

14. 1999 年台湾集集地震における斜面被害の特徴

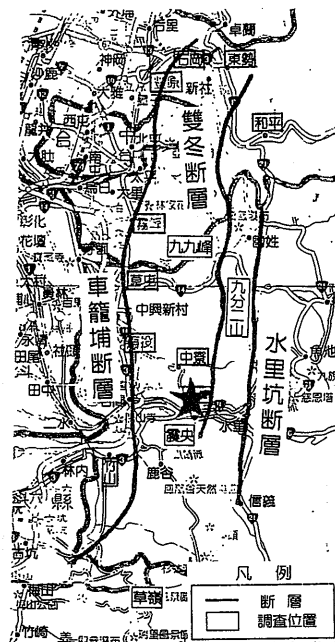
(株) 荒谷建設コンサルタント 山下 祐一

1. はじめに

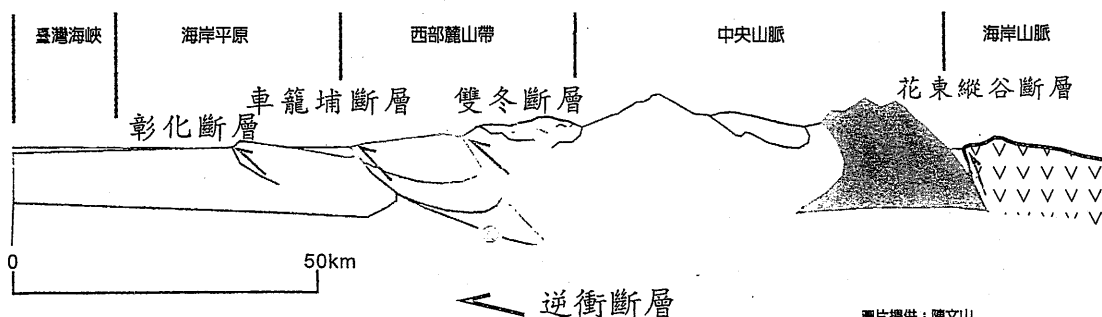
台湾時間で 1999 年 9 月 21 日午前 1 時 47 分、台中市の南南東約 40 km に位置する南投縣の集集付近（北緯 23.85 度、東経 120.81 度）でマグニチュード 7.3（台湾中央氣象局、USGS 発表 7.7）の地震が発生した。

今回、四国地域を中心として地震防災に真剣な取り組みを行うことを目的とし、台湾地震調査団に参加した。台湾地震の被災を目の当たりにし、地震防災の必要性を改めて認識させられた。

ここでは、台湾集集地震の概要と、視察した台中縣、南投縣及び雲林縣の過去に例を見ないような大規模地すべりや表層崩壊などの斜面被災の実態について報告する。



図一 台湾 9.21 集集地震位置図

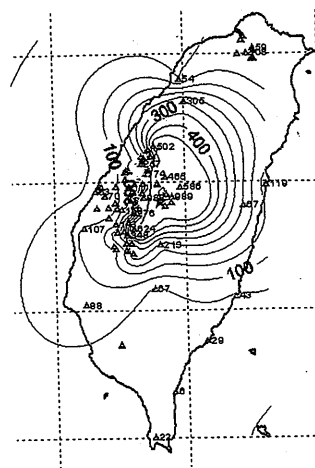


図二 集集周辺の断層断面図

2. 地震の概要

台湾では、年間約 7 cm の速度で北西に移動しているフィリピン海プレートと大陸側のユーラシアプレートが衝突して、島全体が東西方向の圧縮力を受け、東側の地盤が西側に乗り上げる逆断層が数多く存在する。集集付近では西から彰化断層、車籠埔断層、雙冬断層などが南北に走っている（図一）。地質は第三紀の砂岩、頁岩から成り、プレートの前面（西側）ほど新しい地層構成となっている。第四紀層も存在するが、主に礫質のしっかりした地盤が多い。

