

1999 年台湾・集集地震における断層運動と建物被害の関係

(株)千代田コンサルタント 正会員 橋本隆雄
福井工業高等専門学校 正会員 吉田雅穂
金沢大学 工学部 正会員 村田 晶

金沢大学 工学部 正会員 宮島昌克
真柄建設(株)技術研究所 安田 衛
金沢大学 工学部 フェロー 北浦 勝

1. はじめに

1999 年 9 月 21 日に、台湾中部の南投県集集を震源とするマグニチュード 7.7 の大規模な地震が発生し、南投懸、台中懸など台湾中部を中心に、死者 2000 名を超えるきわめて甚大な人的被害と構造物被害が生じた。本論文は、図-1 のように、この地震で出現した断層崖周辺の豊原市、霧峰郷、草屯鎮を対象に、建物の位置測量、被災度判定調査、常時微動観測を 2000 年 1 月初旬に 1 週間かけて行い、それらのデータに基づき、地形・地盤条件、断層変位と地震動による建物被害との関係について分析したものである。



図-1 建物被災度判定調査地点

2. 断層崖周辺の建物被害

断層崖周辺の豊原市、霧峰郷、草屯鎮等を地形条件によって分類すると表-1 に示すように①斜面沿いタイプ、②フラットタイプに大別できる。堅い地盤では、図-2 に示すように断層崖が現況斜面下部に発生している斜面沿いタイプが多く、斜面を切土した上盤側の建物が大きな鉛直変位により傾斜やすべり出しを起こし、大破、倒壊により撤去されている。ただし、下盤側の建物は、フラットタイプと比べて、大破や倒壊等により撤去されているものが多い。軟らかい地盤では、斜面沿いタイプの方がさらに大きな地盤変状の影響を受け、沈下や側方流動の現象が見られた。これらの原因として地形や地盤の影響を受け、変位の影響範囲が大きいと考えられる。また、地盤条件によって分類すると、以下のように大別できる。

(1) 堅い地盤 (豊原市中正公園付近)¹⁾

建物被害は、断層崖下盤側では非常に少なく、上盤側近傍の建物ほど、大破・倒壊・すべり出し等の被害を生じ、断層崖から離れるに従って、中破・小破～無害と被害が小さい。

(2) 比較的軟らかい地盤 (霧峰郷光復国民中学付近)^{1), 2)}

建物被害は、断層鉛直変位が小さいにもかかわらず、断層がいくつかに分岐し、その変位の幅が広いこと、面的影響範囲が大きく、断層崖に挟まれた区間が鉛直変位により大破している。

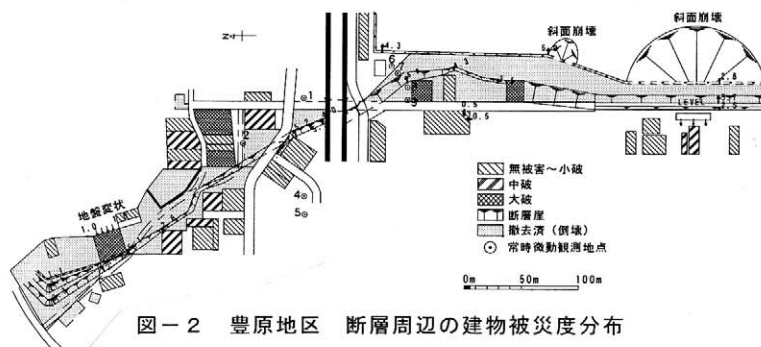


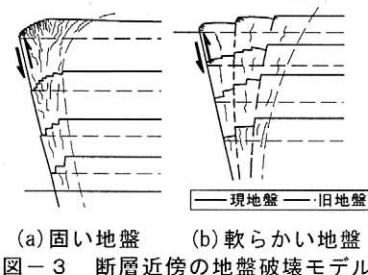
図-2 豊原地区 断層周辺の建物被災度分布

(3) 軟らかい地盤 (草屯省道3号線米粉寮付近)²⁾

建物被害は、上盤側、下盤側にかかわらず、側方流動及び沈下を伴った地盤変状に伴う影響が大きい。

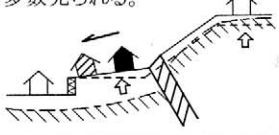
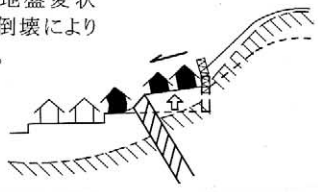
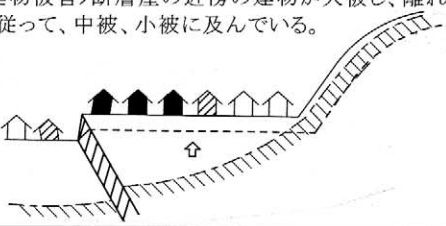
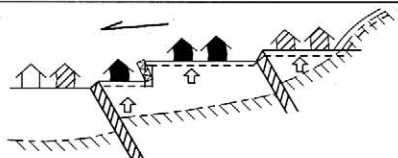
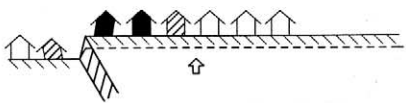
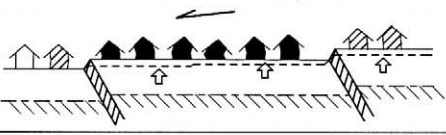
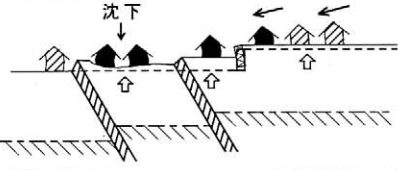
3. 断層運動と建物被害の関係

