

## 1999年台湾集集地震における道路・土構造物の被害と被災メカニズム

(株)千代田コンサルタント ○正会員 橋本隆雄  
金沢大学工学部 正会員 宮島昌克

## 1. はじめに

1999年9月21日の午前1時47分、台湾南投縣日月潭の西方12.5 km付近を震源とするマグニチュード7.6の地震が発生した。台湾消防署によると10月20日現在、死者は2,405名、負傷者は10,718名、行方不明者は79名に達し、建物をはじめ、道路・橋梁やライフライン施設等の社会基盤施設に甚大な被害が生じた。

我々は、土木学会調査団（団長 濱田政則早稲田大学教授）として派遣され、10月1日から10月8日までの8日間にわたり現地調査を行った。特に、道路土構造物の被害は、台湾中西部（台中県(Taichung)）を卓蘭(チョラン)～名間(ミンシェン)～斗六(トウリク)に至るほぼ南北方向に走る省道3号線、名間～水里(シュエイ)に至るほぼ東西方向に走る省道16号線、水里～埔里(プーリ)に至るほぼ南北方向に走る省道21号線を中心として、周辺地域に生じている（図-1参照）。本文では、道路・土構造物の被害と被災メカニズムについて考察する。

## 2. 省道3号線周辺の被害

(1) 苗栗(シャオリ) 県卓蘭(チョラン) 鎮：卓蘭(チョラン)から東に入った内湾(ネイワン)では、断層を原因とする主道路部の隆起による鉛直変位約8 m程度が生じている。細街路でも断層直上部では、建物も含めて崩壊している。

台中(タイチュン) 県石岡(シ-カン) 郷：長庚橋(チャンケンチャオ)の落橋の直接原因は、南側橋台付近の断層が石岡ダム落桁付近に繋がっており、この断層線から地すべりを起こし、橋台が動いたものと考えられる。断層上の細街路も大きく寸断され、橋台付近の河川擁壁が倒壊している。石岡では、石岡ダムから長庚橋を結ぶ断層があり、省道3号線と長庚橋の間の細街路では、断層変位に伴う隆起により両側通行が片側通行となり、その段差のり面部を割栗石詰めネット工で仮復旧している。また、省道3号線の埤豐端(ピーホンチャオ)から水道施設を結ぶ断層が横断している箇所では、周辺建物も含めて、大規模被害を生じている。特に、上水道管等のライフラインが圧縮変形を受け断層の凄さを物語っており、道路の隆起による鉛直変位は、約5 m程度で水平変位も約3 m程度生じている。

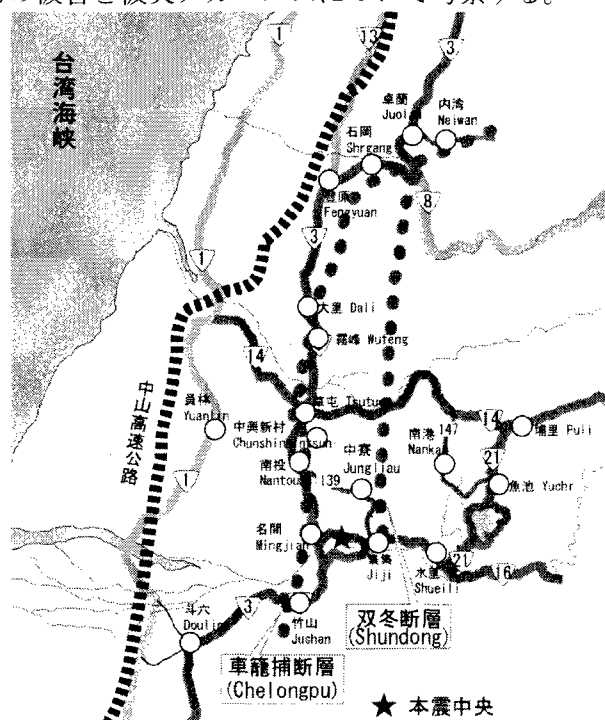


図-1 台湾中部被害箇所位置図

- (3) 台中県豊原(フョウワン) 市：豊原市水源路では石岡から継がる断層によって細街路が完全に崩壊し、ライフラインが寸断されている。また、周辺の斜面が表層崩壊を生じて建物被害に直接影響したと考えられる。
- (4) 台中市：台中市軍功園の幼稚園付近では、断層により、幼稚園境界擁壁部のグラウンド及び通路がいくつかのすべり崩壊を生じている。
- (5) 台中県霧峰(ウ-フォン) 郷：光復中学霧峰郷総合運動場(コンフクトンシューワンホワンジャンツワンファンイントツワン)では断層による2～3 m程度の段差、河川沿いの道路及び河川堤防天端の管理用道路路面及び擁壁では段差が生じている。この断層は、河川を横切り、対岸の道路及び建物にも被害をもたらし、その先の斜面も崩壊している。
- (6) 南投県草屯(ツァウトン) 鎮：草屯の断層を原因とする道路の隆起による鉛直変位は6～8 m程度、水平変位も2～3 m生じているが、雨水側溝はそのまま残っている。
- (7) 南投県中興新村(チュンシンツツン)：省道3号線及び細街路においては、建物の空地部において液状化のクレータが見られるなど、砂の液状化現象による地盤沈下が原因で、建物と道路に10～30 cm程度の段差を生じている。豪楽康の断層部では道路の隆起による鉛直変位が約8 m程度生じ、その後その地形を均した坂が形成されていた。断層上部の細街路等に多数の亀裂が見られ、下部擁壁を含んだ斜面崩壊が心配されるが、断層線から2 mも離れていれば被害はほとんど見られない。

