



橋台取り付け部の両面補強土壁の地震時性能評価に関する振動台実験

豊田工業高等専門学校

小林 睦

小笠原 明信

今日の話題

1. 研究背景, 目的
補強土工法, 補強土壁の積み残された課題, 研究着想の経緯
2. 実験概要
模型実験概要, 振動台実験, 実験条件
3. 結果の整理と考察
4. まとめと今後の展開

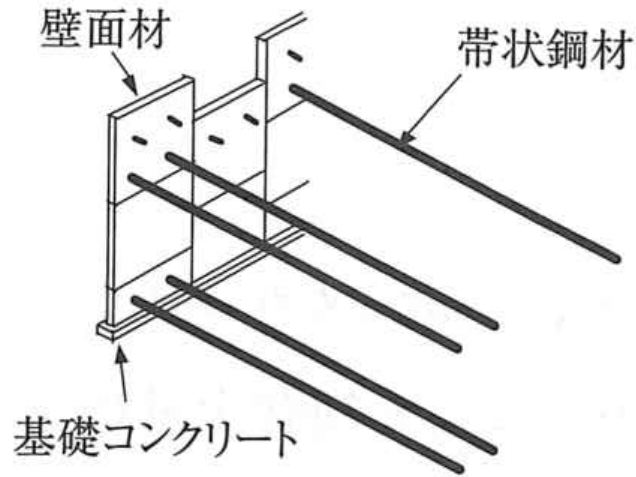
補強土工法

土地を有効利用するために、高低差がある場所では石を積み上げたり、鉄筋コンクリートの擁壁により鉛直な壁を設けて、水平な土地を生み出してきた。このように、土ではないものを活用してきたのは、土が粒状体であり、引張強度が低いことから、土だけでは鉛直を保つことは困難だからである。

そこで、土に引張強度を付加するために、土中に補強材を敷設、あるいは挿入する補強土工法が開発され、普及してきている。この補強土工法によって、コンクリートだけに頼らずに土も活用しながら擁壁を構築できる。これを補強土壁という。

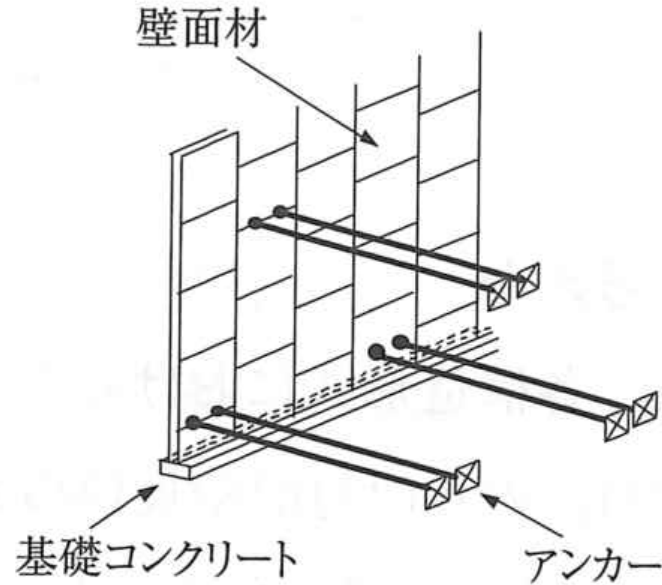


補強土壁



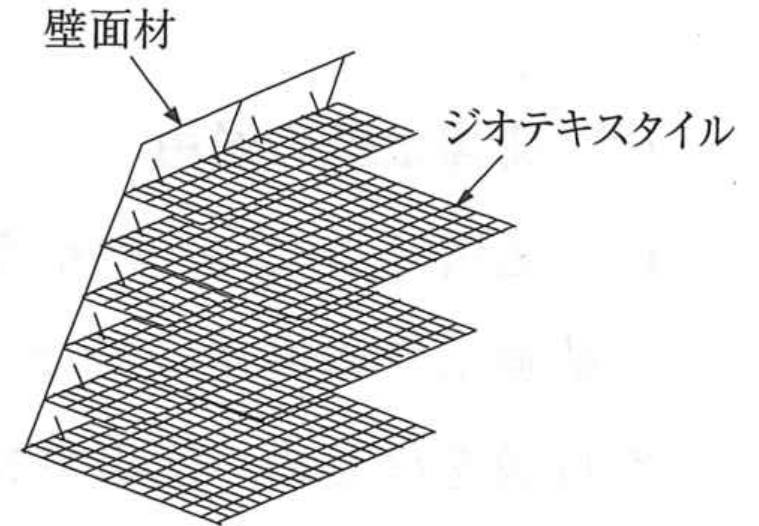
(a) 帯鋼補強土壁

帯状鋼材と土との摩擦



(b) アンカー補強土壁

アンカーの支圧抵抗

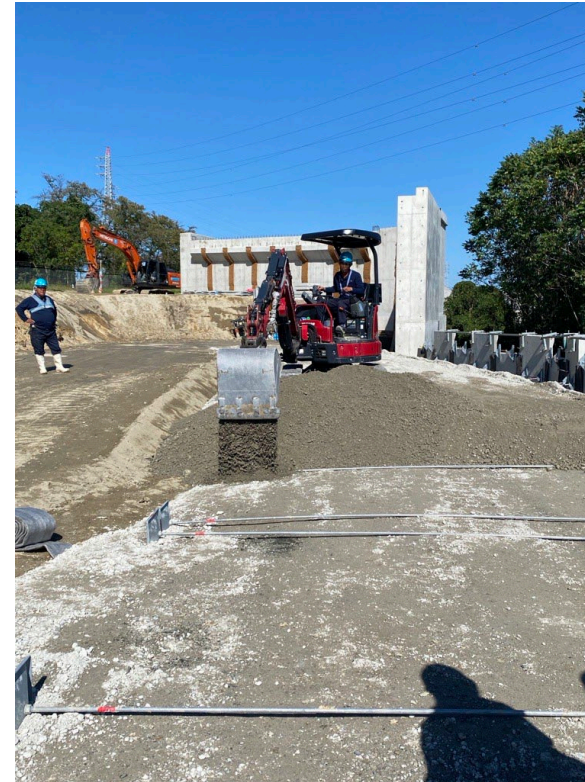
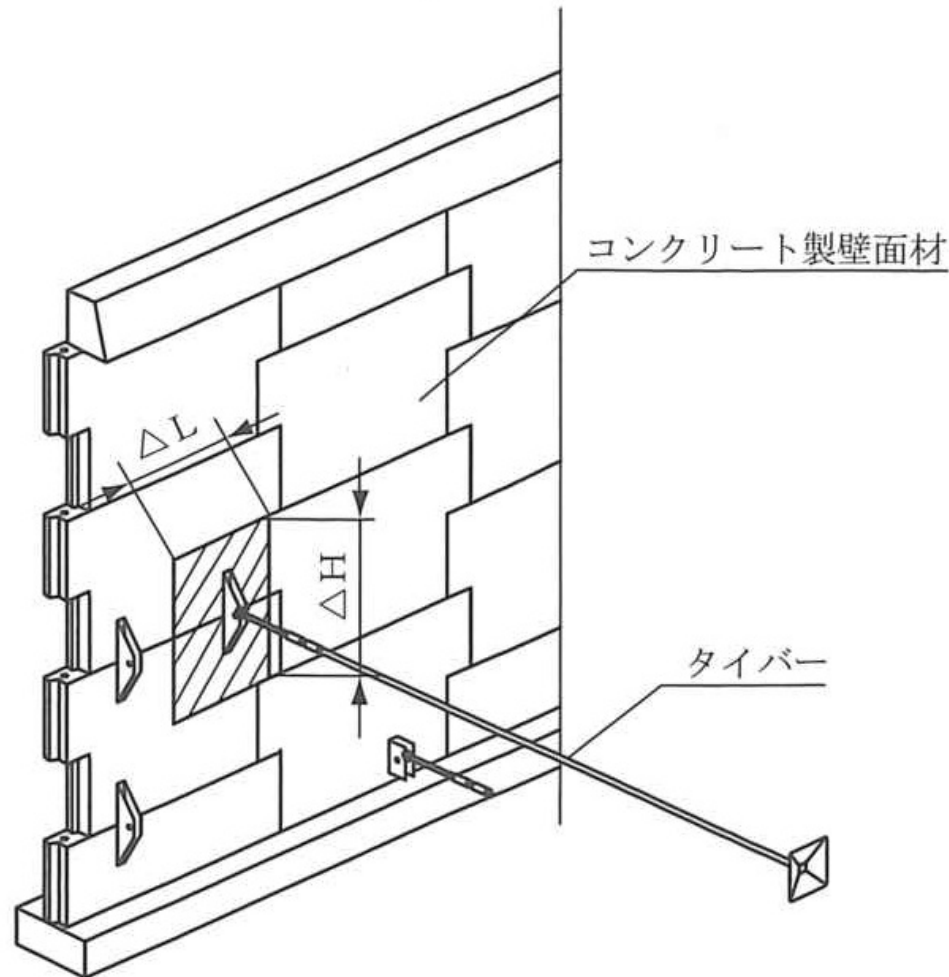


