

豪雨浸透を受けるアンカー補強土壁の地震時挙動に関する実験的研究

補強土工法 浸透水 地震時土圧

豊田高専 国際会員 ○小林睦
 豊橋技術科学大学 国際会員 三浦均也
 岡三リビング 国際会員 小浪岳治
 豊田高専 桂川隼斗, 奥平早香

1. はじめに

近年の道路土工の改訂により、土構造物においても性能設計の考え方が導入された。また、昨今の豪雨災害を受けて、排水工の重要性を指摘し、このことに関する記述も強化されている。ところで、補強土構造物の耐震性能は高いと言われているものの、被災例調査報告では、軟弱地盤対策の不備や排水工が機能しなかったことに起因する被災事例が報告されている。すなわち、設計・施工時の不備が長期的に顕在化することによって構造物の性能が低下することを示唆している。このように、補強土構造物の長期的な耐震性能を明示するためには、水の作用を受ける場合を想定し、その挙動を調べる必要があるといえる。

そこで本研究では、豪雨を受けるアンカー式補強土構造物の地震時安定性能を評価するために、引抜き安全性を検証するとともに、施工時の補強材のたわみが安定性に及ぼす影響を調べるために、遠心力場豪雨散水加振実験を実施する。

2. 実験システム

図 1 に模型地盤の概要を示す。模型縮尺は 1/50 であり、実規模換算盛土高は 8m である。上部 2 段のタイバー設置層に、図 2 に示すような、圧力計を貼付したアンカープレートおよび壁面材を敷設する。壁面材はコンクリート製の 1000mm×1000mm×t100mm のコンクリート製パネルを想定し、曲げ剛性に関する相似則を考慮して、20mm×20mm×t4mm のアクリル板とした。また、壁面材中央に孔をあけてアイボルトを固定し、鉄筋 D22 を想定した直径 $\phi=0.45mm$ の鉄製ワイヤを緊結する。アンカープレートは鋼製プレートを想定し、標準寸法である 300mm×300mm の 1/50 寸法 6mm×6mm の鉄板とした。なお、最上部のアンカープレートの背後に間隙水圧計を設置し、豪雨による雨水浸透状況を記録する。

補強土壁模型の裏込め材料には、2mm ふるいを通過した豊田産砂質土 (SF) を用いた。含水比 10% に調整した試料を、乾燥密度 $\rho_d=1.50g/cm^3$ になるように、タイバー設置層毎に締め固める。タイバーのたるみを除去する場合は、最上部のみでアンカープレートをピンセットで保持した状態で、裏込め材料を投入し、締め固め作業を行う。

降雨散水システムは、遠心力場における時間の相似則を考慮して粘性を調節した流体を微霧化して散水できるように 2 流体ノズルを採用した。降雨強度は、100mm/Hr を想定し、連続 5 時間の降雨を与える。その後、降雨を与えたまま、実規模換算で $2m/sec^2$ 相当の地震波を周波数 1Hz で 20 波与える。遠心力载荷中は、模型土槽に取り付けた CCD カメラによりリアルタイムに模型地盤の状況を確認するとともに、遠心力载荷装置の天板に設けた観察窓上部に取り付けた高速度カメラにより、回転と同期させて模型地盤を撮影する。この画像から、模型地盤の形状、ターゲットの座標、壁面パネルの変位を読み取り、浸透加振実験中の模型地盤の挙動を図化する。図 3 に模型土槽振動台の応答加速度を示す。図中の時間は、加振開始をゼロ点としている。

