、基礎地盤を含めた内部構造の特性を原位置試験から同定する必要がある。本研究は、二次元S波速度分布を弾性波探査と微動表面波探査を併用して同定し、ため池堤体の地震時安全性を照査することを目的としている。

(2) 本研究を実施する上で新たに取得する必要がある基礎的データは、ため池堤体・基礎地盤の動的変形特性を同定する基となるS波速度分布であり、従来の微動観測・屈折法探査に加えて表面波探査を実施し、詳細な内部構造を求めることとした。

3. 研究の方法

(1) ため池堤体において板たたき法によるS波屈折法弾性波実験を行い、走時曲線を作成して内部構造の概略値を推定する。

(2) 地表型3成分の換振器により堤体の左岸側、中央部と右岸側の3地点で常時微動観測を実施し、FFT解析によりH/Vスペクトルを求め、各点における卓越振動数を求める。

(3) S波データからLove波分散曲線を作成し、堤体のS波速度分布を求めると共に、卓越振動数の値を考慮することにより表層の厚さと基盤S波速度を推定する。

4. 研究成果

(1) S波屈折法による内部構造概略値

板たたき法によるS波屈折法弾性波実験を行い、走時曲線を作成してため池内部構造の概略値を求めた。起振は立ち上がり時間を明確にするため左右両叩きを行い、位相が逆転することを利用した。解析の結果、堤体の平均S波速度は約160m/s、表層の平均的な厚さは約8mと推定された。

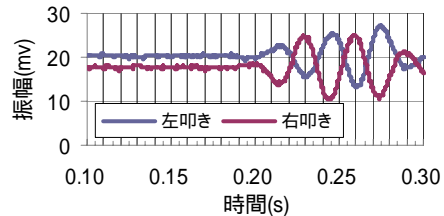


図1 S波時刻歴(起振点距離34m)

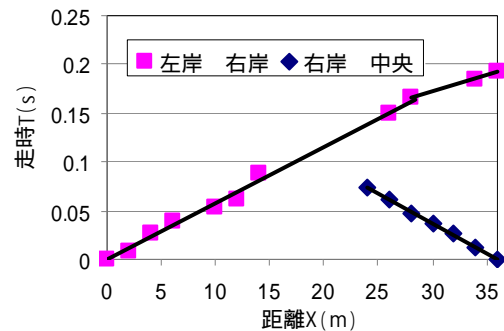


図2 S波走時曲線

(2) 常時微動観測による卓越振動数

常時微動観測を堤体の左岸側、中央部と右岸側の3地点で実施し、水平振動2成分(堤軸平行・直交方向)と鉛直振動の3成分データからFFT解析によりH/Vスペクトルを求め、各点での卓越振動数を求めた。その結果、堤体左岸側で約18.2Hz、中央部で約4.8Hz、右岸側で約12.8Hzとなり、これらの異なる値は、表層厚さの違いによる固有振動を表現しているものと解釈される。

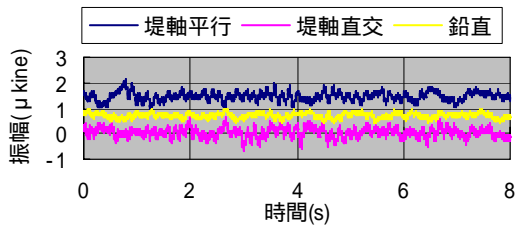


図3 常時微動波形(右岸側)

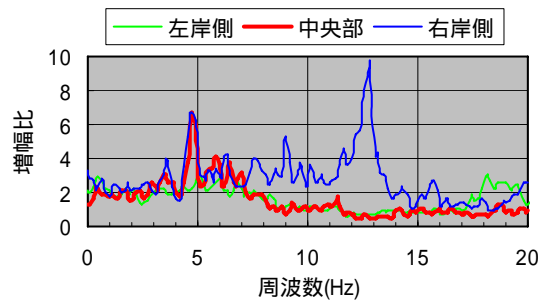


図4 H/Vスペクトル

(3) 表面波探査による S 波速度

(1)で実施して得られたデータから、表面波探査によるラブ波分散曲線をクロス解析・位相角法により測線上の各点で求めた。その結果、堤体のS波速度は堤体左岸側で約 165m/s、堤体中央・右岸側で 150~155m/s となり、堤軸方向の場所による不均質性が認められた。

