

変電設備用高盛土法面の 地震時安定性評価結果について

四国電力(株) 四国中央幹線建設所 ○馬 越 唯 好
" 建設部 構造設計課 末 沢 等

1. まえがき

近年、地震に対しての関心が高まり、主要な構造物を中心に耐震設計、耐震診断がさかんに行われるようになってきた。このような状況を踏まえ、変電設備が設置される高盛土法面に対して静的及び動的な地震の応力解析を実施し、その安定性について評価・検討したので、その結果を報告する。

2. 検討内容

1) 地震危険度の検討

気象庁による地震カタログおよび日本被害地震総覧(宇佐美1975)を用い、地震基盤面での最大加速度の100年期待値を推定した。地震危険度の推定に用いた距離減衰式は、道路橋耐震設計指針、建設省土木研究所、金井式、大崎・渡部式、篠・片山式および田村・岡本式の8種類である。さらに一次元波動論を用い、地震基盤面最大加速度期待値を有する地震波を入力した場合の盛土上面での応答加速度値を求め、盛土上面での設計震度の100年期待値を求めた。

表-1 慣用法及び静的FEM解析による検討ケース

項 目	水 平 震 度 K_H						
	0.00	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	
慣用法 ($K_v=0.0$)	○	●	○	○	○	○	
静的M F解 E析	$K_v=0$	-	○	-	○	-	○
	$K_v=1/2 \cdot K_H$	-	○	-	○	-	○
動的FEM解析	-	-	ケース1 基盤入力 75gal	-	-	ケース2 基盤入力 180gal	

注) ○印;円弧すべり面、●印;円弧すべり面と複合形すべり面を示す。

2) 慣用法による検討

円弧すべり面法または複合すべり面法を用い、水平震度をパラメータとした最小すべり安全率とすべり面形状を求めた。(表-1参照)

3) 静的FEM解析による検討

地盤物性の材料非線形性を考慮し、荷重増分法を用いた二次元静的非線形FEM解析により、表-1に示す設計震度が作用した場合の応力、変形、局所安全率を算出した。さらに、モビライズド面から想定されるすべり面の安全率を算定し、静的なすべり安定性を評価した。なお、解析は、水平震度 K_H のみを作用させた場合及び水平震度 K_H と鉛直震度 $K_v(=1/2 K_H)$ を作用させた場合の両者について実施した。

4) 動的FEMによる解析

地震危険度の検討及び一次元波動論による応答解析結果等から、解析モデル下端における設計入力地震動を求めた。また、等価線形法を用いた二次元動的FEM解析により地震応答解析を行い、応力状態、局所安全率等を求めた。さらに、静的FEM解析と同様、モビライズド面から想定されるすべり面の安全率を算定した。なお、検討ケースは、地震危険度解析より得られた100年期待値を基盤に入力した場合(ケース1)と盛土表面に0.3G(変電設備の設計震度)の応答加速度を生じさせる場合(ケース2)とした。

3. 検討条件

検討断面は、盛土が最も高い谷中央部(高さ約30m)とした。盛土部の物性区分は、変形特性から3層に、強度特性から5層に分類した。また、岩盤部の地層区分は、弾性波探査の結果から上部岩盤と下部岩盤の2層に分類した。検討断面および物性値を図-1、表-2に示す。なお、動的FEM解析および一次元波動理論に用いた動的非線形特性は、PS地層および動的三軸試験結果に基づき設定した。

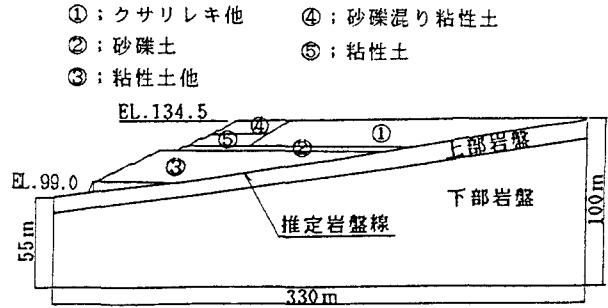


図-1 東予SSすべり安定性検討断面

4. 検討結果および評価

1) 地震危険度と水平震度の期待値

地震基盤面における加速度の100年期待値は75gal程度となった。また、この値を用いた一次元波動論による盛土上面加速度算定結果は、140~160gal程度(水平震度の期待値=0.15程度)となった。

表-2 解析用物性値

区分	①	②	③	④	⑤
C (kgf/cm ²)	0.62	0.35	0.44	0.57	0.44
φ (°)	25	33	28.5	26	30
材料名	カリア 他	砂礫 土	粘性 土他	砂礫混 粘性土	粘性 土

2) 解析手法および水平震度とすべり安全率との関係

簡便法、静的FEM解析および動的FEM解析によるすべり安全率と水平震度の関係を図-2に示す。図中にプロットしたすべり安全率は、動的FEM解析(ケース1、基盤入力加速度75gal)と静的FEM解析(水平震度0.15)によるモビライズド面がほぼ一致していたため、動的解析によるすべり面を代表すべり面とし、その安全率を用いた。この図によれば、すべり安全率はいずれの解析法も水平震度の増加に従い低下しており、各解析法によるすべり安全率も、(慣用法) < (静的FEM解析) < (動的FEM解析) となり、一般的な傾向と一致している。

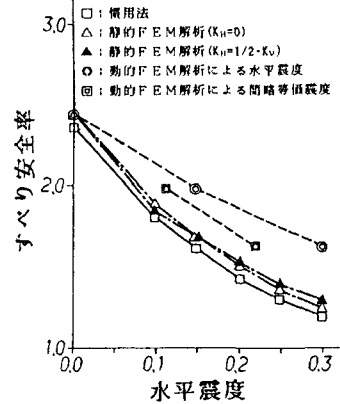


図-2 すべり安全率と水平震度の関係

3) 簡略等価震度とすべり安全率との関係

図-2には簡略等価震度とすべり安全率との関係もプロットしている。この簡略等価震度は、各節点での最大加速度の平均値を要素の加速度とし、すべり面上の土塊全体の慣性力を算出した後、これをすべり面上の土塊全体質量で割り、求めたものである。

この図によれば、各解析法によるすべり安全率は(慣用法) < (静的FEM解析) ≒ (動的FEM解析) となっており、簡略等価震度を水平震度として採用した場合には、静的FEM解析と動的FEM解析の両者によるすべり安全率はほぼ等しいことが分かる。

5. おわりに

変電設備用高盛土斜面のすべり安定性を評価した結果、地震の100年期待値に対しても安定性を確保できること、簡略等価震度を用いた静的FEM解析結果によるすべり安全率は動的FEM解析結果によるものとほぼ等しくなることなどが確認できた。