

III-266

飽和砂地盤上の斜面の安定に関する遠心力振動実験

五洋建設（株）

東北大学 工学部

運輸省港湾技術研究所

運輸省港湾技術研究所

正会員

正会員

正会員

永吉貴行

風間基樹

稲富隆昌

飯塚栄寿

1. まえがき

現在、斜面の地面の地震時安定性は円形すべり法あるいは直線すべり法によって検討することになっている。しかし、すべり破壊に対する地震力の効果は不明な点が多いため考慮されておらず、円形すべり解析では、常時の安全率が適用されている。本研究では、斜面のすべり破壊の特性を把握し、円形すべり法の適用性を検討した。本研究の対象とした実物規模は、高さ約12mである。

2. 想定した実物護岸と実験ケース

遠心力振動実験は、有効半径3.8mの港湾技術研究所の遠心力荷重装置を用いて実施した¹⁾。また、振動実験に用いた振動台は同所で開発された油圧式振動台である²⁾。

図-1は、実物として想定した護岸を示したものである。表-1に実験ケースの一覧を示す。ケース1・2は、模型縮尺の影響、ケース2・3は加振波形の影響を明らかにする目的で実施した。なお、表-1の振動数、加振最大加速度は遠心力場の動的実験の相似則³⁾に基づき実物換算値（Gal）で示した。また、模型地盤の材料は、豊浦標準砂および相似比にあうような透水係数を得よう粘度調整したシリコンオイル（37.5G模型で55cs, 50G模型で80cs）である。

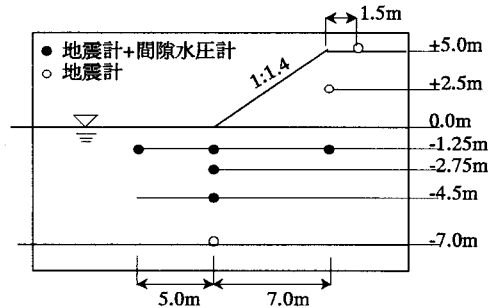


図-1 実物として想定した護岸の断面

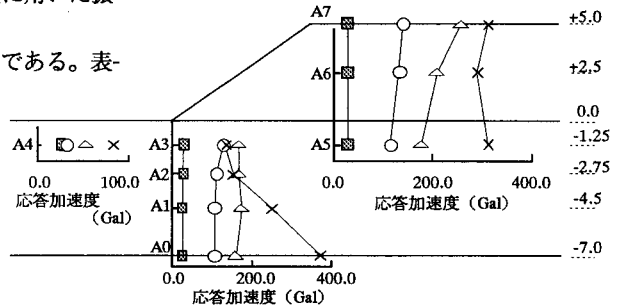


図-2 実験ケース1の加速度応答分布

表-1 実験ケースの一覧表

実験名	遠心 加速度(G)	加振 波形	加振 振動数(Hz)	加振 波数	加振段階と入力最大加速度 波数	1	2	3	4	5	実物断面に 対する縮尺
ケース1	37.5	正弦波	2.0	20	44	166	222	505	—	—	1/37.5
ケース2	50.0	正弦波	2.0	20	55	125	167	—	—	—	1/50
ケース3	50.0	地震波 (ハフ)	—	—	22	40	73	230	273	—	1/50

3. 実験結果

3.1 加速度応答

図-2はケース1の最大加速度分布を示したものである。盛土部の加速度は基盤加速度に比例して大きくなっているが、海側地盤は低加速度レベルから地盤が軟化している。斜面の法尻直下の地盤は、基盤加速度が150Gal以上になると地盤の軟化が顕著に現われたと考えられる。しかしながら、陸側地盤は盛土によって有効上載圧が大きくなっているため、斜面の法尻直下地盤より軟化程度が小さかったと考えられる。

3.2 過剰間隙水圧応答 加振波形が正弦波であるケース1、ケース2の法線法尻部、海側地盤部の間隙水圧は、加振レベルが増加するにともなって、有効上載圧に漸近し、液状化が発生した。一方、盛土直下の間隙水圧は、有効上載圧比で50%以下であった。これら間隙水圧の結果は、法尻部において大きな加速度レベルで加速度応答が低下するという実験結果を裏づけるものと言える。

3.3 残留変形 図-3は、ガラス面を通して見たケース2の砂層、盛土の最終変形状況である。加振前の形状は、点線で示すとおりである。また、盛土の中の黒塗の部分は、模型の変形を観察するために建て込んだ赤色砂柱を示す。ここで、格子中にも点線・波線を示すが、この部分は、実験後の計測から求めたものである。なお、①～③は、後述する盛土の加振段階毎の変形を観察した位置を示す。実験後の模型の地盤の最終変形量は50～200cmとなっている。ケース2より、変形はほぼ円形すべり的に発生していることもわかる。

