

中国四川省汶川地震の調査団報告

Reconnaissance survey on geotechnical damage caused by 2008 Wenchuan earthquake of China

東 畑 郁 生 (とうはた いくお)

中国四川省大地震復興技術協力団 団長 (東京大学教授)

1. はじめに

平成20年5月12日の現地時間で午後2時28分(日本との時差1時間)に、中国の四川省で $M_w=7.9$ の汶川 Wenchuan 地震が発生した。その被害はすでにマスコミなどを通じて知られている通りである。この地震に対応して地盤工学会では、土木学会、建築学会、地震学会、地震工学会と共同で、復興協力活動を行なった。四川省における協力相手方は、成都市の西南交通大学であった。そして協力の一環として被害地域の踏査を行なう機会にも恵まれた。筆者は地盤工学関係の訪問団長を務めたので、その資格において活動結果を報告する。なお団のメンバーは、吉田望(東北学院大学)、王林(中央開発)、沖村孝(神戸大学名誉教授)、陳光斉(九州大学)、馬貴臣(岐阜大学)、内村太郎(東京大学)、村田芳信(地盤防災ネットワーク)、馮少孔(中央開発)の各氏であった。なお調査は5月29日から30日の先遣隊(吉田、王の両氏)と、6月27日から6月28日の後続隊に分かれて行なわれ、それぞれ現地の政府や大学などと、技術交流会も開催した。

2. 斜面崩壊

地震災害の発生した四川省の地域(口絵図—1)はヒマラヤの縁辺に位置しており、地形が急峻で谷が深い。またインド亜大陸がユーラシアに衝突している影響の及んでいる最前線であり、大地震の起こる可能性が秘められていた。しかし当該地域では近世以降大地震の経験が無く、近代的な耐震基準の策定上では警戒が厳しくない地域であった。

山腹の急斜面には、地震時に崩壊しやすい条件が集まっていた。その結果、総数で5万箇所以上の斜面崩壊が発生した、とされている。口絵写真—1は小魚洞近傍の表層斜面崩壊の状況である。この地域は四川盆地から山地に入ったばかりのところであり、地質は砂岩や石灰岩などの堆積岩である。風化の進んだ表層が崩落したが、その量は多くなく、斜面のふもとで土砂の運動は停止した。沖村団員の意見によれば、斜面の上部から崩壊の始まっているケースが多く、普段の豪雨では崩壊を免れていた急傾斜斜面が、今回の地震で崩落を起こしている。

銀場溝の奥の謝家店子では、大規模な斜面崩壊が発生した。口絵写真—2では、2m以上の粒径を持つ巨レキが堆積していることが見て取れる。麓から崩壊頂部を見

上げた角度は26度であった。この崩壊では、住民60人が犠牲になった。堆積部分の表面勾配は約12度で、堆積物の体積を概算すると、250万 m^3 であった。なお堆積しているレキは主として砂岩と石灰岩であり、若干の花崗岩が混在していた。

岷江に沿って遡って行くと、震央である映秀の街に至る。ここでは建築物が壊滅に近い打撃を被った(口絵写真—3)。口絵写真—3の背景の山は、ここから汶川に続く岷江の谷沿いの山々である。映秀までは堆積岩主体であった地質は、ここから花崗岩に変わっている。そして斜面崩壊の度合いも強まり、ここまでは飛び飛びであった崩落が、映秀からは途切れなく連続するようになる。その結果、岷江沿いの道路は完全に破壊され、筆者が現地を訪れた6月末(地震後1ヶ月半)でもまだ、映秀から先の道路は不通であった。

口絵写真—4は、映秀の街外れにおける道路復旧の努力の様子である。堆積した岩石を岷江へ落としているのだが、斜面が上部から全面的に崩壊しているため、今後とも次々と岩石が崩落し、道路の再建はきわめて難しいように思えた。これからも大雨が降るごとに、新たな表層崩落が起こるであろう。この状況に対して調査団側からは、崩落岩石を取り除いて道路を開通させるのではなく、河道側に岩石を盛りたてて道路のスペースを確保すべきではないか、という指摘がなされた(沖村団員)。また道路防護のために、簡易なトンネル構造(ロックシェッド)を設置できないか、との提案もあった。

谷を隔てて両側の山腹で、崩落の度合いに著しい差のあるケースがある。同じことに西南交通大学の姚令侃教授も注目しており、同教授は、観察した11の谷のうち7箇所では谷の震央側斜面が激しく崩落している(口絵写真—5)のに対し、逆の状況は一つも無かった、と述べている。これには谷を隔てて地質に差のある可能性もあり、また方向によって日射や寒暖に違いがあって風化の進行に差が生じている場合もあろう。しかし同教授は、谷の存在が地震動の遮断になったのではないかと考えている。

3. 塞き止め湖

中国では堰塞湖と呼び、いわゆる天然ダム、河道閉塞の問題である。多くの現場がいまだに立ち入り禁止の状態にあり、今回の調査では閉塞の現場を実際に訪問することは出来なかった。そこで西南交通大学から王団員に

