

## 動的遠心力載荷模型実験による地下水を有した斜面の地震時の振動特性の検討

日本工営（株） 正会員 ○太田 敬一  
 （株） エスイー 正会員 竹家 宏治

地震時のアンカーの振動特性を検討するため、動的遠心載荷模型で地下水を設定して実験したので以下に報告する。

## 1. 目的

地震に伴い斜面に配置したアンカーの軸力が増加することは、実際の計測事例<sup>1)</sup>や、遠心力模型実験による測定事例<sup>2)</sup>から示されており、また実際の斜面で地震時にアンカーが破断した事例<sup>3)</sup>も報告されている。地震時に作用する軸力の発生要因は、アンカーの配置された地盤の地震に対する応答特性に影響されると考えられるが、本報告では地震時のアンカーの設計方法を検討するための基礎的なデータを収集する目的で動的遠心載荷装置を用いて、地震動による地下水を有した模型土層の変位特性やアンカーの振動特性を検討した。

## 2. 実験の概要

実験に用いた模型土槽を図-1 に示す。土槽製作に使用した材料は豊浦珪砂とカオリン粘土を 8:2 で配合したもので、締め固め度 92%で法面勾配 1:1.5 で成形し、法面末端部には地下水による材料の吸出し防止のため砂利を配置した。受圧盤を有したアンカー（ステンレスワイヤー）を模型土槽内に 1 列、間隔 75mm で 4 本配置した。地下水は粘性を有しない水道水を使用し、土槽底面から 75mm の高さに水位を設定した。なお遠心力模型実験で地下水を配置した場合は遠心場における相似則を満たすよう粘性を有した材料を用いるが、本実験では地下水がある場合とない場合の相対的な違いを確認するため水道水を用いることとした。センサーはアンカー頭部に軸力計、土槽底面に間隙水圧計、その他土槽内部に加速度計、法肩にレーザー変位計測定用のターゲットを取り付け、加振時の時刻歴を記録した。

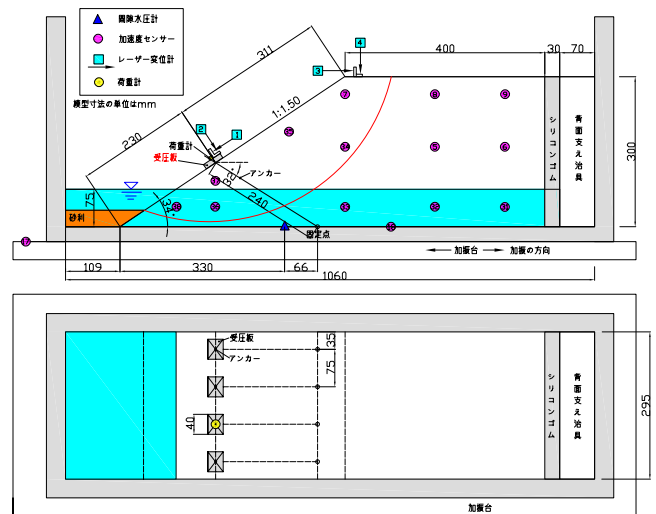


図-1 模型土槽の形状とセンサーの配置

実験手順はまず、アンカーに適当な初期緊張力を与え、遠心加速度場 40G で模型土層内の材料の自重による変形を安定させ、次に模型底面から実物換算周波数 1.5Hz, 15 波の正弦波形、最大加速度振幅 100, 200, 300gal で入力し加振した。

実験手順はまず、アンカーに適当な初期緊張力を与え、遠心加速度場 40G で模型土層内の材料の自重による変形を安定させ、次に模型底面から実物換算周波数 1.5Hz, 15 波の正弦波形、最大加速度振幅 100, 200, 300gal で入力し加振した。

## 3. 実験の結果

最大加速度振幅 300gal 時における模型土槽の法肩の水平・鉛直変位（図-2）、アンカーの軸力（図-3）の時刻歴の結果を示した。なお地下水の影響を示すため、地下水を有しないケースの実験結果を併記した。グラフ中の数値は実物換算したものである。図-2, 図-3 より地下水の影響を検証すると、地下水がある場合の方が、①土槽法肩の変位が大きい、②アンカーの軸力の加振中の最大値および加振後の値が大きいことが示されている。地下水により模型土槽は不安定となり、それに伴いアンカーの軸力が発生したと考えられる。

最大加速度振幅毎に土槽法肩変位の推移を図-4、加振時にアンカーの軸力の最大値を図-5 に示した。最大加速度振幅が大きくなるに伴い変位、軸力が変化し、地下水がある場合の方がその変化の割合が大きいことが示されている。なお土槽底面に配置した間隙水圧計のデータには加振に伴い間隙水圧が上昇し、加振後、徐々に消

キーワード 動的遠心力載荷模型実験, 地震, グラウンドアンカー, 地下水

連絡先 〒300-1236 茨城県つくば市稲荷原 2304 日本工営（株）中央研究所 TEL 029-871-2092

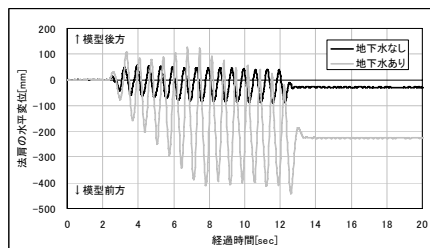


図-2 法肩の変位  
(上：水平、下：鉛直変位)

