# 動的遠心載荷模型実験による地震時のアンカーの振動特性の検討

日本工営（株）　正会員　○太田　敬一, 伊藤　圭一, 正会員　倉岡　千郎
（株）エスイー　正会員　竹家　宏治
Columbia University　Liming Li

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実験したので以下に報告する.

## １．目的

地震時にアンカーの軸力が増加することは, 急傾斜地において施工されたアンカーの軸力の計測事例 [1)]や, 遠心載荷実験による軸力時刻歴の測定事例 [2)]から示されている. また実際の斜面で地震時にアンカーが破断した事例 [3)]も報告されており, 地震に対するアンカーの適切な設計の考え方が求められている. 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層を図１に示す. 使用した材料は表１に示す通り豊浦珪砂とカオリン粘土を 8:2 で配合し法面勾配 1:1.2 で作成した. 材料と土層底面の間にはサンドペーパーを配した. 模型土層の背面には入力波の反射を緩衝させるためシリコンゴムを設置した. アンカーは模型土層内に１列, 設置間隔 75mm で４本配置し, アンカー頭部に受圧板と軸力計測用の荷重計を設置し, 末端部を模型土層底面に固定した. アンカーの材料はステンレスワイヤーを用い, 受圧板はアルミ製とした. 模型土層には入力波に対する応答加速度の測定用に加速度センサ, 模型法肩とアンカー受圧板の水平・鉛直変位の測定用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.

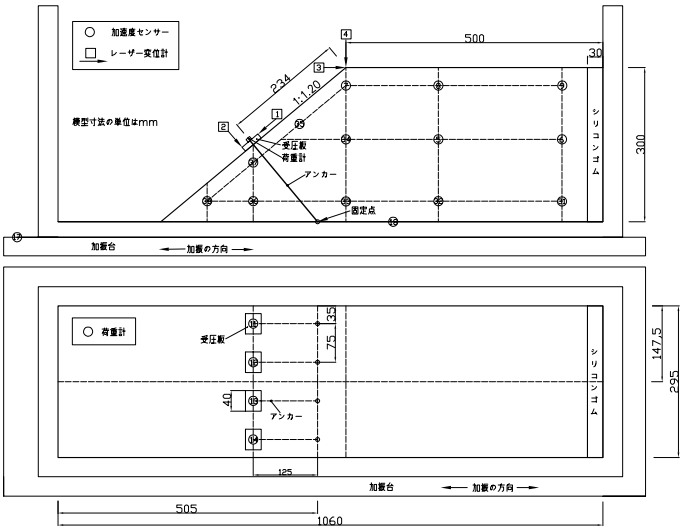


図１ 模型土層の形状とセンサーの配置

実験手順は先ずアンカーに初期緊張力を与え, 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た後, 模型底面から所定の波形を入力し加振した. 入力波形は実物換算周波数 1.5Hz, 15 波の正弦波で, 最大加速度振幅 400, 500, 600gal の３パターンを連続して与えた.

表１ 模型土層に用いた材料の土質試験結果

| 材　料　名 | | | | 豊浦硅砂:カオリン粘土　8:2 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 土粒子の密度 | | $\rho_s$ | g/cm$^3$ | 2.668 | |
| 粒度 | 礫　分 | | % | 0.0 | |
| | 砂　分 | | % | 79.6 | |
| | シルト分 | | % | 5.1 | |
| | 粘土分 | | % | 15.3 | |
| | 細粒分含有率 | Fc | % | 20.4 | |
| | 均等係数 | Uc | | − | |
| | 曲率係数 | Uc' | | − | |
| | 最大粒径 | | mm | 0.425 | |
| 締固 | 試験法 | | | A-c法 | |
| | 最大乾燥密度 | $\rho_{dmax}$ | g/cm$^3$ | 1.878 | |
| | 最適含水比 | $W_{opt}$ | % | 11.8 | |
| 三軸 | 試験条件 | | | CD（不飽和） | CD（不飽和） |
| | 供試体 湿潤密度 | $\rho_t$ | g/cm$^3$ | 1.941 | 2.104 |
| | 供試体 乾燥密度 | $\rho_d$ | g/cm$^3$ | 1.783 | 1.884 |
| | 供試体 含水比 | W | % | 8.9 | 11.7 |
| | 全応力 粘着力 | $c_d$ | kN/m$^2$ | 50.32 | 37.72 |
| | 全応力 内部摩擦角 | $\phi_d$ | 度 | 36.3 | 39.1 |

## ３．実験の結果

図２に実物換算入力波形の時刻歴, 法肩の水平・鉛直変位時刻歴, アンカーの軸力時刻歴を示した. 最大加速度振幅 400gal では, 加振時に 30mm 程度の振幅で法肩水平変位が発生し, 加振が完了した後はほぼ加振前の変位に戻っている. 加振で法肩鉛直変位は 15mm 生じた. アンカーの軸力は 150kN 程度の振幅を有しなが

キーワード　動的遠心載荷模型実験, 地震, アンカー
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　ＴＥＬ029-871-2092

ら徐々に軸力が低下し,加振終了後には初期緊張力より 170kN 程度低下している.最大加速度振幅500gal では50㎜程度の振幅の法肩水平変位が生じ加振後 2㎜程度の変位が残った.加振で法肩鉛直変位は 23㎜ 生じた.アンカーは 250kN 程度の振幅の軸力が生じている.最大加速度振幅 600gal では,振幅60～80㎜程度の法肩水平変位が生じ加振後 19㎜程度の変位が残った.加振で法肩鉛直変位は 30㎜生じた.アンカーは 350kN 程度の振幅の軸力が生じている.加振後の軸力は加振前とほぼ同じである.

