

平成 28 年熊本地震における竜門ダムの対応について

菊池川河川事務所 竜門ダム管理支所 ◎遠山 修平
○前田 慎一郎
●寺本 優 他 2 名※

1. はじめに

竜門ダムは、熊本県の菊池川水系支川迫間川に建設された多目的ダムである。

当ダムは、重力式コンクリートダム（堤頂長 380m）とロックフィルダム（堤頂長 240m）の複合形式で、日本にある複合形式のダムの中で最大級のものである。平成 14 年 3 月に竣工し、同年 4 月から管理開始され、今年で管理 15 年目になる。

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分に熊本地方の深さ 11km で M6.5 の地震（前震）が発生し、4 月 16 日 1 時 25 分に同地方の深さ 12km で M7.3 の地震（本震）が発生した。これらの地震により、熊本県では最大震度 7 を観測し、甚大な被害が生じている。地震調査研究推進本部^{※1}によると、前震は日奈久断層帯の高野－白旗区間、本震は主に布田川断層帯の布田川区間の活動と評価されている。竜門ダムでも、本震によって最大震度 6 強（菊池市旭志）、コンクリートダム部の基礎 158.0gal、天端で 477.7gal の最大加速度（三成分合成）が観測された。

本発表では、熊本地震に対する竜門ダムの対応などについて報告する。

※1 地震防災対策特別措置法に基づき設置された文部科学省の特別機関

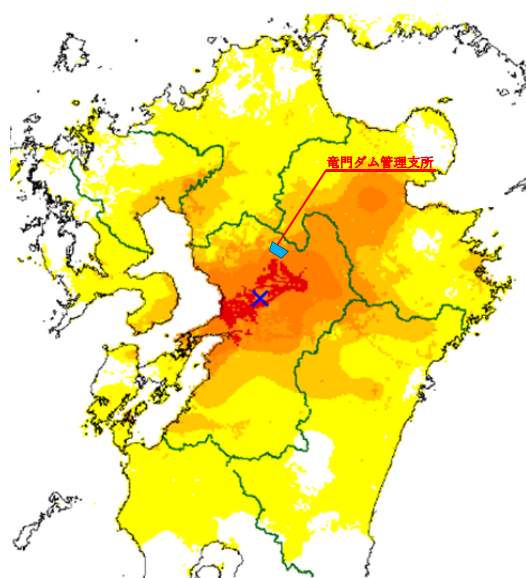


図 1 推計震度分布図（本震）

2. 竜門ダムの地震時の対応

2. 1. 地震時の竜門ダムの臨時点検体制

竜門ダムでは地震発生時において下記基準に基づき臨時点検を実施している。

- ① ダム周辺地域に設置されている観測点で震度 4 以上またはダムに設置している地震計で最大加速度 25gal 以上である地震の場合には、速やかに一次点検を実施し、一次点検で被災が確認されない場合は臨時点検を終了する。
- ② ダム周辺地域に設置されている観測点で震度 5 弱以上またはダムに設置している地震計で最大加速度が 80gal 以上である地震の場合には、速やかに一次点検及び二次点検を実施する。



図 2 点検状況写真

主な点検内容はダム堤体・放流設備・電気通信設備・ダム周辺施設等について異常有無の確認を職員で実施しており、1次点検においては目視による外観点検、2次点検においては外観点検に加え、各種計測、放流設備等の点検等を行っている。

2. 2, 臨時点検実施状況

竜門ダムには土木関係職員、機械関係職員、電気関係職員を配置しており、臨時点検では、ダム堤体・放流設備・電気通信設備等の点検を各分野の職員及び管理支援業者が行い、ダム周辺施設等の点検を災害協定業者がダムへ参集次第、随時行うようにしている。