今回の地震は主に車籠埔断層が動いたことにより発生した（図一）。南北約 80 km の範囲で、1~4m の鉛直変位が確認され、断層の北端では約 10m の段差が生じるとともに



図三 集集地震 最大水平加速度分布 (g) (東西方向)

水平移動も認められた。各地で地震波の記録が取れており、震央の名間で最大水平加速度 984gal（東西方向）、最大鉛直加速度 335gal が観測された。成功大学で整理した集集地震による最大水平加速度（図一3）によると、今回現地調査した斜面被害の範囲では 400gal 以上の水平加速度が観測されている。

地震の被害は車籠埔断層の西側地盤と東側地盤とでは被害の様相が異なっており、東側の乗り上げた地盤の方が被害率が高い。東側地盤でも北部より南部の方が被害が大きい。北部の方が断層のずれはむしろ大きいので、断層面上のすべり速度により、被害の差が生じた可能性が指摘されている。

3. 急傾斜地斜面の表層崩壊

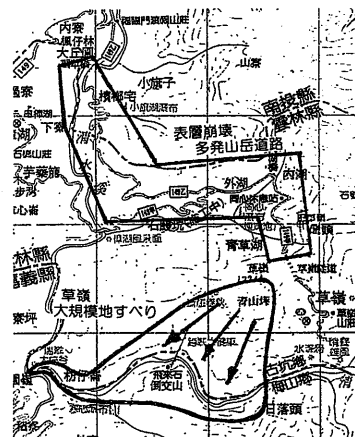
今回調査した台中縣、南投縣及び雲林縣で発生した斜面被害は大きく①急傾斜地斜面の表層崩壊（九九峰など）②大規模地すべり（九分二山、草嶺）の2つに分けることができる。まず、急傾斜地斜面の表層崩壊について報告する。

山地部の山腹の急傾斜面では、尾根部近傍や山腹の遷急線直下における斜面勾配 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ といった急斜面において表層崩壊が多発している。表層崩壊の大規模なものとして九九峰があげられる。九九峰は台中縣と南投縣にまたがった位置にあり、表層崩壊が峰頂部から発生し、東西 4~6 km、南北 6~8 km にわたる地域で、ほぼ全部に近い峰が裸地化した（写真一1）。ここは九九峰という地名が示すように、多数の尖塔型山頂を有している。地震前には全山が緑で覆われていたという。

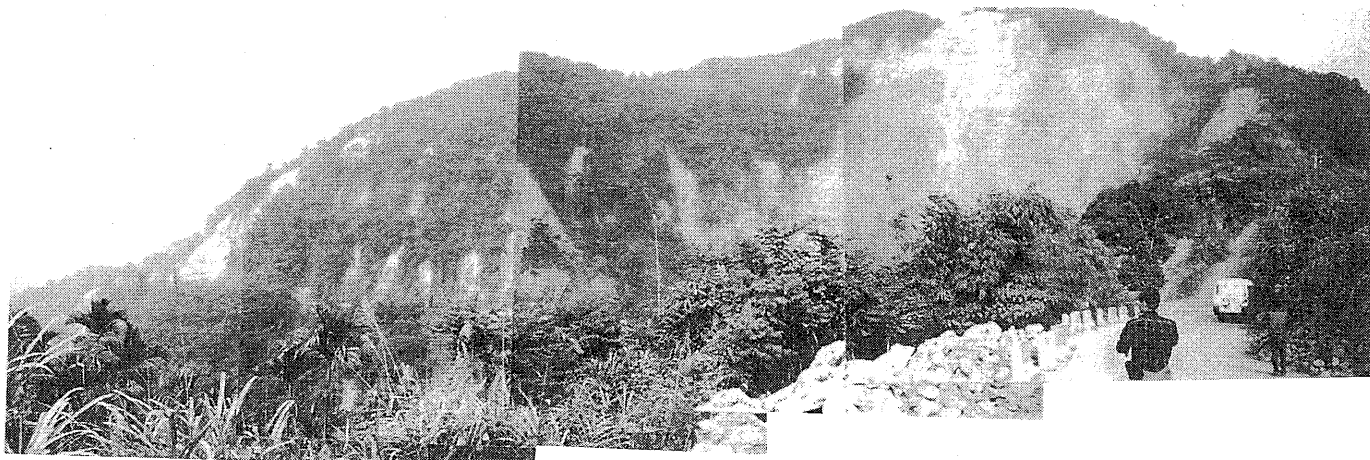
表層崩壊は南投縣竹山から雲林縣草嶺に向かう山岳道路で詳しく観察することができた（図一4）。写真一2は尾根部近傍からみた、沢を隔てた斜面崩壊である。右側に崩壊面積が大きい部分が認められるとともに、左側の斜面も大部分が崩壊している様子で、崩壊の割合が高い。地質は第三紀層で、ほぼ平行な層理



