

オンライン地震応答実験による盛土の地震時安定性評価

山口大学大学院 学生会員 ○正木健太 高橋翔

山口大学大学院 正会員 兵動正幸

山口大学工学部 正会員 中田幸男 吉本憲正

三井住友 正会員 高橋直樹

日本工営 正会員 市川昌治

1. まえがき

本研究ではオンライン地震応答実験¹⁾によって求めた等価震度²⁾を用いて、円弧すべり解析法により盛土の地震時安定性の評価を行うとともに、安定解析により求めた安全率 F_s を使用して、盛土天端の最大応答水平変位を予測する方法について検討した。³⁾

02. 盛土の地震時安定性と変形の評価

図-1 に盛土天端最大水平変位予測のフロー図、表-1 に安定解析結果、図-2 に単調せん断試験から得られたせん断応力とせん断ひずみ関係を示す。円弧滑りの安定解析に使用した強度は、繰返しせん断強度が単調せん断強度とほぼ等しかったため、単調せん断試験から得られた結果を使用し、強度定数は $c=15.5\text{kPa}$ 、 $\Phi=33^\circ$ とした。図-3 は図-2 から得られる破壊強度を各ひずみに相当するせん断応力で除した値(これは安全率に相当するものである)とひずみ関係を示す。図-4 には最大加速度 300, 672, 900Gal の3種類の鷹取 E-W に相当する等価震度を与えて円弧滑り解析より求められた最小安全率を縦軸にとり、オンライン実験から得られた全層の平均せん断ひずみを横軸にとって両者の関係を示した。この図から、与えられた震度に対する盛土の安全率がわかれば、盛土内の平均的なひずみがわかる仕組みになっている。さらに、図-5 にその盛土内の平均ひずみと盛土天端の質点の最大変位の関係を示した。先の図-4 とこの図より、盛土の安全率がわかれば、盛土天端の変位がわかることになる。以上の地震による盛土天端の最大応答水平変位を予測する方法を図-1 の

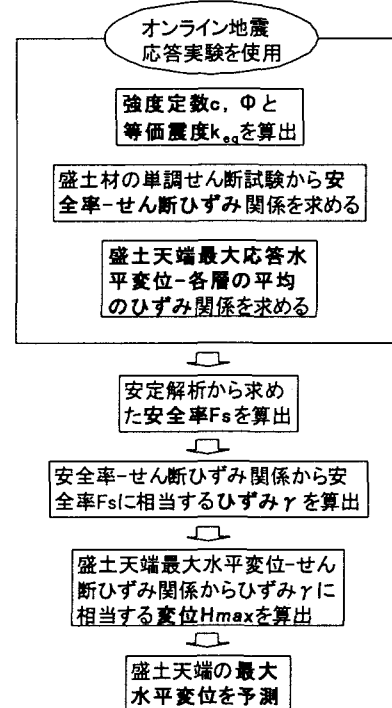


図-1 盛土天端最大応答水平偏移の予測フロー図

表-1 安定解析結果

鷹取E-W	安全率 F_s	等価震度 k_{eq}	盛土天端最大 応答水平変位(cm)	平均のひずみ (%)
300gal	1.23	0.22	16.99	1.13
672gal	0.95	0.374	46.51	3.10
900gal	0.81	0.475	71.42	4.76

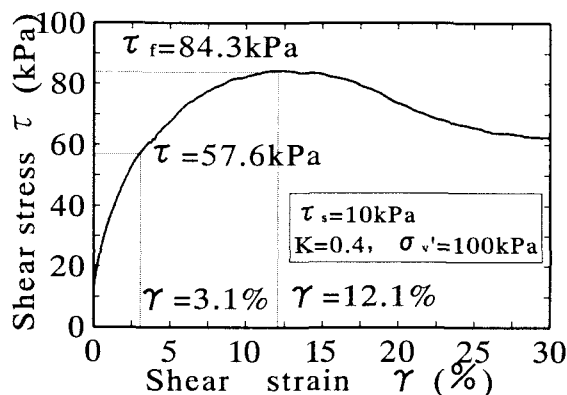
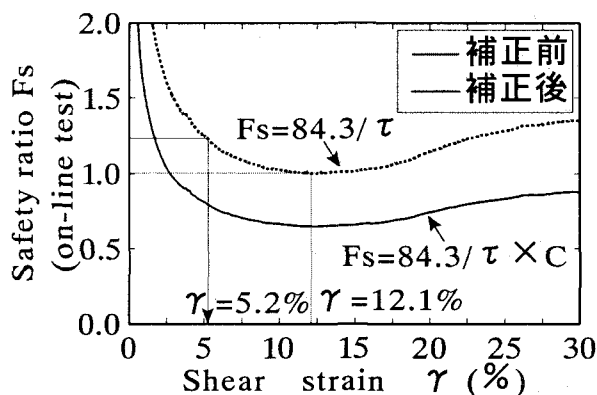


