DDA を用いた熊本地震による大分車道斜面崩壊メカニズムの解析

#

九州大学工学府　牛慧、九州大学基幹教育院　正　陳光斉
西日本高速道路株式会社　浜崎智洋、九州大学基幹教育院　正　張迎賓

1. 背景および目的

平成 28 年（2016 年）4 月 14 日 21 時 26 分（Mj6.5；気象庁が発表したマグニチュードによる）と 4 月 16 日 01 時 25 分(Mj7.3)に熊本県熊本地方を震源とする甚大な地震が発生した。気象庁は 4 月 15 日に前者の地震を「平成 28 年（2016 年）熊本地震（the 2016 Kumamoto earthquake）」と命名した（気象庁による平成 28 年熊本地震に関する第 4 報）が、4 月 16 日に前者は前震、後者は本震であるという見解を示した [1]。これらの地震により、山地や丘陵地において斜面崩壊、地すべり、土石流など多数発生した。これら斜面崩壊の中で、本研究対象の大分車道斜面が 4 月 14 日前震の後、4 月 16 日 1 時 25 分の本震により、崩壊した。

本研究の目的は、以上の背景に基づき、図 1 に示すように、大分自動車道の湯布院 IC から別府方向へ約 6km、日出 JCT から湯布院方向へ約 11km で、由布岳の西に位置する飛岳の北側に位置する斜面を対象とし、指定断面の二次元 DDA モデルを作成し、本震での崩壊を 2D-DDA シミュレーション方法により再現し、崩壊メカニズムを明かすことである。また、せん断強度低減法を用い、斜面安全係数を求めることである。

図 1　解析地点地形及び研究断面[2)]

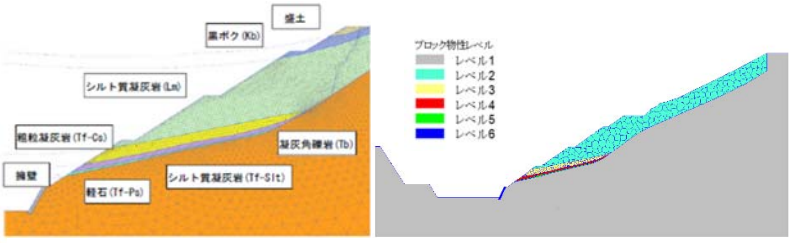
2. 解析方法

本文では、不連続変形法（Discontinuous Deformation Analysis：DDA）を用い、二次元解析を行う。DDA は任意形状の弾性体多角形ブロック（要素）の集合体における変位・変形を、動的・準静的に解析する手法である [3)]。

解析は、安全係数を求めるためにせん断強度低減法で静的解析の第 1 段階と、本震の動的地震解析の第 2 段階に分けて実施する。今回の解析は、実際の地震波に基づき、最下部地盤を X 方向と Y 方向に慣性力を作用させる。地震動波形は実際の観測加速度波形を用いる。

3. モデルと物性設定

図 2 に示すように、解析用モデル(b)が調査による地質層理面分布図(a)により 317 ブロックに分割し、断面モデルを作成した。モデルには、6 つレベルの地質に分け、各地層の物性値設定を表 1 に示す。



(a)　　*(b)*

図 2　崩壊断面解析モデル作成図

表 1　解析に使用する各物性値

レベル	色別	地質区別	湿潤密度 (g/cm3)	弾性係数 (kN/m2)	ポアソン比	Material 区分番号	Joint 区分番号	摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m2)	引張強度 (kN/m2)
1		凝灰角礫岩	2.1	708,000	0.2	1	1	21	340	200
2		シルト質凝灰岩2	1.8	200,000	0.3	2	2	25	110	300
3		粗粒凝灰岩	1.85	170,000	0.3	3	3	5	5	10
4		シルト質凝灰岩1	1.57	168,000	0.2	4	4	15	69	70
5		軽石	1.38	141,000	0.2	5	5	35	39	39
6		捕壁	2.4	2,000,000	0.2	6	6	45	1000	1000

また、地質層の間接触部分の物性値が、上地質層と異なることが考えられるため、表 2 に示すように別のジョイントとして物性値を設定した。

表 2　解析に地質層間ジョイントの物性値

接続地質	Joint 区分番号	摩擦角 (°)	粘着力 (kN/m2)	引張強度 (kN/m2)
2--3	7	10	10	5
3--4	8	20	40	15
4--5	9	20	50	60
5--1	10	22.5	200	100
2--1	11	30	280	300