熊本地震においても、1次点検を7回、そのうち2次点検を2回実施しているが、その中で早急に点検体制を確立するという点で課題が生じた。それは大規模地震により専門職種職員が被災し、参集できない状況が発生したため、その設備の点検実施が困難になった。そこで竜門ダムの応急対応として専門職種職員と通話を行いながら参集できた職員にて設備点検を実施した。

応急対応として、点検自体は実施できたものの対応可能な職員数が限られている中、今後、同様な事態が発生した場合の対応について課題が残った。

3, 熊本地震における竜門ダムの安全性

地震後のダム臨時点検により、コンクリートダム部の挙動に関して次の変化が認められた。

- ① 基礎排水孔の漏水増加 (最大 KL-20-3)
- ② 継目排水孔の漏水増加 (最大 J21)
- ③ 堤体変位方向の変化 (右岸側へ)

フィルダム部では、天端沈下量が約6mm変動したが、その他大きな変化は認められていない。

図-5, 6に、漏水量に関する地震前後の堤体挙動変化を示す。三角堰ではコンクリートダム部の全体量を計測しているが、地震に伴いL-7 (右岸) が約2倍程度増加している。また1孔当りの漏水量は、最大で基礎排水孔 (KL-20-3) が約5L/min程度、継目排水孔 (J21) が約6L/min増加した。これは試験湛水時の同一貯水位における最大値を超過する漏水量ではないこと及び現在は減少してきていることから、直ちに問題となるものではないと判断している。変形量は、たわみ計 (NP: ノーマル プラムライン) 及び外部測量ともに地震後でやや右岸方向に変化している。

また、漏水量調査時の漏水の色が褐色の箇所があったため、継目排水と当該継目付近の貯水池中底層水の水質分析 (Na, K, Ca, Mg, CL, HCO₃, NO₃, SO₄, Fe) を実施した。この結果、貯水と継目排水で類似性が認められ、継目ではコンクリート及び排水管を通過する

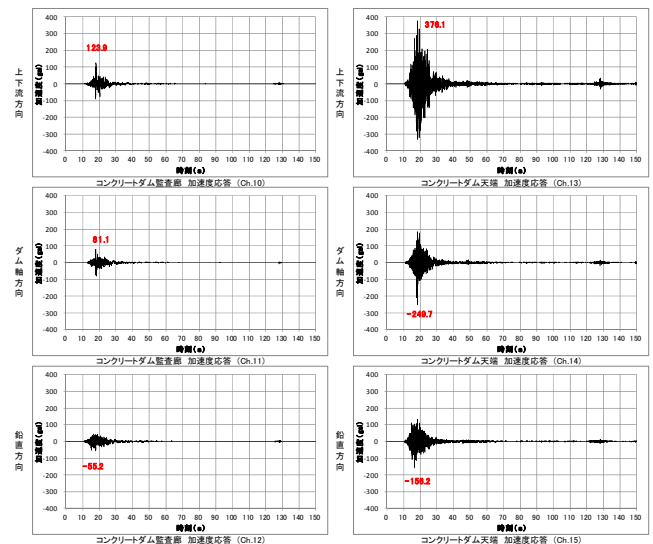


図4 竜門ダムにおける熊本地震の観測波形

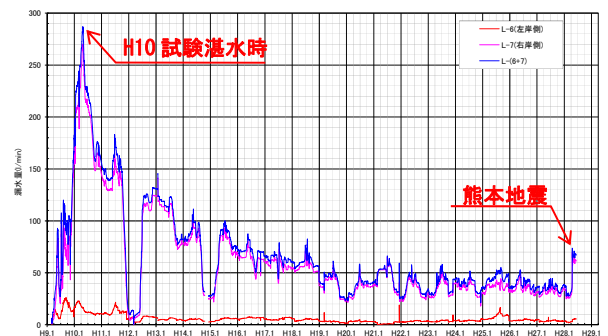


図5 三角堰漏水量の時系列変化

ことでNa, K, Ca, HCO₃, Fe（孔口に茶褐色堆積物のある箇所だけ）が増加し、pHもアルカリ側となっていることが確認された。この分析結果により、漏水の着色成分についてはFeであり、基礎地盤材料の流出など堤体に影響を及ぼすような異常ではないことを確認した。

