

1. はじめに

1999 年 9 月 21 日 1 時 47 分（現地時間）に発生した台湾集集地震では、大きな上下方向の断層変位が現れた。この地震における地表地震断層の変位とそれによる構造物被害について報告する。

2. 地表地震断層による地盤変位と地盤変形

台湾付近はフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界に位置し、北東部は前者が後者の下に潜り込み、一方、南部は後者が前者の下に潜り込んでおり、衝突帯となっている。台湾のほぼ南北に走る中央山脈とその西側の山地では、東側が西側の上に乗り上げるような逆断層がほぼ南北に走っている。今回の地震により出現した地表地震断層として捉えられている車籠埔断層はその一つである。

今回の地震で現れた地表地震断層では、鉛直方向のずれが目立ち、最大で 8m に及んだが、水平方向のずれによる被害も見られた。車籠埔断層の北部ほど変位量は大きく、南に行くに従い変位量は小さくなった。台湾では約 650 地点で自由地盤の地震観測がなされているが、これらの地震観測地点では GPS 測量が行われていた。図-1 に車籠埔断層周辺の地震観測点での永久変位を示す。最大の隆起量を示す北部の石岡（TCU068）では、変位量は北に約 5m、西に約 7m、上に約 3.5m に達している一方、車籠埔断層をはさみ西側の豊原（TCU102）では、南に約 0.5m、東に約 1m、下に約 0.2m というように逆方向に変位している。西側の地盤を基準にすれば、断層変位のベクトルは図-2 に示すようである。実際に地表に見られた断層は鉛直方向の変位が卓越しているように思われた。

鉛直方向の断層変位による地表付近の地盤の変形には、2 つの形態が見られた。図-3 に鉛直方向断層変位による地表変形の形態を示す。表層が硬質の場合やローム質の場合には明瞭な段差が現れるが、卵石の多い軟質な未固結地盤では断層線を挟み局所的な傾動地形が生成されていた。

3. 構造物の被害形態

建物：写真-1 は共同住宅の端部であり、ここに明瞭な鉛直変位が現れた（台中市大坑）。端部の居室は 1 階は盛り上がった土で埋まっていた。写真中央の部屋は 2 階であり、この右側にはエントランスの床、柱、天井が接合部がヒンジとなって 2 階部分よりも高いところに持ち上がり、床は上盤側の車両の上に落下している。写真-2 は道路沿いの建物の一群が傾斜している様子である（石岡）。一群の真下に平行して現れた断層によって 5-6m の範囲で地面が傾斜したことによる。同じく石岡では、50m の範

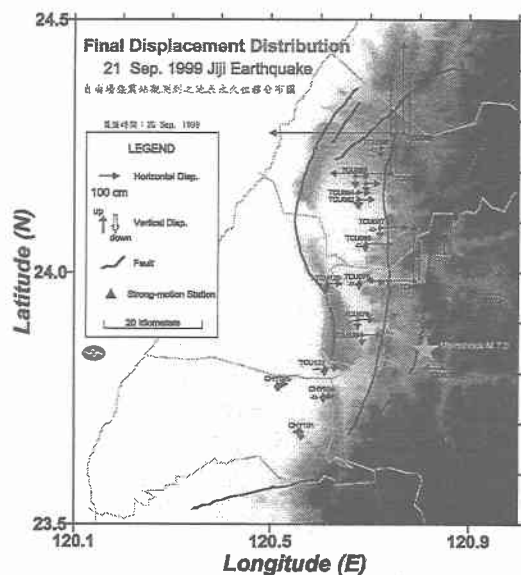


図-1 車籠埔断層周辺の地震観測点での永久変位（台湾中央気象局）

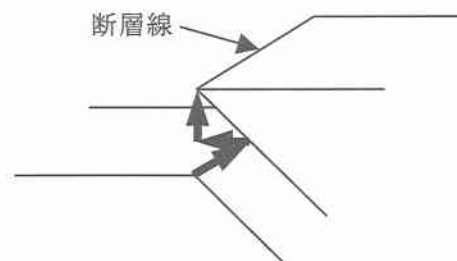
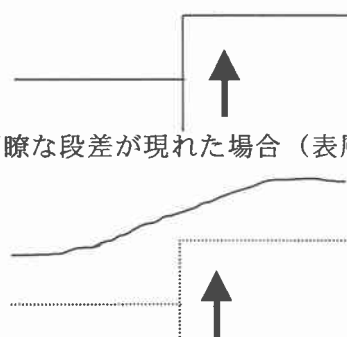


図-2 断層変位のベクトル



(a) 明瞭な段差が現れた場合（表層硬質）

(b) 明瞭な段差が現れない場合（表層軟質）

図-3 鉛直方向断層変位による地表変形



写真-1 明瞭な鉛直変位が現れた共同住宅の端部



写真-2 断層変位による建物一群の傾斜（石岡）

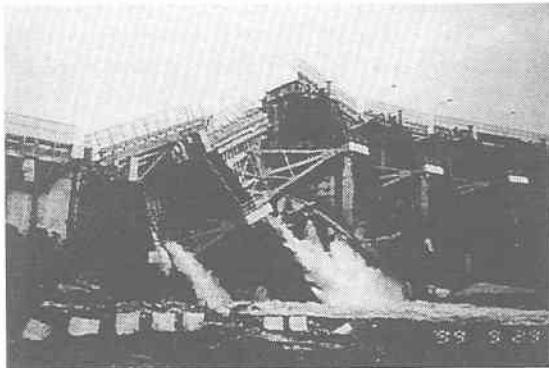


写真-3 約 7m の鉛直相対変位の現れた石岡ダム



写真-4 鉛直と水平の断層変位による碑豊橋の被害



写真-5 19 の内 9 径間が落橋した一江橋の被害



写真-6 被害を受けた導水トンネルの復旧の様子

囲で緩やかに傾斜して約 4m の鉛直変位が生じた局所的な傾動地形が見られた。

ダム：写真-3 は岩盤上に建設された石岡ダムである。相対的な約 7m の鉛直変位により破壊された。

橋梁：写真-4 は石岡ダムの下流の碑豊橋である。相対的な約 5m の鉛直変位と約 2m の橋軸直角水平変位により 3 径間の桁がねじられるように落橋した。川には岩が露頭した明瞭な段差が見られた。写真-5 は 19 径間のうち 9 径間が落橋した一江橋の様子である。断層が斜めに横切り、圧縮域にある単純桁橋が押し出されて玉突き状態で落橋したものと考えられる。烏溪橋では、引張域にある単純桁橋が落橋していた。

道路：多くの断層変位による被害が見られたが、すぐに仮復旧により通行が確保されていた。

トンネル：写真-6 に被害を受けた導水トンネルの復旧の様子を示す。鉛直方向に 2m 以上の変位により被災していたことがわかる。山岳工法によるトンネルは開削により鋼管により復旧されていた。

これらの構造物被害の共通点として、断層変位による被害が多かった割には、周辺では地震動による被害は少なかった。

4. おわりに

地表断層の出現位置予測、断層変位による地盤変形予測、断層変位による構造物被害の対策が課題である。