

鉛直動を加味した土構造物の地震時安定解析手法

（財）鉄道総合技術研究所 ○館山 勝
 中央開発（株） 堀井 克己
 東京大学生産技術研究所 龍岡 文夫
 同 上 古関 潤一

1. はじめに

阪神淡路大震災において、鉄道構造物では高架橋などのRC構造物だけでなく、盛土や擁壁などの土構造物でも多大な被害が生じた。このため土構造物の耐震性や設計法を検討する目的で、図1に示すフローに基づき調査、解析を実施することにした。ここではその内、被災構造物の簡易検証計算として実施した、水平動に鉛直動を加味した地震時極限安定解析の手法について報告する。

表1 土構造物の被害と設計方法

種 別	破 壊 形 態	計 算 方 法
①石積み擁壁	転倒、壁体破壊	土圧計算
②重力式擁壁	転倒、壁体破壊	土圧計算
③もたれ式擁壁	転倒、壁体破壊	土圧計算
④L型擁壁	転倒、滑動、壁体破壊	土圧計算
⑤補強土擁壁	転倒、滑動(目違い ²⁾)	2ウェッジ法
⑥盛土	はらみ出し	円弧すべり法

2. 解析手順

表1に、解析の対象となる被災土構造物の種類と計算方法を示す。これらの構造物の被害箇所、無被害箇所において、基本的には現行の耐震設計法に基づき、更に鉛直動を加味した安定計算を実施することにした。

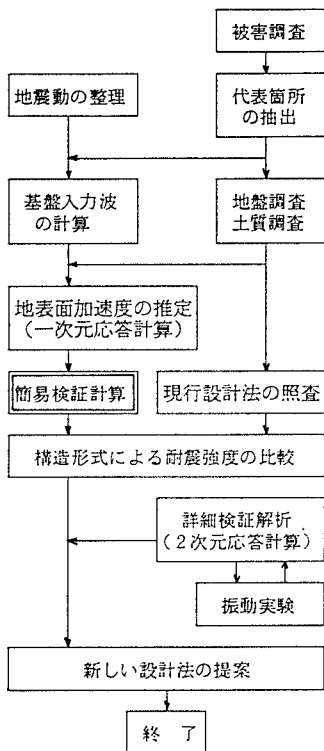
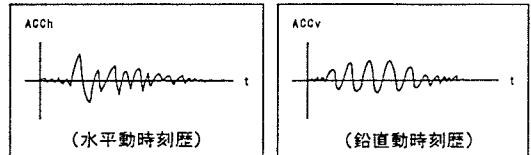
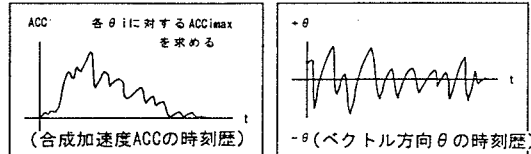


図1 土構造物の耐震性検討フロー

①地震波形の選定



②ACC_i, θ_iの時刻歴



③外力ベクトルの作成

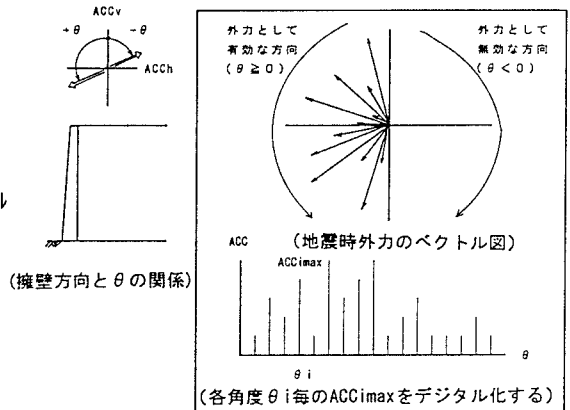


図2 地震動ベクトルの求め方

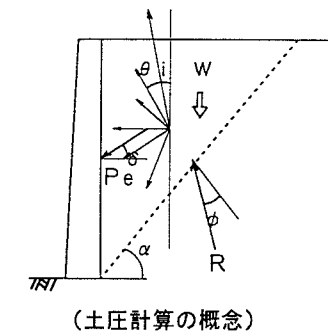
以下に水平動に加えて鉛直動を地震時安定計算に組み込むための手順を示す。

(1)地震動の時系列ベクトル化

今回の地震動を安定計算に組み込むために、観測された地震波形から対象構造物の軸直角方向の水平動（ここではNS波）と鉛直動を合成して、地震動の時系列ベクトルを求め外力として作用させた。図2は、外力設定のフローを示す。まず最初に、地表面における最大水平加速度が観測された神戸気象台の測定波を外力設定の対象波形とした。次に水平動、鉛直動時刻歴から合成加速度ACCと鉛直方向からの回転角θの時刻歴を求めた。更に各角度θiに対する最大合成加速度ACCiを求め地震による外力ベクトルとした。