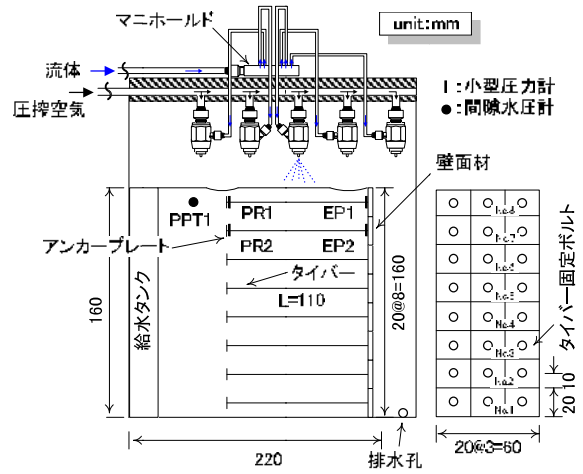


図 1 模型地盤概要



図 2 壁面パネル, 補強材

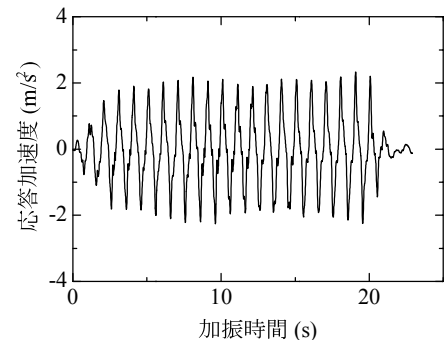


図 3 振動台応答加速度

Experimental study on seismic behavior of reinforced retaining wall due to heavy rainfall

Makoto KOBAYASHI, Hayato KATSURAGAWA, Sayaka OKUHIRA (Toyota National College of Technology), Kinya MIURA (Toyoashi University of Technology), Takeharu KONAMI (Okasan livic Co. Ltd.)

3. 降雨と地震の複合作用を受ける場合の引抜き安定性の評価

3. 1 降雨浸透による安定性低下と施工時の補強材のたるみの影響

図3に、タイバーに緊張力を付与していないケースの壁面パネルに作用する土圧とアンカープレートの引抜き抵抗応力の時刻歴を示す。なお、アンカープレートの引抜き抵抗応力は、記録された圧力計の圧力から間隙水圧を差し引き、有効応力で表している。これらより、アンカープレートの引抜き抵抗応力が発揮されていないことが指摘できる。これに対して、降雨浸透に伴う飽和度の上昇と間隙水圧の発生に伴って壁面土圧は増加していることが分かる。実規模換算で表層から0.5mの位置に設置した圧力計の数値は、地盤材料が飽和したと仮定して計算される主働土圧と同程度であることが確認できている。これらのことから、最上部のタイバー設置層で主働崩壊が発生していることを裏付けている。

一方で、実施工の留意点として挙げられているたるみのないタイバーの設置をモデリングするため、模型地盤作製時において、タイバーのたるみを除去して締め作業を行った。なお、この作業は、土被り圧が小さいために引抜き抵抗力を発揮し辛いと想定される最上部のタイバー設置層のみに適用した。このケースにおける壁面パネルに作用する土圧とアンカープレートの引抜き抵抗応力の時刻歴を図5に示す。これより、タイバーのたるみを特に意識せずに作製した補強土のケースと比較して、降雨開始前から土圧が生じており、本来地盤材料の粘着力により壁面土圧が生じないことと異なる結果を示した。これは、タイバーが緊張していることにより、裏込め地盤が拘束されていることを示唆しているものと推察される。その後、降雨浸透に伴う飽和度の上昇、間隙水圧の発生により壁面土圧は増加し、引抜き抵抗応力が低下していることが分かる。引抜き抵抗応力の低下は、降雨浸透に伴う水浸コラプスに起因した地盤の剛性低下によるものと考えられる。この時点で、壁面土圧は主働土圧と同程度を示しているものの、引抜き抵抗応力が発揮されているため、崩壊には至っていないと推察される。

図6に降雨開始から加振後までの壁面パネルの変位の時刻歴を示す。これより、補強効果が適切に発揮されていない場合では、降雨浸透に伴って壁面材裏の土圧が上昇し、壁面は一旦前方に変位し、その後下部への土砂流出に伴って壁面パネルの回転が確認できる。本来の施工では、壁面パネルが連結された箇所ダブルコネクタによりタイバーと接続するため、本研究のようなパネルの回転に至ることはないが、適切な補強効果を得るためには、タイバーのゆるみない設置と締めが必要であるといえよう。