4. 入力地震波情報

調査地周辺で崩壊斜面に最も近い地震観測点が、大分県由布市湯布院町川北にある「OIT009　湯布院」という観測点である[4]。本解析がこの観測点が記録された地震波形の NS と UD 方向を用い、最大加速度が 527.79gal、-475.196gal となっている。本震の波形情報を図 3 に示す。

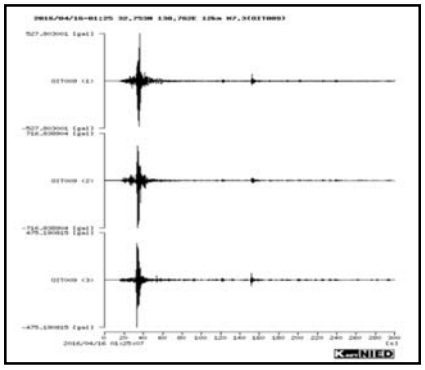


図 3　本震記録された波形情報図

5. 解析結果

本解析の結果は、図 4 に示すように地震前に斜面がせん断強度低減法により求めた安全係数 1.5 で安定した。安定の判断基準がブロック 219 残留変位＜0.1m 、また変位速度＝0 という条件である。地震が起きた後、前震で未崩壊で安定したが、図 5 に示すように本震で崩壊した。

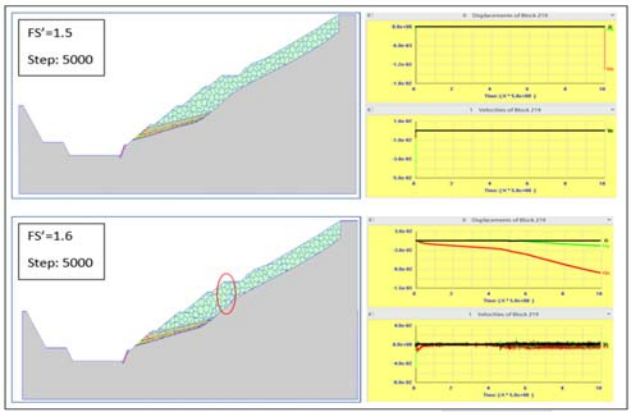


図 4　地震前安全係数解析結果図

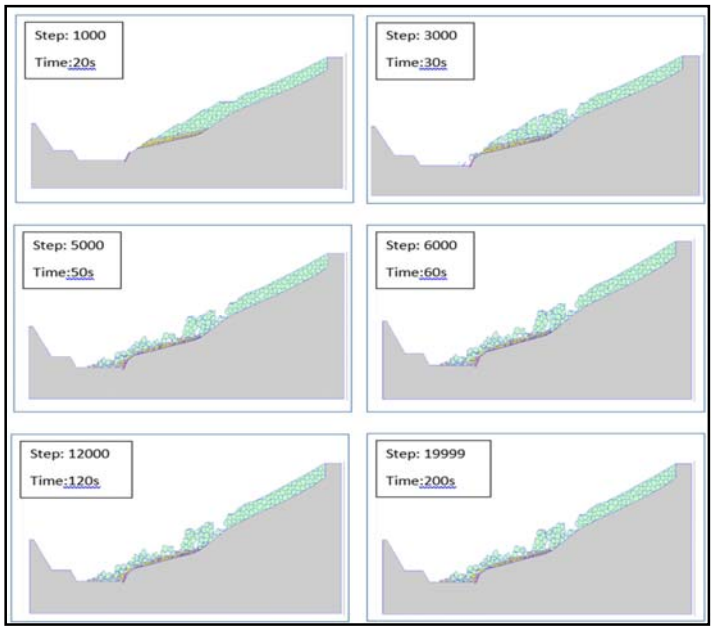


図 5　本震で崩壊解析結果図

本研究では、本文に示した物性値設定で崩壊している斜面の指定断面の崩壊過程を、DDA シミュレーションで再現したが、実際の崩壊状況により、モデルのブロック分割方を検討すべきたと考えられる。また、物性値の設定と調査値が異なる理由も今後の課題となる。

【謝辞】本文は西日本高速道路株式会社との共同研究による成果の一部である。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

1）宮縁　育夫:#平成 28 年（2016 年）熊本地震によって南阿蘇村周辺域で発生した斜面災害,#地学雑誌,#Journal of Geography（Chigaku Zasshi）, 第 125 巻第 3 号, pp.421-429., 2016.

2）平成 28 年度　大分高速道路事務所管内応急復旧対策検討　報告書, 2016.

3）大西　有三，代々木　猛，Gen-Hua Shi，不連続性岩盤解析実用化研究会：不連続変形法(DDA)、丸善株式会社, 2005.

4）K-NET（Kyoshin Net：全国強震観測網），国立研究開発法人防災科学技術研究所