

台湾地震調査被害写真集

土木学会四国支部あんぜん四国検討委員会・
四国地域自然災害研究推進会議を
母体とする台湾地震四国調査団に参加して

平成12年2月

(株)愛媛建設コンサルタント

ここの
神野 邦彦

台湾では、震央付近の地名から今回の地震を「921集集大地震」と呼んでいる。

1999年9月21日午前1時47分（現地時間）に発生した台湾地震は、M7.6の大地震であり、震源に近い南投県や台中県などの台湾中部に多大な地震被害が発生した。日経コンストラクション 1999 10-22 では台湾地震の特報を組んでおり、地盤・地震動/最大10mもの鉛直変位差、橋梁・道路/断層上で落橋や脚のせん断破壊、堰・堤防・港湾/取水堰が地盤の大変位によって破壊などと報じていた。1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災・神戸高速鉄道大開駅などの被害調査で体験したことが頭の中を駆けめぐる。

土木学会四国支部あんぜん四国検討委員会・四国地域自然災害研究推進会議では、「台湾地震被害を実地調査し四国の地震防災および耐震設計などの業務に活用することを目的として、11月19日から11月23日まで現地調査を行う」という話があったのはちょうどその思いが高ぶっていたときであった。土木学会地震工学委員会地震荷重研究小委員会で委員として面識のあった愛媛大学森助教授から参加の誘いがあり、今回の現地調査に参加する機会を得た。

本資料は、調査結果として、写真撮影を中心とした調査による被害記録を個人的にとりまとめたものである。なお、台湾の地名の一部でJIS第1,2水準にない漢字については、略字などを用いて標記している。

< 調査団の構成メンバー >

()内はグループ分け

団 長	愛媛大学工学部教授	八木 則男 (A班)
幹 事	愛媛大学工学部助教授	森 伸一郎 (B班)
団 員	愛媛大学教育学部教授	高橋 治郎 (A班)
団 員	(株)第一コンサルタンツ	右城 猛 (C班)
団 員	(株)愛媛建設コンサルタント	神野 邦彦 (A班)
団 員	(株)四国総合研究所	斉藤 章彦 (C班)
団 員	四国電力(株)	浄内 明 (B班)
団 員	(株)芙蓉調査設計事務所	須賀 幸一 (A班)
団 員	愛媛大学工学部学生	俵 司 (B班)
団 員	飛島建設(株)	栃尾 大典 (C班)
団 員	(株)荒谷建設コンサルタント	山下 祐一 (B班)

< 調査日程と調査地 >

11月19日	全員	関西国際空港 台北空港 卑豊橋 石岡ダム
11月20日	全員	豊原市豊勢路 長庚大橋 石岡ダム 石圍橋 東豊大橋 東勢市 龍安橋 馬鞍ダム 南北通橋 九分二山
11月21日	A班	中正公園 東山國中 大抗花園城 一江橋 光復國中 炎峰橋 R14 日月湖 集集 中寮
11月22日	全員	竹山病院 草嶺 R149 樋頭橋 延平橋 南投市
11月23日		台北空港 関西国際空港

< あ と が き >

阪神・淡路大震災の時には、夜大阪から陸路神戸に入った。車窓からの眺めが暗闇の中でおぼろげに変わり、眼を凝らしてまのあたりに見た破壊のものすごさに背筋が寒くなったことを今でも体が記憶している。

今回、トランクの中にヘルメット、作業着、水などバタバタとつめこんで、いざ出発。もちろん関空から空路、台北空港へ。現地時間13時30分定刻に到着する（日本との時差約1時間）。入国手続などをすませて迎いのバスに乗り込み、台北から台中へ高速道路1号線を南下。移動中、流暢な日本語をじゃべりまくる案内人・頼さんから、台湾では南北に走っている道路は奇数番号、東西は偶数番号がつけられているとか、高速道路1号線にはトンネルが1箇所しかないとか、有意義な台湾基礎知識にフムフムとうなずきながら、また、顧客ニーズに次々と応え、とても初めてとは思えない頼さんの板に付いたガイドぶりに商魂を感じながら、はやる気持ちを抑えて、車窓の風景に目をはせる。