従来、地表面地震断層が現れる震源域近傍では、地震動が深層の震源断層から弾性的に伝播し、表層で増幅すると考えられてきた。しかし、豊原市、霧峰郷、草屯鎮等の断層崖周辺の建物被害は、上盤側の地盤変状を生じた部分に限定され、地震動増幅による被害とは明らかに異なっている。この原因としては、図-3 に示すように、深層の震源断層から



(a) 固い地盤 (b) 軟らかい地盤
図-3 断層近傍の地盤破壊モデル

表－１ 断層崖周辺の地形・地盤条件と建物被害モデル

地形	地盤	建物被害状況	
斜面沿い タイプ	堅い地盤	(a) 草屯鎮省道3号線沿い ＜地盤変状＞のり尻の断層崖の変状(2m程度)により、下盤側の盛土部分も隆起している。 ＜建物被害＞下盤側が盛土等の影響を受け大破・中破となっている(幅14.0～30m)。ただし、地盤条件が良い所では無被害や小破も多数見られる。 	(b) 豊原市中正公園南側 ＜地盤変状＞上盤側の断層崖とのり面に挟まれた盛土部分の隆起により地盤が傾斜(10%程度)している。下盤側の盛土部分も地盤の傾斜を生じている。 ＜建物被害＞地盤変状により建物が倒壊により大破している。 
	地盤	(c) 豊原市中正公園南側 ＜地盤変状＞(b)の地盤変状にとどまらずに、斜面崩壊が生じ、下盤側にも影響を及ぼしている。(大規模なものは高さ約40m) ＜建物被害＞斜面崩壊により建物が埋まり、死者が生じ、非常に危険である。 	(d) 豊原市中正公園北側 ＜地盤変状＞断層崖の近傍ほど地盤が傾斜している。 ＜建物被害＞断層崖の近傍の建物が大破し、離れるに従って、中破、小破に及んでいる。 
	軟らかい地盤	草屯鎮米粉寮3号線東側 ＜地盤変状＞いくつかの断層崖とのり面によって挟まれた地盤変状により、地盤の傾斜を生じている。 ＜建物被害＞建物は、断層崖に挟まれた区間が地盤変状により大破、のり面沿いは中破程度である。 	
	フラットタイプ	豊原市中正公園北側 ＜地盤変状＞断層崖の鉛直変位が大きい(4～5m)。 ＜建物被害＞上盤側の建物は中破している(幅約20m)。下盤側の建物は、中破程度で影響範囲が狭い(幅約10m)。 	
フラットタイプ	比較軟らかい地盤	霧峰郷光復国民中学校北側 ＜地盤変状＞断層崖がいくつかに分岐し、鉛直変位は中程度(2～3m)である。 ＜建物被害＞建物は、断層崖に挟まれた区間が地盤変状により大破している。 	
	軟らかい地盤	草屯鎮米粉寮3号線東側 ＜地盤変状＞断層崖がいくつかに分岐し、鉛直変位は少ないがたわんで多数の亀裂がある(1～2m)。 ＜建物被害＞上盤・下盤にかかわらず、側方流動及び沈下を伴った地盤変状が広範囲に及んでいる。 	

※記号凡例：■大破、▨中破、□無被害～小破、↗逆断層崖、↑隆起、→傾斜的な側方流動

表層まで達する地盤が破壊現象を起こし、深層から弾性的に伝播してくるエネルギーを吸収し、表層までに加速度が減衰し、地震動による建物被害に至らなかったのではないかと考えられる。

4. まとめ

断層運動に伴う建物被害分布は、断層崖上盤側の地盤変状を生じた部分に限定され、地形・地盤条件の影響を受けていることは明らかである。今後は、地震動の周期特性を考慮した詳細な検討に取り組みたい。

〈参考文献〉

- 宮島、橋本、吉田、安田、村田：1999年台湾・集集地震における断層運動に伴う建物被害分布（その1）豊原地区、草屯地区、霧峰地区の事例、第35回地盤工学研究発表会、2000年6月（投稿中）
- 橋本、宮島、吉田、安田、村田：1999年台湾・集集地震における断層運動に伴う建物被害分布（その2）地形・地盤条件、断層変位と建物被害の関係、第35回地盤工学研究発表会、2000年6月（投稿中）