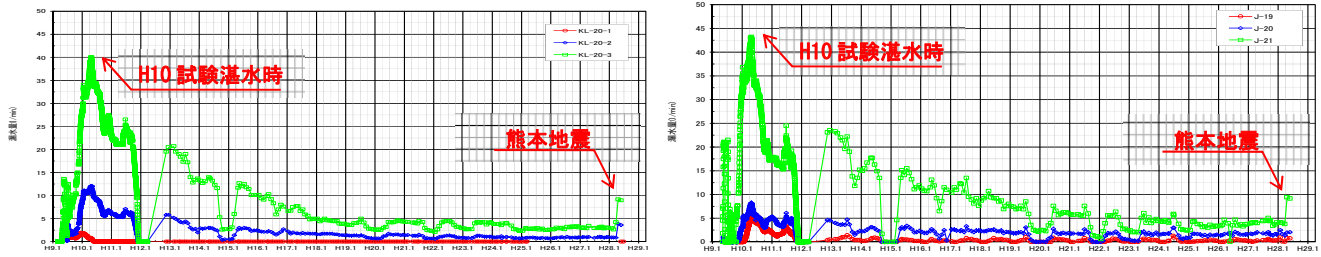


図6 各孔漏水量の時系列変化

5, 竜門ダム湖周辺の災害状況及び今後の対応

5. 1, 被災状況

熊本地震により貯水池内において10箇所の中小規模な落石や崩壊が発生した。被災規模は、小規模なものが8箇所、中規模なものが2箇所であった。（その内9箇所については経過監視での対応）災害形態は、表層崩壊、落石、岩盤崩壊の3つがみられた。表層崩壊は3箇所確認され、貯水池の左岸中～下流域の崖錐堆積物ならびにマサ状花崗岩分布域で発生した。落石及び岩盤崩壊は、貯水池上流の阿蘇火砕流堆積物が形成する急崖斜面に集中して発生した。岩盤崩壊の多くは、従前の地質調査において抽出された貯水池地すべりブロック内またはその境界付近で発生するケースが多いという特徴がみられている。以上のことから、竜門ダムで発生した箇所の災害形態や規模は、地質や地すべりの有無と一定の関連があると考えられる。

5. 2, 今後の対応

今回竜門ダムで発生した被災箇所のうち、貯水池利用（ボート競技）範囲に近接する1箇所を対象に対策を行うこととした。対策対象の災害形態は、幅2.5m高さ50mの岩盤崩壊であり、従前調査における地すべりブロック内で発生している。

地すべりの形状はトップヘビーを呈し、崩壊箇所の下部から上部にかけて割れ目の開口幅が大きくなるトップリング崩壊がみられたことから、地すべり上部の緩んだ岩盤が地震動により不安定化しトップリング崩壊が発生したものと推定した（図9）。

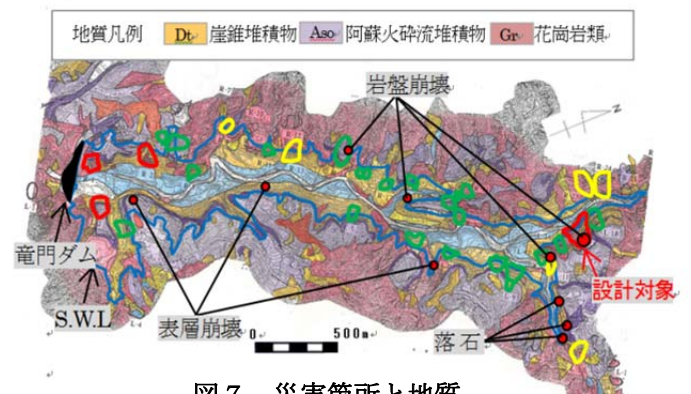


図7 災害箇所と地質

地質	地すべり有無	災害形態	規模
崖錐堆積物, マサ状花崗岩	なし	表層崩壊	小 ↑↓
阿蘇火砕流堆積物	なし	落石	
	あり	岩盤崩壊	大

図8 被災箇所の地質、災害形態、規模
崩壊箇所 (25×50m)