図-4～6は、VTRに収録した画像から各加振毎に変形量を読み取り、その変形量を入力最大加速度に対して示したものである。

ケース1・2の変形は、共に入力加速度が100Gal付近から生じ、その変形量もほぼ同じである。このように遠心加速度が違うケース1・2を実物換算した結果が同じであることは、ここで用いた縮尺1/50～1/37.5の範囲では残留変形に関して相似則が成立していると言えそうである。また、ケース3の場合は、ケース1・2より大きい加速度レベルにならないと変形が生じていない。したがって地震波加振の外力レベルは、正弦波のそれより小さく、残留変形に関して言えば、正弦波20波と等しい残留変形を生じさせるためには地震波の場合約2倍の最大加速度が必要となることがわかる。

4. 安定計算

今回の実験において想定した実物護岸について、通常のスベリモーメントと抵抗モーメントから斜面安定に関する安全率を算出した。対象としたのはケース1である。また、横軸の震度は地盤中の応答加速度の分布を考慮した平均的な震度とした。また計算では、各々の実験で得られた応答加速度および過剰間隙水圧を考慮している。

図-7に安全率と震度の関係を示す。安全率は、加振1と2の間で1を切っており、図-4～6の残留変形がはじまる加振レベルに対応している。実際の地盤でも、盛土や地盤の地震応答量や過剰間隙水圧の発生量をうまく予測できれば、円形すべり安定計算の値を用いて精度のよい安定解析の照査が可能と考えられる。

5. 結論

要約すると以下のとおりである。

- 1) 砂地盤の累積変形量に関して遠心力場の相似則の適用性が1/37.5～1/50の範囲で確認できた。
- 2) 同じ残留変形量を生じさせるためには、地震波の最大加速度を、正弦波の約2倍とする必要があることがわかった。
- 3) 飽和砂地盤上の斜面の破壊は、円形すべり的な破壊モードになった。また、地盤の地震応答と過剰間隙水圧を考慮した安定計算により、変形の始まる加速レベルを推定したところ実験結果と整合した。

参考文献 1) Terashi, M: Development of PHRI Geotechnical Centrifuge and Its Application, Report of PHRI, 1985, Vol.24, No.3, pp.73～122. 2) 稲富隆昌・風間基樹・野田節男・土田

肇：港湾技術研究所における遠心力荷重模型振動実験、天然資源の開発利用に関する日米会議、耐風・耐震構造専門部会第1回合同部会会議録、pp.181～192、1989年5月 3) 風間基樹・稲富隆昌：遠心力荷重模型実験手法の振動実験への適用について、土木学会論文集No.477、pp.83～92、1993年10月

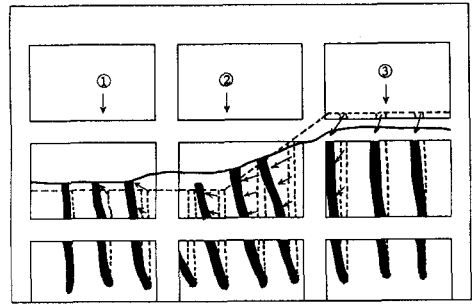


図-3 盛土の最終変形状（ケース2）

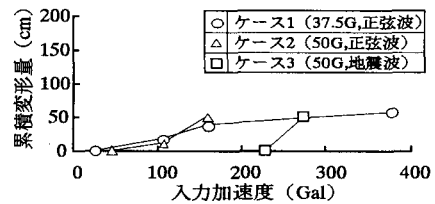


図-4 累積変形（側線1,海側地盤）

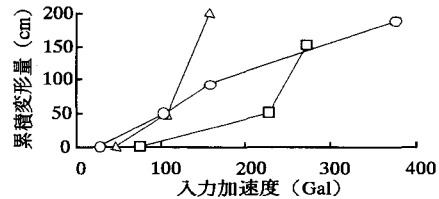


図-5 累積変形（側線2,斜面法況）

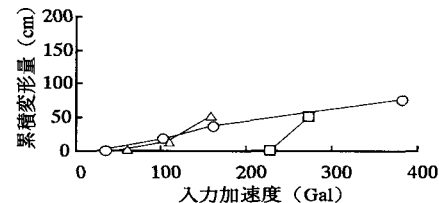


図-6 累積変形（側線3,盛土）

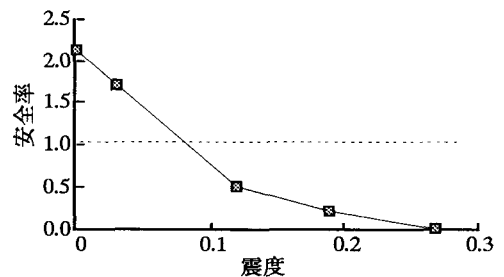


図-7 ケース1の安全率と震度