

令和2年7月豪雨による地盤災害調査と 地質の異なる法面復旧対策の検討

農学部 平 瑞樹・上田 陽平

1. はじめに

令和2年7月3日から8日にかけて梅雨前線が九州地方から東日本に停滞し、活発なまま九州に停滞し、記録的な大雨となった。気象庁は、熊本県、鹿児島県、福岡県、佐賀県、長崎県、岐阜県、長野県の7県に大雨特別警報を発表した。長野県や高知県では7月の総降水量が2,000ミリを超えたところもあり、九州南部、九州北部、東海や東北地方で24時間降水量が観測史上1位を超えた。

本報では、全国各地で被害を大きくした7月豪雨の特徴について概観し、球磨川水系の氾濫により埋没した農地の被害状況や農道斜面の崩壊など現地調査の報告、埋没した農地への土砂流入および造成団地の法面崩壊の現況について調査した。ここで得られた知見については、球磨川水系沿いの水田復旧や豪雨で崩壊した造成団地の法面对策工法を検討するための重要な基礎資料とする。ここでは、外乱による擁壁の崩壊を和らげるための工法を検討することを目的として、ブロック積擁壁の転倒抑制効果を軽減するために裏込め材の効果について室内試験をおこなった。

2. 令和2年7月豪雨

7月豪雨の特徴は、梅雨前線が華中から九州付近に停滞して、西日本から東北地方の広い範囲で梅雨末期の前線が北上した大雨であった。7月13日から14日にかけて中国地方、26日から29日にかけて東北地方に中心が移動し、九州、東海、東北の多くの地点で24、48、72時間降水量が観測史上1位の記録を更新した地点が多数あった。1時間降水量では、鹿児島県鹿屋市109.5ミリ(6日)、日置市東市来98.5ミリ(3日)、熊本県天草市牛深98.0ミリ(4日)、熊本県葦北郡芦北町田浦86.5ミリ(4日)、24時間降水量では、大分県日田市497ミリ(7日)、鹿児島県鹿屋市496ミリ(6日)、熊本県球磨郡湯前町489.5ミリ(4日)、水俣市474.5ミリ、あさぎり町463.5ミリ、球磨村455.5ミリ、山江村453ミリ(4日)と図-1～図-4に示すように熊本県南部のアメダス観測値からも猛烈な雨が短期間に降ったことがわかる。

死者・行方不明者は86名で、負傷者77名を含む計163名が報告されている。住宅被害は、全壊や浸水など16,599棟(令和2年7月16日現在)が計上された。熊本県球磨地方が67名の死者・行方不明者(球磨村25名、人吉20名、芦北12名、八代5名、山鹿2名、津奈木3名)で

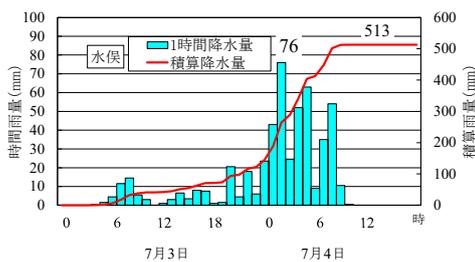


図-1 アメダス降水量(水俣)

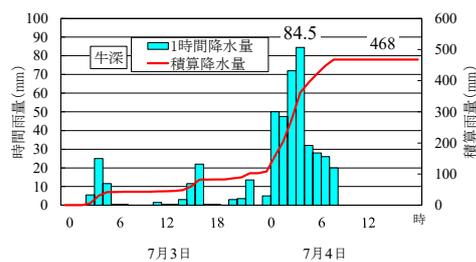


図-2 アメダス降水量(牛深)

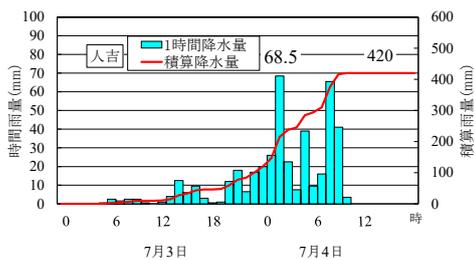


図-3 アメダス降水量(人吉)

