

四川地震（2008.5.12、14:28、Ms 8.0）調査報告

報告者：國生剛治

調査日：2008.10.8-10

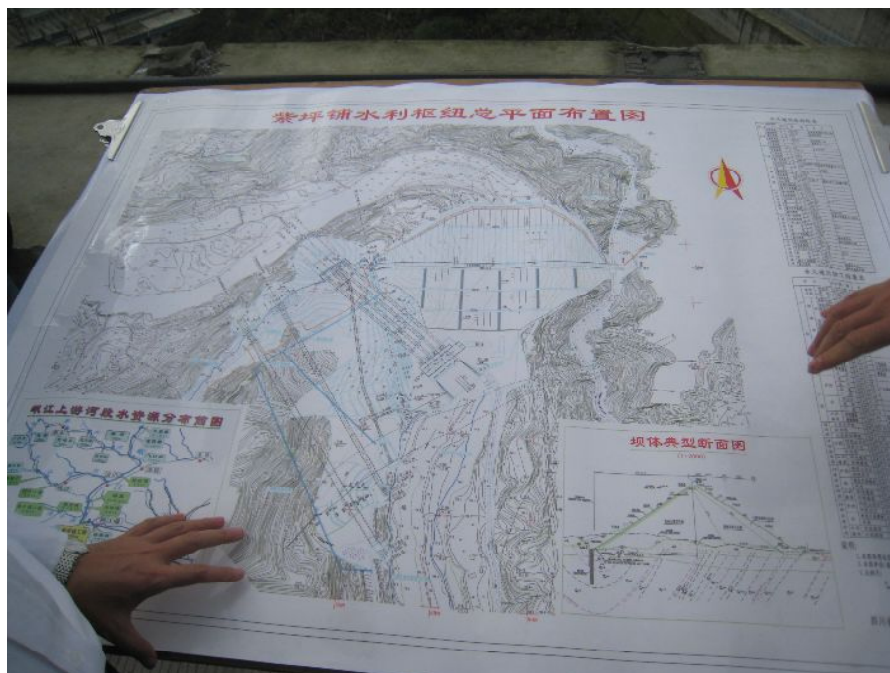
調査場所：紫坪浦ダム、都江堰、虹口、白鹿、九峰、綿竹とその周辺を訪れ、断層・橋梁・斜面崩壊・土石流・建物などの被害を調査したが、ここでは地盤関連の主要なものについて述べる。

1. 紫坪浦（Zipingpu）ダム(数値の多くは現場で技術者より聞き取りのため、確認必要)

