

九州工業大学 学生会員 ○副田尚輝 安富懸一
九州工業大学 正会員 廣岡明彦 永瀬英生

鋼製帯状引張材による補強土工法は国内外で数多く用いられており、過去の大地震でも被害が生じたものは少なく、地震に対して確かな実績を残している。しかし、橋台など剛な壁面の補強に応用する際の効果に関しては、豎壁の変位がほとんど期待できないことから、不明な点が多く残されている。これまでの研究で、橋台裏込めを鋼製帯状補強材で補強することによる補強効果は確認できているため、本研究では特に橋台背面に敷設した補強材の長さと入力加速度の大きさの違いが逆 T 式橋台の地震時挙動に与える影響を調べるため、重力場振動台実験を行った。

図-1 に実験システムを示し、表-1 に本研究における実験条件の一覧を示す。模型の縮尺は 1/30、その作製には井合の相似則を適用した。補強(400mm)、無補強(600mm)のストリップ長はそれぞれ震度 0.3、0.6 で設計した結果である。尚、模型の裏込め地盤は豊浦砂であり、相対密度が 70~80% となるよう空中落下法を用いて作成した。また、図-2 に入力加速度波を示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 応答倍率

橋台本体に与える影響を調べるために全 9 ケースの橋台天端における応答加速度倍率を図-3 に示す。無補強時(材長 0mm)の応答加速度倍率は 2.0 を超え、入力加速度が大きくなるにつれて大きくなっていることがわかる。応答加速度に関する補強効果は応答倍率をどの程度低減できるかによって判断すると、まず、補強(400mm)・無補強(0mm)について比較すると橋台天端での応答加速度倍率は 250gal, 350gal, 450gal の全ケースにおいて応答倍率がそれぞれ 35%, 20%, 15%程度減少している。これは補強材に働く摩擦力により橋台自体の応答が抑制され、それに伴い橋台天端に設置された A1 の応答加速度が抑えられたためと考えられる。このことから補強材長さ 400mm のケースでは設定入力加速度が 250gal, 350gal, 450gal

の順に補強効果がより発現されたことがわかる。次に、補強(400mm)・改良補強(600mm)を比較すると補強材長さを600mmに伸ばしたことによる補強効果の増大はあまり見られず、入力加速度 250gal, 350gal のケースではわずかに応答倍率が低減されたのみで、逆に 450gal のケースでは補強(400mm)と比較して応答倍率が若干ではあるが大きな値をとった。このことから、今回与えた入力加速度 3 パターンにおいては補強材を 400mm より長くすることで、

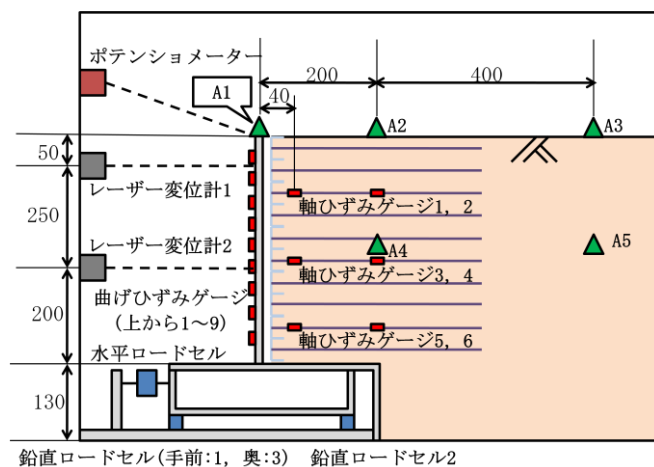


図-1 実験システム図

表-1 実験条件

		入力加速度		
		250gal	350gal	450gal
補強材	無し	A250N	A350N	A450N
	有り(材長400mm)	A250S	A350S	A450S
	有り(材長600mm)	A250R	A350R	A450R

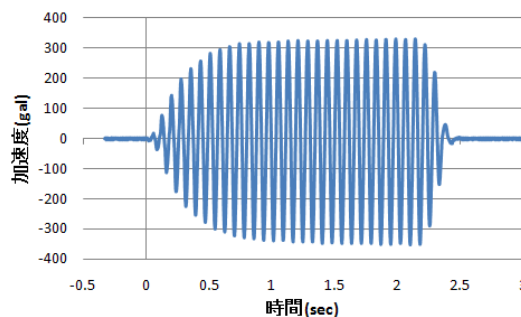


図-2 入力加速度波 (350gal)