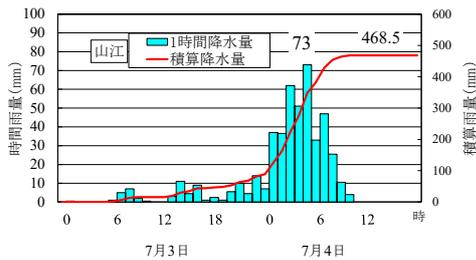


図-4 アメダス降水量(山江)

被害が甚大である。また、土砂災害の発生状況は、全国 961 件で、その内でも熊本県が 226 件、長野県 73 件、福岡 62 件、神奈川 61 件、長崎 42 件、和歌山と広島 36 件などで、芦北町で 8 名、津奈木町で 3 名が土砂崩れによる死亡者が確認されている。

河川の溢水や超水による氾濫が全国で発生しており、芦北町佐敷川の溢水（浸水家屋 1,620 戸、浸水面積 304ha）、相良村川辺川（149 戸、130ha）、日田市玖珠川（290 戸、38.5ha）、大牟田市では、大牟田川（2,168 戸、126ha）、諏訪川（1,885 戸、237ha）堂面川や白銀川の溢水・内水被害が際立っている。また、道路（10 路線、29 区間）・橋梁（球磨川水系、10 橋流失）や鉄道（3 事業者 4 路線）の交通インフラ被害も甚大であるため、関係部署での対策が急がれる。



写真-1 球磨村大瀬森林館



写真-2 球磨川堤防法面の崩壊



写真-3 球磨川河道の現況



写真-4 球磨川沿いの鉄道線路



写真-5 芦北町の農道被害



写真-6 法面の崩壊（芦北町鶴木山）

写真-1～写真-6 は、令和 3 年 11 月に 2 回人吉・球磨地方の現状を調査した際に撮影した現況写真である。橋梁の付け替え工事が進められている一方、河川護岸の法面工事が着手されていない場所が多く、物資の輸送や生活に必要な地域の道路網・鉄道路線の復旧もこれからである。

3. 擁壁の崩壊対策のための室内試験

ブロック積みや石材構造物の多くは築造から長い年月が経過しているものが多く、近年の集中豪雨や地震等の増加による外力の影響、新たな構造物の築造に伴う荷重の増加により、農地や造成地の石積み擁壁の崩壊の危険性が高まっている。そこで、石積み擁壁における裏込め部に着目し、石積み擁壁を地盤内から補強することで安定性を増す方法を模索することを目的として、砂地盤を模したアルミ棒積層体地盤に、離散体の石材ブロックを石積み擁壁に模した室内モデル実験を実施した。

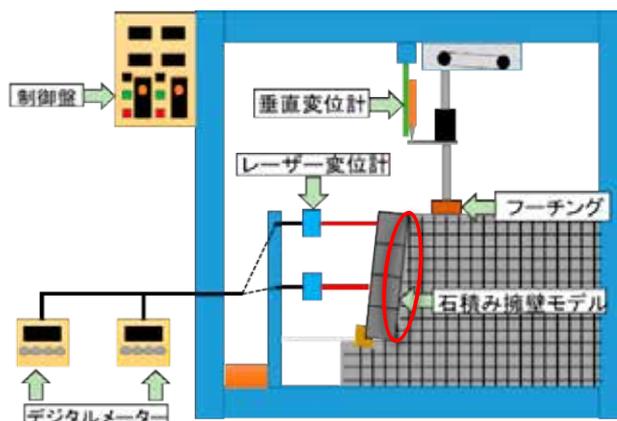


図-5 実験装置の概略図

4. 実験材料および方法

4.1 材料と実験条件

図-5 に実験装置の概略図を示す。実験はアルミ棒積層体を用いて、裏込め材をモデル化する実験(ケース 1)、補強材のみを用いた実験(ケース 2)および裏込め材と補強材の両方を用いた実験(ケース 3)の 3 種類をおこなった。