(c) ジオテキスタイル補強土壁

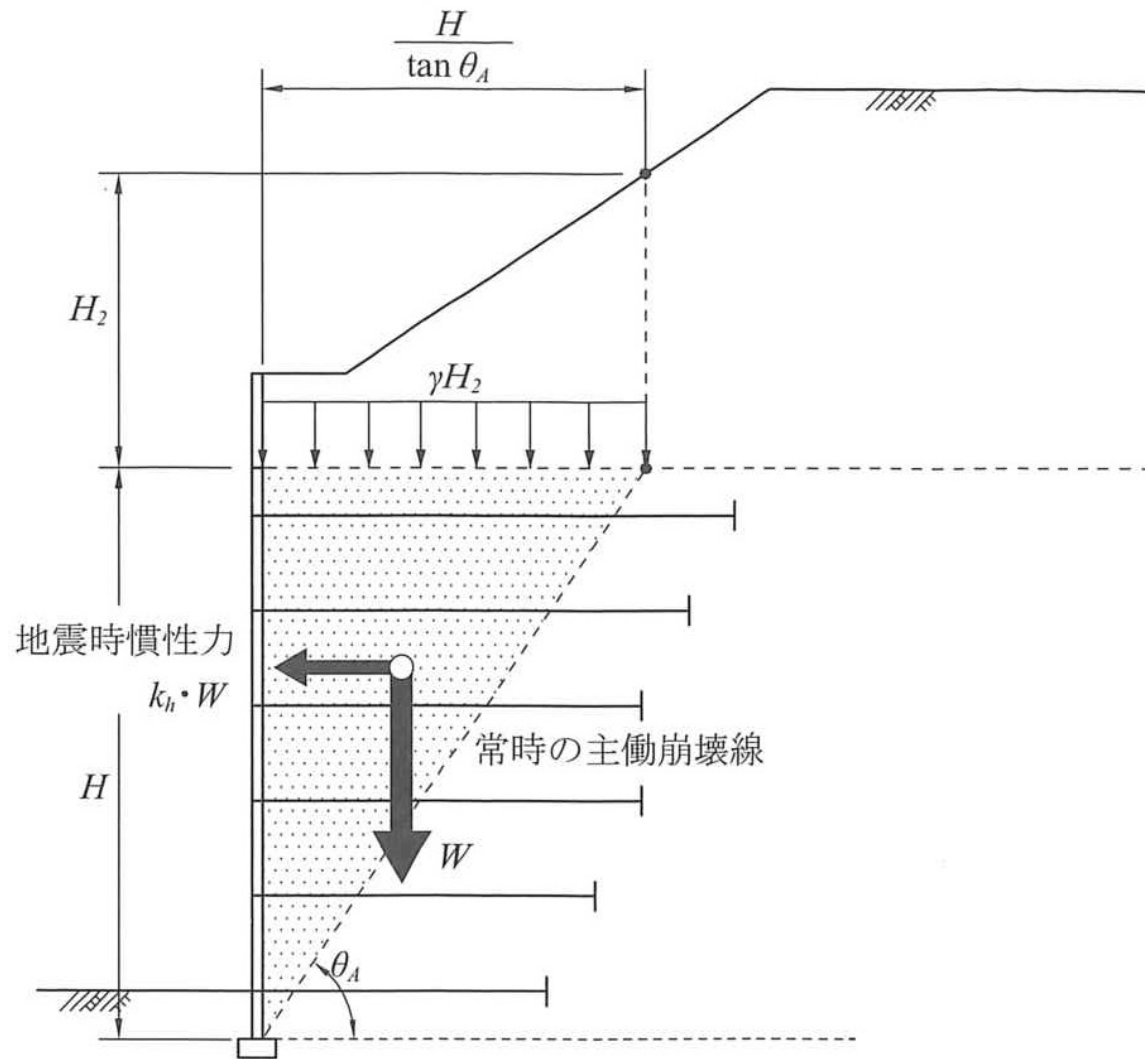
ジオテキスタイルと土との摩擦

補強土の耐震設計

アンカー式補強土壁の補強原理：コンクリート製壁面材に作用する土圧をタイバーを介してアンカープレートとの引き抜き抵抗で負担する



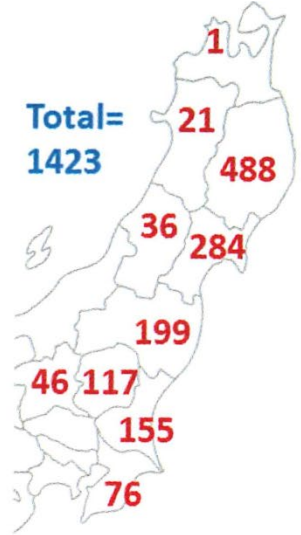
補強土の耐震設計



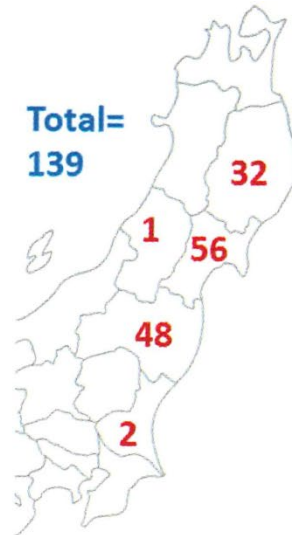
すべり破壊を起こす土塊にはらく地震時慣性力が，常時に作用する土圧に加わることになる

※地震時慣性力を考える方向は，土圧が作用する方向

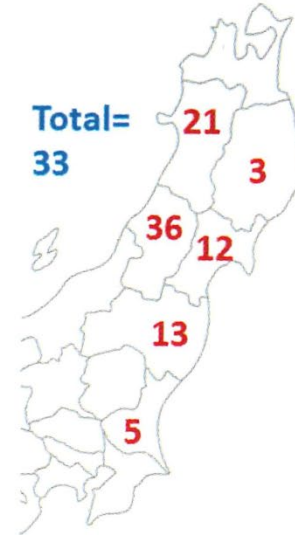
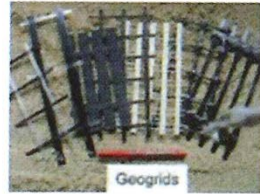
補強土壁の積み残された課題



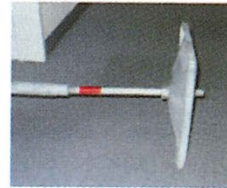
Steel Strip walls



Geogrid walls



Multi-anchor walls



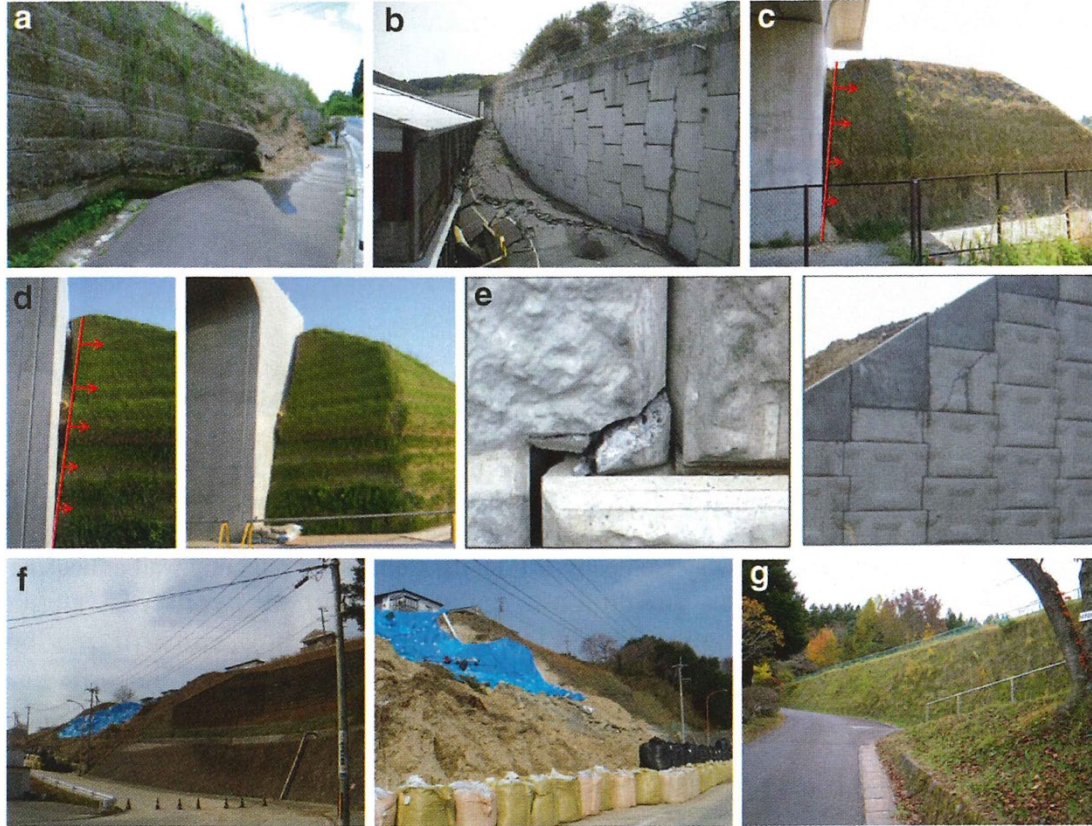
終局限界状態：1%以下

無被害：90%以上

総数：1595ケース

Yoshihisa Miyata : Reinforced soil walls during recent great earthquakes in japan and geo-risk-based design, Earthquake Geotechnical Engineering Design, Michele Maugeri and Claudio Soccodato (eds.), Springer, pp.343-353, 2014

補強土壁の積み残された課題



a, b : 終局限界状態

c : 修復限界状態

d, e : 使用限界状態

f, g : 無被害

(東日本大震災)

Yoshihisa Miyata : Reinforced soil walls during recent great earthquakes in japan and geo-risk-based design, Earthquake Geotechnical Engineering Design, Michele Maugeri and Claudio Soccodato (eds.), Springer, pp.343-353, 2014

