

地震による崩壊の危険度に影響を与える素因・誘因の評価

独立行政法人土木研究所 ○武澤永純・内田太郎・田村圭司
国際航業株式会社 本間信一・小林容子

1. はじめに

地震は豪雨とともに、斜面崩壊の誘因となり、数多くの斜面崩壊を引き起こし、人命や財産に深刻な被害を及ぼすことがある。そのため、地震による斜面崩壊発生箇所に影響を与える素因（地形、地質）や誘因（地震力）に焦点を当てた研究が進められてきた。また、これらの素因・誘因を説明変数として、既往地震の崩壊実績を経験的に評価する手法が多数提案されている（例えば¹⁾）。このような手法においては、地震による斜面崩壊に影響を与える最適な因子を選定することが重要である²⁾。

ここで、地震による崩壊に影響を与えている素因（地形、地質）は誘因（地震力）に影響を及ぼすことが指摘されている^{3)、4)}。これら进行评估するために、有限要素法を用いた地震応答解析⁵⁾や、山間地における地震動観測⁶⁾が行われているが、その成果を実際の予測に反映させるためには、地下情報の取得の必要性や広域的な地震観測網の整備等実務上の課題がある。

一方、地震による斜面崩壊は、すべりに抵抗する力（素因）とすべりを起こそうとする力（誘因）の関係で規定されていると考えられることから⁷⁾、崩壊の実績から素因・誘因を分析することで、両者の因果関係を明らかにできると考えられる。本研究は過去の斜面崩壊が多発した地震の崩壊事例を元に、地震による崩壊と誘因（地震力）の関係を明らかにした上で、素因（地形・地質）がその関係に与える影響を分析し、両者が相互に与える影響を評価するものである。なお、誘因について、本研究では断層からの距離を指標として採用した。

2. データセット作成

対象とする地震は2004年新潟県中越地震（中越と呼称）と、2000年鳥取県西部地震（鳥取と呼称）と、の2つである。鳥取、中越の対象領域の面積は断層を中心としてそれぞれ739、813km²、崩壊数はそれぞれ10581、718箇所である。崩壊地は地震後1～13日後の間に撮影された縮尺1/12500～10000の空中写真から判読し、GIS上で崩壊地ポリゴンデータを作成した。また、対象範囲内を10mメッシュに区切り、崩壊地ポリゴンデータと重ね合わせ、崩壊地ポリゴンが少しでも重なったメッシュを崩壊メッシュとした。また、ある条件を満たす全メッシュに対する崩壊メッシュの割合を、その条件の崩壊面積率と呼称する。

斜面勾配は、1/25000地形図を元に作られた10mDEMを用いて、メッシュごとに算出した。地質は、産業技術総合研究所地質調査総合センターが刊行している20万分の1地質図から、岩種により火山岩、堆積岩、深成岩、変成岩に分類し、ポリゴンデータを作成した。断層距離については、矩形の地震断層のうち、最も地表面に近い長辺を地表面に投影し、線状にモデル化した。地震断層から各メッシュまでの距離を計算した。

中越の検討領域内の岩質は火山岩と堆積岩の2種類が見られる。そのうち火山岩は、占有面積が小さいため、本研究の検証対象からは除外した。鳥取の検討対象領域の岩質は火山岩、深成岩、堆積岩、変成岩と4種類が見られる。そのうち堆積岩と変成岩については、占有面積が小さいため、本研究の検証対象からは除外した。

3. 検討結果

図-1より崩壊面積率は断層距離2km内の全メッシュに対する崩壊メッシュの割合を示す。中越は断層距離が大きくなるに従い、崩壊面積率は低くなる傾向が確認できる。一方、鳥取は断層距離が小さい領域0-10kmの範囲では断層距離が大きくなる