豊原市大甲溪に架かる卑豊橋の被害調査に入る。でも限られた時間内での調査。片っ端からカメラのシャッターをきる。石岡ダムに着いたところで、あっという間に日没。石岡ダム公園の一角にあった3つのコンクリート製シェルターのうち、2つは付け根の化粧タイルが剥がれる軽微な損傷。残る1つはかぶりコンクリートが剥がれ、鉄筋が露出している。どうしてだろう。ホテルに向かうバスに揺られながら、1本棒の片持ち構造物だからとりあえず簡単に1質点系モデルに置き換えて検討すれば、地表面での地震力がある程度推定できるかなどと頭の中が動き始める。

2日目以降については、長くなるので調査報告にかえさせていただくとして、以下に強く印象に残ったことを2、3挙げたい。

1)大地はズれる。断層運動でできた崖の高さに、その場の道路が高架であったらなどと想像して畏怖を覚えた。内陸型の大地震時に現れるであろう地表地震断層に対して構造物をどうするのか。大地震の発生時期、発生場所、地震規模をどのくらいの確からしさで予測できるのか。構造・機能上の対策法、対策に要する建設コスト、構造物の耐用年数などを整理する必要があると思う。

2)草嶺、九分二山など山岳地域で起きた想像を絶する大規模な斜面崩壊に、改めて地震という自然災害の脅威を認識した。地震によりはげ山となった山岳地域では、今後、降雨によって地すべりが多く発生することも予測される。

3)復旧工事の早さ、その進め方に台湾社会のたくましさ、国民性を感じた。特に、落橋によって交通が寸断された河川で、川幅が短く水量も多くないところでは、河床にならべたヒューム管の上に盛土を構築し、簡易舗装することによって応急復旧した方法はとてもユニークに思った。

最後に、技術者は基準どおりに設計するだけでなく、構造物の損傷・破壊モードを想定し設計する事が大切であると思います。今回様々な土木建築構造物の壊れ方や斜面崩壊、地表に現れた大地のずれを間近にみることができ、愛媛大学八木教授、森助教授をはじめ関係各位に感謝するとともに、921集集大地震で亡くなられた方々のご冥福をお祈りいたします。

(株)愛媛建設コンサルタント

神野 邦彦 (E-mail: ekc@ekcwing.co.jp)



写真 - 1 被害全景

台中県大平市、頭汀坑溪にかかる一江橋の被害状況

右岸側で橋桁が落ちている。
堤防付近の仮設道は盛土によって、復旧している。



写真 - 2 橋桁の落下(その1)

地盤が大きく隆起している。
周辺の建物も傾斜するなど大きな被害を受けている。



写真 - 3 橋桁の落下(その2)

拡幅のために、両側に隣接して新しい橋脚を建設中。



写真 - 4 通行規制を知らせる交通標識



写真 - 5 復旧状況

地震直後には落下していた水道管は、復旧されている。
道路の復旧は、盛土と仮栈橋により行われている。



写真 - 6 周辺建物の被害状況
(その1)

R C造の建物が大きく傾いている。
写真左側の地盤が隆起している。



写真 - 7 周辺建物の被害状況
(その2)

土間コンが大きくめくれ上がっている。



写真 - 8 周辺斜面の被害状況

三汀山(480m)
斜面崩壊が見られる。



写真 - 1 被害全景(その1)

台中県豊原市、大甲溪にかかる卑豊橋の被害状況

断層変位によって破壊した石岡ダムは、約1km上流に位置する。



写真 - 2 被害全景(その2)

断層が橋の下を通り、左岸側(写真手前)の地盤が隆起している。

断層変位が生じていない右岸側には大きな変状は見られないことから、主因として、断層変位により桁が落下したと推定される。



写真 - 3 被害全景(その3)