補強土壁の積み残された課題



a, b : 終局限界状態

c : 修復限界状態

a : すべり破壊（盛土内水位が高い状態・・・排水工が機能していない）

推定震度6弱，推定加速度300gal

b : 大規模な水平変位（軟弱地盤上・・・基礎の対策が施されていない）

推定震度6弱，推定加速度300gal

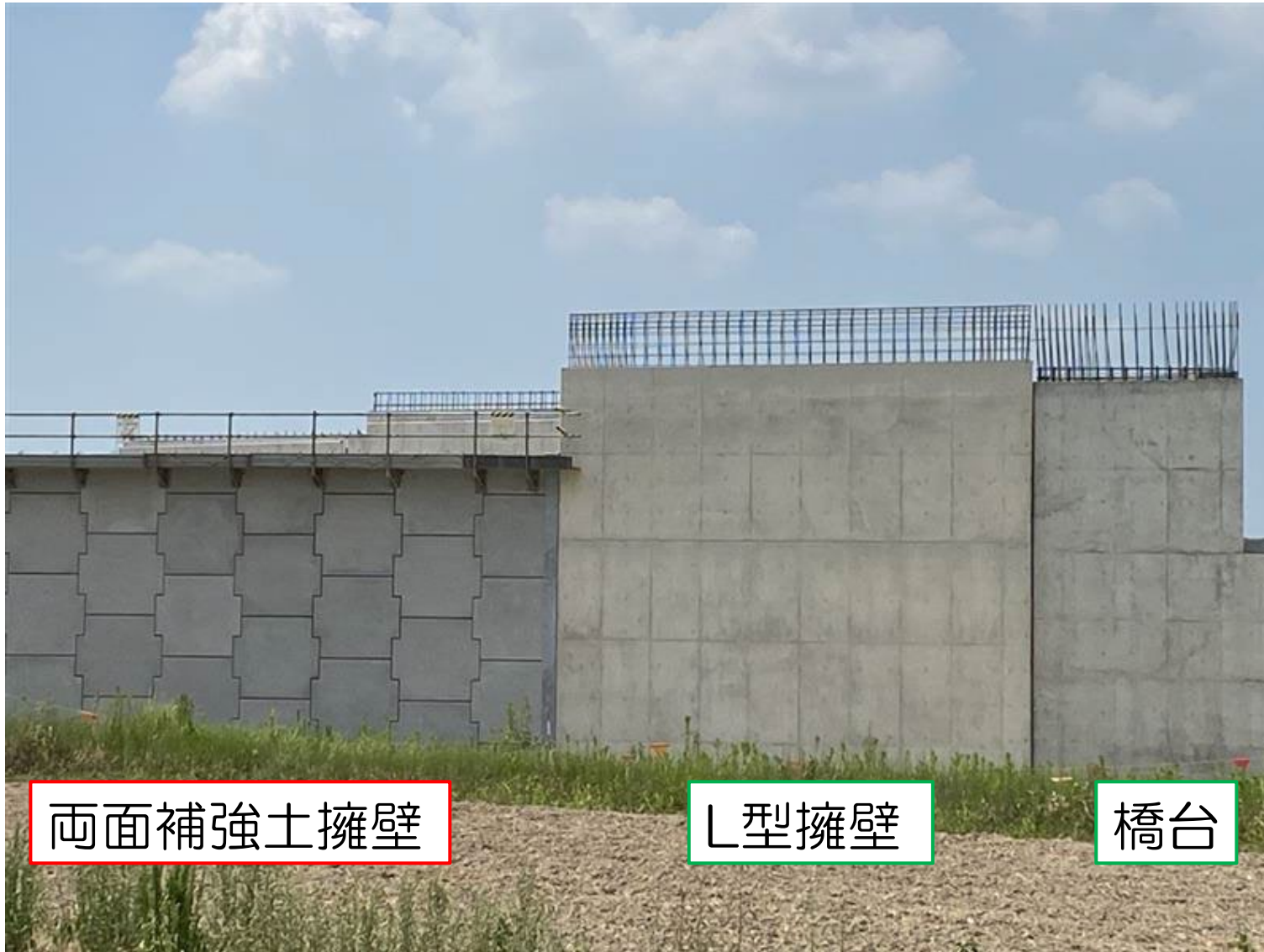
c : 水平変位と橋台とのずれ（細粒分が多い，地下水位が高い）

推定震度6弱，推定加速度300gal

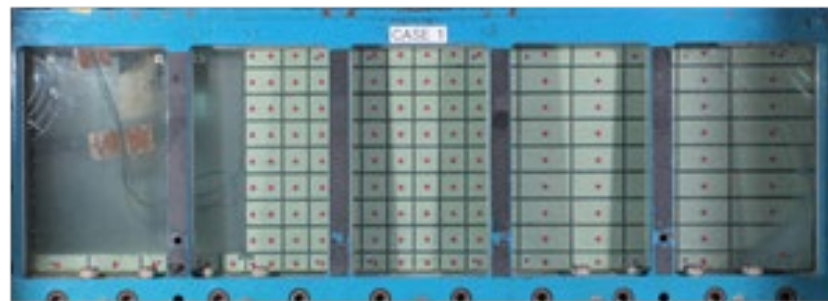
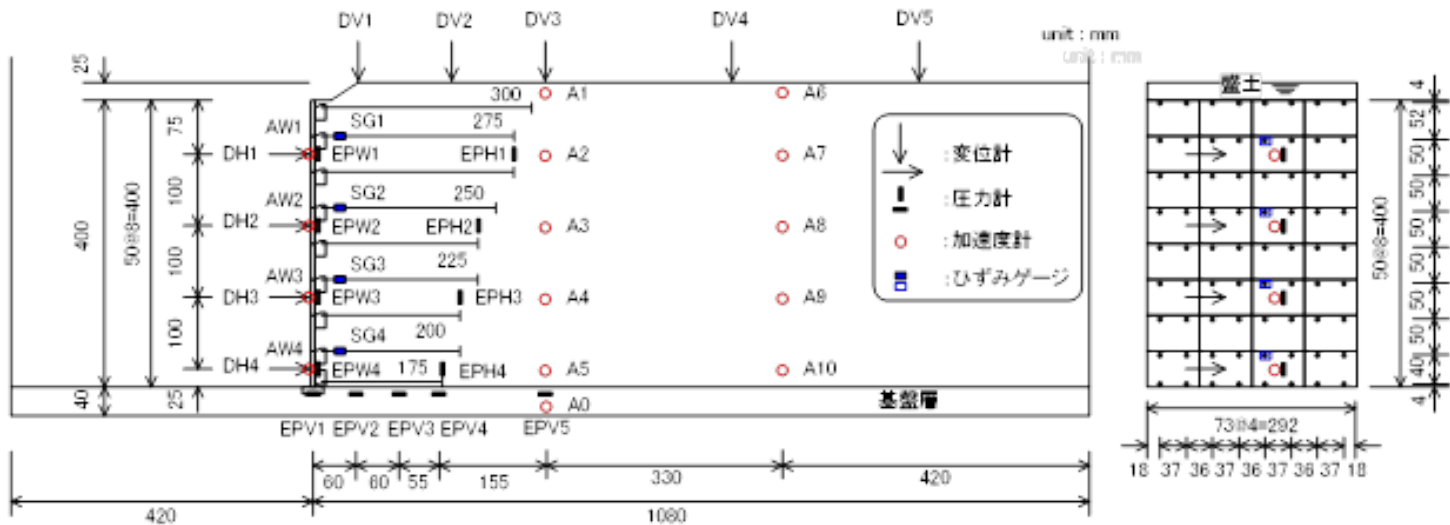
Yoshihisa Miyata : Reinforced soil walls during recent great earthquakes in japan and geo-risk-based design, Earthquake Geotechnical Engineering Design, Michele Maugeri and Claudio Soccodato (eds.), Springer, pp.343-353, 2014

補強土壁の積み残された課題

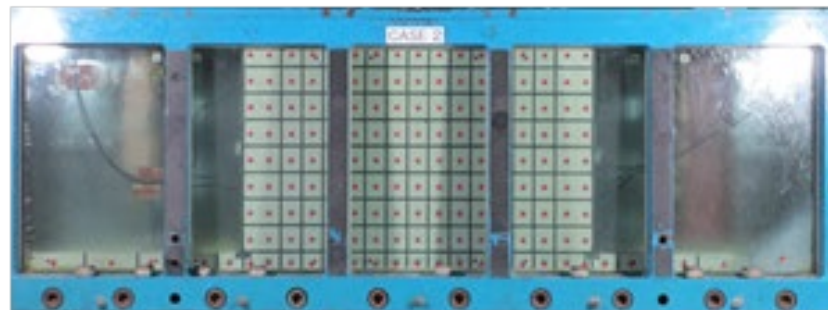
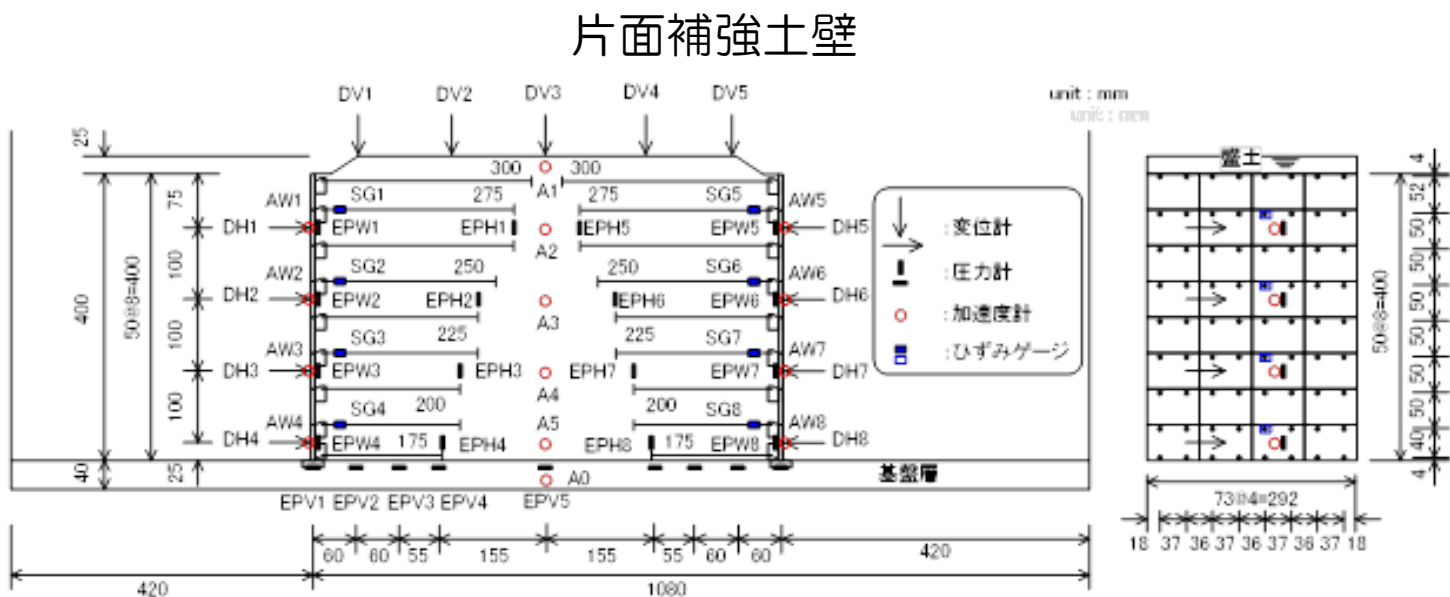
両面補強土壁の地震時挙動が明らかになっていないことから、橋台と隣接して適用されない