ケース 1 では、裏込め材として直径 5mm の棒状のゴム材およびバルサ材を縦方向に 2 列で厚さ 10mm となるように設置して実験をおこなった。

ケース 2 では、補強材として、スポンジ、気泡緩衝材、発泡スチロールの 3 種類を厚さ約 7mm の薄いシート状で使用し、図-5 のブロックとアルミ棒積層体の間に①長さ 200mm で設置、②長さ 100mm で 2 つ設置、③長さ 50mm で 4 つ設置、④長さ 50mm で下端から 2、4 段目のみに設置の 4 条件で設置した。また擁壁の勾配は 1 分勾配(84°)および 2 分勾配(78°)に設定した。

ケース 3 の裏込め材と補強材を両方設置した実験では、補強材を石積みと裏込め材の間(裏込め前方部)および裏込め材とアルミ棒積層体の間(裏込め後方部)の 2 ヶ所に設置して実験をおこなった。

4.2 実験方法

室内実験はブロック擁壁の転倒による崩壊を仮定して実施した。石材ブロックおよび裏込め材を設置し、アルミ棒を積み上げた。その際、石材ブロックを自立させるために最下段を固定した。また地盤内の変形の確認を容易にするために、積層体の前面に黒油性ペンで 20mm×20mm のメッシュを描き、レーザー変位計のターゲットが石材ブロックの下端から 2、4 段目の中心に当たるように設置した。その後、上方からの荷重を加えるフーチングを 1.0mm/min の速度で降下させて荷重し、垂直変位計が 0.5mm 沈下するごとに石材ブロックの水平変位量(mm)を記録し、1.0mm 沈下するごとに地盤変形状況をデジタルカメラで記録した。垂直変位計の許容測定範囲である 50mm、レーザー変位計の許容測定範囲である 30mm を超えるもしくは擁壁が崩壊した時点を実験終了とした。

5. 結果と考察

実験結果から転倒抑制効果があると考えられるものを擁壁の水平移動距離および地盤内の変形状況の観察から判断した。まず、ケース 1 における結果を図-6 示す。バルサ材およびゴム材を裏込め材と見立てた実験では裏込め材を設置していない場合と比較した際、ブロックの水平変位の差がほとんどなく両者とも大きな転倒抑制効果は確認されなかった。また撮影した写真においても、類似したすべり面が観察された。このことから裏込め材自体にはほとんど転倒抑制効果がないことが実験的に示された。

次に、ケース 2 の結果を示す。図-7 より 1 分 (84°) 勾配時での条件①および条件②で補強材を用いた場合は水平変位量が減少し、転倒抑制効果が現れたが、条件③及び④ではほとんど変化がなく、転倒抑制効果が殆ど現れていないことがわかる。また効果が現れた条件①および条件②では補強材なしの場合と比較した際、すべり面が移動している。このことから同様の材料を用いても、設置条件により変位量に差が生じることがわかる。

