

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19760332
 研究課題名（和文） 遠心力場散水シミュレーションによる土構造物の降雨時安定性に関する研究
 研究課題名（英文） Centrifuge model tests on stability of soil structure due to heavy rainfall
 研究代表者
 小林 睦 （KOBAYASHI MAKOTO）
 豊田工業高等専門学校・環境都市工学科・准教授
 研究者番号：30390462

研究成果の概要（和文）：本研究では、豪雨時の土構造物の変形・崩壊挙動を調べるために、盛土斜面および多数アンカー式補強土壁を対象にした遠心力場散水シミュレーションを実施した。その結果、飽和領域が表層部から拡大していく盛土斜面では、土の内部摩擦角よりも法面勾配が大きい場合は、見掛けの粘着力が消失して不安定化して崩壊に至ることが分った。また、補強土構造物においては、適切に排水機能を維持することの重要性和、豪雨時の不安定化の進展の様子を捉えることができた。

研究成果の概要（英文）：A series of centrifuge model tests were carried out to investigate the performance of embankment and multi-anchored soil wall during rainfall. The conclusions of this study are followed. 1) It is necessary to consider the apparent cohesion of soil for surface failure of embankment, because it would lose with disappearance the suction originated from increasing the degree of saturation. 2) Surface failure was occurred suddenly in the case with the embankment which structured with low degree of saturation in spite of difference intensity of the rain. 3) Heavy rain that classified the terribly rain (over 80mm/hr) caused the surface failure immediately despite of same amount of rain. 4) It is important to maintain the drainage of reinforced soil wall for stable condition during rain.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	0	1,900,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	300,000	3,200,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：地盤防災、豪雨災害、盛土、アンカー式補強土壁

1. 研究開始当初の背景
- 降雨時の盛土斜面の崩壊機構を調べるた
- めに、小型模型においても実規模構造物と同様の応力レベルを再現できる遠心模型実験

装置が有効なツールとして多くの研究・教育機関で採用されていた。ところで、遠心模型実験において透水現象を扱う場合、時間に関する相似則を考慮する必要があり、粘性流体を間隙流体に用いて透水係数を調節する手法が一般的であった。この手法は、地盤の液状化現象を対象とした研究事例に多く採用されているものの、降雨浸透を対象とした研究事例は多くなかった。しかしながら、地球規模の気候変動に起因し、記録的な豪雨が日本各地で発生する中で、豪雨を受ける土構造物の変形・崩壊メカニズムを明らかにする必要があった。

また、補強土構造物が各事業で多数採用される中、降雨時安定性能については、設計段階でも明確に規定されてない。しかしながら、降雨浸透によって構造物が不安定化する報告を受けて、この種の構造物の降雨時安定性能を実験的に検証する必要があった。

2. 研究の目的

豪雨時の盛土構造物の変形・崩壊挙動調べるために、発生が稀な降雨現象として、時間雨量 150mm と猛烈な豪雨と言われる 70mm 程度、また 40mm 程度の豪雨を再現し、これらの雨量強度と盛土の法面勾配と土の内部摩擦角の関係を調べることを目的とする。

また、多数アンカー式補強土壁の降雨時安定性を調べるために、継続型の降雨現象を再現して、浸透流を受ける補強盛土における排水工の影響を調べていく。また、計算される安全率と不安定化挙動を比較することも試みる。さらに、衝撃型の降雨現象を再現して、豪雨時の多数アンカー式補強土壁の不安定化挙動を明らかにしていく。

3. 研究の方法

遠心力場での土構造物を対象とした散水シミュレーションでは、浸透現象に関する時間の相似則の矛盾を考慮した散水システムを作製しなければならない。これまでの研究から、間隙流体の粘性の調節とこれを適切に散水することのできるノズルを含めた降雨散水装置を作製した。これにより、いわゆる豪雨を再現した時に、実現象で観察されないような異常な水食を防いだ。

模型地盤を作製するにあたって、盛土締め時の飽和度を変化させた。これは、含水状態が変わってくると、砂質土では土粒子が団粒化し、模型地盤レベルでは雨水の浸透特性が変わってきたため、これによる影響を調べることにした。また、模型盛土の法面勾配は、模型材料の内部摩擦角 40 度を挟むように 30 度と 45 度とした。雨量強度は、時間雨量 30mm, 40mm, 70mm, 150mm とし、降雨強度の影響と総雨量の影響を調べた。実験システムを図 - 1 に示す。