補強土壁の積み残された課題



片側補強土壁

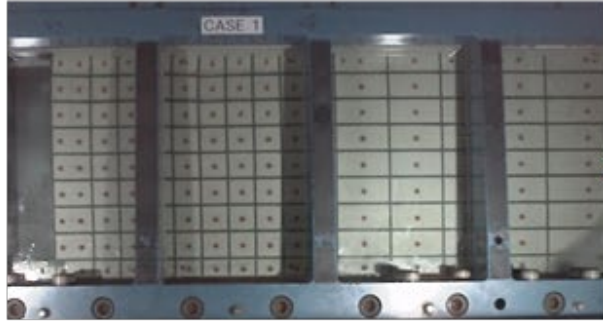


両面補強土壁

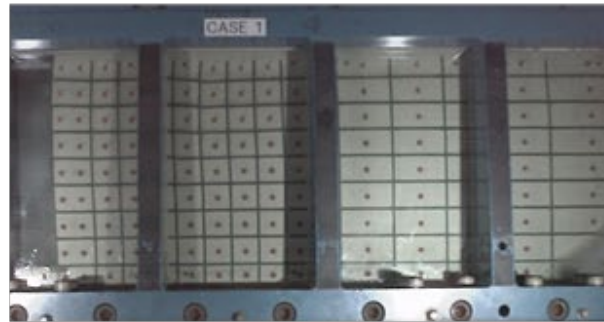
200galずつ加振加速度を増加させたステップ加振

両面補強土壁

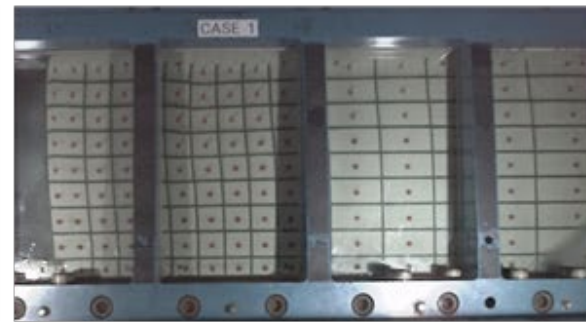
補強土壁の積み残された課題



400gal

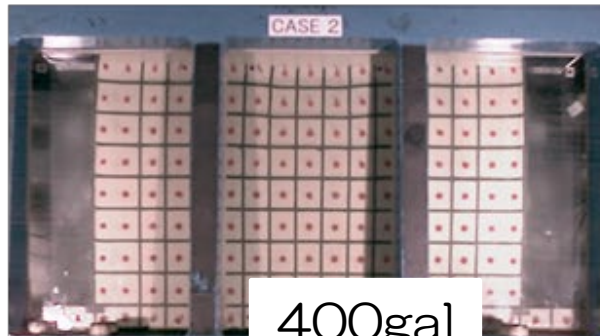


580gal

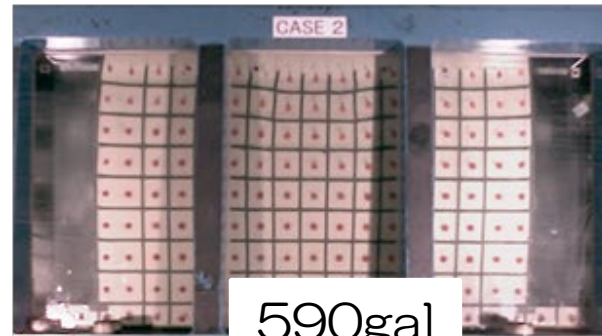


760gal

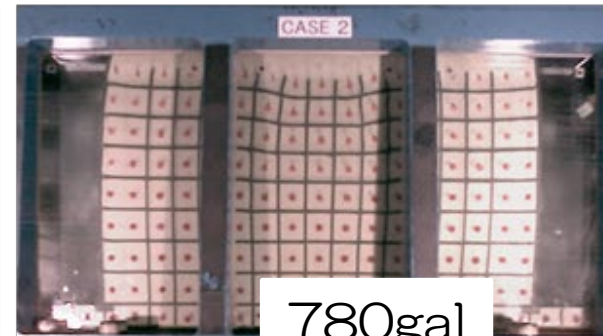
片面補強土壁



400gal

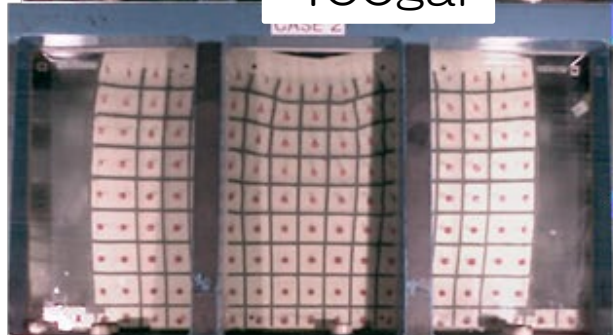


590gal

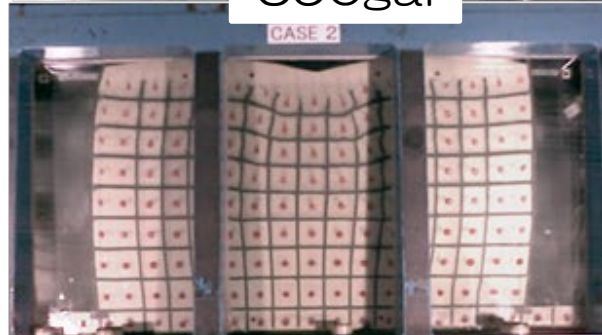