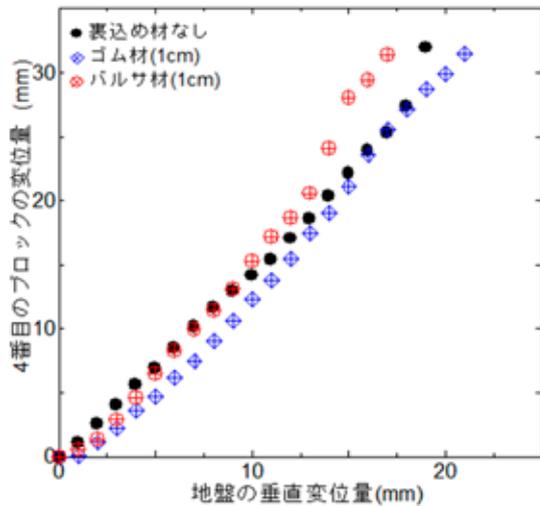


図-6 裏込め材の効果

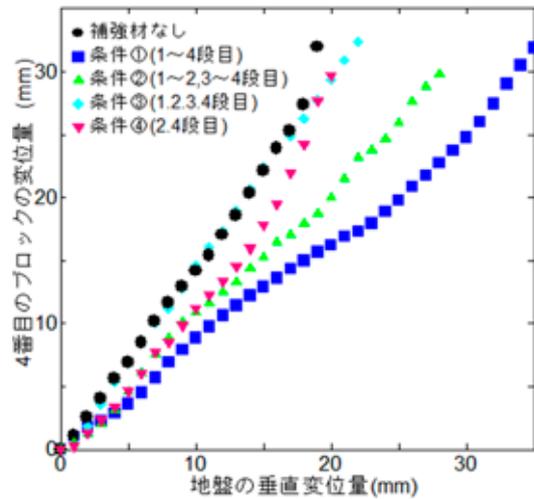


図-7 1分勾配での実験

また2分勾配でおこなった実験(図-8)ではどの条件でもほとんど水平変位量が変わっておらず、転倒抑制効果が現れなかった。これは緩勾配の石積み擁壁ほど石積みの自重が加わり転倒を抑制する力が働くため、補強材による転倒抑制効果が現れにくくなったと考えられる。これらの結果から、急勾配な石積み擁壁ほど補強効果は大きく現れることが実験的に示すことができた。また図-9に示すように転倒抑制効果のた1分勾配の実験結果と2分勾配の結果を比較すると、補強材を用いることで1分勾配の条件でも2分勾配と同じもしくはそれ以下の水平変位量に抑える効果があることがわかった。

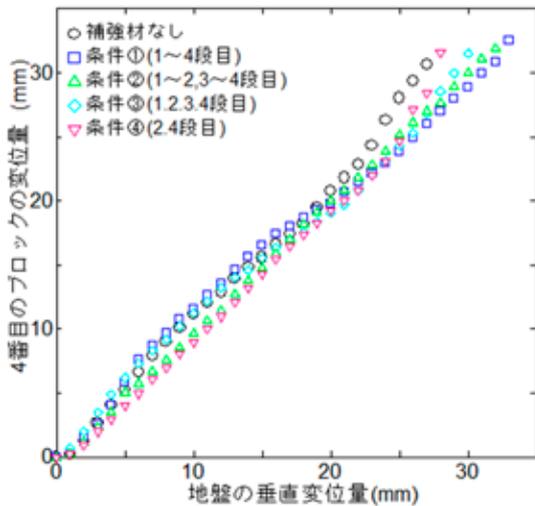


図-8 2分勾配での実験

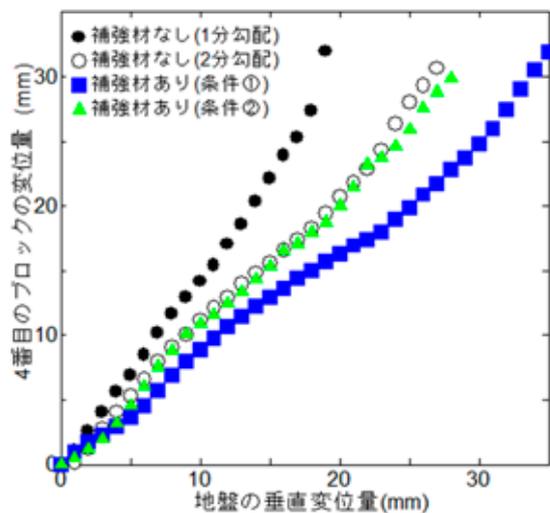


図-9 勾配による変位比較

最後にケース3の結果を図-10および図-11に示す。今回の実験では石積みと裏込め材の間に補強材を設置した場合は、水平変位の減少およびすべり面の移動が見られ、転倒抑制効果が確認された。一方、裏込めの後方に補強材を設置した場合は、水平変位の変化およびすべり面の移動は見られなかった。よって補強材を設置する場合は、石積みと裏込め材の間に設置した場合の方が大きな補強効果が得られることがわかり、補強材を設置する位置の決定を室内実験において示すことができた。写真-7は裏込め材(バルサ材)をブロックとアルミ棒積層体地盤に挟み込んだ時の実験状況である。また、写真-8は上方から载荷してブロック擁壁が崩壊した時の状況を示している。すべり面の形状を可視化することで、崩壊メカニズムを検討する予定である。