- (8) 南投県名間(ミンチン)郷：省道3号線の名間の交差点部では、断層が斜めに横断しているため、周辺鉄塔が傾斜し、コンクリート水路が寸断され、高さ $H=2.5\text{m}$ 程度の滝のようになっている。鉛直変位は約 $5\text{m}$ 、水平変位は約 $1\text{m}$ 程度である。また、名間から集集に至る途中の摩坑二号橋の橋台に取り付く両側の擁壁が倒壊している。擁壁はRC擁壁であるが鉄筋が細く本数も少なく、コンクリート打ち継目から倒壊していることから、構造が振動に対して耐力がなかったためであると考えられる。車線は4車線であるが2車線に絞って集集から名間側が舗装の復旧が既に行われている。
- (9) 南投県竹山鎮竹山(チューツ)郷：ここは、元々沼沢であったところを30年前に河川を絞り盛土した所である。建物の柱は、地下室がある所で地下 $3\text{m}$ 、ない所は $2\text{m}$ に至るまで入っている。全体に地盤が下がり、橋梁付近や建物に段差が見られる。
- (10) 南投県斗六(トウリ)市：断層を原因とした道路の隆起による鉛直変位 $2\text{m}\sim 3\text{m}$ 程度、水平変位も $2\text{m}\sim 3\text{m}$ 程度生じており、両側4車線を2車線として使用している。ライフライン(ガス、水道)の復旧が行われている。

### 3. 省道16号線周辺の被害

- (1) 南投県集々(チーチ)鎮：集々の北側の山間部では、田圃付近の道路がすべり崩壊を生じている。亀裂は連続して見られるが、断層によるものかは明確でない。バナナ園付近では、コンクリート舗装やアスファルト舗装が軟弱地盤上であるため完全に崩壊している。集々の北側の河川護岸が両側とも崩壊し、道路路盤が側方により沈下している。また、集々から中寮(チュンリョウ)に至る道路沿いののり面がいくつか斜面崩壊している。さらに、道路を横断して南北方向の断層に沿って斜面崩壊が直線上に連続している。
- (2) 南投県水里(シュイリ)郷：水里から日月潭(スーエタン)に至る山間道路では、至る所に斜面崩壊が見られる。大規模な箇所は、高さ $20\text{m}$ 以上の土砂崩壊があり、道路部の土砂は取り払われている。道路のセンターラインにテンションクラックがあり、降雨等による二次災害が心配される。

### 4. 省道21号線周辺の被害

- (1) 茲恩塔(ツェンタ)：茲恩塔はゆるい傾斜地盤であるが、地盤が悪いため道路部に多数のクラックが入り、大きなすべりを生じている。
- (2) 南投県魚池(コーチ)郷：日月潭(スーエタン)の堤防の管理用道路の半分が軟弱地盤の影響で崩壊している。建物については斜面上のものが地形の影響により被害を受けていると考えられる。また、文武廟(ウェンフミョウ)の日月潭側の擁壁(高さ $15\text{m}$ 程度)にクラックが入り、前面に傾斜による段差が道路部では約 $30\text{cm}$ 程度、見晴台付近では $50\text{cm}$ 程度生じている。擁壁の早急な復旧または補強対策を行わないと、省道21号線の通行が不可能になると予想される。
- (3) 南投県埔里(プーリ)鎮：大雁遂道の魚池側出口付近から $200\text{m}$ 手前には、埔里から魚池に向かう側の車線の地盤変状によりRC擁壁が倒壊し、その復旧作業等が行われている。路盤には $10\sim 20\text{cm}$ の大きな亀裂がすべり円弧上に入っている。国立暨南国際大学の出入口部に大規模な斜面崩壊がある。のり面直高 $H=30\text{m}\sim 35\text{m}$ もあり、台風等の降雨による二次災害を防ぐ目的でビニールシートの応急復旧がなされている。のり面形状は、下部 $H=5\sim 10\text{m}$ 程度にコンクリート枠工がなされ、その上部にジオテキスタイル(テックス)の巻き出し工法により二段のり勾配より急に立ち上げていたものが地震力に耐えられずに崩壊している(E-W方向)(写真-1参照)。周辺状況から、大学の出入口部のスペースを確保するために、切土を行い、その部分をジオテキスタイル(テックス)によりのり土留め工法として採用したと考えられる。



写真-1 斜面すべり崩壊事例(埔里)

この地点から $200\text{m}$ 程度埔里(プーリ)市内寄りには、高さ約 $30\text{m}$ 程度の自然斜面の大規模な崩壊がある。のり面形状は、のり先部が重力式コンクリート擁壁( $H=3\text{m}$ )で無事であるが、斜面上部がオーバーハング等の地形形状、土質性状により、崩壊をもたらしたと考えられる。(E-W方向)

謝辞：最後に、調査にご協力いただきました台北の地震工学研究所及び台中の中興大学関係各位に厚くお礼申し上げます。