写真一1 九九峰の崩壊による裸地状況



図一4 雲林縣草嶺の大規模地すべりと表層崩壊多発山岳道路位置図



写真一2 雲林縣草嶺へ向かう山岳道路での表層崩壊

が遠くからも確認され、ほとんどが岩盤斜面と推定される。植生も崩壊以前は緑で覆われていたと思われるが、植生の生育はあまり良いものではない。このように、表層崩壊は、斜面勾配が大きく、風化層がある程度分布し、植生の生育もそれほどしっかりしたものでないことなどを素因として、地震動により崩れやすいところから崩壊したと考えられる。また、台地部の断層近傍の河岸段丘では、地震動の解放側にあたる河岸頂部の切り立った急斜面において表層崩壊が発生していた。

4. 大規模地すべり

現地調査した九分二山と草嶺の大規模地すべりのうち、草嶺について報告する。

草嶺の大規模地すべりは、震央から南南西約 30 km、南投縣竹山の南方 20 km のところに位置する雲林縣草嶺で発生した。地すべりの規模は草嶺山頂（標高 1234m）から斜面下の清水溪（標高 400~500m）まで一気に崩壊し、清水溪を約 4 km にわたって土砂で埋め立て、さらに対岸に乗り上げてから、なおも斜面を這い上って小さな尾根を乗り越えている

（図-4，写真-4）。崩壊面積 7 km²、崩壊土量 1 億 8 千万 m³ に達するもので、今回台湾地震の最大規模の地すべりである。この草嶺では以前にも崩壊が発生しており、今回それが拡大して発生したと見るこ

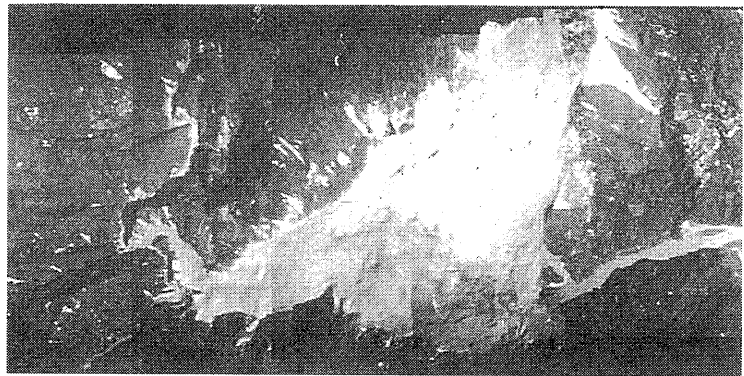
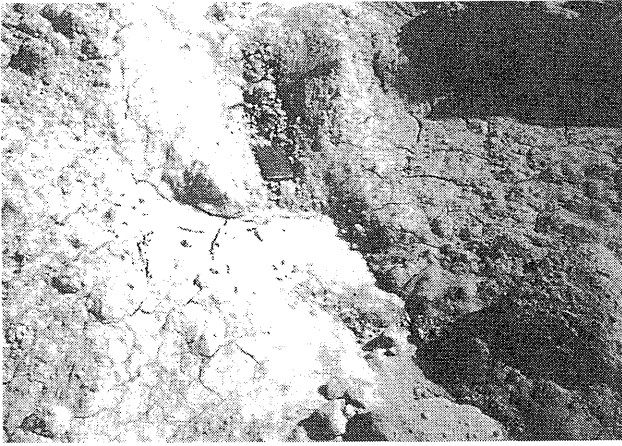