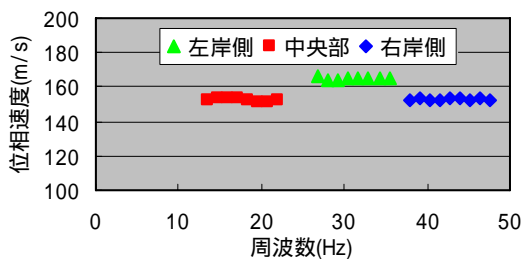


図5 堤体 S 波速度

(4) 表層厚の推定

得られた卓越振動数と S 波速度を用いて、アースダムの固有振動解析で用いられている楔形理論から微動測定点での表層厚を推定したところ、左岸側で約 3.2m、中央部で約 12.0m、右岸側で約 4.9m と推定され、この結果、基礎地盤の形状は急峻な V 字谷を形成していることが判明した。

(5) 基礎地盤の S 波速度

受信点間隔を十分に取ることにより、堤体左岸側と右岸側の分散曲線から最小二乗法により基礎地盤の S 波速度を求めたところ、両者とも約 370m/s と推定され、工学的地震基盤として十分な値を有するものと推察された。

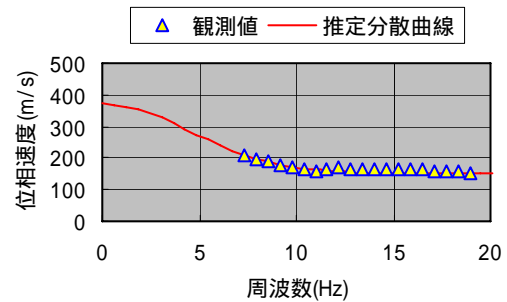


図6 分散曲線(堤体左岸側)

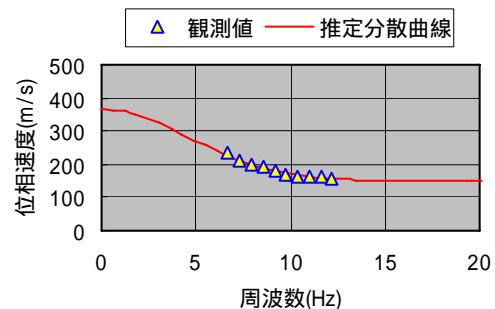


図7 分散曲線(堤体右岸側)

(6) まとめ

近年、老朽化ため池の改修が喫緊の課題となっているが、その主な事項は、取水施設の改修、豪雨時の越流破壊防止の為に浸潤線低下工法(前刃金工法)などである。しかるに、東日本太平洋沖地震で震源から遠く離れたため池堤体が沈下・滑り破壊を起こし決壊した事実は記憶に新しい。大地震時のアースダムの挙動は複雑であるが、留意すべきことは基礎地盤を含めた堤体の耐震性の検討であり、それに直接的に関与しているのは S 波速度構造である。本研究では板たたき法による起振探査と常時微動観測の両者からため池堤体・基礎地盤の S 波速度構造を把握することを目的とし、表層厚さ・S 波速度の同定に一定の成果を上げたものとする。ラブ波の

分散性を利用して求めた研究例は種々の制約条件から数少ないが、直接 S 波速度構造を得られる利点があり、さらなる活用が期待される。

()

研究者番号：

(7) 今後の展望

今後の展望としては、長周期側の分散性を明瞭に観測できるシステムを構築することにある。その為には、受信器の周波数特性の改良のみならず、起振力の検討が必要であろう。また、表面波探査全般に言えることであるが、地層が傾斜している場合、理論上の制約により深さ方向の分布を正確に求めることに困難が生じる。傾斜層構造における理論の構築と、数値シミュレーションによる波動伝播解析のさらなる発展が望まれる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

西村伸一・清水英良：条件付シミュレーションによる液状化対策工の信頼性設計(査読有)。農業農村工学会論文集 79(5)：329-337(2011)

西村伸一・清水英良：期待総費用最小化理論に基づく干拓堤防の最適液状化対策(査読有)。地盤工学会誌 57(3)：26-29(2009)

[学会発表](計2件)

大西健夫・平松 研・西村眞一・清水英良・安藤美妃：太陽熱土壌消毒が土壌微生物群相へ与える影響の評価(査読無)。平成24年度農業農村工学会大会講演要旨集：14-15(2012)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清水 英良 (SHIMIZU HIDEYOSHI)
岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：90144005

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者