780gal

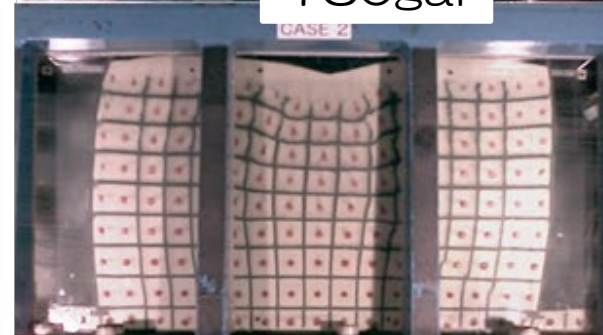
両面補強土壁



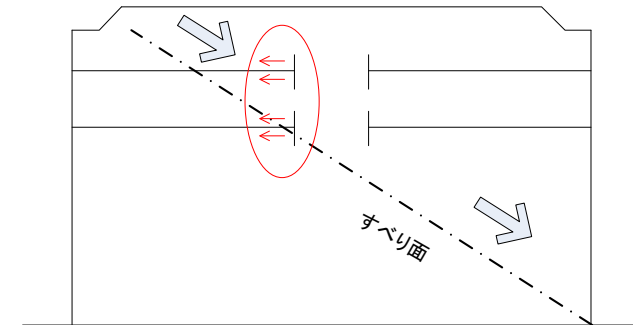
930gal



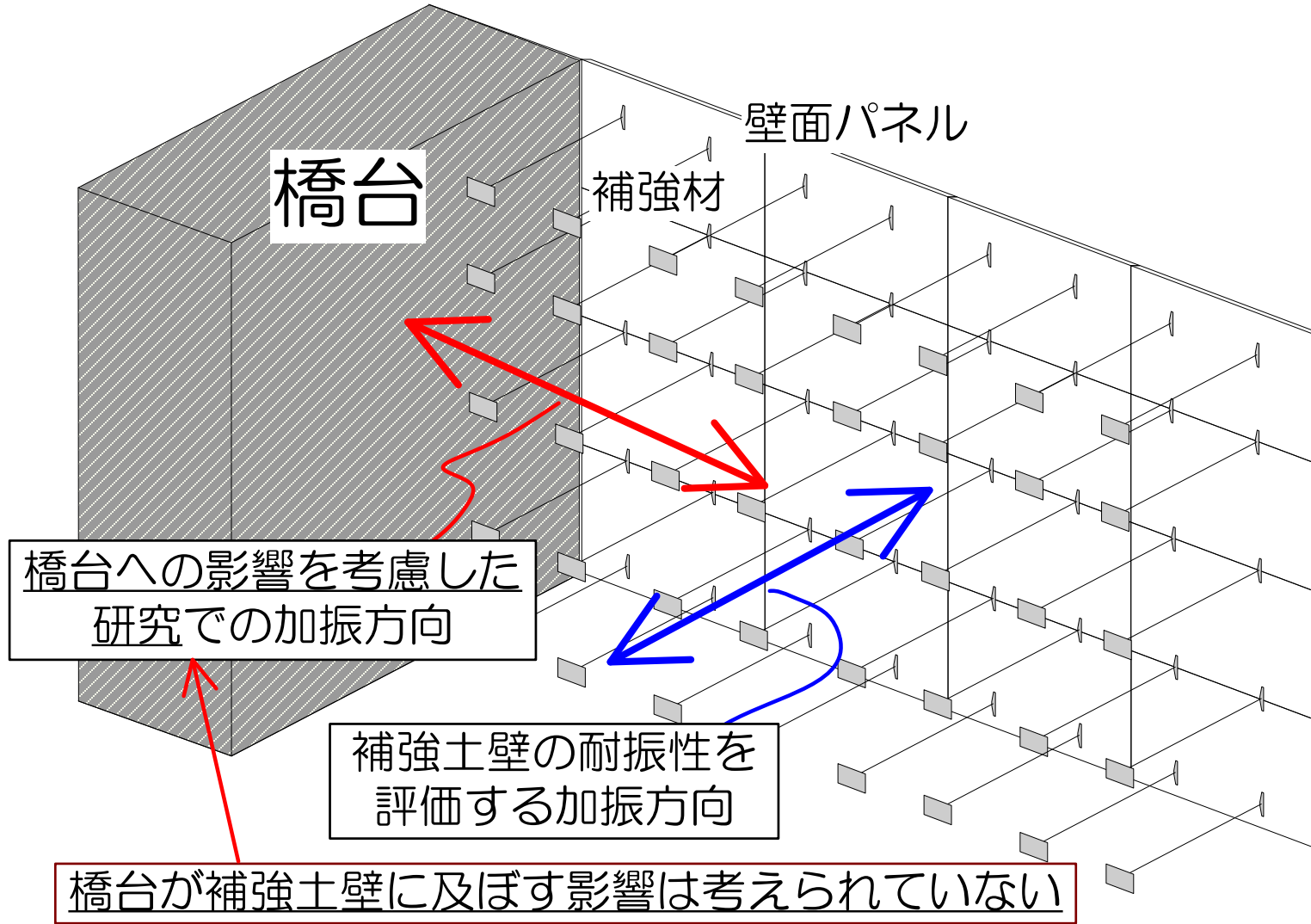
1080gal



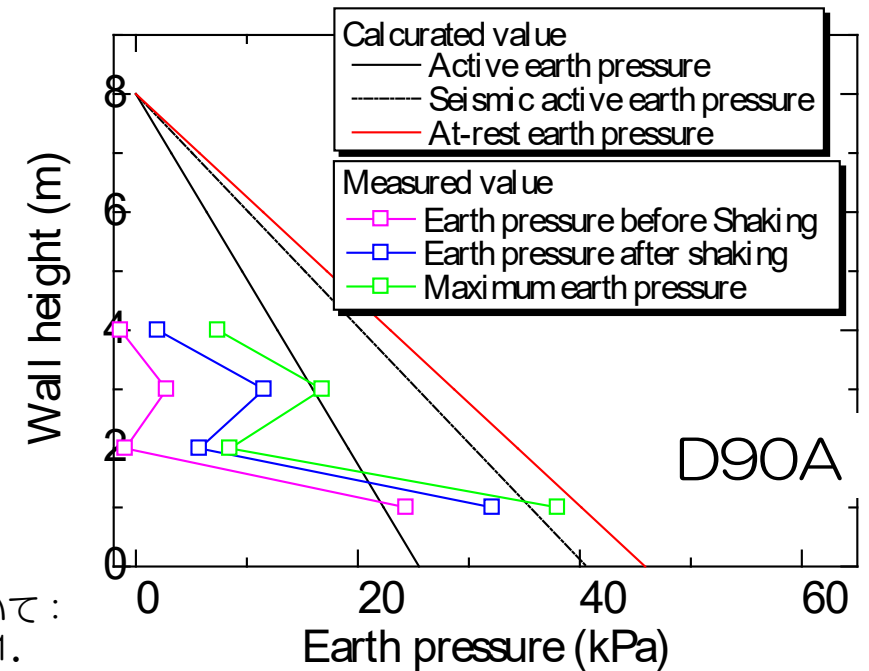
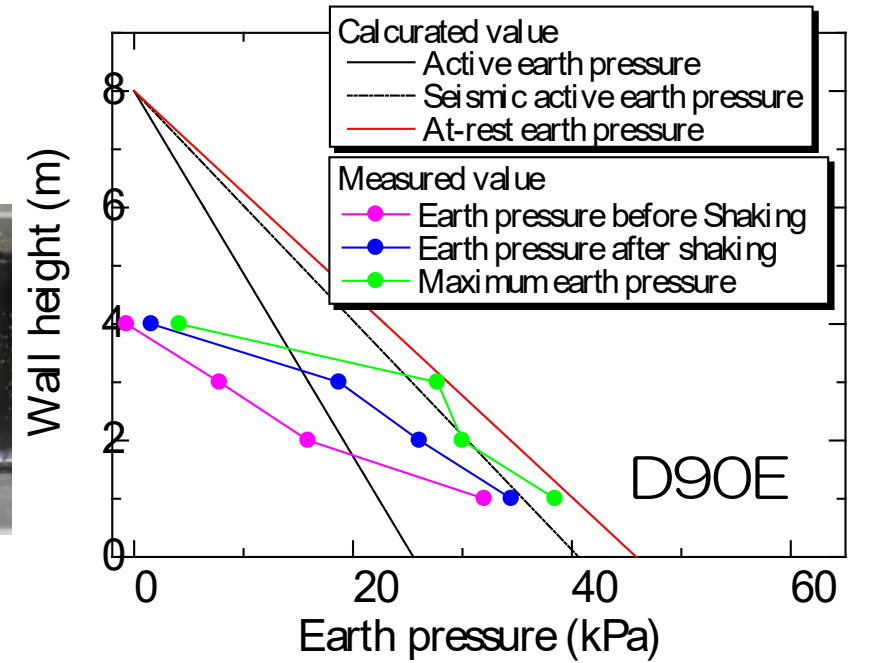
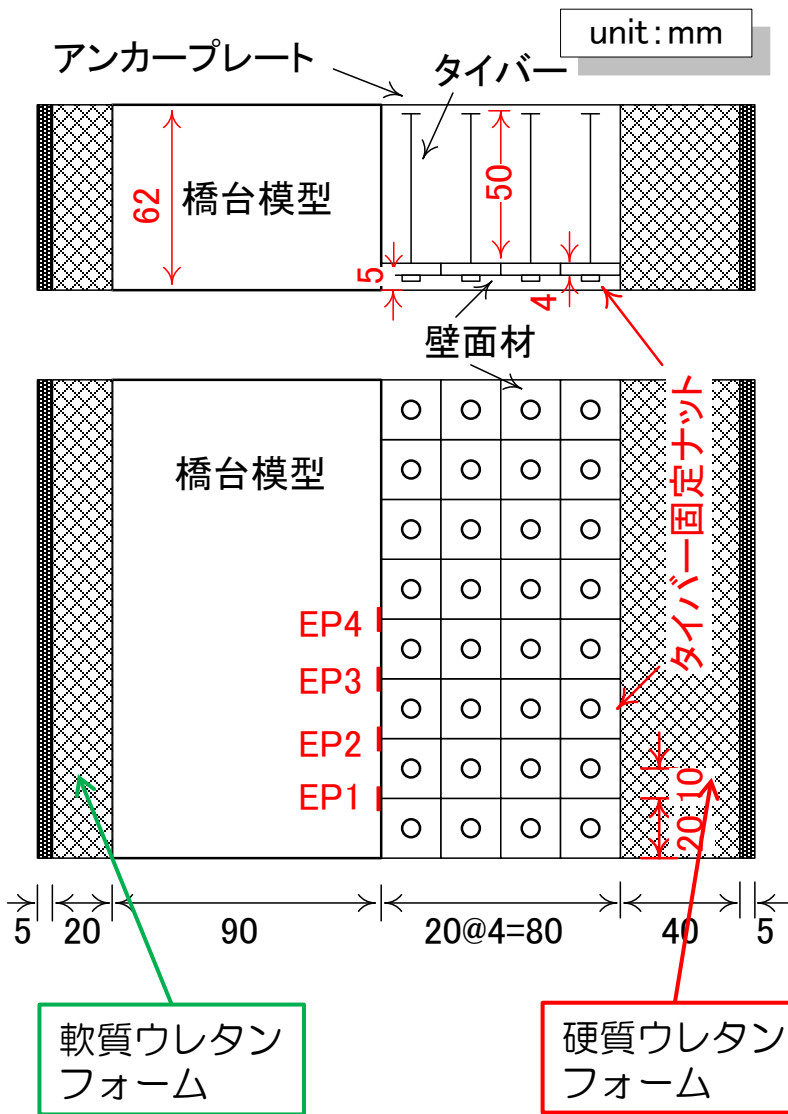
1330gal



本研究の着想の経緯



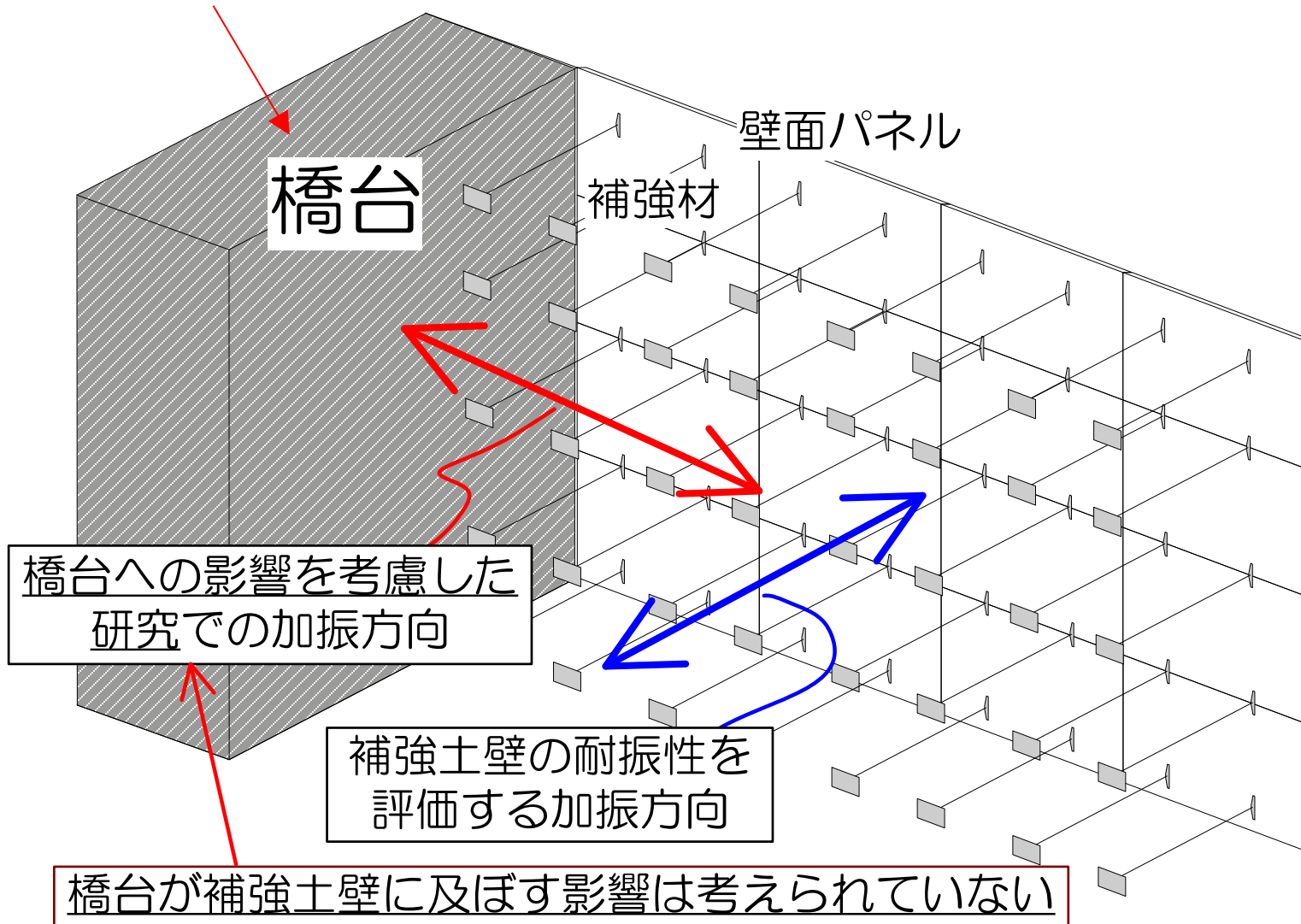
着想の経緯



小林睦ら：橋台取り付け部の補強土壁の地震時土圧特性について：第76回土木学会年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-101，2021。

