

Ⅲ-A123 擁壁の安定性に関する不規則波振動台実験

東京大学大学院 学生会員 渡辺健治

元東京大学大学院 ムナフ ユールマン

東京大学生産技術研究所 正会員 古関潤一

鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝、小島謙一

1. はじめに

阪神大震災において、擁壁などの抗土圧構造物に多くの被害が見られたが、地震時における擁壁の倒壊メカニズムは明らかになっていない。そこで筆者らは過去に擁壁模型の水平加振実験（正弦波）と傾斜実験を行ってきた^{[1],[2]}。ここでは同じ擁壁を用いて不規則波加振実験を行ったので報告する。

2. 実験装置

本研究で用いた擁壁は、L型、重力式、および補強土擁壁の計3種類であり、高さが約55cmである。補強土擁壁の補強材長さは20cm、敷設間隔は10cmである。奥行き60cmの土槽内にこれらの擁壁を設置し、傾斜実験、正弦波加振実験、不規則波加振実験を行った。支持層（約20cm）および背面地盤として、気乾状態の豊浦砂を用い、相対密度約90%の密な地盤を作成した（詳細は文献[2]参照）。正弦波加振実験においては、5Hzの正弦波を用い、その振幅を10秒おきに約50galずつ連続的に増加させた。不規則波加振実験においては、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された地震波のNS成分を、卓越振動数が5Hzとなるように時間軸を調整した波（以下、神戸波、図1参照）を用い、最大加速度を約100galずつ増加させた。擁壁が大きく変位し、背面地盤が破壊に至った段階で実験を終了した。

3. 実験結果および考察

図2に神戸波で加振した後の地盤の破壊状況を示す。傾斜実験および正弦波加振実験では、背面地盤に滑り面は1本のみ生じた^[2]が、不規則波加振実験では、2本の滑り面が生じた。L型擁壁と補強土擁壁では、2本の滑り面がほぼ同時に発生したが、重力式擁壁では500galで1本目の滑り面が発生し、900galで2本目の滑り面が1本目よりさらに深い位置で新たに発生した。これは古関らによる、せん断層でのピーク強度およびひずみ軟化による残留強度を考慮した新動土圧理論^[3]と定性的に合致する現象である。ただし補強土擁壁における1本目のすべり線は中央高さから生じており、補強領域を貫通していない。これは新動土圧理論に合致する現象ではない。

図3は実験終了後の模型解体時に模型の中央付近で観察した滑り面角度と実験中に模型側面に滑り面が発生する瞬間の水平震度 $k_h(f_p)$ との関係を示している。水平震度は台加速度振幅 α と土槽の傾斜角 θ より $k_h = \tan \theta = \alpha/g$ と算定した（ g は重力加速度、不規則波加振時の α は最大値）。

図中の理論値は、豊浦砂の平面ひずみ圧縮試験を10kPaの低拘束圧下で実施して得られた ϕ_{peak} を用い、物部擁壁、不規則波、滑り面、物部岡部式、振動台実験

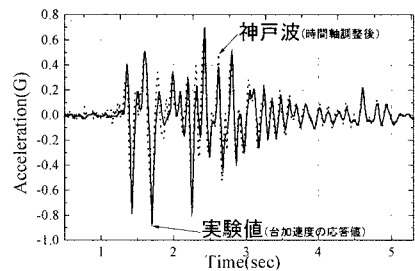


図1 実験で用いた神戸波

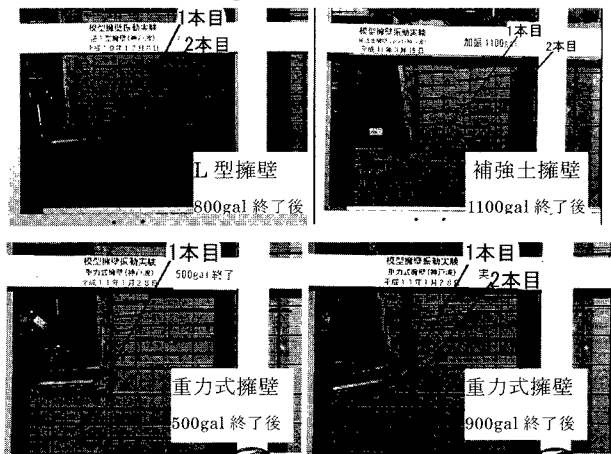


図2 神戸波加振後の滑り面発生状況

図3、図5の凡例	傾斜実験	振動台実験	神戸波実験
L型：C	■	□	⊕
重力式：G	●	○	⊗
補強土タイプ1：R1	▼	▽	⚡

岡部式より求めたものである。この図より傾斜実験においては理論値と実験値は概ね整合したが、正弦波実験、不規則波実験となるに連れて $k_h(f_p)$ は大きくなり、理論値との差が大きくなった。さらにL型擁壁の不規則波実験では、1本目のすべり線角度が傾斜実験、正弦波実験より大幅に大きくなった。これは前述の新動土圧理論では説明できない現象である。

