

Ⅲ - A 236

砂質盛土模型の振動破壊実験

東京大学大学院 学生会員 渡辺 健治
 東京大学大学院 前田 知就
 東京大学大学院 学生会員 小林 義和
 東京大学工学部 正会員 東畑 郁生

1. はじめに

土構造物の地震時安定解析では従来、重力、せん断抵抗、地震慣性力の3つを考慮することが多く、慣性力方向以外に土構造物が変形する場合や、加振周波数を考慮した解析例は少なかった。本報告では土構造物に地震動が加えられた時に、その振動方向、加速度、周波数が変形に及ぼす影響を検証するために、乾燥砂で作成した円錐台の模型盛土に数種類の水平地震動を与え、慣性力方向、及びこれに直交する斜面の変形を観察した。

2. 実験概要

図1に本実験で作成した模型盛土の断面図を示す。盛土模型は気乾状態の豊浦砂を用いて作成した。盛土模型は底面半径55cm、上面半径20cm、高さ20cmで相対密度は40%である。底部の支持層は振動締め固めで作成し、盛土模型は砂を落下高さ0cmで置いてゆく方法で作成した。また盛土の破壊状態を分かりやすくするために、盛土の上面と底面円周上、そして斜面に8方向放射状に色砂を付着した。計測器については、振動実験中の応答水平加速度を加速度計によって何箇所かで測定し、また加振方向、及びこれに直交方向の盛土法肩の沈下量をレーザー変位計により測定した。振動台は東西と南北両方向に加振することが出来るが、本実験では東西方向のみに一定振幅の正弦波で加振した。加振振幅は100, 300, 500gal、周波数は3Hzと10Hzを組み合わせ、計6種類の加振条件で行った。また加振は盛土の変形が終了するまで続けた。

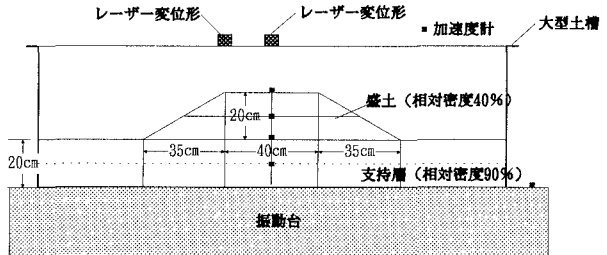


図1 模型盛土の断面図

3. 実験結果

図2は各実験において加振を長時間受けて安定した状態での斜面勾配である。実験前の斜面勾配は33°であった。残留する斜面勾配は高加速度、低周波数になるほど小さくなる。また低周波加振の方が、直交方向に比べて加振方向に大きく変形することが分かる。ここで500gal 3Hzで加振した時の斜面勾配は12°あり、500gal 10Hzでは17°であったが、500gal 10Hzの実験終了後に、続けて500gal 3Hzで加振した時、斜面勾配は17°から12°に変化した。このように残留斜面勾配は加速度だけでなく、周波数にも依存することが分かった。

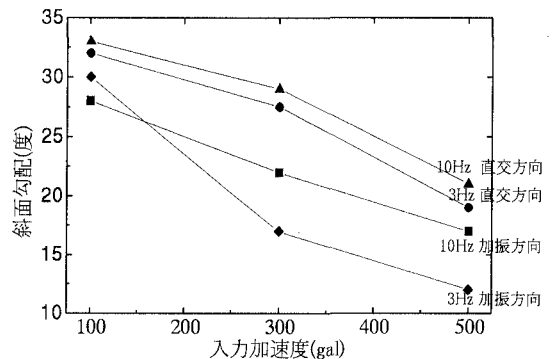


図2 加振後の盛土の斜面勾配

図3は500gal 3Hzで加振した時の加振方向と、加振と直交方向の盛土沈下の時刻歴の一部である。図には振動台加速度の値が合わせてプロットされている。左図（加振方向）では、振動台加速度（慣性力）が最大となった時に盛土の沈下が進行しているが、右図（直交方向）では、振動台加速度が最大と最小となった時に盛土の沈下が進行している。すなわち東西方向では、振動1サイクルにつき1度だけ沈下が進行しているが、南北方向では2度進行している。