本研究の着想の経緯

動かない？



検討しなくてもよいのか？



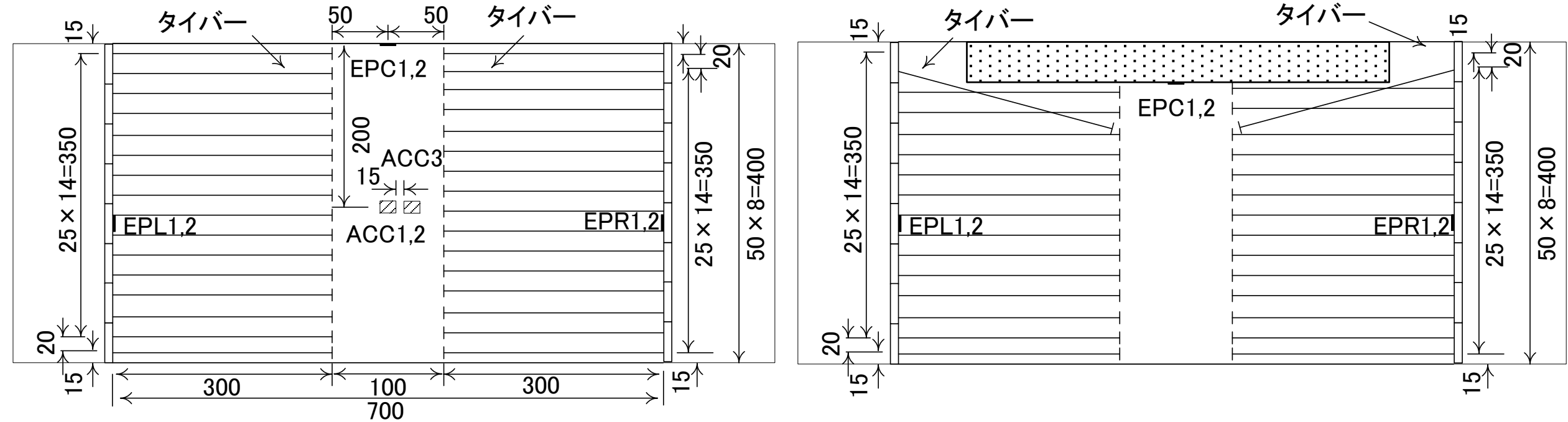
本研究の目的

橋台取り付け部においては、地震時に剛な構造物からエネルギーを受けるものの、そのエネルギーを受ける方向が補強材敷設方向と直交する方向になる。そうすると、補強土壁がそのエネルギーを消散させるためには、補強土壁自身が補強材敷設方向に拡張するしかないと考えられる。すなわち、両面壁双方の壁面がそれぞれに静的な土圧以外の土圧が作用することが想定される。このことによって、補強材には設計時に想定していない張力が作用することになり、破断や引抜けが生じてしまうと考えられる。

そこで、本研究においては、橋台取り付け部の両面補強土壁の地震時挙動を明らかにして、設計手法を説明可能なものにすることを目的とし、剛な構造物である橋台が、地震時にその橋台に隣接する両面補強土壁に与える影響を仮定して補強土壁内に生じる現象の検証を行う。すなわち、橋台からの地震時エネルギーによって両面補強土壁の双方の壁面に静的な土圧以外の土圧が作用して補強材に想定外の引張力が発生することを検証するための振動台実験を実施する。

実験概要

平面図



補強土壁側面が全体的に
橋台に接するケース

補強土壁側面のうち
裏込め地盤が橋台に接するケース

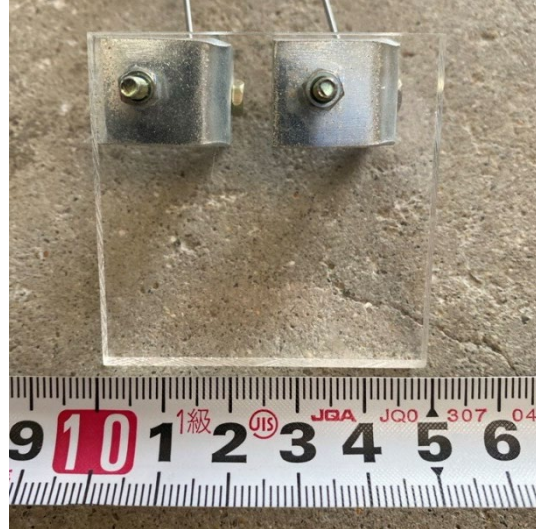
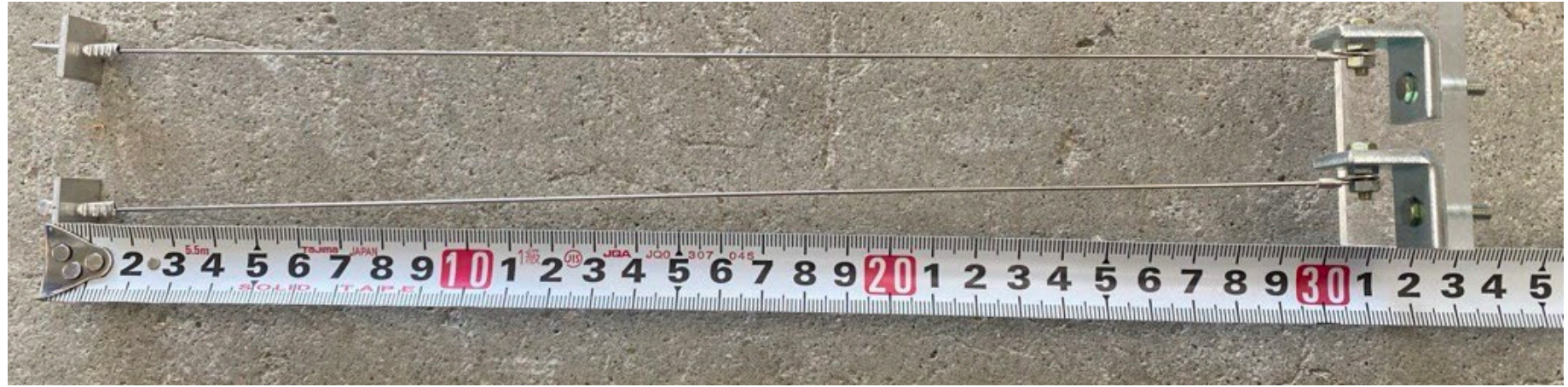
EPC : 橋台模型の土圧, ACC3 : 加振方向と直交する方向の加速度

実験概要

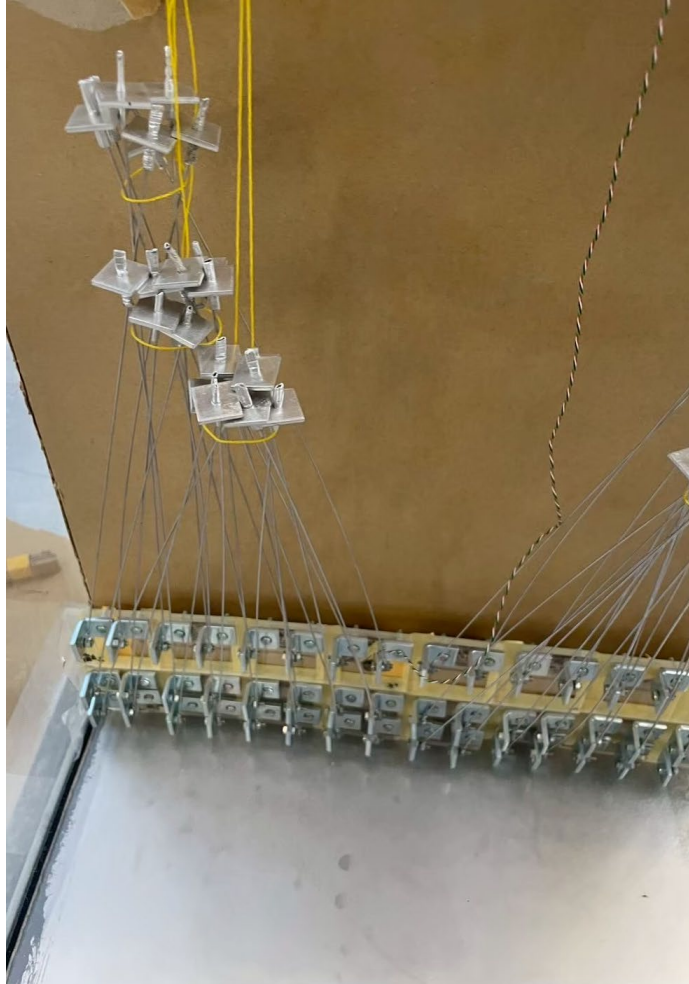
補強材模型
実寸の1/20

壁面：
1000×1000mm

支圧板：
300×300mm



実験概要



補強部材設置状況



ホッパーによる空中落下

実験概要



橋台模型なし



橋台模型あり

実験概要



完成後の模型地盤

実験概要

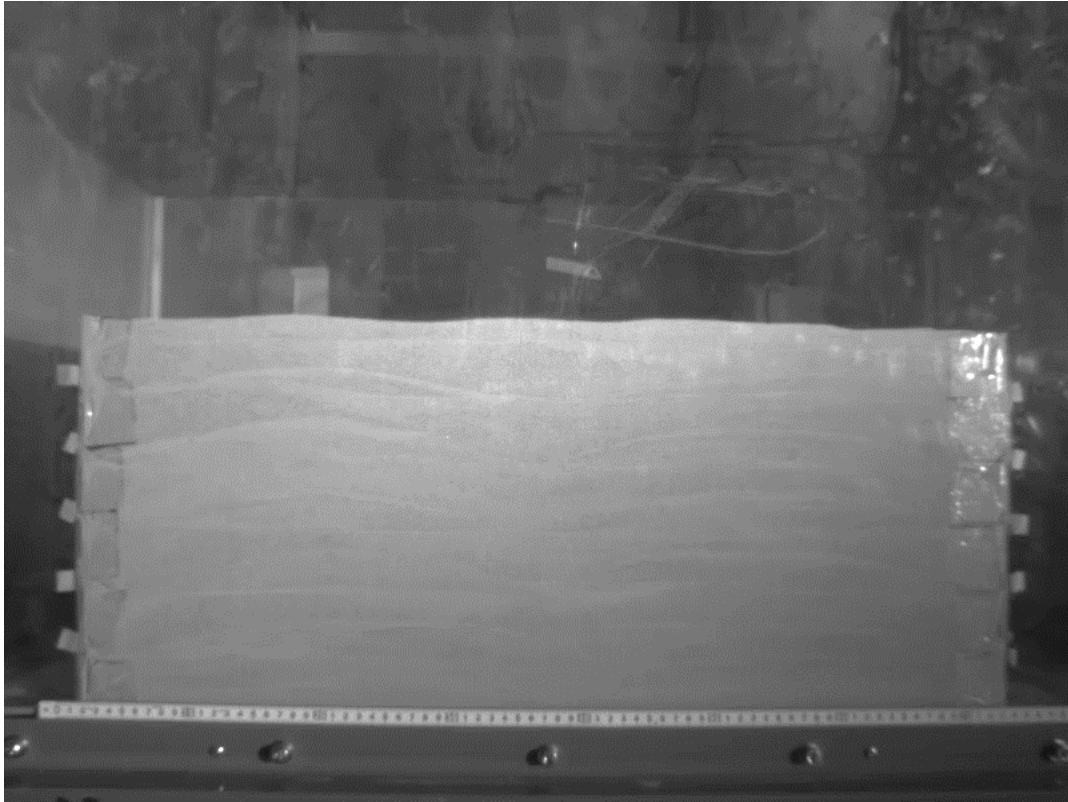
実験コード	加振方向	橋台
MO	補強材敷設方向	—
MP	補強材敷設直交方向	—
MP-Ab	補強材敷設直交方向	有

