

日高帯に関する地震応答解析

(株) 構研エンジニアリング 正会員 ○保木 和弘
(独) 北海道開発土木研究所 正会員 石川 博之
室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光

(独) 北海道開発土木研究所 正会員 岡田 慎哉
(株) 構研エンジニアリング 非会員 高橋 浩司

1. はじめに

日高帯は北海道のほぼ中央を縦断して広く分布している地質帯である。日高帯の分布領域には旭川や富良野などの街が存在しており、海岸沿いには国道を含んでいる。また、日高帯では、地震発生後に斜面の崩落した事例が幾つかあることから、日高帯の地震時の応答特性を把握することは肝要であるものと考えられる。

本研究では、日高帯に属する実斜面に対して地震が与える影響を定性的に把握することを目的とし、3次元時刻歴応答解析を実施した。本解析では、実際の観測地震波形を用い、(1)地震波入力方向を変化させて、地震波の方向が地震応答特性に与える影響の検討、(2)斜面に亀裂面を設定し、亀裂面が地震応答特性に与える影響の検討を行った。

2. 解析仮定

2.1 解析モデル

図-1に、本解析で使用した三次元有限要素モデルを示す。解析モデルは斜面を正面に見たとき、横方向をNS(x)、奥行方向をEW(y)、上下方向をUD(z)と設定している。

解析モデルは、詳細データの存在する実斜面をモデル化しており、解析対象範囲は出尾根地形を含む斜面に対して、前後左右にNS(x)、EW(y)方向へ斜面幅程度広げている。

境界条件は、底面を完全固定とし、地震波入力によりモデル端部で生じる応力の反射を回避するために、モデル底面および側面、前面、背面に無反射境界条件を設定している。総節点数および総要素数は、解析ケースによってやや異なるが、約70,000および60,000となっている。また、解析ケースには亀裂を有するモデルが含まれており、亀裂を有するモデルについては、斜面を正面に見たとき出尾根の左上および左下に亀裂を設定している。物性値については、動解析であること考慮し、超音波伝播速度試験から得られた動弾性係数および動ポアソン比を用いている。密度は岩石試験から得られた値をそのまま使用した。また、解析モデルは一様な地質と仮定している。表-1に、本解析で使用する物性値を示す。

2.2 入力加速度波形

本解析における入力地震波として用いる波形の条件とし

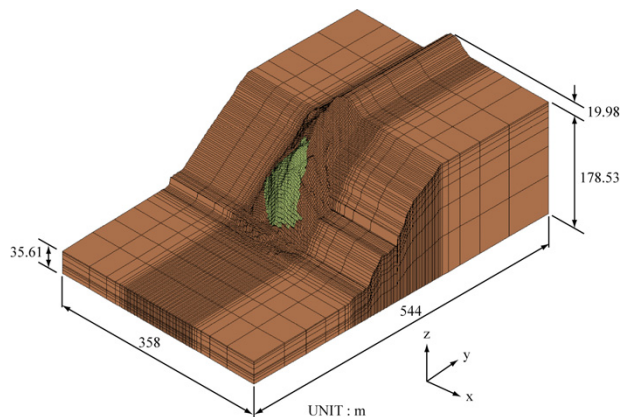


図-1 解析モデル

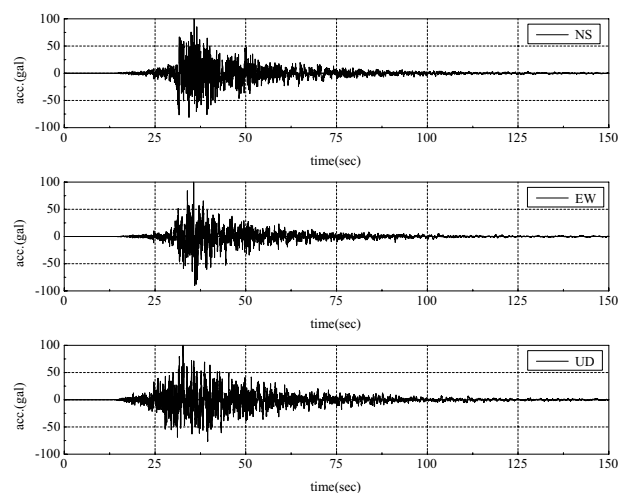


図-2 入力加速度波形

ては、(1)対象斜面近傍にある観測所の波形であること、(2)基盤観測波形であることとした。以上の条件より、基盤強震観測網(KiK-net)の大樹観測所の加速度波形を採用した。なお、使用した地震波形は2003年十勝沖地震時に観測されたものである。図-2に、本解析で使用した入力加速度波形を示す。本解析では、観測波形を速度波形に積分して基線補正処理を施したものを使用している。

2.3 解析ケース

表-2に、本解析で実施した解析ケースを一覧にして示す。なお、加速度波形は各加速度成分の最大値を100galで規格化したものを用いている。(1)地震動の入力方向が斜面の応答特性に与える影響の検討についてはCase01～Case03で実施しており、それぞれNS(x)、EW(y)、UD(z)方向へ加