橋の上流の河床にも断層変位が生じたため、滝が出現した。



写真 - 4 倒壊した橋脚



写真 - 5 通行禁止ほかを知らせる警告板

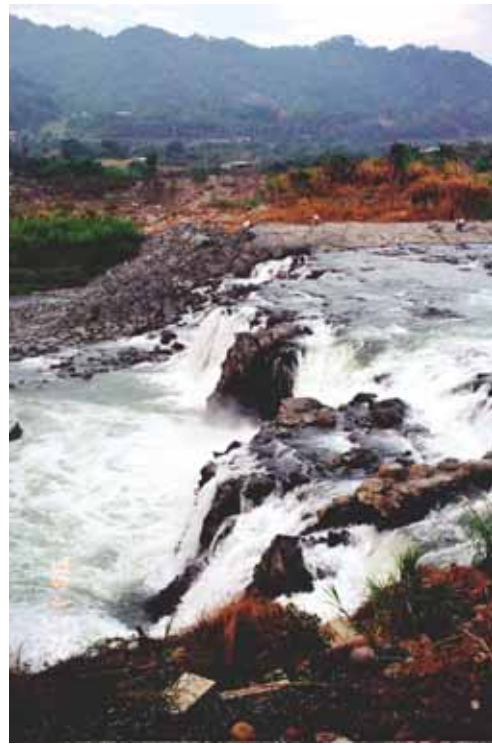


写真 - 6 河床を横切る地表地震断層



写真 - 7 根元で破壊した電柱



写真 - 8 傾斜した盛土擁壁



写真 - 1 被害全景(その1)

台中県石岡郷、大甲溪にかかる長庚大橋の被害状況

橋桁の落下(橋軸方向)。



写真 - 2 被害全景(その2)

橋桁の落下。
周辺の建物には大きな被害は見られない。

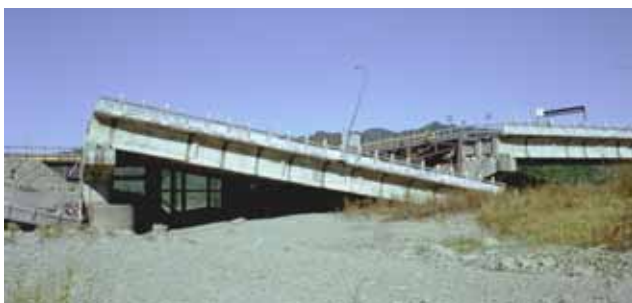


写真 - 3 被害全景(その3)

橋桁の落下(橋軸直角方向)。



写真 - 4

写真 - 3の左側橋脚

桁が左岸側(写真左方向)に押し出されている。



写真 - 5

写真 - 3の右側橋脚



写真 - 6 周辺建物の状況

周辺の建物には大きな被害は見られない。
車両の通行制限(制限高さ3m)を行っている。



写真 - 7 ライフライン(水道管)
の復旧状況



写真 - 8 応急復旧の状況

河床にふとん籠を敷き、盛土と仮栈橋
によって応急復旧している。



写真 - 9 仮栈橋の基礎の状況

仮栈橋の基礎は、ふとん籠の上に置
かれた状態である。



写真 - 5 地表地震断層(その1)

堤防側(南側)からスタンド方向を望む。
競技用トラックを南北に横切っている。
段差は約1.8mである。



写真 - 6 地表地震断層(その2)

競技場中央の芝生にできた亀裂。



写真 - 7 地表地震断層(その3)

スタンド側(北側)から堤防方向を望む。



写真 - 8 競技用スタンド

地表地震断層から約50m離れた位置
にあるスタンド。
建物の外面には変状は見られない。
トラックに亀裂が走っている。



写真 - 9 地表地震断層による被害
渡り廊下にできた段差。



写真 - 10 地面にできた
亀裂



写真 - 11 建物の被害(その1)



写真 - 12 建物の被害(その2)



写真 - 1 地表地震断層

台中県霧峰卿光復國中付近に現れた地表地震断層。山すそを通り、河川を横切るかたちで現れている。



写真 - 2 堤防の被害

断層変位によって、堤防の張りコンクリートがめくり上がっている。



写真 - 3 ボックスカルバートの破壊(その1)

幅1m×高さ1mのカルバートが断層変位によって断裂し、持ち上がっている。断層は陸上競技場の方向に列なっている。



写真 - 4 ボックスカルバートの破断(その2)



写真 - 1 被害全景

卑豊橋から石岡ダムを望む。

台中県石岡郷に位置する石岡ダムは、断層変位によって破壊した。



写真 - 2 ダム本体の被害状況 (その1)