(2)鉛直動を加味した安定計算

表1に示すように土構造物の設計は大きく分類すると、擁壁のように土圧により安定計算を行うもの（補強土擁壁における2ウェッジ法³⁾も基本的には同じ）と、盛土のように円弧すべり法で安定計算を行うものがある。図3および図4は、これらの計算へ地震動ベクトルを組み入れた場合の概要を示す。土圧計算において、方向によって大きさが異なる地震動ベクトルに対しては、従来の土圧計算のように一義的な主働崩壊角が決まることはない。したがって、各すべり面と地震動ベクトルの組合せから最小安全率を与える土圧力とすべり面を試行的に求めることになる。円弧すべり法でも同様に、各すべり面毎に地震動ベクトルを作用させ、最小安全率を定義することにした。

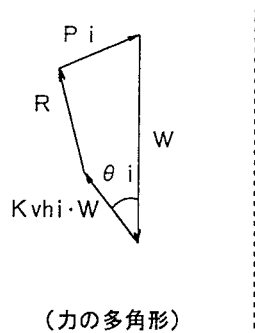


(土圧計算の概念)

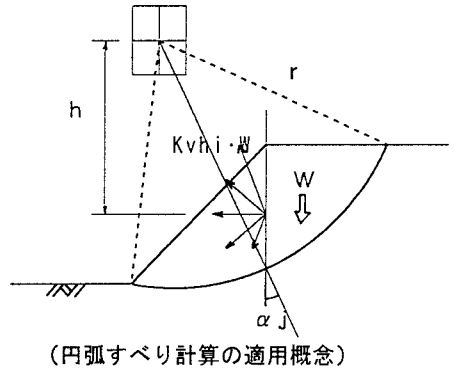
設計震度 $Kvhi = a \cdot ACC_{imax} / g$
土圧力 $Pe = [Pi]_{max}$

ここに、ACCi: θiに対する最大合成加速度
g: 重力加速度
a: 静的震度換算係数
(最大加速度との関係から考察)

図3 土圧計算への適用方法



(力の多角形)



(円弧すべり計算の適用概念)

$$Fs = \left[\frac{\sum [c' + \{(W - u_0 \cdot b - u_e \cdot b - W \cdot Kvi) \cos \alpha_j - W \cdot Khi \cdot \sin \alpha_j\} \tan \phi']}{\sum W \{(1 - Kvi) \sin \alpha_j + Khi \cdot h / r\}} \right]_{min}$$

ここに、u0: 常時地下水によって発生する間隙水圧
ue: 地震によって発生する過剰間隙水圧
b: 分割片の幅 Khi: θiにおける水平震度 (=Kvhi · sin θi)
r: すべり円の半径 Kvi: θiにおける鉛直震度 (=Kvhi · cos θi)

図4 フェレニウス法による円弧すべり計算への適用方法

3. おわりに

今後はこの方法に基づく試算を実施し、①鉛直動を加味しない従来方式の計算結果との比較、②限界水平震度（安全率が1を与える設計震度）と実地震動との比較、③実際の破壊形態と計算上の破壊形態の比較などを行い、解析の妥当性を検証する予定である。更にこれらの結果を基に検討を加え、今回の地震に対応した土構造物の耐震設計法を提案する予定である。

(参考文献)

- 1)堀井、館山、龍岡、古関(1995):鉛直動を加味した土構造物の地震時安定解析結果、第50回土木学会年次学術講演会投稿中
- 2)龍岡、館山、長門(1995):阪神・淡路大震災におけるゾナキスタイル補強土擁壁の挙動、第30回土質工学研究発表会
- 3)館山、村田(1991):補強盛土(RRR工法)の設計法、鉄道総研報告Vol. 5, No12