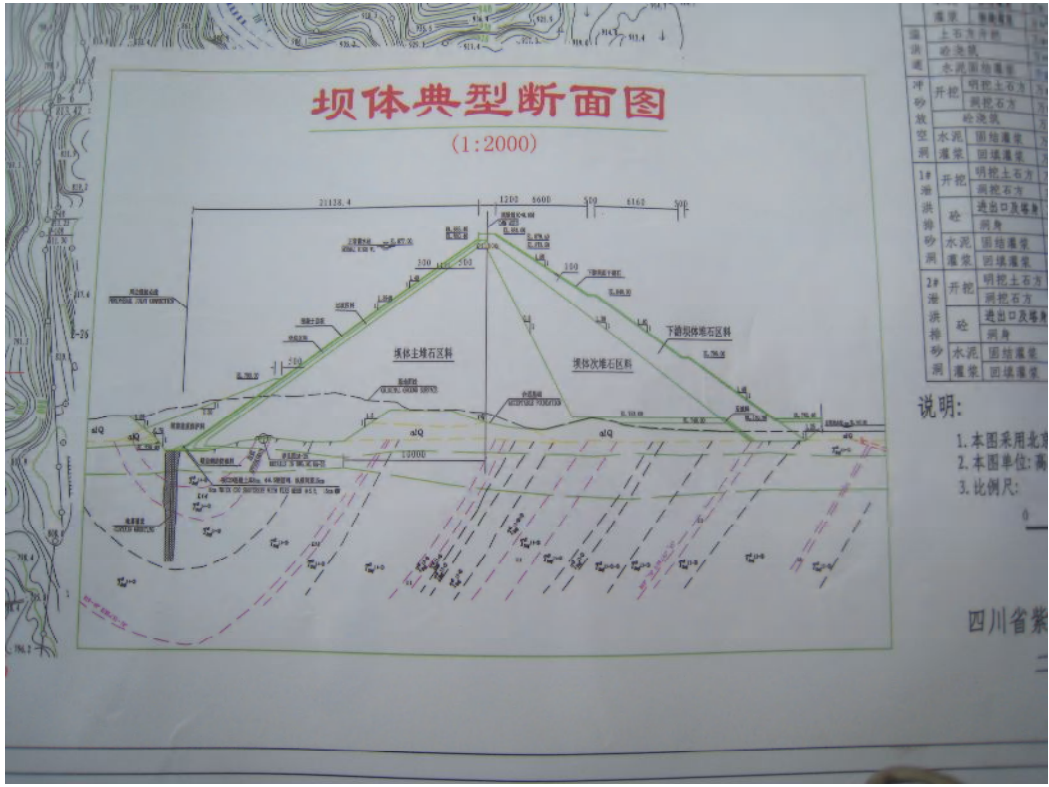
- ・主な仕様；コンクリートフェーシングロックフィル、多目的ダム（利水、治水、発電）、高さ：156m、堤長：884m（要チェック）、貯水容量：11 億 t、発電出力：76 万 kW。施工は2001～2005 年。
- ・ロックは上流ロック山の石灰岩、最大ロック径 1～0.8m を機械転圧、上流勾配は 1:1.4、下流勾配は 1:1.5。上流コンクリート遮水版は 30～80cm、その下は 3m のフィルター。
- ・地震計は天端に 3 点あり、以下の加速度（単位 G）が取れたが、ダム基礎岩盤に設置した地震計は記録とれず。

	ダム軸直角	ダム軸	鉛直
ダム中心	2.061	1.635	2.065
左岸	0.811	0.591	0.715
右岸	1.371	1.177	0.654

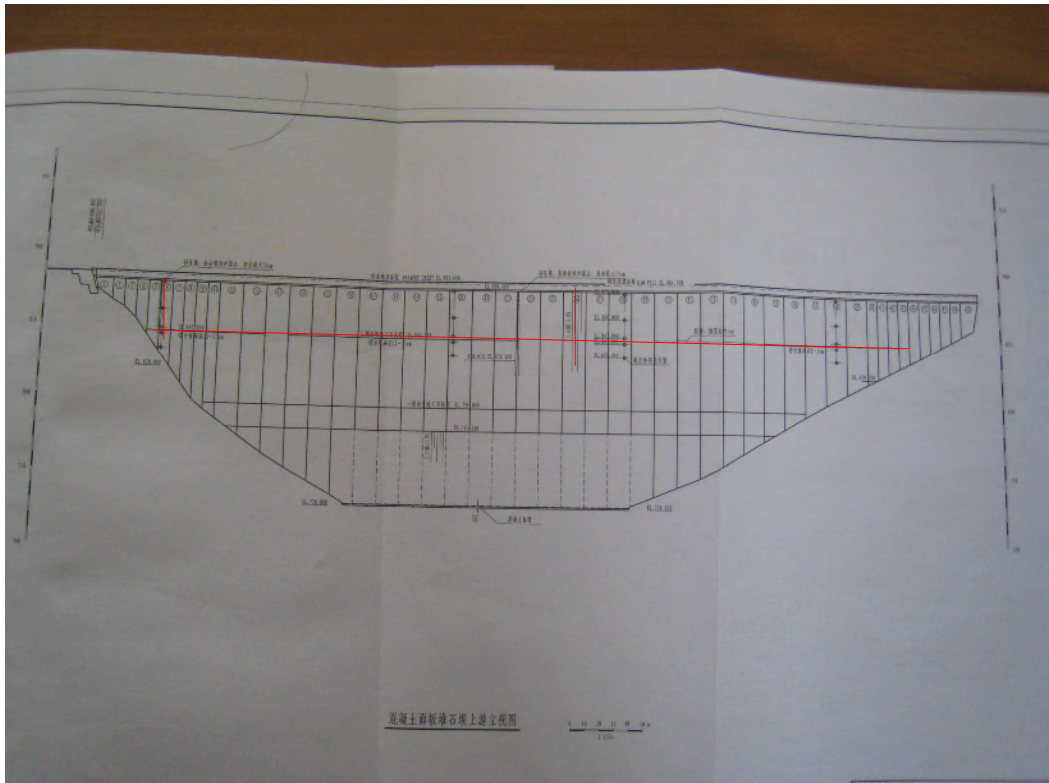
- ・設計満水位 877m に対し、地震時の水位は EL830m と低かった。
- ・地震後の天端沈下量は中心で 74cm、右岸端（ロック厚 20m）での洪水吐き（地山上）との相対沈下量は 30cm。水平変位は天端で下流方向へ 30cm。
- ・水位より上のコンクリート遮水版に長さ 800m の水平亀裂(上部の版が幅 25cm だけ下部より貯水池側に飛び出し)と、2 箇所ダム天端から水位面付近まで縦亀裂が入った。既に補修して、現在の水位は 860m まで上がっているため、水平亀裂の修復箇所は見えず。
- ・ダム漏水量は、10.7（地震前）→18～20 リットル/秒（地震後）で、特に問題ないと考えている。
- ・震動の影響以外に、地殻変動で堤体がダム軸方向に圧縮を受けた可能性あるとの説明。