図4は滑り面が発生した瞬間の擁壁上端の水平変位である。滑り面の発生に必要な擁壁変位は振動台実験の方が傾斜実験よりも大きく、また正弦波実験と不規則波実験では同程度の変位で滑り面が発生したことが分かる。

図5は擁壁上端変位および底面滑動量と、水平震度の関係を示す。これらのグラフによると、擁壁の種類にかかわらず、傾斜実験→正弦波実験→不規則波実験の順に、大変位に至る水平震度が大きくなることが分かる。これは傾斜実験においては水平慣性力に相当する力が継続的に擁壁の倒壊方向に作用しているのに対して、正弦波実験では左右両方向に各約50回ずつ繰り返し作用し、また不規則波実験においては最大慣性力が作用する時間(回数)が正弦波実験よりも短いためだと考えられる。擁壁の種類別に見ると、補強土擁壁は水平震度が低い段階においては、他の擁壁と同程度変位しているが、水平震

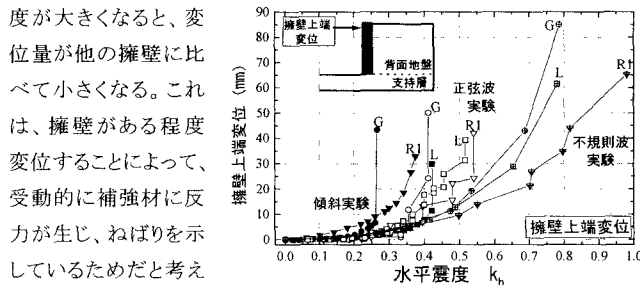


図5. 擁壁上端変位、滑動量と水平震度の関係

られる。これに対して、重

力式擁壁は一端変位が始まると急速に変位が進展した。これは擁壁つま先部への応力集中による支持力破壊が生じているからである。また補強土擁壁は、上端変位に比べて滑動量が他の擁壁より小さい。これは補強土擁壁では、支持力破壊による変位モードが他の擁壁ほど卓越していないためだと考えられる。

4.まとめ

3種類の擁壁模型を用いて、傾斜実験、正弦波実験、不規則波実験を行った。実験形式によって、各擁壁が大変位に至る水平震度と背面地盤の破壊形態は大きく異なった。特に重力式擁壁の不規則波実験で観測された滑り面は新動土圧理論^[3]と定性的に合致する結果となった。また補強土擁壁は他の擁壁に比べて高いねばりを示した。

参考文献 [1]古閑潤一ほか：各種擁壁模型の傾斜・水平加振実験結果と安定計算結果の比較、土木学会第53回年次学術講演集Ⅲ-A170, pp338-339, 1998. [2]渡辺健治ほか：擁壁模型の振動、傾斜実験による滑り面角度と物部岡部式の比較、第34回地盤工学会, 1999(投稿中) [3]古閑潤一ほか：裏込め土におけるひずみの局所化の影響を考慮した地震時主働土圧の評価法、第33回地盤工学研究発表会講演集, pp1667-pp1668, 1998.

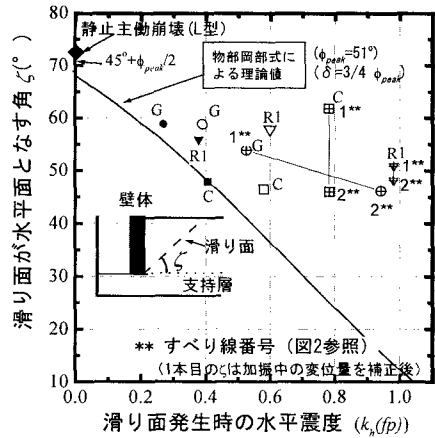


図3 滑り面傾斜角と滑り面発生時の水平震度の関係

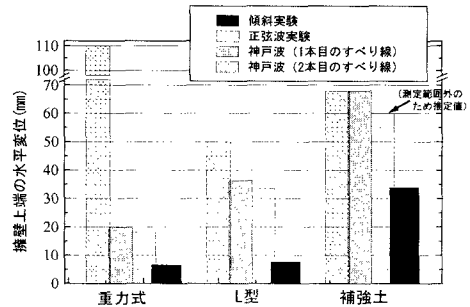


図4. 滑り面が発生した瞬間の擁壁上端変位