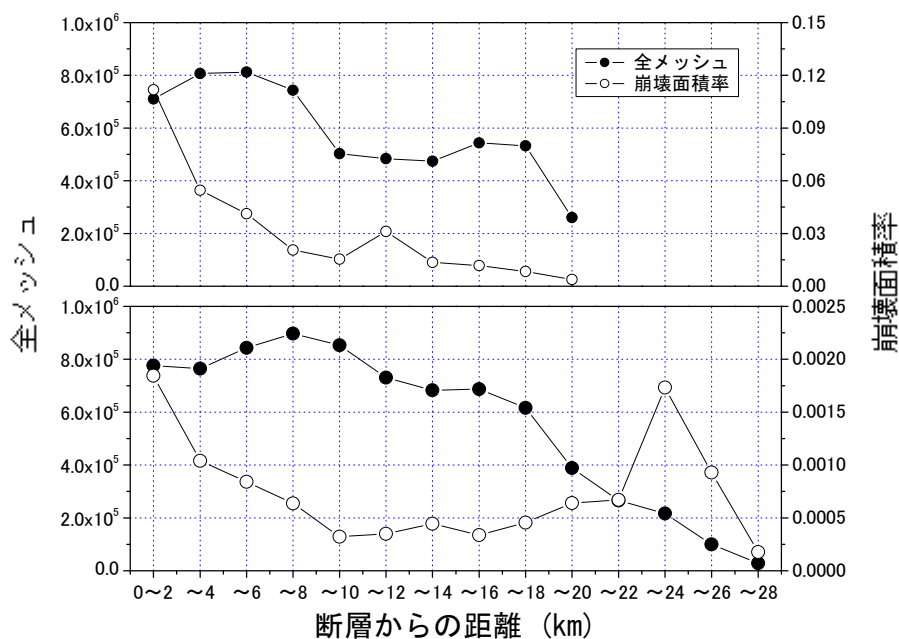


図-1 全メッシュの占有割合と崩壊面積 (上：中越、下：鳥取)

に従い、崩壊面積率は低くなるが、16kmより大きくなると崩壊面積率が高くなる傾向が確認できる。また、断層距離0-2kmにおいて、中越の崩壊面積率は鳥取の61倍であった。一方、中越の内、最も遠い断層距離区分である18-20kmにおいては、中越の崩壊面積率は鳥取の約6倍であった。

断層距離が0-4kmの崩壊面積率に対する比を勾配毎に整理した結果を図-2に示す。中越は断層距離が0-4kmの崩壊面積率に対する比は勾配による違いは小さく、断層距離が4km以上の範囲では、断層距離が大きくなるに従い断層距離が0-4kmの崩壊面積率に対する比はほぼ直線的な関係を有していた。一方、鳥取は、断層距離が0-12kmの範囲では断層距離が大きくなると崩壊面積率の比は低くなるが、断層距離が12kmより大きくなると崩壊面積率の比が高くなる傾向が確認できる。この傾向は、勾配によらず共通していた。

図-3に示すように、鳥取における火山岩、深成岩ともに、断層距離8-12kmで崩壊面積率の比が最も小さく、断層距離が12~24kmの範囲では断層距離が大きくなると、崩壊面積率が増加していく傾向にあった。この関係はほぼ全ての勾配に共通して見られた。

4. 考察

図-2より、中越においては、断層からの距離の違いが斜面崩壊面積率に及ぼす影響は斜面勾配によらずほぼ同じ傾向を示した。さらに、鳥取においても、火山岩・深成岩のそれぞれの地域で、断層から距離ごとの斜面崩壊面積率の大小関係は、斜面勾配によらず、ほぼ同じであった。これらの結果に基づくと、断層からの距離と地震による斜面崩壊の発生確率は、斜面勾配に依存しない、と言える。これまで、地震による斜面崩壊発生確率は断層から遠くなるに従い低下することが示されてきた^{例えば8)}。これに対して、鳥取では、断層距離が大きくなると崩壊面積率が一度低下するが、さらに断層距離が大きくなると同じ地質で同じ斜面勾配であっても、崩壊面積率は増加した。鳥取で見られた断層から距離と地震の斜面崩壊発生確率の負の相関は、地震動が局所的な領域で伝播経路特性などが影響した増幅が生じていたことによる可能性が考えられる。言い換えれば、断層からの距離では、十分に表現できない加速度の分布状況を斜面崩壊の発生状況は示している可能性が示唆される。

