

岩盤斜面の安定性評価における地震波の斜め入射の影響に関する一考察

大成建設(株) 正会員 ○渡辺 和明

1. はじめに

地震波の入射角度を考慮した地盤の地震応答解析は、原子力施設の安全性評価に用いる基準地震動を設定する際に、適用する地下構造モデルの妥当性を確認する目的で実施される場合がある¹⁾。これらの検討では、地層の傾斜構造や局所的な速度層分布等を厳密にモデル化し、これら地下構造がサイトの地盤増幅特性に与える影響を、地震波の斜め入射解析で評価している。本研究では、岩盤斜面の地震応答特性に着目し、地震波の入射角度が岩盤斜面の地震時すべり安定性に与える影響について、基礎的な検討を実施した。

2. 解析条件

検討に用いる簡易な2層の斜面モデルを図-1と図-2に示す。各層の物性値を表-1に示す。地震応答解析は面内のSV波を対象とし、周波数領域で応答を評価する。入力地震動は、道路橋示方書のレベル2地震動タイプⅡ（Ⅰ種地盤：2-Ⅱ-Ⅰ-1波）²⁾の最大振幅を調整した波形を用い、入射角度として鉛直に対して+20°から-20°までを5°刻みの9種類とする。地震波の最大振幅や斜面形状の異なる解析ケースを以下に示す。

Case-1：急斜面モデル、入力地震動の最大振幅 600cm/sec²（基本ケース）

Case-2：急斜面モデル、入力地震動の最大振幅 300cm/sec²（地震動レベルによる影響検討ケース）

Case-3：緩斜面モデル、入力地震動の最大振幅 600cm/sec²（斜面形状による影響検討ケース）

解析の境界条件は、常時解析では側面を鉛直ローラー、底面を固定とし、地震応答解析では側面をエネルギー伝達境界、底面を粘性境界とする。常時解析及び地震応答解析とも弾性解析とし、各解析より得られた地盤要素の応力を重ね合わせ、すべり線の通る各要素の応力から滑動力と抵抗力を計算し、それらの総和の比からすべり安全率を算出する。ただし各要素で、すべり線の垂直方向に引張応力が発生している場合は、要素の抵抗力をゼロとする。各モデルの想定すべり線は、静的地震力による簡易計算で最小値となったすべり線とした。

3. 解析結果及び考察

各ケースの入射角度によるすべり安全率は、鉛直入射[0°]に対する比率として図-2に示す。いずれのケースにおいても、入射角度の増加に伴い、正側入射の場合には比率が増加し、負側入射の場合には比率が減少する傾向となった。この傾向は、入力振幅や斜面勾配の増加に伴い顕著となり、斜め入射による岩盤斜面のすべり安全率は、鉛直入射に対して概ね0.85～1.15の範囲で変化する結果となった。代表的なCase-1の鉛直入射と±15°入射について、最小すべり安全率の発生時刻での斜面部の加速度応答と局所安全係数の分布を用いて、入射角度によるすべり安全率の変化を考察する。図-3と図-4より、斜め入射により斜面付近の加速度応答が複雑となるが、主に滑動力に寄与する水平成分については、鉛直入射に対して+15°入射で小さく、-15°入射で大きくなっている。次に局所安全係数分布では、+15°入射の場合、斜め入射による水平方向の圧縮応力の増加により、法尻や表層付近で鉛直入射に比べて抵抗力が増加する傾向となった。これに対して-15°入射では、地震時の水平方向の引張応力により、特に地表付近の引張領域が広がり、それに伴い抵抗力の減少が見られた。すべり安全率の変化は、このような入射角度による加速度応答や応力状態の変化による結果と考えられる。なお斜め入射の場合に、表層部に生じる水平方向の圧縮及び引張応力は、波動の位相伝播によって地盤に生じる軸ひずみ ε ($\varepsilon = V/C$ ：ある地点での速度振幅 V 、位相伝播速度 C)に起因するものと考えられる。

