

速報

中国四川大地震による
唐家山天然ダムの
形成と防災対応

池谷 浩

いげや ひろし

(財)砂防・地すべり技術センター 理事長

呉 旭

うしゅう

応用地質株式会社東京本社技術センター
地盤解析グループ グループリーダー

比留間 雅紀

ひるま まさき

(財)砂防・地すべり技術センター 企画部 国際課長

1. はじめに

2008年5月12日午後2時28分(日本時間午後3時28分)、中国四川省アバ・チベット族チャン族自治州汶川映秀付近を震源とするマグニチュード8.0の地震が発生した。この四川大地震は、四川盆地とチベット高原との境界部に沿って南西から北東方向に走る龍門山断層帯に属する複数の断層運動によって引き起こされたものである。震源の深さは19km、動いた断層の総延長は約300kmと推定され、内陸部の直下型地震としては世界最大級の地震となった。8月25日現在、この地震による死者は6万9226名、行方不明者1万7923名、負傷者37万4643名、家屋被害では、倒壊家屋530万棟以上など、甚大な被害が発生している。

四川大地震の震源地域は、これまでの地質構造運動によって形成された脆弱な地質条件に加え、地形的には幅約50kmの間に標高が500mから3,500mへと急激に変化するなど、急峻な地形となっている。山岳地帯では水系が発達しており、長江(揚子江)上流の四つの支流(岷江、沱江、涪江、嘉陵江)は、今回の地震断層帯を横断して流下している。

このように四川大地震は、脆弱な地質条件にある山岳地域で発生した震源の浅い巨大地震であり、大規模な斜面崩壊や地すべり、およびそれらによって形成された天然ダムなど深刻な土砂災害をもたらしたことに大きな特徴がある。これまでの報道によると、6月末までの時点では確認された土砂災害の箇所は1万2536にのぼり、そのうち、崩壊3619箇所、地すべり5899箇所、土石流1054箇所となっている。

特に懸念されているのは、天然ダムによる二次災害の発生である。四川省水利庁の発表によると、地震による天然ダム(堤体高さが10m以上、湛水容量が10万 m^3 以上、集水面積が20 km^2 以上)は、6月15日時点で四川省内に34箇所が確認された。その後、新たに70箇所が確認され、合計で四川省内に104箇所の天然ダムが確認された。これらの危険性評価としては、極めて危険1箇所、危険度高6箇所、危険度中程度25箇所、危険度低72箇所となっている。8月現在の対応状況としては、唐家山、肖家橋など75箇所の危険が解除され、石板沟、老鷹岩など18箇所の危険も基本的に回避されたほか、3箇所は施工中で、残りの8箇所については対策検討が行われているところである。

2. 唐家山天然ダムの
形成と決壊の危険性

2-1 概説

四川大地震で四川省内に形成された104箇所の天然ダムのうち、最大の洪水規模をもち最も危険度が高いとされたのが唐家山の天然ダムである図-1。綿陽市・北川羌族自治州の曲山鎮から上流3.2km(直線距離)に形成された唐家山の天然ダムは、涪江支川通口河を長さ約800mにわたって閉塞した。天然ダム上流域の流域面積は約3,550 km^2 で少量の雨でも水位上昇が生ずることになる。天然ダムを形成した崩壊土砂量は約2,000万 m^3 、堤体の高さは82~124mにおよんでいる図-2。

河道閉塞に伴ってできたダム湖の容量は、5月31日に1億 m^3 を超え、水没長は23km、その後も毎日約500~720万 m^3 の水量で増加した(中国科学院成都山地災害と環境研究所)との報告が出ている。

その後、決壊防止のための対応として排水路が造られるが、6月10日時点でダム湖の水量は約2億5,000万 m^3 (朝日新聞6月11日付)になり、その後の排水作業で水位が

図-1 唐家山天然ダム形成直後の状況 (中国新聞網HP)



低下したため、6月10日の水量が今回の災害時におけるダム湖の水量としては最大量となった。

河道を閉塞した土砂は地震による山体崩壊によりもたらされたものであるが、その崩壊は地震後の地形(砂防学会誌No.277の口絵写真)からみると、尾根部の崩壊と思われ、地震による応力集中が原因と考えられるものである。