また、図-3より、各地質によって断層からの距離の変化に対する斜面崩壊面積率の増加の割合に、明瞭な傾向は見られない。このことから、断層からの距離と地震による斜面崩壊の発生確率は、地質に依存しない、と言える。

参考文献：1) 岩橋ら：2004年新潟豪雨と10月新潟県中越地震による斜面崩壊の判別分析、日本地すべり学会誌、Vol. 45、No. 1、p. 1-12、2008。 2) 内田ら：地震による斜面崩壊危険度評価手法に関する研究、国土技術政策総合研究所資料 No. 204、2004。 3) 安田ら：動的振動解析による地震時の加速度応答および斜面変位と地形効果に関する考察、砂防学会誌、Vol. 59、No. 4、p. 3-11、2006。 4) 大西ら：気象庁地震記録の距離減衰式に基づく地点増幅特性と地形分類との関係、土木学会論文集 No. 626/I-48、p. 78-91、1999。 5) 浅野ら：山地における地震動の地形効果と斜面崩壊への影響、日本地すべり学会誌、Vol. 42、No. 6、p. 457-466、2006。 6) 安中ら：山地形における地震動の増幅、日本地震工学会論文集、第5巻、第3号、p. 1-11。 7) 河上房義：土質力学 第7版、森北出版、p. 165-177、2006。 8) 地頭蘭ら、1997年鹿児島県北西部地震による斜面崩壊の分布と地形特性、砂防学会誌、Vol. 51、No. 1、p. 28-45、1998。

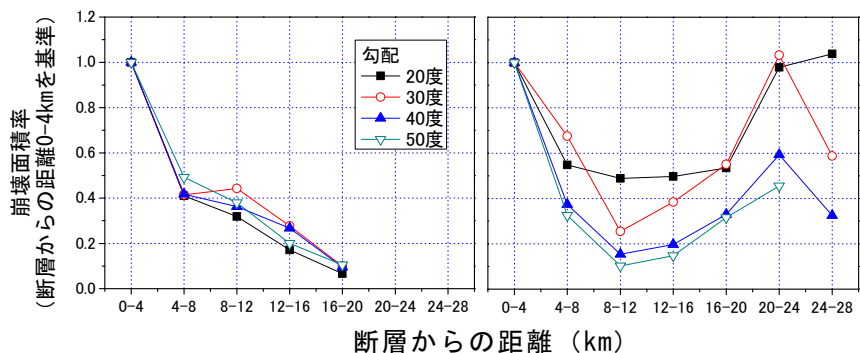


図-2 断層距離に対する岩質区分の占有面積の関係（左：中越、右：鳥取）

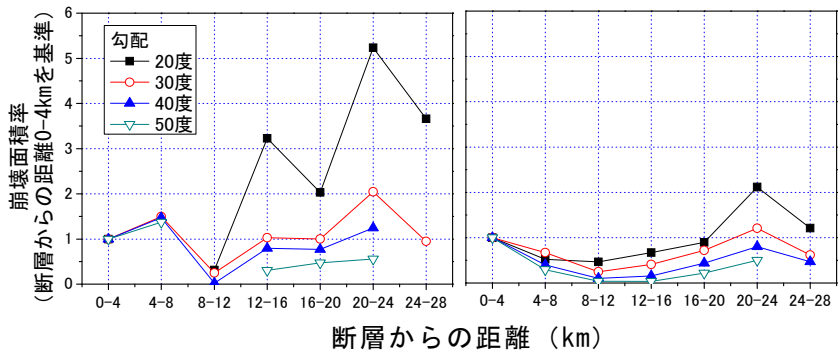


図-3 断層距離に対する岩質区分の占有面積の関係（鳥取、左：火山岩、右：深成岩）