

レベル 2 地震における高盛土の設計震度について

山口大学工学部	正会員	兵動 正幸
復建調査設計㈱	正会員	藤井 照久
奥村組技術研究所	正会員	日下部 伸
日本道路公団	正会員	大中 英揮
山口大学大学院	学生会員	○福田賢二郎

1.まえがき 道路用高盛土の耐震設計法の確立が必要とされている。2 段階設計法において、レベル 1 地震動に対しては、震度法によるすべり安定解析法が適用されている。これと同じ手法を用いてレベル 2 地震動に対する安定評価を行うためには、適切な震度を設定することが必要である。そこで本研究では、オンライン地震応答実験¹⁾により兵庫県南部地震で観測された地震波形(不規則波)および規則波を用い実験を行い、得られた結果を基に、レベル 2 地震に対する高盛土の地震時安定性の評価に用いる適切な設計震度を求めることを目的とした。

2.等価震度 k_{eq} の算出について 等価震度 k_{eq} とは、地震時の不規則な外力をそれと等価な静的の外力に置き換える時の係数である。式(1)に示す。

$$k_{eq} = C_r \cdot \beta \cdot \frac{\alpha_{max}}{g} \cdots (1)$$

図-1 に等価震度の算出フローを示す。

等価震度を求める際に課題となる点は、地震時の不規則性とすべりブロック内での応答加速度分布の 2 点である。地震動は短時間にその方向、大きさが繰り返し不規則に変動する。そのため不規則な加速度波形の最大値をそのまま震度に置き換えると過大評価となり、ある程度低減されたものを有効な震度と考えることが合理的である。よって地震動の不規則性を考慮する係数(等価化係数 C_r)が必要となる。また震度として地震動を静的な外力に置き換えてすべり安定解析を行うためにはすべりブロックに対して一様かつ一方向に作用させて取り扱うことになる。しかし実際の地震時に基盤より入力された加速度は、盛土内において水平方向、深度方向に位相差を持っており、またその最大値も異なる。したがって、基盤入力加速度に対する盛土内の応答加速度分布を考慮する係数(応答係数 β)が必要となる。

本研究では、等価化係数 C_r を算出するために、兵庫県南部地震で観測された地震波形および規則波形を用いて行ったオンライン地震応答実験結果に基づきを以下の式を適用した。

$$C_r = \frac{\text{不規則波と等価な損傷を与えるのに必要な規則波の基盤の入力加速度振幅}(\alpha_{eq})}{\text{不規則波の基盤の最大入力加速度}(\alpha_{max})} \cdots (2)$$

次に、規則波のオンライン地震応答実験から得られた実験結果に基づき、各質点の応答加速度から応答係数 β を算出するために以下の式を適用した。

$$\beta = \frac{\text{盛土天端の応答加速度が最大となった時刻における各質点の応答加速度の平均値}(\alpha_{res})}{\text{規則波の基盤の入力加速度振幅}} \cdots (3)$$

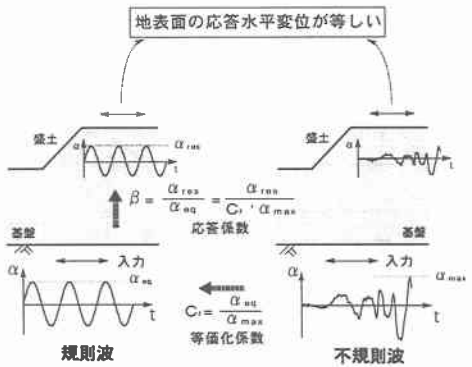


図-1 等価震度の算出フロー

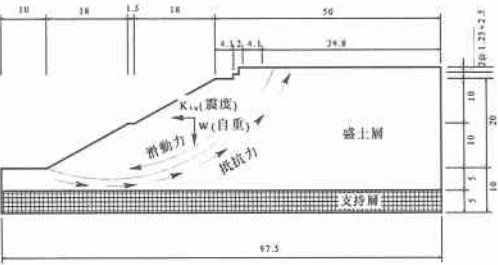


図-2 高盛土のモデル図

図-3は、規則波実験において10サイクルの加振によって生じた盛土天端（質点 m_1 ）の最大応答水平変位と、入力加速度振幅との関係をプロットしたものである。この図より各不規則波入力の場合の最大応答水平変位と、等価な変位を生じさせる規則波の入力加速度振幅を求め、式(2)に代入して等価化係数 C_r を算出した。各不規則波の等価化係数を表-1に示す。