図-2 せん断応力-せん断ひずみ関係

図-3 要素実験から求めた補正前・補正後
安全率-せん断ひずみ関係

フローで示している。

ここで、具体的に予測変位量の算出を行ってみる。まず、鷹取 E-W 波の最加速度 300Gal に相当する震度 $k_s=0.22$ を与えて円弧滑り安定解析を行ったところ、最小安全率は 1.23 であった。次に、図-4 より、補正前の曲線より対応するせん断ひずみは 5.2% となり、これに対応する天端変位を図-5 から求めるとおよそ 80cm の変位が得られる。しかし、オンライン実験で求めた変位量は 16.9cm となって、大きく異なっている。この理由として円弧すべり解析法では、すべり土塊を剛体と仮定し安全率を求めているのに対して、要素実験から求める安全率は、すべり土塊を含めた盛土層の変形を考慮しているために違いが出たものと考えられる。そこで、その違いを補正するための補正係数 C を与える。兵庫県南部地震でとられた鷹取 E-W 波の最加速度 672Gal を入力した場合の盛土天端変位は、46.51cm であり、その時の盛土の平均ひずみは、3.10% であった。この状態を限界状態とみなして、図-2 から、強度をこのひずみに対する強度に補正する。ピーク強度に対するこの補正係数 C は、0.65 であった。この補正係数 C をオンライン実験で求めた安全率に乗ずると、図-3 および図-4 に示す実線となる。この線を使って、鷹取 E-W 300, 672, 900gal に対する安全率から盛土天端最大水平変位量を算出した。その結果を図-6 の盛土天端最大水平変位-ひずみ関係に示す。図からオンライン実験で求めた安全率と安定解析で求めた安全率は、300gal で多少誤差はあるがほぼ一致しているといえる。これは図-4 に○のプロットを連ねた曲線(安定解析から得られた安全率-ひずみの関係を示す)と補正係数 C を乗じた線がほぼ一致しているため、オンライン実験と予測変位量が等しくなっていることを意味している。このことから、安定解析から安全率と共に盛土天端の最大応答水平変位量も予測することが可能となった。

3. 結論

安定実験から求めた等価震度を用いて、円弧すべり解析法により盛土の地震時安定性の評価を行うとともに盛土天端の変形量の予測方法について検討を行った。その結果、補正係数 C を乗じたオンライン実験から求めた安全率は、大規模地震時に発生するような大きなひずみ領域において、安定解析で求めた安全率と一致することがわかった。この方法を使うことによって、レベル 2 地震動に対する盛土の地震時安定性の評価をするだけでなく、簡易的であるが盛土変位量を評価することができるといえる。

参考文献 1) 日下部伸・森尾敏・有本勝二：オンライン地震応答実験による 2 層系砂地盤の液状化挙動，土質工学会論文報告集，Vol.30, No.3, pp174-184, 1990 2) 高橋翔・兵動正幸・中田幸男・吉本憲正・高橋直樹・市川昌治・正木健太：オンライン地震応答実験による盛土の挙動，中国支部論文発表会，2005 3) 藤井照久・兵動正幸・大中英輝・日下部伸：変形を考慮した盛土の耐震評価法，地盤工学研究発表会発表講演集，vol.37th, pp.1807-1808, 2002.

表-2 補正係数の算出

安全率の算出方法	安全率 F_s	せん断ひずみ γ (%)	せん断応力 τ (kPa)	補正係数 C
オンライン実験	1.00	12.1	84.3	$C=57.6/84.3 \times 0.95=0.65$
安定解析	0.95	3.1	57.6	

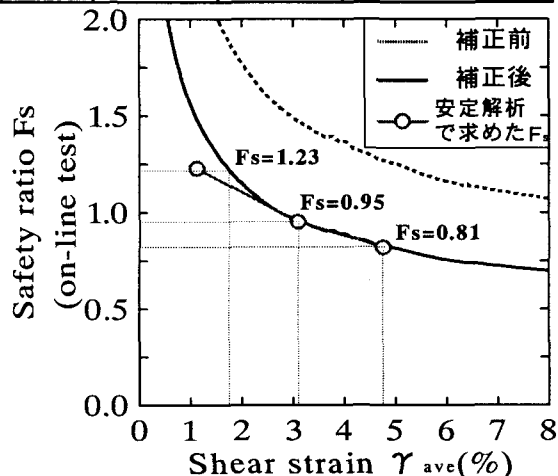


図-4 安定解析で求めた安全率-ひずみ関係

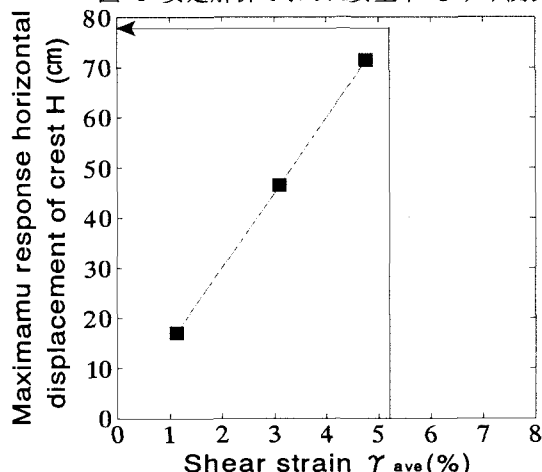


図-5 盛土天端最大水平変位-ひずみ関係

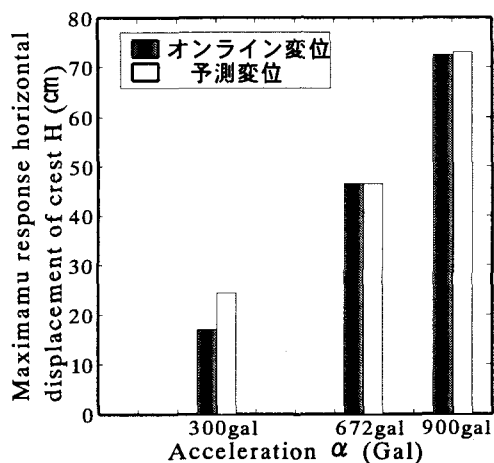


図-6 実験結果と予想結果比較