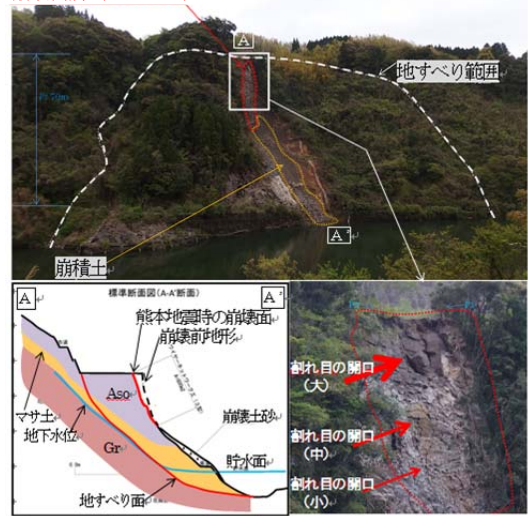


図9 地すべり内で発生した岩石崩壊

対策工法については、急崖地形を考慮し、ボート競技時の落石防止を目的に設計を行い、ダム湖面利用者の安全確保に努めることとした。

6、竜門ダムの地元への対応

熊本地震において竜門ダムでは関連機関及び地元から数多くの問い合わせや要望があり、可能な範囲で下記対応を実施している。

① 避難場所の提供

ダム周辺は、土砂災害警戒区域に指定されていることから、竜門ダム防災情報施設は菊池市地域防災計画における避難場所として指定されていた。このため、本震後の4月21日にダム下流地区の約150名の住民の一時避難場所として活用された。

② 菊池市への水力発電による電力供給

本震の際、九州電力の停電（4月16日1時30分頃）に伴い竜門ダム管理用発電が余剰電力を送電することが出来なくなった。その後、九州電力の停電復旧の際に竜門ダムでの水力発電の優先復旧（4月16日9時20分頃）により、竜門ダムの管理用発電にて菊池市内への電力供給を行うことができ、菊池市内の早期停電復旧に寄与した。

③ 地元説明会の実施

本震後、ダム下流地区における菊池市防災説明会にて熊本地震における竜門ダムの安全性について丁寧な説明を行い、住民の方々の竜門ダムに対する不安を取り除いた。

7、まとめ

熊本地震において竜門ダムでは可能な範囲でソフト面、ハード面の両方で対応できたと考えているが、今後の新たな課題も露見した状況である。

ソフト面では非常時の人員確保等の体制見直しを考える必要がある。大規模地震発生時には自身の安全、家族の安全等の確保ができた後、参集することとなっているため、必然的に参集するのに時間がかかってしまうことが考えられる。また、竜門ダムには現在、機械関係、電気関係の専門職種職員は1名ずつしかおらず、その職員が参集不可能な場合、点検実施自体が困難になることが考えられる。このように、大規模地震発生時には①職員が参集することができない、または参集するのに時間がかかること、②参集不可による一部の点検実施自体が困難になることがあるため、非常時の人員確保等の体制見直しを行い、臨時点検の早急な初動体制の確立に努めたい。

ハード面では、地震後の臨時点検の結果から、今回の地震で竜門ダム堤体に有害な損傷は生じていないが、一時的に増加した漏水量については、計測値が安定（収束）するまで日常巡視・点検による重点状態監視を継続し、適切なダムの維持管理に努めたい。また、法面对策については、竜門ダム湖ではボートの利用（部活動や全国大会など）が多いことから、早急に法面对策を実施し、ダム湖利用者の安全確保に努めたい。