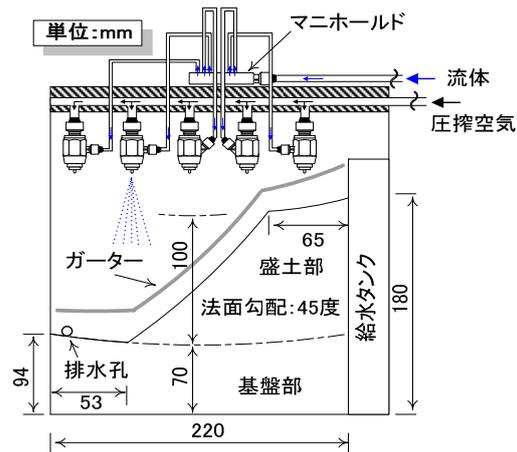


図 - 1 盛土斜面模型 (勾配 : 45 度)

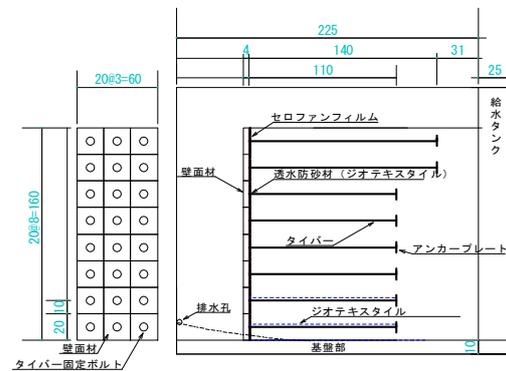


図 - 2 多数アンカー式補強土壁模型

多数アンカー式補強土壁の降雨時安定性を調べるために、壁面材の裏に透水防砂材を模した不織布を設置したことの影響と、盛土下部に不織布を水平に設置することでさらに排水性能を向上させた盛土の浸透実験を実施する。また、地下水上昇に伴う補強盛土の崩壊現象と計算される安全率を比較するために、アンカープレートサイズを縮減し、引抜き抵抗力をコントロールしたうえで、図 - 2 に示す模型地盤について浸透実験を実施する。

豪雨時の補強盛土の不安定化メカニズムを調べるために、降雨強度を 60mm, 120mm に設定した散水シミュレーションを実施する。このとき、排水工の影響を調べるために、壁面材裏部には透水防砂材に加えて礫材による排水領域を設置して、その効果を検証する。

4. 研究成果

盛土締め時の飽和度と盛土材の摩擦角と降雨強度の関係が盛土斜面の崩壊挙動に及ぼす影響を調べたところ、図 - 3, 4 に示すように盛土を締め固める際の飽和度によって地盤の透水特性が変わってくると、雨水の浸透能力が高くなる場合があり、このとき盛土内に浸透した雨水が地下水となって上昇

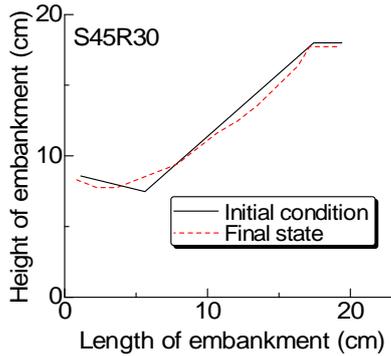


図 - 3 最終形態 (飽和度: 小)

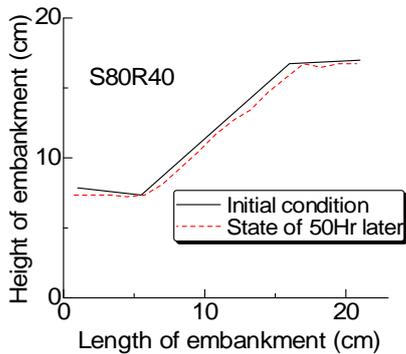


図 - 4 最終形態 (飽和度: 大)

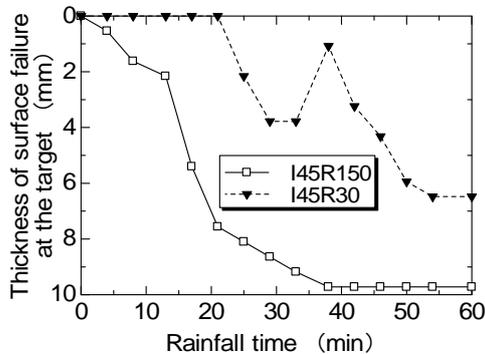


図 - 5 雨量強度の違いが崩壊時期・規模に及ぼす影響

してくると盛土全体の安定性が低下していくことが分った。また、盛土材料の内部摩擦角よりも急な法面勾配を有する場合は、降雨浸透に伴って表層部の飽和度が上昇すると、見掛けの粘着力が低下して表層部が崩壊する。さらに、地盤の初期飽和度が小さい盛土斜面では、豪雨を受けた場合にその雨量強度の違いに関わらず、降雨開始から早い段階で表層部の崩壊に至る。