地震動：
周波数4Hz，加速度振幅7.0
 m/s^2
の正弦波を20秒間（80波）

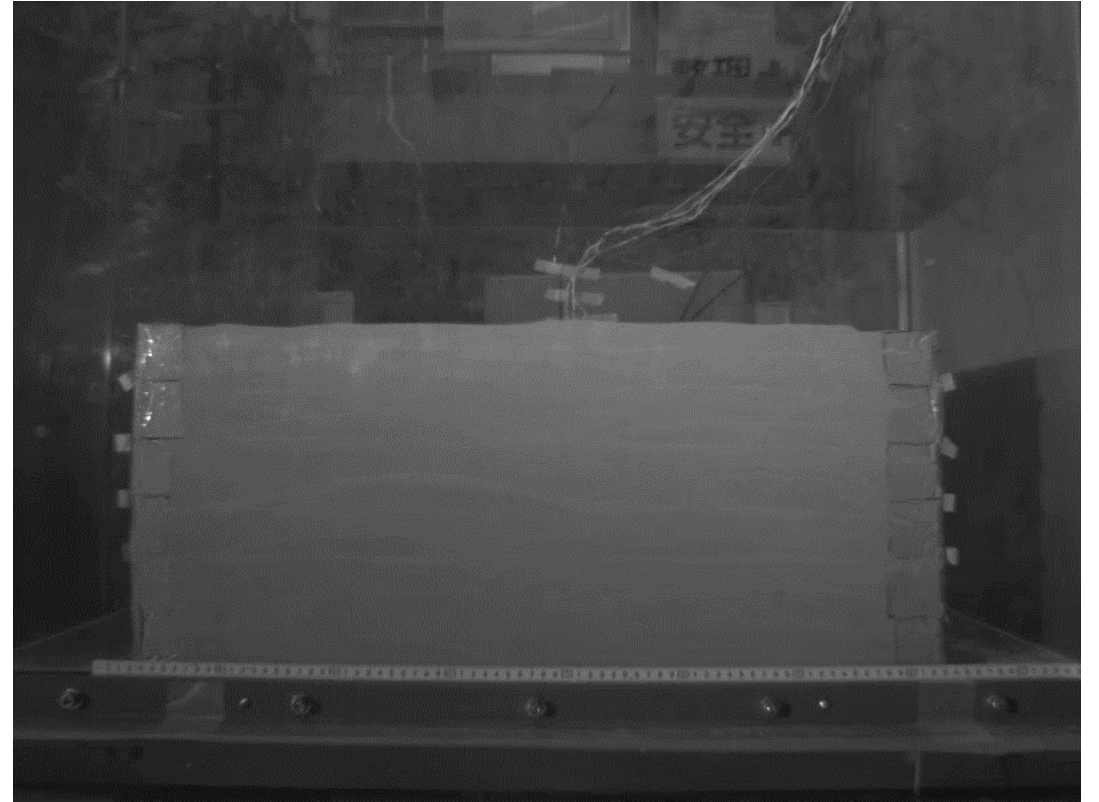


0

実験結果

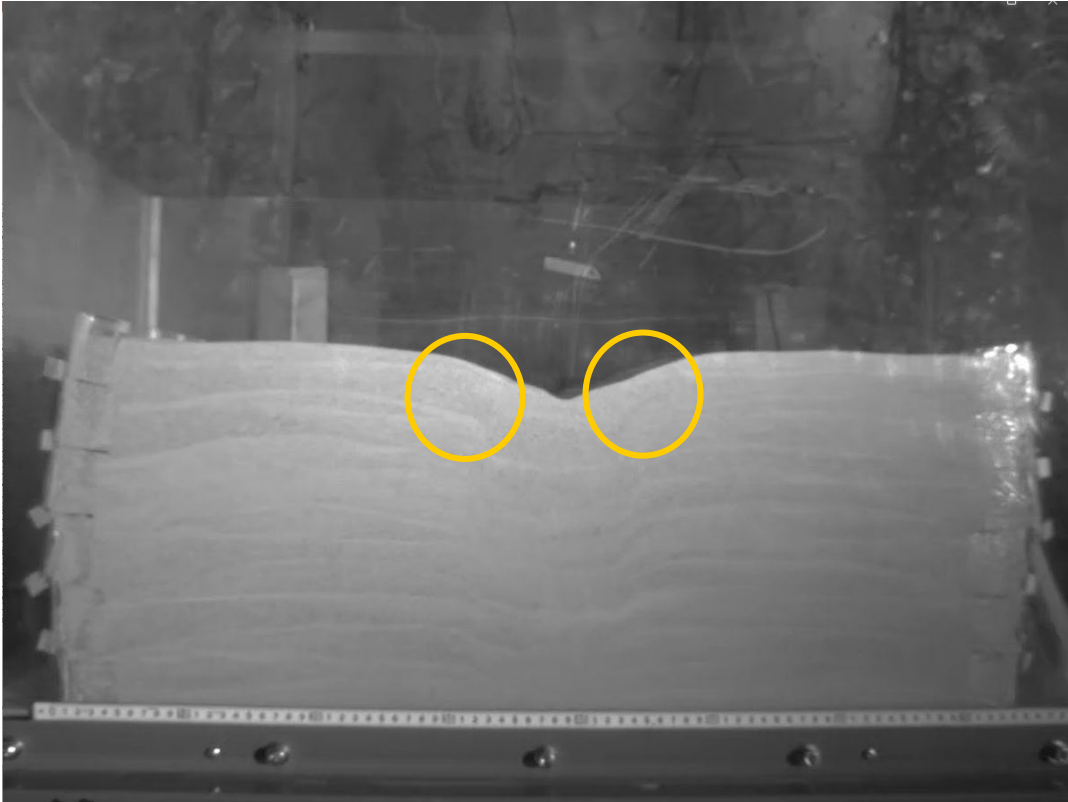


MO



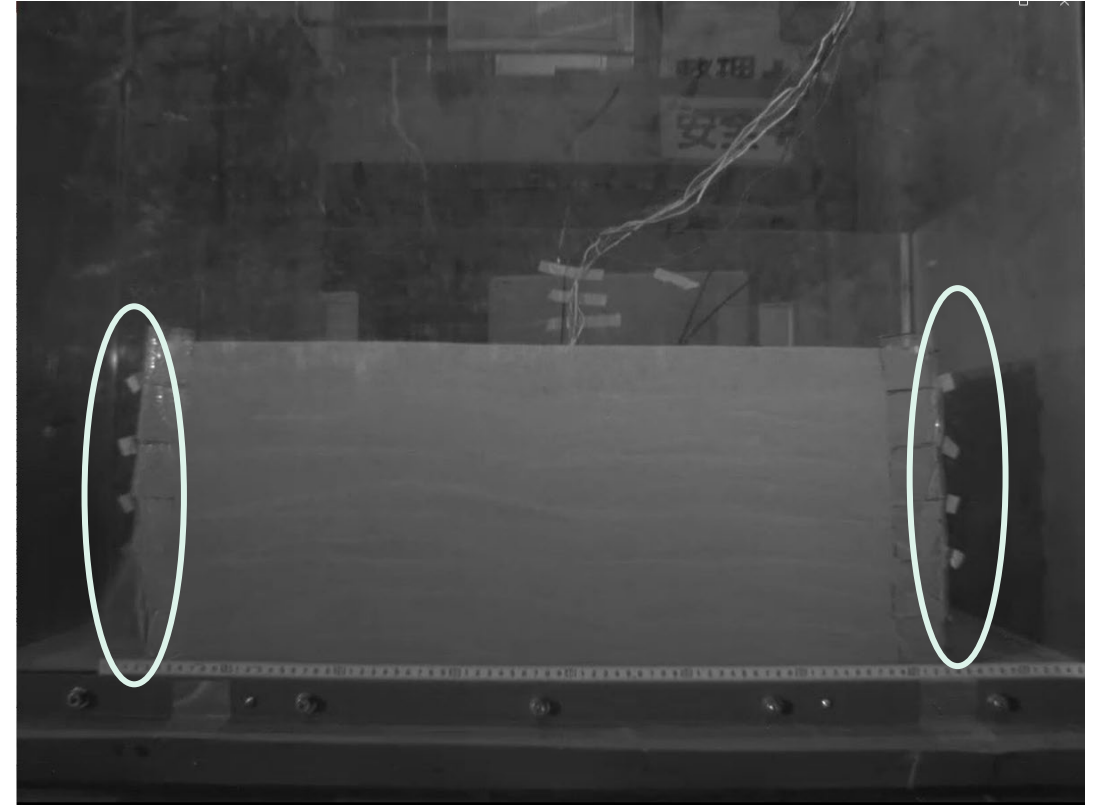
MP

実験結果



MO

地震時慣性力による引き抜き力の増加に支圧板が抵抗できず，引き抜けを確認



MP

慣性力は，壁面土圧を増加させる方向にはたらかないが，壁面パネルのはらみ出し変形を確認

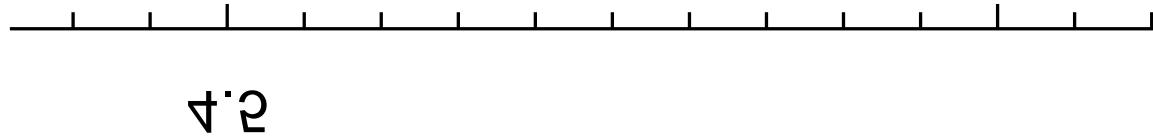
実験結果



地盤内の応答加速度

実験結果

ACC1
EPR1
EPL1
EPC1



入力加速度に対する壁面土圧の応答

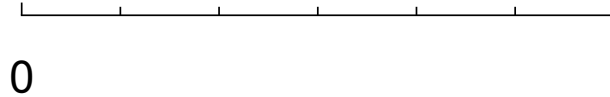
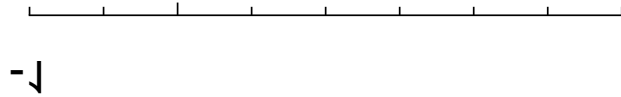
EPR1, EPL1の位相のずれ