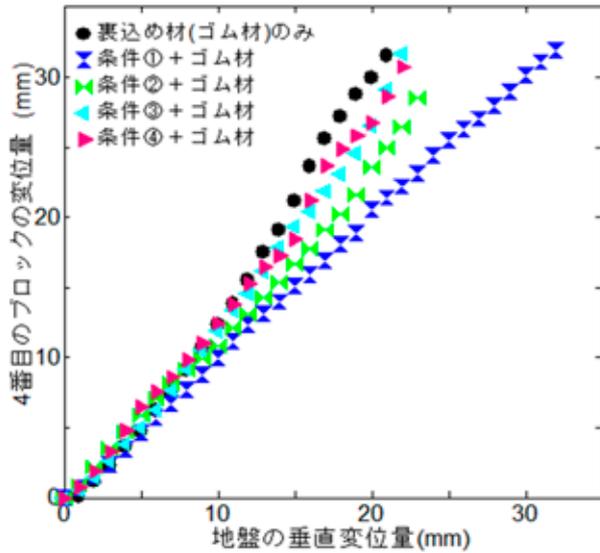


図-10 裏込め前方部に設置

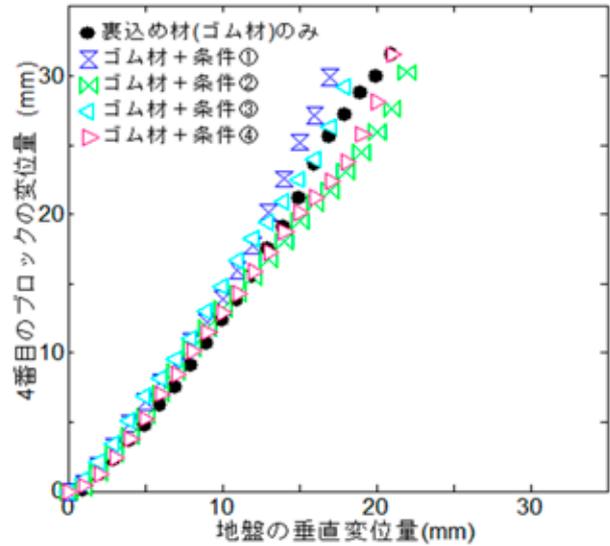


図-11 裏込め後方に設置

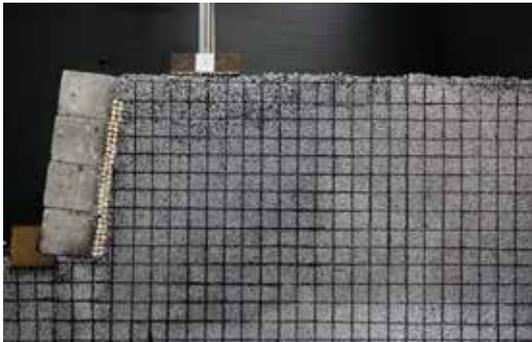


写真-7 裏込め材料を挿入 (バルサ材)



写真-8 ブロック擁壁の崩壊 (バルサ材)

6. おわりに

令和2年7月豪雨災害から1年半経過後の現況調査を2回おこなった。球磨川水系の氾濫により埋没した農地や農道斜面の崩壊などは一部修復が完了している。球磨川本線は手つかずのところが見受けられた。今後、球磨川水系沿いの埋没した水田の復旧対策や、豪雨で崩壊した圃場の法面对策工法を検討する必要性から、地質の異なる崩壊現場の地形や地質について調べ、法面形状と保護工法の適用性を定量的な被害規模調査で明らかにする必要がある。

さらに、ブロック擁壁や崩壊した石積みの安定性の向上を目的として、石積み背面の裏込め部に着目した室内実験をおこない、補強材を設置することによる転倒抑制効果について検討した。結果として、補強材の形状、設置位置の違いにより石積みブロックに及ぼす影響に大きく違いが現れることがわかった。課題として、実際の現場を想定した場合に用いることのできる補強素材の検討および補強材設置による石積み背面にかかる負荷の変化などを考慮した定量的な評価方法を検討する必要がある。

参考文献

- (1) 令和2年7月豪雨に関する被害状況 (令和2年9月24日), 農林水産省九州農政局調査報告書.
- (2) 大久保森造, 大久保森一: 続石積みの秘宝とその解説 (1997), pp. 1-100.