地表地震断層が右岸側の堤体を横切ったため、堤体に約7mの段差ができています。破壊したところから水が流出し、ダムとしての機能が失われた。



写真 - 3 ダム本体の被害状況 (その2)

ダム本体は水平方向にも移動している。進入禁止の柵と警告板が設けられている。



写真 - 4 ダム周辺の状況(その1)

石岡ダムの下流に現れた地表地震断層。大甲溪の護岸堤防に段差が生じている。



写真 - 5 ダム周辺の状況(その2)

下流左岸側も隆起していることがわかる。



写真 - 6 導水路トンネルの復旧状況

石岡ダムと豊原浄水場とを結ぶ道水路トンネルが断層変位によって破断された。鋼管をつないで補修している。



写真 - 7 石岡ダム公園の被害

3基の公園シェルターのうち、2基は柱の化粧タイルが剥がれ落ちるといふ軽微な損傷。残る1基は柱の下端で鉄筋が露出している。



写真 - 8 破壊された公園シェルター

柱下端のかぶりコンクリートが剥がれ落ち、鉄筋が露出している。



写真 - 1 大規模斜面崩壊(その1)

雲林県古坑卿草嶺(標高1234m)の南斜面で発生した大規模斜面崩壊。

崩壊土量は衛星写真から推定して、3億5千万 m^3 とも言われている。



写真 - 2 大規模斜面崩壊(その2)

崩壊した土砂によって川が堰きとめられて、湖が出現した。



写真 - 3 大規模斜面崩壊(その3)

1941年に起きた地震によっても、およそ1億 m^3 の斜面崩壊が発生した。

今回の地震は、前回の崩れ残った部分の崩壊が引き金となって生じたのではないかと考えられている。



写真 - 4 岩盤のすべり面

斜面勾配は約 13° である。滑落面の上に巨大な転石や堆積土があるが、そのすべり面は一様に滑らかである。



写真 - 5 すべり面の中腹に位置する崖

崖の高さは約6mである。
東大・龍岡先生の調査団と合流した。



写真 - 6 すべり面中腹から下を望む

すべり面は自然にできたとは思えないほど、とてもフラットな面となっている。

砂岩の間に頁岩が挟まっており、これが弱面となって崩壊したと推定される。



写真 - 7 切り立った破断面(その1)



写真 - 8 切り立った破断面(その2)



写真 - 9 岩盤のすべり面



写真 - 10 復旧用の仮設道

走る車の砂埃から、斜面崩壊が起きた直後の砂煙はすさまじかったのではないかと想像される。



写真 - 11 湖の出現(その1)

崩壊によって川が堰きとめられて、湖が出現した。



写真 - 12 湖の出現(その2)

電信柱をたどって行くと、道路が湖面の方向に向かっていることがわかる。



写真 - 13 自然のダム

崩壊によって天然のダムができています。



写真 - 1 大規模斜面崩壊(その1)

中寮郷と國姓郷との郷境に位置する九分二山(標高1174m)の東側斜面で発生した大規模斜面崩壊。

写真奥の山が九分二山である。望遠鏡でのぞくと、山頂付近の山肌に数軒の民家が残されていた。

斜面崩壊によって、谷すじを流れる韭菜湖溪が堰きとめられた。



写真 - 2 大規模斜面崩壊(その2)

堆積した崩壊土。



写真 - 3 大規模斜面崩壊(その3)

崩壊土により埋まった谷すじ。仮設道がつくられている。



写真 - 4 大規模斜面崩壊(その4)

なぜかこの地点だけ水がたまっている。



写真 - 1 集集駅の被害(その1)

南投県集集鎮に位置する集集駅。駅の回りにフェンスを設けて、立入禁止となっている。震源地は集集近傍であるので、台湾では、今回の地震を921集集大地震と呼んでいる。



写真 - 2 集集駅の被害(その2)

木造の柱が東西方向に傾いている。



写真 - 3 駅のそばの公園



写真 - 4 倒壊した武昌宮

集集駅から車で5分ほどの距離にある武昌宮。柱構造であるので、最下層の柱の破壊によって、屋根の重量を支えきれなくなり、ダルマ落し状態となって破壊している。