雨量強度の違いが盛土斜面の崩壊挙動に及ぼす影響について調べたところ、図 - 5 に

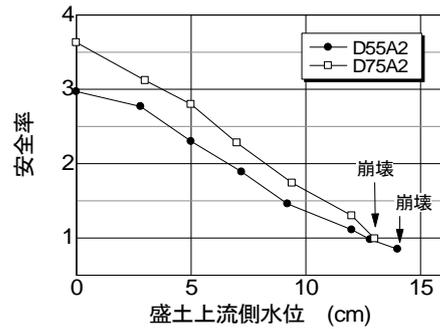


図 - 6 安全率と盛土内水位の関係



図 - 7 壁面パネル変位状況

示すように、総雨量が同程度であっても、雨量強度が極めて大きな場合は崩壊発生時期が著しく早くなることが分った。また、気象現象として発生が稀な猛烈な豪雨を受けると、降雨開始直後に表層が崩壊することが分った。

多数アンカー式補強土壁の不安定化メカニズムを明らかにしていく浸透実験より、図 - 6 に示すように、盛土全体の安全率が 1 を下回ってくると崩壊に至ることが分り、剛塑性的な崩壊挙動を示す場合は、計算された安全率は適切に安定性を評価することが分った。また、一部のタイバー設置層において、地下水上昇に伴う壁面に作用する土圧の増加に対して、間隙水圧の上昇による有効応力の低下に伴うアンカープレートの引抜き抵抗力の低下によって計算上は不安定であることを示すものの、壁面パネルが連結されていれば、崩壊挙動は全体の安定性に依存することが分った。

多数アンカー式補強土壁の豪雨時不安定化メカニズムを調べたところ、飽和領域が盛土上部から拡大していくような場合は、上部のタイバー設置層より不安定化に至るために、壁面パネル同士が連結されていなければ、図 - 7 のように引き抜きを起こすことが分った。また、壁面材裏部の礫層による排水領域は、盛土内の雨水を排除することと間隙水圧の上昇に伴う壁面パネルに作用する土圧増

加を抑止することから、安定性を保つことが分った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① M. KOBAYASHI, A. HIROOK, Influence of ground condition and rainfall intensity on failure mechanism of embankment due to heavy rainfall, International Joint Symposium on Geotdisaster Prevention and Geoenvironment in Asia, 査読有, 2009, pp. 96-101
- ② 小林睦, 廣岡明彦, 盛土斜面の地盤条件および降雨強度が豪雨時の盛土斜面の崩壊機構に及ぼす影響について, 査読有, 降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム論文集, 査読有, 2009, pp. 259-264
- ③ 小林睦, 三浦均也, 小浪岳治, 降雨浸透時におけるアンカー式補強土壁の挙動に関する遠心模型実験, 土木構造・材料論文集, 査読有, 第24号, 2008, pp. 129-139
- ④ 小林睦, 廣岡明彦, 西垣美歩子, 豪雨時の斜面崩壊機構に関する遠心力場散水シミュレーション, 地盤工学会誌, 査読有, vol. 56, No. 10, 2008, pp. 34-37
- ⑤ 小林睦, 廣岡明彦, 松井みゆき, 豪雨時の斜面崩壊メカニズムに関する遠心力場散水シミュレーション, 第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 査読有, 2008, pp. 33-38
- ⑥ 小林睦, 三浦均也, 降雨浸透時のアンカー式補強土壁の遠心力実験, 第20回中部地盤工学シンポジウム論文集, 査読無, 2008, pp. 105-110

[学会発表] (計6件)

- ① 高岡翔, 豪雨時の多数アンカー式補強土壁の安定性評価について, 平成21年度土木学会中部支部研究発表会, 2010年3月1日, 金沢工業大学
- ② 小林睦, 降雨強度および盛土の法面勾配が豪雨時の盛土斜面の崩壊機構に与える影響について, 第64回土木学会年次学術講演会, 2009年9月3日, 福岡大学
- ③ 小林睦, 降雨浸透時の多数アンカー式補強土壁の安定性評価について, 第44回地盤工学研究発表会, 2009年8月20日, 関東学院大学
- ④ 小林睦, 遠心力場模型実験による豪雨時シミュレーション, 第63回土木学会年次学術講演会, 2008年9月11日, 東北

大学

- ⑤ 小林睦, 多数アンカー式補強土壁の排水性能に関する遠心模型実験, 第43回地盤工学研究発表会, 2008年7月11日, 広島国際会議場
- ⑥ 松井みゆき, 豪雨時の斜面崩壊メカニズムに関する遠心力模型実験, 2008年7月9日, 広島国際会議場

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 睦 (KOBAYASHI MAKOTO)

豊田工業高等専門学校・環境都市工学科・
准教授

研究者番号: 30390462

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者