紫坪浦ダム平面図



堤体標準断面图



上流コンクリート遮水版の亀裂（赤字）分布



下流法面遠景



天端が中央で74cm沈下



下流法面リップラップ (天端フェンス落下)



下流法面リップラップの乱れ



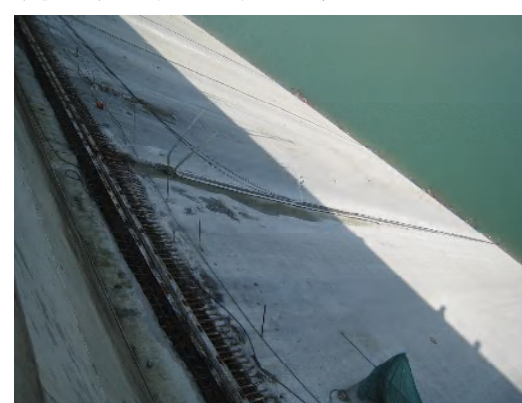
天端の沈下



下流法面リップラップの乱れ



上流コンクリート遮水版



遮水版縦亀裂補修跡と天端止水擁壁
ジョイント部の補修



天端止水擁壁ジョイントの圧縮破壊



天端止水擁壁ジョイントの圧縮破壊



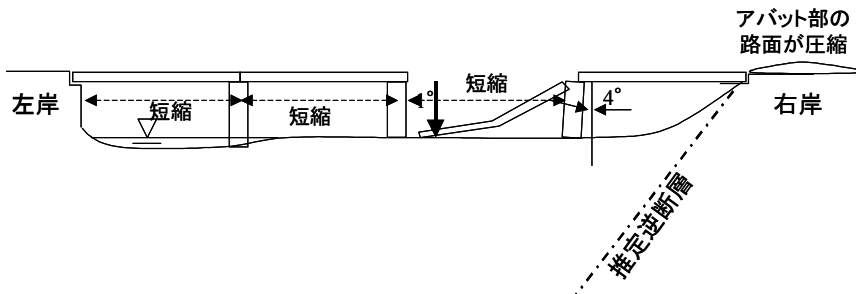
左岸地山切り取り斜面のロックアンカー



ロックアンカー先端部の破壊

2. 虹口 (Hang Ko) の高原大橋 (Gaoyuan bridge) の落橋

- ・4径間の単純梁 RC スラブ橋のうち1径間が落橋。至近に現れた逆断層（鉛直変位 3.2m、走向 N40~50°E）かその副断層が原因で圧縮変位を受けたことが原因と考えられ、右岸アバット付近の路面が圧縮変形している。
- ・各ピアーのシュー間の距離がすべて縮まっており、中央のピアーシューから右から2番目のケタが押し出されたことが落橋の原因。
- ・河床の土質地盤は薄く、ピアー下の杭基礎は短いとのこと。
- ・シュー間の距離が縮まった具体的なメカニズムは不明だが、河床部分に複数の派生断層が発生した可能性。