3. 2 降雨浸透が地震時挙動に与える影響

図7に、両ケースにおける加振中の壁面土圧および引抜き抵抗応力の時刻歴を示す。これらより、タイバーがたわんでいる場合は、加振に伴う壁面変位に追随してアンカープレートが引抜けているために、引抜き抵抗応力が漸増していることが指摘できる。これに対して、タイバーに緊張力が作用して補強領域に拘束効果が発揮されているケースでは、土圧の増加を抑制しているとともに、引抜き抵抗応力の変化が大きくないことから、補強領域が一体となって振動している様子がうかがえる。

以上のことから、補強土壁がその長所としての耐震性を発揮するためには、適切に補強効果を発揮できることが条件であり、降雨浸透に伴う補強材緊張力の低下や、施工当初からの補強材のたわみは、この種の補強土構造物の降雨時、地震時安定性を低下させる要因であるといえよう。

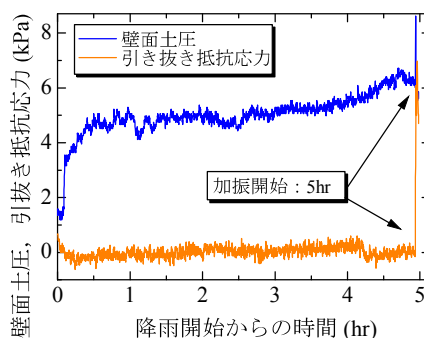


図4 壁面土圧、引抜き抵抗応力の時刻歴 (Non-prestrained)

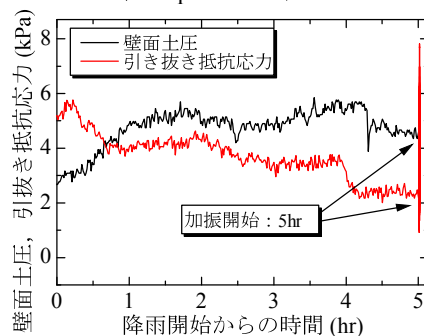


図5 壁面土圧、引抜き抵抗応力の時刻歴 (Prestrained)

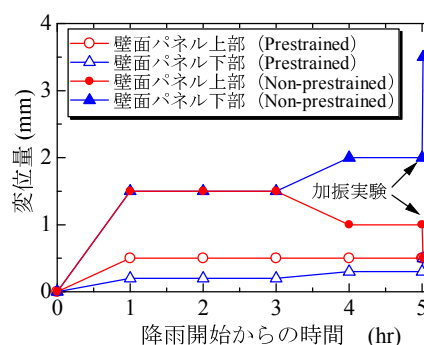


図6 壁面パネル変位の時刻歴

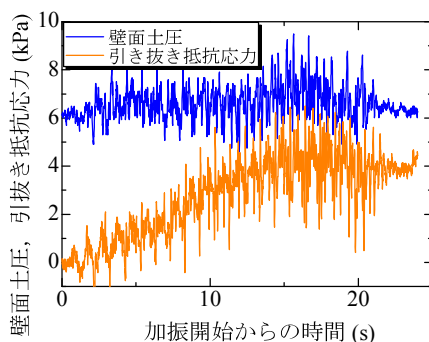


図7 地震時の壁面土圧、引抜き抵抗応力の時刻歴 (Non-prestrained)

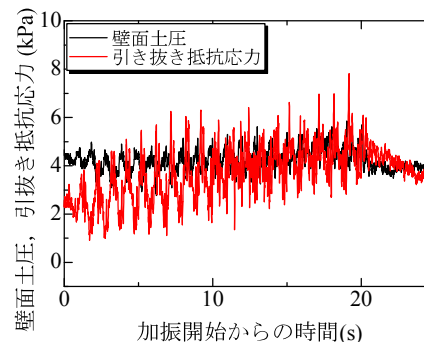


図8 地震時の壁面土圧、引抜き抵抗応力の時刻歴 (Prestrained)