提供された写真に基づいて、報告をしたい。

大きな河川だけで31箇所も形成された塞き止め湖のうちでもっとも有名になったのが、北川近くの唐家山塞き止め湖である（口絵写真—6）。この湖は2 037万 m³の土砂によって形成され、二週間後には長さ23キロの湖に3億トンの水が溜まって口絵写真—7のような状態に至った。

この事態に対して軍隊や武装警察が出動し、ダムに排水路を開削して水抜きが図られた。作られた水路をコンクリートやパイプで保護することは無かったので、流出する水によって土砂が浸食されて大量の水が下流へ一気に流れることが予想された。そこで下流の綿陽市の住民は強制的に避難した。口絵写真—8がダムから流出する水の奔流である。最大で毎秒6 000 m³以上の水が流出し、下流の町は浸水した。犠牲者が一人も出なかったので作業は成功した、と評価されているが、浸水によるあらたな被害が生じているはずであり、しかもこの点は事後の評価においても考慮されていない。お国柄であろう。

4. 法面安定工の性能

道路に沿って、いろいろな法面安定の工事が施されていた。地震動を被ったときの性能は様々であり、それは工法自体の性能のほかに、現地の状況への適否、施工の内容などいろいろな要素によって決まるものである。したがって一概に、どの工法が良いかの悪いかという評価を行なうことは出来ない。それを弁えたうえで、現地の状況を紹介する。

まず落石防護のためのネットであるが、当然ながらこれは斜面自体の安定化には寄与しなかった（口絵写真—9）。吹き付け工には金属のネットを入れて補強を図っているケースもあった（口絵写真—10）。吹き付けは比較的安定している法面に採用されていると考えられ、大崩落は免れているものの、無傷とは言い難かった。

さらに不安定な法面に対しては、たとえば口絵写真—11のようなフレームとアンカーが設置されていた。これらは概ね良好な結果を生んだ、と考えられる。また口絵写真—12のように、不安定な斜面の下部に深礎杭を設置した例があった。地すべり抑止機能を期待した杭である。杭の間にパネルを設け、土塊の動きを止めていた。地震時には深礎杭が傾いたが、当面不安定というほどではなく、所期の機能を発揮した、と評価できる。以上のような法面保護工を通覧すると、補強の度合いの高いものほど良い成果を収めた、と結論してかまわないであろう。

補強土擁壁に耐震性が無かった、として紹介された事例があった（口絵写真—13）。補強材が抜け落ちており、筆者らの訪問時には補修工事が進行中であった。しかし背後の道路にはほとんど変状がなく、車両の通行にも問題がなかった（口絵写真—14）。この例のように、技術に対する現地の評価は「0か1か」的な性格があり、個々の技術の適合性、設計や施工の良否によって性能は変

わってしまうことが、考慮されないようである。

5. 小魚洞大橋

小魚洞大橋はコンクリートのラーメン橋であり、2スパンが落橋した（口絵写真—15）。この橋の左岸側の橋台の状況を口絵写真—16に示す。橋台がせり出してラーメン構造に過大な断面力を生み、部材がせん断破壊して橋を大変形させたことがわかる。一般にこの地域は過去に大きな地震の経験がなく、設計においても地震力を考慮しないことが多い、との説明があった。口絵写真—16の事例もそれに該当するのであろう。なおこの地点の脇に、断層運動の結果と見られる段差が続いているのを発見した（口絵写真—17）。その走行は龍門山断裂群の方向とは異なっているものの共役方向とも考えられ、報告に値するものである。

6. 技術交流会

五つの学会の連携による四川省訪問は、重建と呼ばれる現地社会の復旧復興への協力、という枠組みで実施された。地震災害の経験の多い日本の情報が、現地の復興に役立つであろう、という考え方である。そこで被害地踏査の後で、四川省の各機関と合同して技術交流会（意見交換と復旧に役立つ技術の紹介）が実施された（口絵写真—18）。

最重要事項として、1995年神戸の六甲山、2005年福岡県西方地震における玄海島、そして2004年新潟県中越地震によって発生した斜面崩壊と復旧復興の事例を紹介した。これらは四川省の事例と比べて被災面積が小さいこと、財政的な規模にも差があることから、直接の参考にはなりにくい面があるが、情報としては重要であった。次に、今後四川省で取り組むべき課題として、地震動で攪乱された斜面が長期的に不安定となって崩落が続く可能性を指摘し、安定化に向けた砂防工事の重要性や、より安価な対策としての現場計測の手法を紹介した。また、いまだ不通のままになっている道路も山間地に多く（口絵写真—4）、仮設的なものであってもとりあえず交通の再開を支援できる技術が必要であると、痛感した。さらに、耐震設計基準の適否も議論が盛んであるが、国の中央で優れた基準を定めたとしても地方の現場でそれが遵守されるかどうか、という問題が存在し、強制力をもたない体制を構築しなければならない、とも感じた。これは世界中の多くの国に共通する問題である。

7. 謝 辞

このたびの調査活動に当たっては、カウンターパート機関となった成都市の西南交通大学の土木学院の先生方には懇切な対応をいただいた。特に学院長の李乔教授、まとめ役を務められた巫錫勇教授のお名前を挙げ、深謝の意を表する次第である。