4. まとめ

簡易なモデルによる限られた検討結果ではあるが、地震波の入射角度による岩盤斜面のすべり安全率のばらつきは、0.85～1.15程度であることが明らかになった。今後、実斜面を対象に影響を確認する予定である。

キーワード 岩盤斜面、すべり安全率、局所安全係数、斜め入射、地震応答解析

連絡先 〒160-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 原子力本部 TEL 03-5381-5315

参考文献 1) 渡辺ほか: 褶曲構造を考慮した解析によるアスペリティ位置と地震動増幅特性の関連性検討, 日本建築学会構造系論文集, 2011 年 2) (公社) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説[V耐震設計編], 平成 29 年

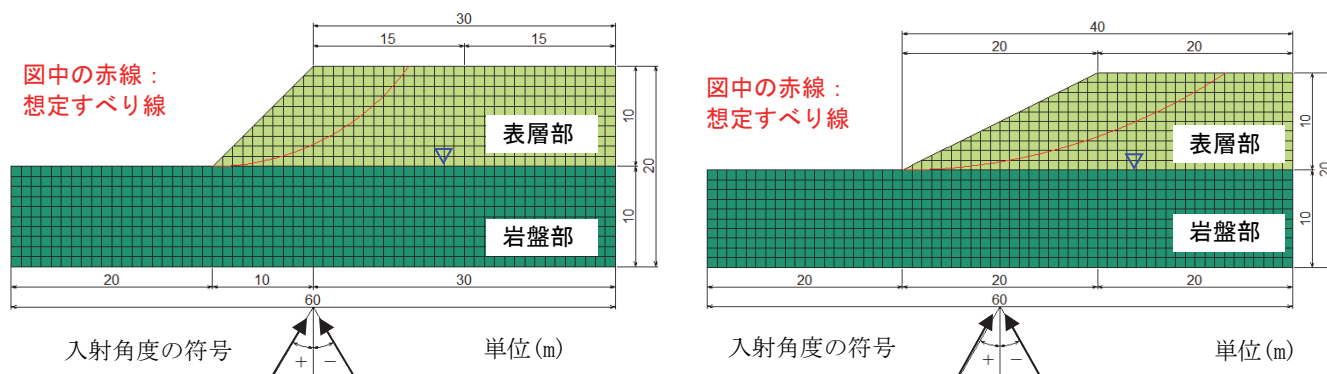


図-1 解析モデル図と想定すべり線（左図：急斜面モデル，右図：緩斜面モデル）

表-1 各層の物性値一覧

		表層部	岩盤部
単位体積重量	γ (kN/m ³)	18.0	18.0
せん断剛性	G (kN/m ²)	2.94E+05	1.84E+06
S波速度	V_s (m/s)	400	1000
減衰定数	h (%)	3	3
静的ポアソン比	ν_s	0.480	0.480
動的ポアソン比	ν_d	0.333	0.333
強度特性	粘着力	C (kN/m ²)	100
	内部摩擦角	ϕ (°)	30