高原大橋 (Gaoyuan bridge) 落橋の概念図



高原大橋遠景



右岸アバット部の圧縮変形



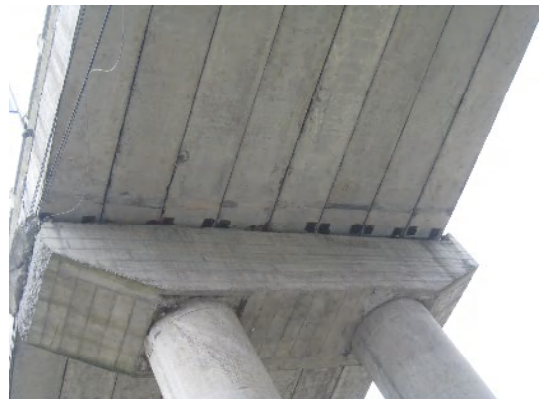
右岸側から左岸方向望む



中央のピアから桁が押し出され落下



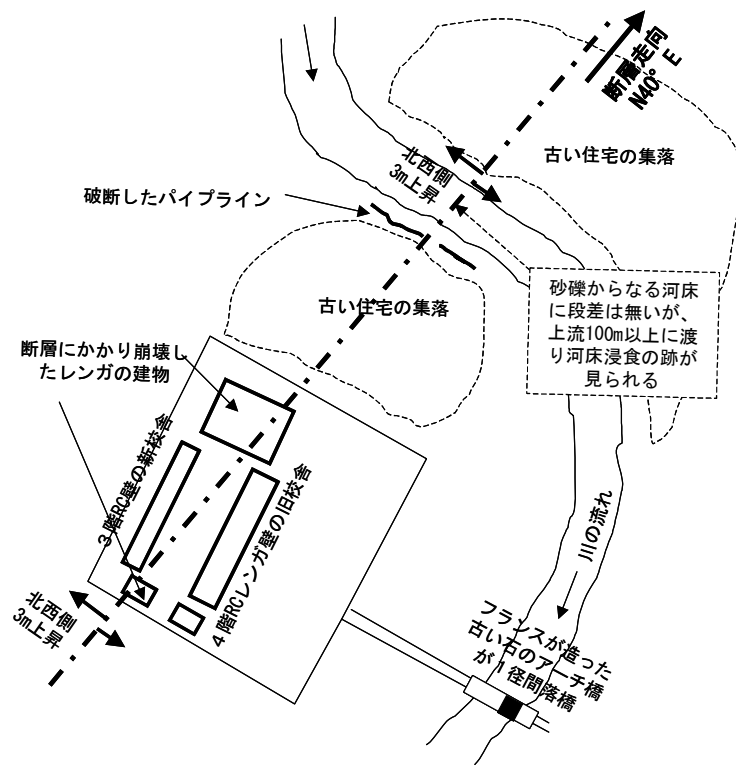
右岸側第1ピアシュアのズレ



右岸側第3ピアシュアのズレ

3. 彰州市 (Peng-Zhou) 白鹿 (Bailu) 九年制学校の断層被害

- RC レンガ壁構造で4階建ての旧校舎と3階建ての新校舎との間に逆断層（変位3m、走向N40°E）が通過。
- 新校舎側が3mほど上昇したが、断層線は校舎を外れていたため、断層による倒壊は免れ、震動による被害も軽度。旧校舎はレンガ壁にせん断亀裂が目立ち、重度の被害。
- 断層上にあった建物（レンガ壁）は倒壊し、一階建ての建物は傾斜の被害。
- 断層は北東側に川を渡り、山の稜線まで延びているのが確認できる。
- 川を渡る手前で、パイプラインが抜け落ちているのが確認できた。
- 断層が川を横断する辺りでは特に滝のような段差は確認できないが、上流の河床は急になり、川岸に段差が見られ、地震直後から侵食が上流に向かって進んでいるようだ。