⇒ 地震時土圧

実験結果



同一深さ，対にある壁面パネルの土圧相互の関係（MO）



実験結果

ACC1
EPR1
EPL1
EPC1



10

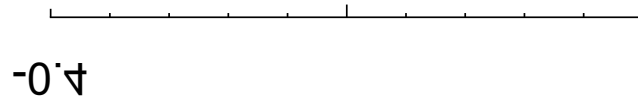
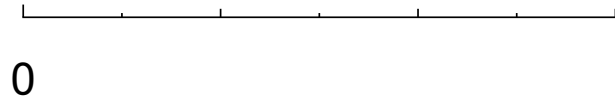
入力加速度に対する壁面土圧の応答

補強土壁側面の土圧だけでなく、
壁面土圧の変動も無視できない

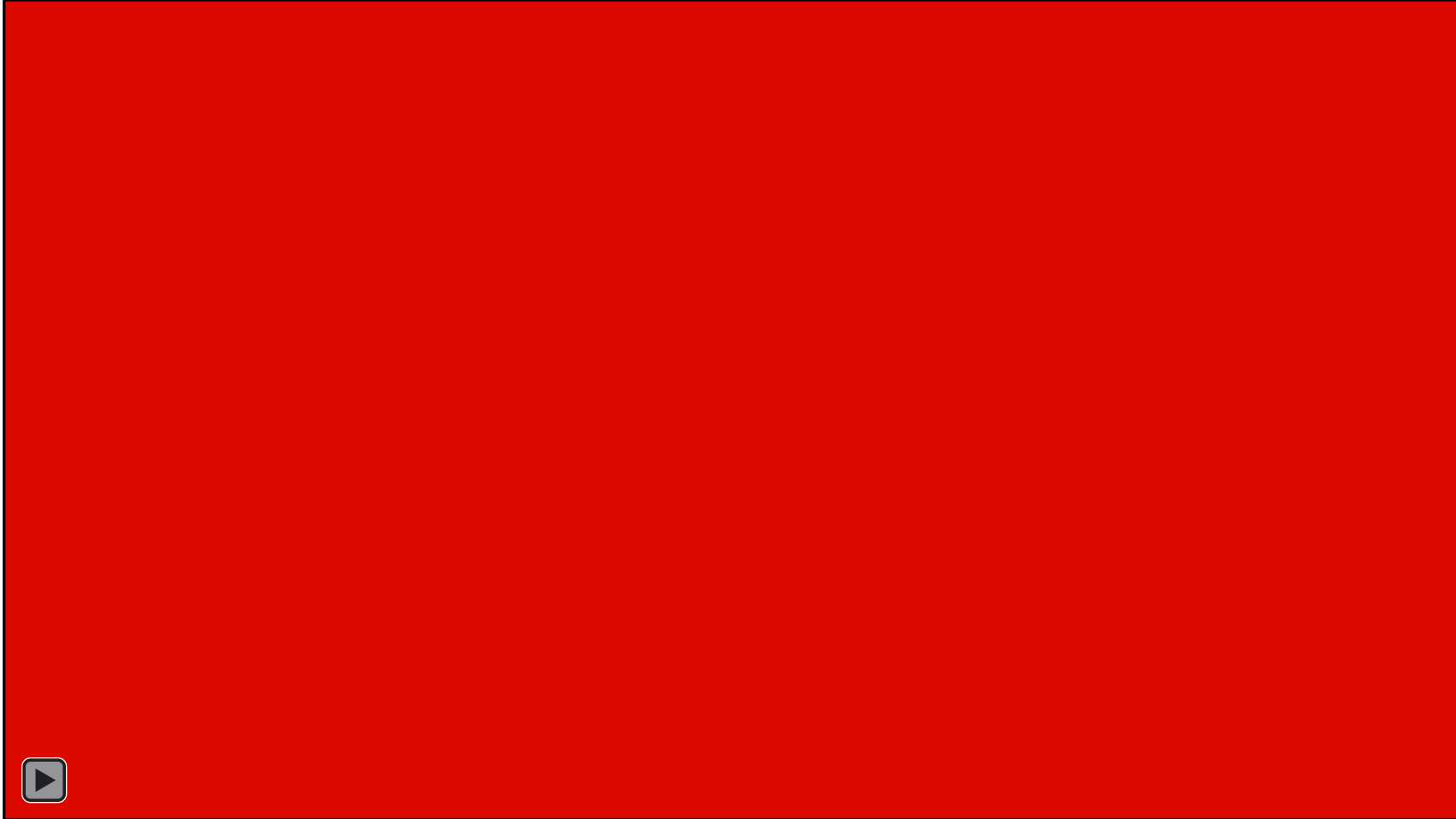
実験結果



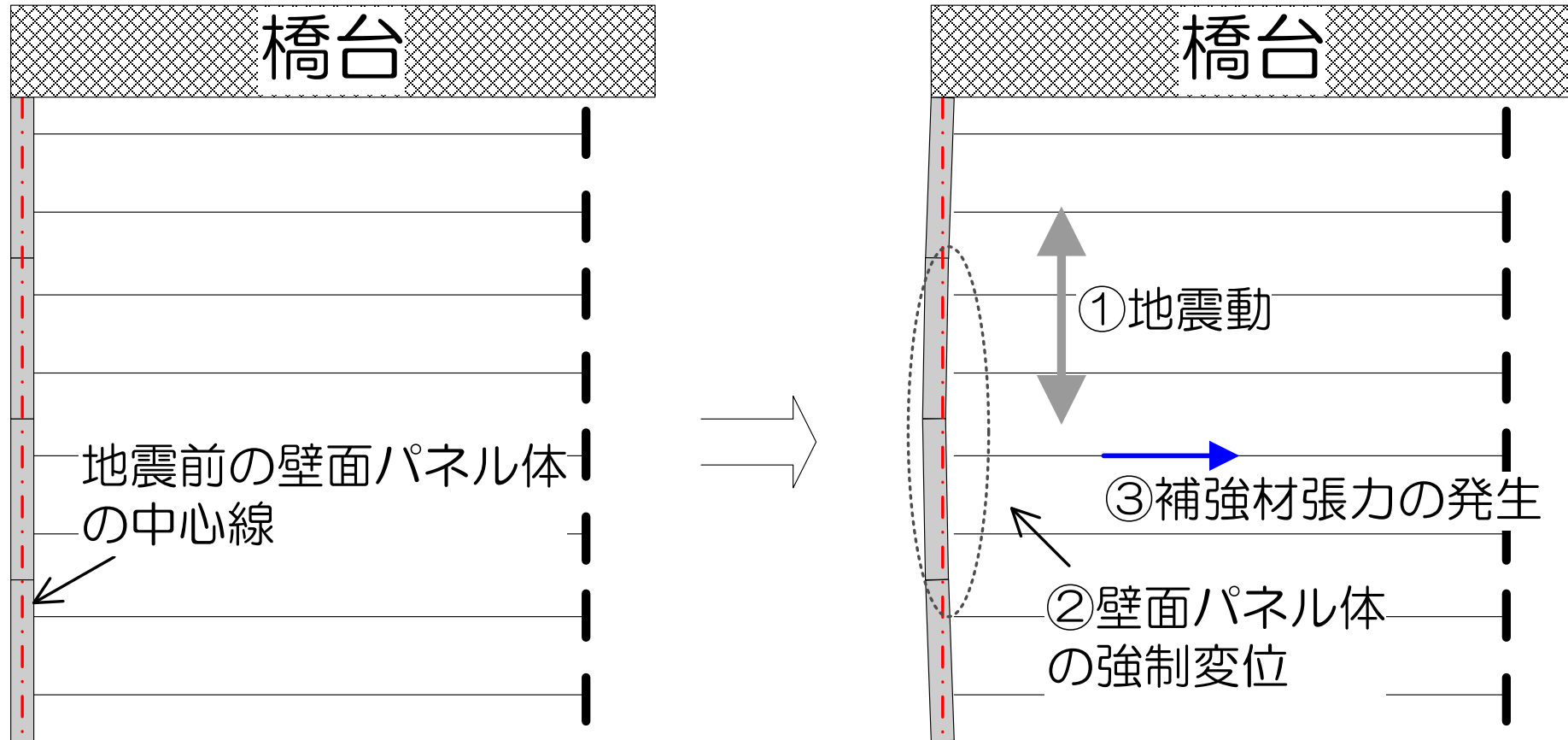
同一深さ，対にある壁面パネルの土圧相互の関係 (MP)



実験結果



実験結果



補強土壁側面が橋台から受ける影響：
壁面パネルの強制変位 🖐️ パネル同士の隙間で吸収可能

実験結果



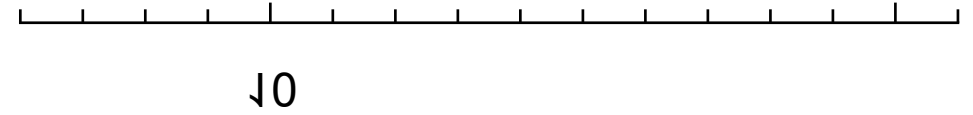
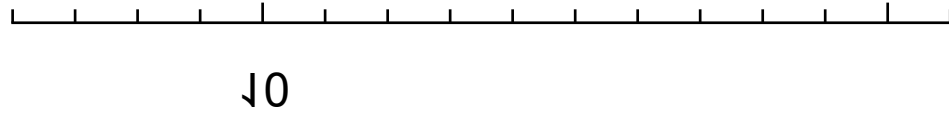
同一深さ，対にある壁
面パネルの土圧相互の
関係（MP-Ab）

実験結果



乾燥砂特有の挙動 (MP-Ab)
⇒ 地震エネルギー消散過程

実験結果



ACC1
EPR1
EPL1
EPC1

補強土壁側面に存在する剛な構造物の押し込み
⇒ 反力として土圧が大きくなる

ACC2
EPR2
EPL2
EPC2

まとめ

1. 裏込め地盤が流出したのは、パネル同士がずれたことを示唆している
(本来、パネル同士にズレが生じない構造になっている)

⇒ なぜ、パネルが変位するのか

× 地震時土圧の増加による引抜け

△ 壁面パネル体の座屈 (今回の実験条件特有)

2. 橋台模型が補強土壁の地盤側面にあると、
地盤上部ほど押し込まれることによる反力としての土圧が大きくなる

3. 地震エネルギーが補強土壁内部で消散されている

⇒ 乾燥砂であるからこそ可視化できた (ダイレイタンシー特性)

引き抜き安定性に影響がないとはいえない

今後の展開

補強土壁側面に橋台がある場合，補強領域が受ける影響は無視できない

⇒ アンカー式補強土壁に加えて，帯工補強土壁（摩擦系）のケースを加え，DEM解析を行い，地震エネルギーが補強土壁内部で消散される過程を粒子レベルで解明してゆく