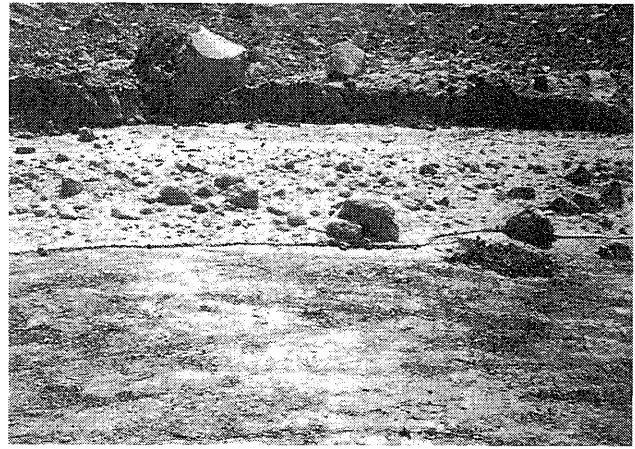
写真-4 草嶺の大規模地すべり



写真-5 中腹から見た草嶺大規模地すべりの末端状況



写真一六 草嶺地すべりで見た噴砂現象



写真一七 すべり面(泥岩)上に見られる流動化痕跡

ともできる。

写真一五は崩壊斜面を少し登って下方を見たものである。崩壊面は暗灰色の泥岩であり、それが数 100mあるいはそれ以上続く。泥岩は鏡肌状を示すとともに、崩壊後 2 ヶ月経過しているためか細片化（スレーキング）が進行している箇所が認められた。崩壊面の傾斜は平均して $13^{\circ} \sim 16^{\circ}$ とゆるい。崩壊の形態としては岩盤層すべりである。また、崩壊した土塊の大きさはそれほど大きいものは認められず、現地で見ただけで、最大で 2~3m 程度であり、岩質自体もそれほど堅いものではなく、崩壊時にバラバラとなったことが想定される。

崩壊斜面に崩壊土塊があまり残っていないことやゆるい崩壊勾配であること、及び小さな丘でも崩壊土砂が乗り越えていることを考慮すると、この崩壊はかなり流動性を持っていたと考えざるを得ない。事実、現地では噴砂現象や流動した痕跡が認められた（写真一六、写真一七）。このため、この大規模地すべりは崩壊前にかかなり大きな過剰間隔水圧が存在し、地震動により流動化したと考えられる。

5. 終わりに

今回、台湾集集地震発生後、現地調査を行った結果、斜面被害はかなり大規模であり、予想を上回る実態が確認された。日本は台湾に負けないくらい急峻な地形であり、地質構造も複雑で活断層も数多く存在する。日本で台湾のような斜面被害が発生すると、想像もつかないような被害が発生するに違いない。今後は急斜面での表層崩壊や大規模地すべりなどについて、その発生の原因を究明するとともに地震動との関係を明らかにし、日本への適用や応用を検討する必要がある。日本での対策については財政難の経済状態を考えると、ハードとソフト両面からの対策が必要である。

<引用文献>

- 1)日経コンストラクション：台湾中部大地震、pp78~95、1999
- 2)中村 晋・大角恒雄：1999 年台湾・集集 (J I J I) 大地震調査速報、土木学会誌, vol.84, pp91~94、1999
- 3)東京都立大学土質研究室：台湾地震被害調査
<http://geot.civil.metro-u.ac.jp/events/taiwan/taiwan.html>
- 4)成功大學地震災害救援服務団：台湾成功大學 921 集集大地震特集
<http://www.sgrc.ncku.edu.tw/ggsservice.htm>