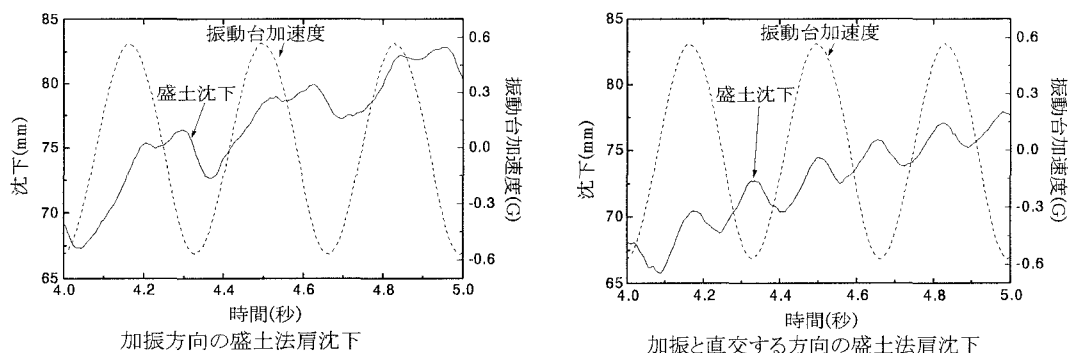


図3 500gal 3Hz 加振 盛土法肩沈下の時刻歴

4. 考察

以上の実験結果より、同じ加速度でも加振周波数によって盛土の変形形態が異なることが分かった。低周波加振ほど、滑り変形に許される時間が1サイクル中に長いため、盛土の破壊が慣性力方向に卓越すると考えられる。1サイクル当たりの滑り変位量は、運動方程式、

$$(\text{土塊質量}) \times (\text{滑り加速度}) = (\text{外力}) - (\text{抵抗力}) \quad \dots\dots\dots (\text{式1})$$

を時間について2回積分することによって得られる。入力加速度が等しい時、低周波加振の方が滑りの継続する時間は長く、また積分は2回行われるので、時間1秒当たりの変位は低周波の方が大きくなる。また(式1)では、1サイクル中に1度だけ外力は抵抗を上回るので、変位も1サイクルに1度だけ進展する。加振方向の斜面勾配の変化(図2)、加振方向の盛土法肩沈下の時刻歴(図3左)より、加振方向の斜面変形が(式1)で説明できることが分かる。

しかしそれとは異なり、直交方向の変形は周波数に影響される所が小さく、また図3のように振動1サイクルにつき2度沈下している。これは(式1)では説明できない。加振と直交方向の砂の持つせん断抵抗力は、振動による慣性力に抵抗することに費やされてしまう。すると斜面方向に働いている重力に対するせん断抵抗力は減少してしまう。そのため加振によって、直交方向斜面にも変形が生じたものと考えられる。またこの重力方向のせん断抵抗力の減少は慣性力が正負2方向に大きい時に等しく発生する。そのために図3のように振動1サイクル中に沈下が2回進行したと考えられる。

5. まとめ

慣性力の方向、加速度、周波数が土構造物の変形に及ぼす影響を検証するために、円錐台の砂質盛土に数種類の地震動を加えた。その結果、加振方向の盛土の変形は、加速度のみならず周波数の影響を大きく受けることが分かった。これより地震による土構造物の永久変形は、震度法を用いた安定解析では説明が付かないことが分かる。周波数の影響を考慮するためには、(式1)を応用したニューマーク型の解析が妥当であることが分かった。また加振と直交方向の変形に関しては、加振方向と全く異なるメカニズムで生じているが、幸いにもそのメカニズムによって発生する変形は加振方向ほど大きくはならないことが分かった。