図-4は、規則波実験において、盛土天端の応答加速度が最大となった時刻における各質点の応答加速度の平均値と、規則波の基盤の入力加速度振幅を式(3)に代入して、規則波の応答係数 β を求めてプロットしたものである。この図より、各不規則波と同じ最大応答変位を与えるのに必要な規則波の入力加速度振幅を用いて、不規則波の応答係数 β を求めている。各不規則波の応答係数 β を表-1に示す。

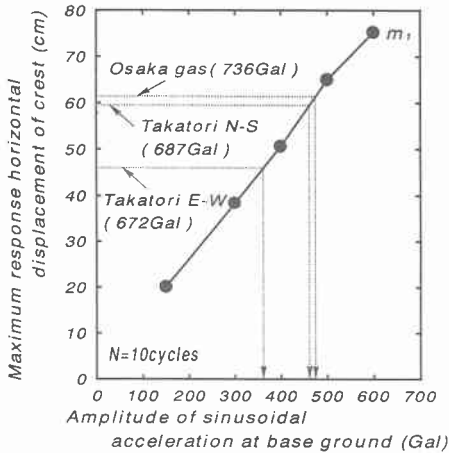


図-3 等価化係数の算定図

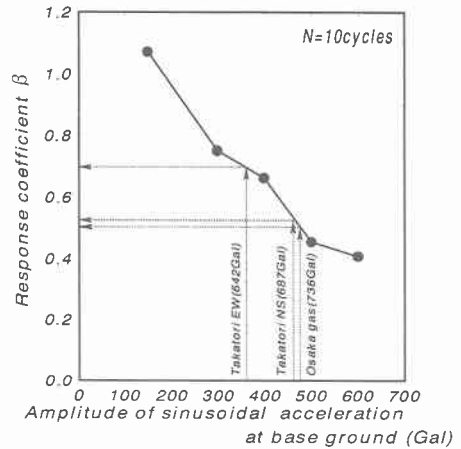


図-4 応答係数の算定図

3.すべり安全率の算定 等価化係数および応答係数から式(1)により求めた等価震度を用いて地震時の安定検討を行った。なお、安定検討に用いた強度は、応力振幅一定の繰返しせん断試験を行い、オンライン実験で盛土内に発生したひずみ量を基準に決定したせん断強度である。表-1中に安全率を、また図-5にその時のすべり円弧形状を示す。これらより、すべり安全率は1.0付近となっており、外力と抵抗力は対応したものとなり、求めた等価震度および強度は適切なものであったと考えられる。

表-1 レベル2地震動の等価震度およびすべり安全率

地震波形	最大震度	C_r	β	等価震度 k_{eq}	F_s
大阪ガス	0.751	0.645	0.507	0.246	1.082
鷹取 N-S	0.700	0.672	0.533	0.251	1.073
鷹取 E-W	0.686	0.539	0.696	0.257	1.061

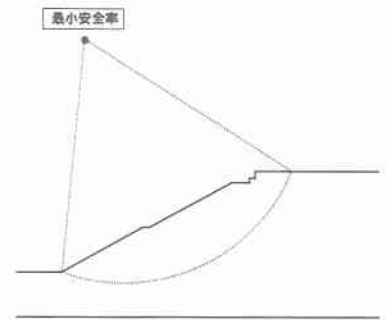


図-5 最小安全率のすべり円弧形状

4.まとめ 本研究では、レベル2地震動に対する高盛土の安定評価に用いる適切な等価震度の検討を行った。その結果、検討断面に対する地震動の不規則性を考慮する等価化係数は $C_r=0.53\sim0.67$ 、すべりブロック内の応答加速度の分布を示す応答係数は $\beta=0.50\sim0.70$ となり、最終的にすべり安全率が1.0付近になる等価震度 $k_{eq}=0.246\sim0.257$ を得ることができた。

【参考文献】

- 1) 兵動・藤井・福田・山根：オンライン地震応答実験による高盛土の挙動の評価，第52回土木学会中国支部研究発表会（投稿中），2000。
- 2) 建設省土木技術研究所：盛土・斜面の簡易動的安定解析手法に関する実験的研究報告書（第1報），土木研究所試料第2542,1988