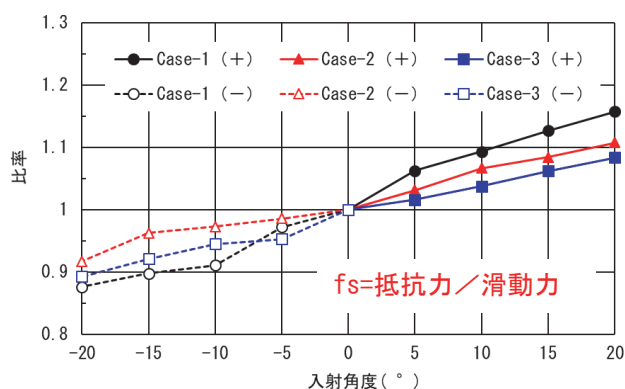


図-2 最小すべり安全率の比率変化

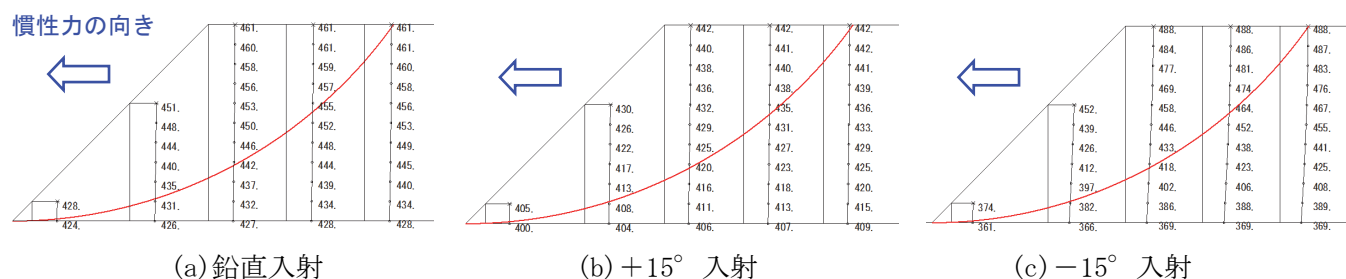


図-3 最小すべり安全率の発生時刻での加速度応答の水平成分 (Case-1) [単位 cm/sec²]

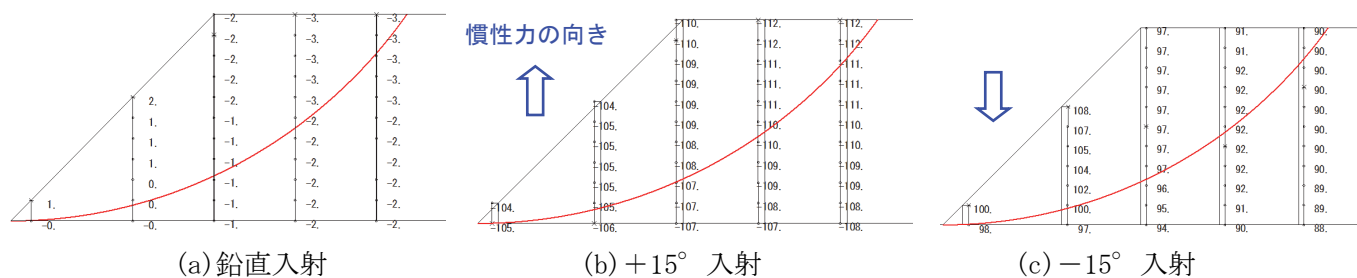


図-4 最小すべり安全率の発生時刻での加速度応答の鉛直成分 (Case-1) [単位 cm/sec²]

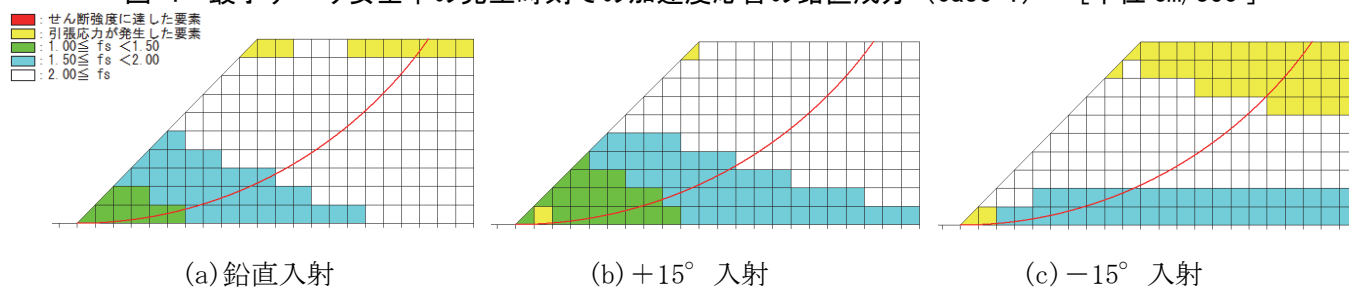


図-5 最小すべり安全率の発生時刻での局所安全係数 (Case-1)