キーワード：日高帯，三次元時刻歴応答解析，基盤観測波形，動弾性係数

連絡先：〒065-8510 札幌市東区北18条東17丁目1番1号 TEL 011-780-2813 FAX 011-780-2832

表－１ 日高帯斜面動的応答解析用物性値

解析用定数	弾性係数 $E(\text{GPa})$	ポアソン比 ν	密度 $\rho(\text{t/m}^3)$
地山	30.0	0.3	2.70

表－２ 解析ケース一覧

解析ケース		亀裂面の有無	加速度の入力方向
入力方向が 斜面に与える 影響検討	Case01	亀裂無し	NS (x)
	Case02		EW (y)
	Case03		UD (z)
亀裂面が斜面に 与える影響検討	Case04	亀裂無し	3 方向
	Case05	亀裂有り	合成

表－３ 最大応答値一覧 (Case01～Case03)

	最大応答値		
	加速度 gal	速度 kine	変位 mm
Case01 (NS)	331.3	8.02	3.06
Case02 (EW)	296.0	8.89	2.86
Case03 (UD)	217.2	6.01	1.78

表－４ 最大応答値一覧 (Case04、Case05)

	出力位置	最大応答値		
		加速度 gal	速度 kine	変位 mm
Case04 亀裂無し 3 方向合成	下部	154.9	3.33	1.06
	岩体上部	304.1	6.67	2.64
	地山上部	333.5	8.22	3.34
Case05 亀裂有り 3 方向合成	下部	369.8	3.45	1.14
	岩体上部	459.5	7.23	2.71
	地山上部	330.6	8.20	3.34

速度入力している。また、(2) 亀裂面が地震応答特性に与える影響の検討については、Case04 および Case05 において解析を実施しており、加速度の入力方向については、実際の地震応答特性を把握したいことから NS、EW、UD の 3 方向すべてを同時に入力している。

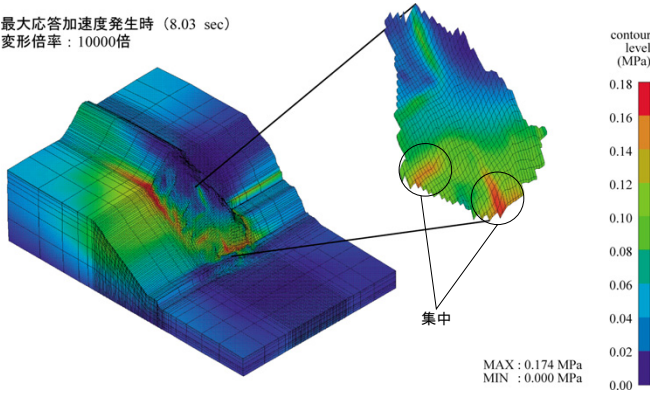
3. 解析結果

3.1 地震動の入力方向が地震応答特性に与える影響

表－3 に、Case01～Case03 において発生した加速度、速度、変位の最大応答値を一覧にして示す。なお、出力点については、解析モデルで最も高い位置にある斜面表面の節点におけるものである。表－3 より、NS 方向に加振したときの加速度および変位の応答値が最も卓越していることがわかる。

3.2 亀裂面が地震応答特性に与える影響

表－4 に、Case04 および Case05 において発生した最大応答値を一覧にして示す。出力点は、亀裂面近傍にある斜面下部、岩体上部および地山上部の節点に関して出力して



図－３ 最大主応力分布図 (Case05)

いる。なお、出力は NS 方向の応答としている。表より、Case04 と Case05 で比較した場合、亀裂面から離れた位置にある地山上部の出力点については、ほぼ同程度の値を示している。しかしながら、亀裂面付近にある地山下部および岩体上部の出力点については、1.5～2.5 倍程度の加速度応答値を示していることがわかる。また、速度および変位の最大応答値に着目すると、Case04 と Case05 とで、ほぼ同程度の値を示していることがわかる。

図－3 に、Case05 における最大主応力分布図を示す。なお、出力時間は、最大応答加速度の発生した時間におけるものである。図に着目すると、亀裂の縁に沿って、応力集中がみられる。

4. まとめ

本解析範囲内では、以下の結果が得られた。

(1) 地震動の入力方向が地震応答特性に与える影響の検討

1) NS 方向に加振した時の応答値が最も大きくなる傾向にある。

(2) 亀裂面が地震応答特性に与える影響の検討

1) 最も高い位置（亀裂面から離れた位置）での加速度応答に関しては、大きな影響を与えていない。

2) 亀裂面付近での加速度応答は、亀裂のないモデルに比較して 1.5～2 倍程度の応答値を示した。

3) 速度および変位応答に関しては、亀裂のないモデルとほぼ同程度の値を示した。

4) 亀裂面を有している場合、亀裂の縁に沿って応力集中が発生する。

謝辞：本論文では、防災科学技術研究所における KiK-net の加速度記録を使用している。ここに記して謝意を示す。

参考文献

1) 大崎順彦著：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版会，1998