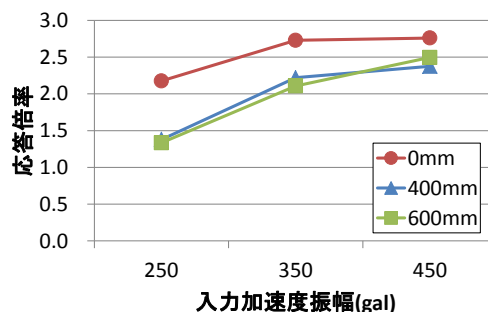


図-3 橋台天端(A1)における応答倍率

より一層の補強効果は期待できないことがわかった。

3.2 橋台残留水平変位

各ケースの橋台天端における加振後の残留水平変位を図-4 に示す。このとき橋台前面側への変位を正、裏込め土側への変位を負とした。まず、補強(400mm)による水平変位の抑制効果に関しては 250gal のケースで約 50%, 350gal のケースで約 35%, 450gal のケースで約 5%抑制されている。これより残留水平変位は 250gal のケースで最も補強効果を確認でき、応答加速度同様 250gal, 350gal, 450gal の順に補強効果が表れた。あまり補強効果が見られない 450gal のケースについては、設定入力加速度が大きくなると補強効果を上回る力が橋台に作用するため、変位を抑制できなくなったものと推測できる。さらに改良補強(600mm)に関しては無補強(0mm)と比較して、すべての設定入力加速度で水平変位を抑制しているものの、補強(400mm)のケースと比較すると加速度が大きくなるにつれて補強材を伸ばした効果があまり見られなくなり、入力加速度 450gal のケースで橋台に生じる変位は改良補強(600mm)でもほぼ抑制できなかった。また、被災度に関して橋台が及ぼす影響は橋台の傾斜によるものが大きい。そこで、残留変位を強制的に修復することが困難であるとされている橋脚高さの 1/60(本研究の縮尺では 1.52mm)を橋台の許容残留変位とすると、図-4 より無補強時では入力加速度の大きさに関わらず許容残留変位を超えているため、被災度評価としては、すべて大被害にあたる。これは橋台に鋼製補強材の有用性を示すために、本研究の実験模型を実構造物の橋台本体壁の曲げ剛性を小さくしているために生じる変位であるが入力加速度 250gal のケースでは補強と改良補強により、許容残留変位を超えていない。これらのことから、本来大きな被害を受ける橋台本体壁においても補強材を敷設することで変位に関して許容範囲内に収まることを確認できた。

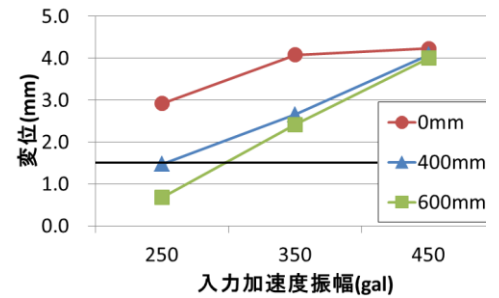


図-4 橋台天端における水平変位

3.3 水平荷重および鉛直荷重増分

各ケースにおける加振中に橋台に作用する最大水平荷重の比較を図-5 に示す。図より補強材の有無・材長によらず入力加速度 450gal のケースでは 250gal, 350gal のケースに比べ、最大荷重が卓越していることがわかる。これにより加振によって橋台底版を前面側に押し出す背面土圧増分と橋台に作用する慣性力の合力は入力加速度 450gal で急激に大きくなると考えられる。また、補強材の長さによる耐震効果の違いに関しては、応答加速度と同様に 250gal のケースにおいては補強により最大水平荷重が抑制され、さらに補強材を伸ばすことでの補強効果の向上も見られるものの 350gal, 450gal においては改良補強(600mm)でも最大水平荷重を抑制できたとは言い難い結果となった。このことから前述の結果と同様に、本研究で用いた補強材配列及び補強材長さの範囲では大きな加速度に対する抑制効果を発現できないということがいえる。

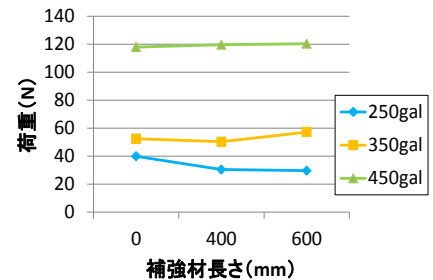


図-5 最大水平荷重

振動実験の前後で橋台に作用する鉛直荷重は変化する。図-6 に全鉛直荷重増分に対する堅壁前面の基礎で受ける前面荷重増分の割合を示す。無補強時の前面荷重の割合に関しては 250gal, 350gal, 450gal のすべてで 1.0 を超え、加振により橋台が前面側へ倒れこもうとしている力が働いており、これは裏込め土による地震時土圧によるものと考えられる。耐震性の評価を鉛直荷重がどの程度前面に傾いたかによって行くと、補強(400mm)と改良補強(600mm)において 250gal, 350gal の入力加速度では同等の前面荷重割合なのに対して 450gal のケースにおいて改良補強でのみ前面割合を低減させている。これは、450gal ほどの比較的大きな入力加速度波を与えると補強材長さ 400mm 程度に発生する摩擦力では橋台の傾こうとする力を低減できず、これにより鉛直荷重に偏りが生じたと考えられる。

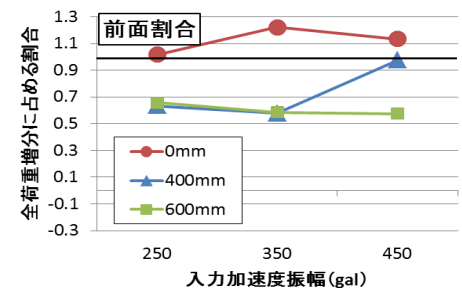


図-6 全鉛直荷重増分に占める前面荷重の割合