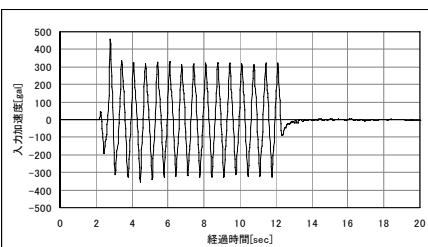
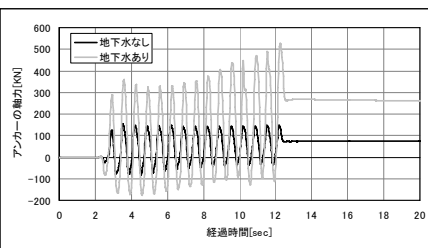


図-3 アンカーの軸力(上)  
(下：300gal の入力波形)

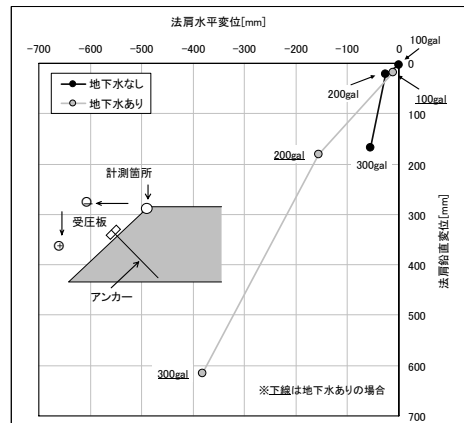


図-4 法肩の変位の推移

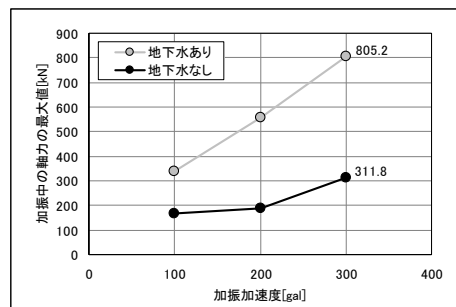


図-5 アンカーの軸力(最大値)

散する結果が得られた。

#### 4. 考察

実験で得られたアンカーに作用する軸力を評価する1つの方法として、すべりの安定計算で求まる必要抑止力、設計アンカー力を用いて評価した。まず地下水が無い場合の加振加速度 300gal の実験で得られた加振中の軸力の最大値 311.8kN を設計アンカー力とし、アンカー傾角 32 度、すべり面勾配 24 度、アンカーには引き止め・締め付け効果を見込んで必要抑止力を算定し (118.45kN/m)、繰返し円弧すべり計算により、この必要抑止力になるすべり面の強度を逆算で算定すると粘着力 12.2kN/m<sup>2</sup>、内部摩擦角 35.0° となる。この時安全率は 1.079 となる。次にこの強度を用いて地下水がある場合の繰返し円弧すべり計算を行うと計画安全率 1.20 の場合必要抑止力は 263.0kN/m となり、これを基に設計アンカー力を算定すると 692.3kN/本となる。この設計アンカー力により選定されるアンカー規格の1つは、地震時の許容荷重 743.4kN の規格となるが(許容荷重は地盤工学会基準の 0.9Tys、Tys は降伏点荷重で例えば SEEE アンカーの呼名 F100UA の場合 826kN)、地下水がある場合の実験の加振中の軸力の最大値は 805.5kN であり、通常的设计で設定されるアンカーの規格の許容荷重を越える。つまり、加振時のアンカー軸力の最大値を考慮した場合は、通常的设计で想定されるアンカー規格の許容荷重を越える場合があることが示され、設計に際し注意を要する場合があると言える。

#### 5. まとめと今後の課題

本実験により、加振時に地下水がある場合と無い場合の模型土槽の変位、アンカーの軸力の相違を示した。また実験で得られたアンカー軸力からアンカー規格を想定したところ、本実験で得られた軸力はその規格の許容荷重を越えることが判明し、加振時の今後のアンカーの設計には注意を有することが判明した。今後は数値解析により再現解析を実施し、地震時のアンカーの設計方法について検討する予定である。なお模型土槽底面に配した加振時の間隙水圧計の変動は、今後、粘性を有した材料を用いて詳細に検討する予定である。

#### 参考文献

- 1) 門間敬一, 千田容嗣, 小嶋伸一; アンカー工を施工した急傾斜地における地震時挙動の計測結果, 土木技術資料 42-9, pp. 58~61, 2000 年
- 2) 増田隆明, 藤井斉昭, 山田浩, 岡崎賢治; 遠心模型実験によるアンカー擁壁の地震時安定性, 第 52 回年次学術講演会講演集 第三部門 pp. 396~397
- 3) 土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチームホームページ; [http://www.pwri.go.jp/team/landslide/topics/topics\\_noto.htm](http://www.pwri.go.jp/team/landslide/topics/topics_noto.htm)