白鹿九年制学校とその周辺の断層による影響



左側の新校舎と右側の旧校舎との間に逆断層が通過



校庭のパネル写真に示された地震前後の変化



旧校舎のレンガ壁の被害
遠方のさい建物は傾いている。



断層の通過した手前の建物は倒壊し、



学校のフェンスを超えて稜線まで延びる断層線



断層上にある右岸のパイプラインの抜け落ち



断層通過位置（鎖線）の河床の下流からの眺め



断層線から 100m 以上上流に及ぶ河床の侵食

4. 九峰付近の大規模土石流被害

- ・地震の崩壊斜面で7月15日の豪雨により土石流が発生、大量の土砂で川の塞き止めが起きたが、7月29日までに撤去。
- ・巨礫から砂までの幅広い粒径。花崗岩と砂岩が主体。
- ・RC建物の端部が激しく壊れているが、全体としては土石流に持ち堪えている。



川沿いの建物の裏手から押し寄せた土石流



杉林の間を突き破った土石流



角のある礫からなる巨礫が先端部を占める



山の尾根部からの崩壊が土石流の源流



建物の端部はちぎられたが、全体としては持ち堪えた



上流から続く土石流の流れ

5. 九峰付近の謝家店 (Xie Jia Dian) の地滑り

- ・谷沿いに2~3 上流からの崩壊巨礫（堆積岩）が段丘部に500×500m程度に堆積。
- ・前面の川を閉塞し天然ダムを造った。村民63人が死亡。
- ・土量は400~1000万 m³程度か。



崩壊土砂下部と巻き込まれた家屋



崩壊上流部を望む



下の川は一時堰き止められ、土砂撤去の跡が見られる



崩壊範囲の右側を望む

6. 綿竹市郊外の砂旺 (Han Wang) 上流の斜面崩壊・土石流

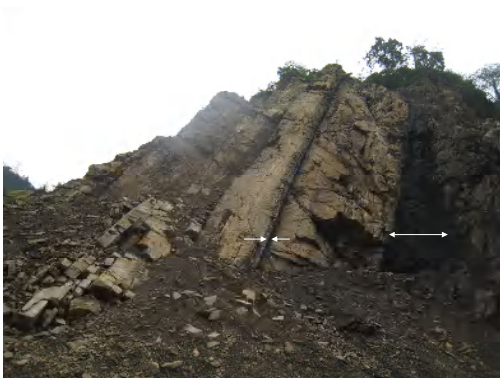
- ・砂旺鎮から山間部に入る綿遠河 (Mian Yuan Ho) 沿いの道路に沿って、交通規制を通過して徒歩により 4km 上流まで調査。
- ・非常に多くの斜面崩壊とその後の雨による土石流の跡を見た。
- ・天然ダムで浸水し、その後、土砂堆積により埋まった集落あり。
- ・川の左岸 (道路側) は流れ盤、右岸側は受け盤。地質は砂岩主体で石炭層を挟む。
- ・砂岩層理面の走向は $N40^{\circ}E$ で地震断層とほぼ一致し、傾斜は $45\sim 60^{\circ}W$ 。



右岸側の受け盤崩壊の例



頂部の崩壊から発生した土石流



砂岩層の間の石炭層 (矢印の部分)



河床を埋める砂礫堆積層は少なくとも 2 層からなり、古い方は酸化が進んでいる。



確認できた左岸側の層理面に沿った流れ盤滑り



右岸側の典型的受け盤滑り



左岸側の砂岩層理面。高角度から考えて岩の強度は大きい。



砂岩道路に沿った層理面



天然ダムで浸水しその後、砂礫で埋まった集落と家屋



上流からの砂礫で埋まった集落と家屋

謝辞：今回の調査は石原研而教授、京大防災研の方々と一緒にさせていただいた。また、中国河海大学の四川大学の Deng Jia-hui 教授らと Chen Yumin 氏に案内いただいた。末筆ながら深謝の意を表します。