最大加速度振幅が大きくなるに伴い,模型の法肩前方への水平変位は徐々に大きくなり,鉛直変位はほぼ最大加速度振幅と比例して大きくなっている.加振に伴い法肩が模型の前方に変位しながら沈下が一定の割合で生じている.アンカーの軸力は 400gal までは加振後に軸力の低下が見られ,その後の加振では加振後の軸力の低下は見られないようになった.

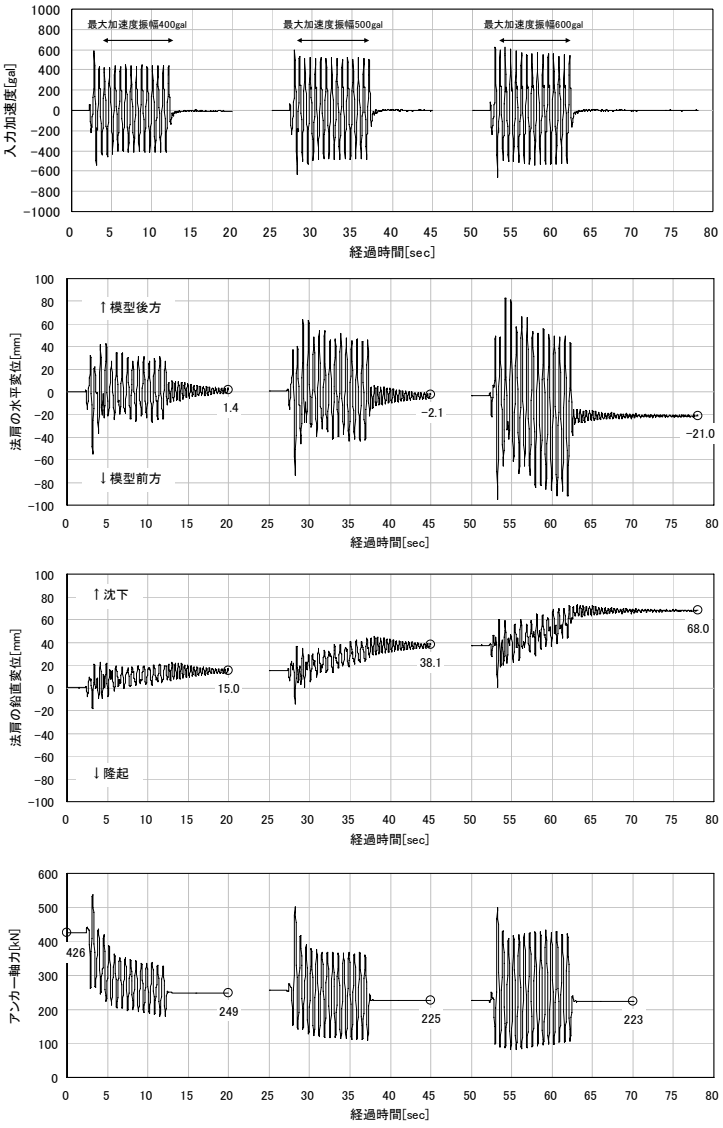


**図 2 加振時の各センサーの時刻歴**

## ４．考察

400gal では加振後にアンカーの軸力が低下したが,これは加振による模型土層が圧密され沈下した影響と思われる.それ以後の加振でも沈下は一定の割合で発生しつつも,アンカーの軸力の低下は見られないのは,模型の前方への変位が発生しその影響でアンカーに荷重が作用したためと考えられる.

アンカーの軸力時刻歴のグラフを見ると,最大加速度振幅が大きくなるに伴い,加振によるアンカーの軸力の振幅は増加していることが分かる.振幅の増加割合は地盤条件などにもよると思われるが,このような最大加速度振幅とアンカーの軸力との関係は,地震時のアンカーの設計の際に考慮すべき点と考えられる.

## ５．まとめと今後の課題

加振により模型土層の法肩の沈下は継続するものの,最大加速度振幅が大きくなるに従い模型土層の前方への水平変位が生じ,その結果,加振後のアンカーの軸力は増加すること,また最大加速度が大きくなるに従いアンカーの軸力の振幅は増加することが分かった.今後は地下水を考慮した実験を進め,地震時のアンカーの挙動を詳細に分析検討し,地震時のアンカーの設計方法の検討を進めていく予定である.

## 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Ⅲ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