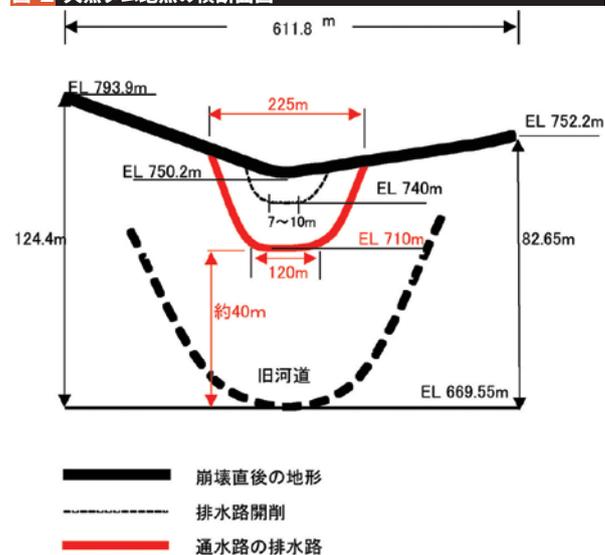
地質については、今回の地震で形成された天然ダムの多くが灌ロ-安県断層と北川-映秀断層に沿った地域に分布していて、地質的には古生代シルル系の地層に多い★¹とされている。しかし、唐家山の崩壊地の地質を調べてみると、同じ古生代ではあるが、より古い時代のカンブリア紀の海洋性堆積岩(『Geological Map of East Asia』, 地質調査所2003)となっている。

後述するように崩壊による堆積土塊がある高さで破壊されずに存続していることを考えると、かなりしっかりした岩塊のかみあわせが天然ダムの下部を形成しているものと推定される。

2-2 天然ダムの湛水位上昇

唐家山天然ダム上流域の流域面積は3,550km²と広く、

図-2 天然ダム地点の横断面図



日本でいえば吉野川(流域面積3,750km²)クラスの流域をもつ場所だけに、上流で2mmの降雨があるとダム湖の湛水位は1m上昇する(Record China,2008年6月5日)といわれている。

そこで5月末からのダム湖の水位記録を調べたのが図-3である。天然ダム地点では河道閉塞により水位が

上昇し、上流域では家屋の水没などの被害が発生した。

唐家山の天然ダムが自然状態のままであれば、もう何日かはダム湖の水位上昇が続いたと考えられるが、中国政府による応急排水路工事でほぼ標高740mの位置に水路底が形成され、6月7日午前7時頃から越水が始まっている。

地震による崩壊と河道閉塞の開始が5月12日であることから、唐家山の天然ダムの越水(人工的な要素があるが)は、地震発生から31日後に生じたことになる。

ちなみに我が国の地震災害による天然ダムの決壊事例としては、善光寺地震(1847年)や飛越地震(1858年)があげられるが、善光寺地震による岩倉山の天然ダムの決壊は地震発生後19日で、また常願寺川の大鳶崩れによる天然ダムは、地震発生から14日後と59日後に決壊している。

2-3 決壊の危険性と避難

5月22日に綿陽市内で四川省の省長を本部長とする「唐家山天然ダム現地対策本部」が設立され、「武装警察水利部隊による排水路工事」と「綿陽市による避難準備」を同時に行う対応方針が決まった。避難計画は、唐家山天然ダムの崩壊危険性として堤体の1/3決壊、半分決壊および全部決壊の三つのシナリオを想定して進められた。2,000万 m^3 にのぼる土砂によって形成された巨大な堤体は、全壊あるいは半壊となる可能性がそれほど高くないと考え、1/3決壊に応じた避難地域や保全対象などを決めることになった。

唐家山天然ダムが決壊した場合、最も深刻な被害を受ける地域は綿陽市の涪城区と遊仙区の2区である。この地区は、唐家山天然ダムから50~60kmほど下流に位置し、航空や原子力など先端的な産業が集中している地域である。1/3決壊の場合では、波高3mを超える洪

水が約6時間で涪城区に到達し、涪江から越流すると想定された。そこで、5月29日の正午から31日の8時までの20時間の間に、軍の誘導で約21万人の住民の避難が実行された(天然ダムが全壊した場合の影響人口は綿陽市での約113万人を含む123万人となっている)。避難場所は、事前に54箇所指定され(避難距離<2km)、テント、飲料水、インスタント食品などが用意された。また市内には、1/3決壊の場合の水没による危険状況が水位のマークで示され、その危険度が住民に周知されている**写真-1**。

なお、重点保全施設としては、通口水力発電所(下流30km)、蘭州-成都-重慶石油パイプライン(下流60km)および宝鶏-成都鉄道の涪江大橋(下流68km)などが存在している。

3. 天然ダムの防災対策

決壊の危険性が高まる天然ダムに対し、中国政府が行った応急対応について、主に水利部発表の工事日誌★²から概観する。

まず、政府は、5月19日に国家洪水・干ばつ対策総指揮部、水利部、四川省抗震救済指揮部、四川省水利庁、綿陽市水利・水門・地質部門からなる専門家グループを現地に派遣し、測量・調査を行った。20日には、「天然ダムに排水路を掘削し越流させ、越流水の侵食による段階的な河床低下(EL=720m程度まで;標高差30m)と排水を目指す」という応急対応方針を決定し、武装警察部隊の招集と資機材の調達に入っている。また平行して、成都の本部でも映像を見られるよう、現場に衛星通信を利用したブロードバンド画像送信システムの導入を決定した。さらに唐家山が決壊した場合の、下流の綿陽市における洪水氾濫範囲想定を行い、警戒避難準

図-3 唐家山天然ダムの灌水・排水状況推移

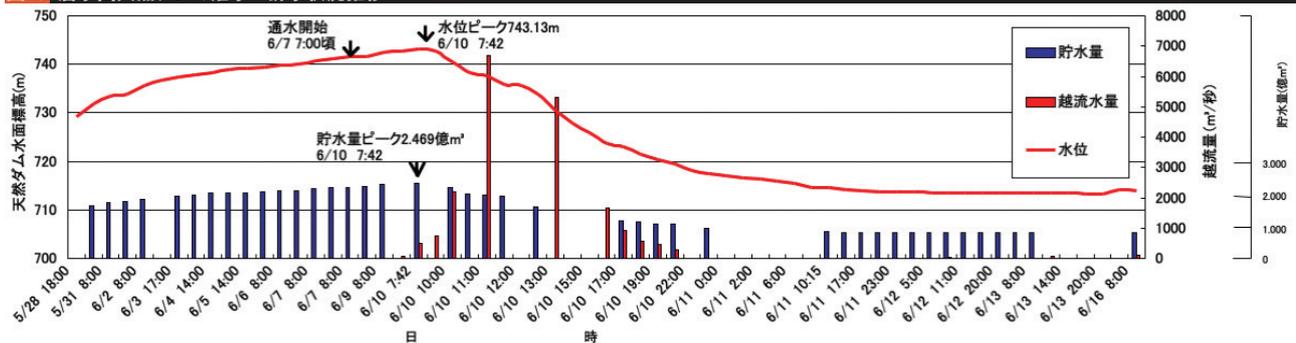




写真-1 綿陽市内の予想洪水水位表示 (新京報)

備に入っている。

5月26日から武装警察部隊と水利部の技術者部隊の約600名が徒歩で現地に入ったほか、大型ヘリコプター (Mi-26; 最大積載量20t) でブルドーザーとバックホウ15台を搬入し、掘削を開始した。水利部の計画は、元河床(標高約670m)を80m以上の深さで閉塞させている崩壊土塊のうち、最も低い部分を約10m掘り下げ(EL=750.2m→740m)、通水させるものである。掘削水路の横断形状は底幅約10m、河道方向の延長は450mで、護岸や護床工などのない逆台形の素掘り水路である。6月6日の通水開始を目指し、3交代態勢で工事が行われた。

通水は6月7日7時8分に始まったが、越流量は $1\text{m}^3/\text{sec}$.程度で写真-2、ダム湛水位はさらに上昇を続けた。この理由としては、ゴミや水没した家屋の材料が堆積して呑み口を塞いでしまったとの報道があった。そこで支障となるゴミや岩塊をブルドーザーで取り除くとともに、水路底の爆破を行って水路を拡大させた。これらにより6月9日午後から、流量は数十～数百 m^3/sec .へと等比級数的に増加した。

6月10日7時42分には最大湛水位743.13mを記録したが、流量の増大とともに水路底が下刻作用を受けて流量が増し、湛水位は減少へと転じた。6月10日11時には流量が最大の $6,680\text{m}^3/\text{sec}$.となり、湛水位も1時間あたり3～4m低下した写真-3。そしてわずか9時間後の6月10日20時には当初の目標湛水位である720mを下回り、11日以降は713.5m付近で落ち着いた。

元河床レベルが670m前後であるので、依然として高さ40m強の湛水池が残っているが、残った部分は、少なくとも多量の越流水の流下を経験したことから、容易に

決壊する可能性はほぼないといえるだろう。

技術的に懸念されたポイントは、越流開始後に天然ダムが一気に決壊するかどうかということと、越流水による天然ダムの下刻で、残った崩壊土塊の再移動が生じるか否かであった。越流呑口の標高が下がり相対的に流量が増大し始めてからは、事実上、流量制御は行えないため、土塊の大部分が流出した場合、下流で大氾濫が起ることもありえた。

これまでの報道によると、唐家山天然ダムの排水により、北川県の3つの鎮(曲山、通口、香泉)と江油市の3つの鎮(香水、青蓮、九嶺)で浸水があり、完成したばかりの道路が洗掘される被害もあったが、下流域において死傷者はなく、前記の重要社会施設も含めて、大きな被害は生じていない。

6月10日20時過ぎに、国務院は「『安全に、科学的に、迅速に』という方針は達成された」と発表している。翌11日には洪水警報が解除され、安全宣言のもと、住民の避難は終了した。

4. おわりに

今回の中国における土砂災害防止対策のうち、唐家山天然ダムの通水については日本と少し違う中国の事情がうかがわれた。

それは下流域の保全対象地区における家屋の事情である。我が国では公共施設以外の家屋は、個人所有であることから、仮に天然ダムの対応により家屋被害が生ずると、状況にもよるが、対応した者の責任になる可能性がある。また、家屋の被害だけでなく、地域そのものの安全性にも風評被害など課題が生ずる。

一方、中国では家屋の大部分は、国や省が建設し、抽選により入居が認められる方式をとっているとの事で、いざという時の補償は国や省がするものとのことであった。

加えて、天然ダムから河道距離で約6km下流の都市、北川県曲山镇は、四川地震によりすでに建物の倒壊率が80%以上の状態となっていることもあって、大規模な人工的洪水の発生が可能となったと思われる。

天然ダムに関しては約80mのダム高に対し、約40mの土砂が流水により掘削された。

しかし、現地では $8,600\text{万}\text{m}^3$ の湛水量を有する湖が6月末現在も存在している。すなわち、未だ高さ40mの堆



写真-2 6月8日頃の越流状況 (中国中央テレビ)



写真-3 6月10日午後の越流状況 (新華社・李剛氏)

積土砂が、天然ダムを形成しているのである。

この理由の一つとして地質が関係していると考えられる。天然ダムは古生代カンブリア紀の海洋性堆積岩という形成年代の古い岩の崩壊が堆積土砂の下部を構成していると考えられることから、かなりしっかりした土塊あるいは岩塊のうまいかみ合わせとなっていることが想定される。

天然ダムの安定については四川在線-華西都市報が次のように述べている。

「残された天然ダムが完全に決壊する可能性はない。ただし、ダムの右岸にクラックがあらわれているので、今後の雨で崩壊が生ずることが考えられる。しかし、今のところ天然ダムの安定性には問題がない。また、すでにできた排水路の断面では6,064 m³/Sの水量が流れ出ることが可能である。一方、流入量は1/200確率で6,970 m³/Sであるのでほぼ天然ダムは安定といえる。ダムの構造上の問題や上記右岸の崩壊問題およびダム湖周辺の問題については、今後の調査による。」

そして、「これらの結果を待って、9月30日より対策が実行されるだろう」と結んでいる。

また8月20日中国中央テレビのHPには以下のような唐家山の堰止湖対策が発表されている。

綿陽市水務局河川管理局長何国慶氏によると、綿陽市の復旧計画には唐家山天然ダムの復旧計画が含まれており、唐家山天然ダム対策本部の専門家グループか

らは、次の三つの恒久復旧案が提示された。

- ①原状回復(筆者注★³: 震災前の河流の回復)
- ②現状維持(筆者注: 周辺遺跡の現状維持)
- ③水力発電(筆者注: 水力発電ダムの建設)

そして①は、非現実的で、選択肢から外された(残った1,500万m³の堤体および大量な堆積土砂を処理することが不可能)。②は、周辺の不安定斜面を含めて安定化させてから、観光地として利用する。③は、下流にある三つの水力発電所を考慮して総合的に水力発電の施設に利用するとの見解が示されている。

すなわち、唐家山の天然ダムは現状の形で固定化され水力発電の場となる可能性が大と言うことになる。そして、決壊の可能性93%とも言われた唐家山の天然ダムは、全壊させずに一部を破壊して、ダム湖を残すという対応がなされたことになる。このような対応はこれまでに事例がなく、一つの天然ダム対策のあり方として、今後の貴重な事例となることであろう。

いずれにしても、今後も唐家山の天然ダムとその対応について、注目していきたいと考えている。

注: 本文では「四川大地震」という名称を使っているが、中国地震局では「汶川大地震」と称している

★参考文献

- 1 2008年5月12日中国四川大地震被害調査速報 応用地質株式会社, 2008・6
- 2 中国水利部HP:
<http://www.mwr.gov.cn/xwzd/zxrd/2008053011492020a0aa.aspx>
- 3 Record China2008年6月16日の記事を参考としている