

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 6 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21560522

研究課題名（和文） 補強土工法を援用し新設または改修した橋台構造物の地震時挙動とその設計に関する研究

研究課題名（英文） Study on the dynamic behavior and the seismic design of the bridge abutment newly built or renovated employing reinforced earth method

研究代表者

廣岡 明彦 (HIROOKA AKIHIKO)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70238400

研究成果の概要（和文）：本研究では、テールアルメ工法の原理を適用して補強した橋台構造物において、橋台背面に敷設した補強材の有無や長さ、入力加速度の大きさの違い、橋台の剛性等が橋台の地震時挙動に与える影響について検討するため、模型実験及び地震応答解析を行った。正弦波による振動実験では鋼製帯状補強材による補強が橋台の耐震性の向上に効果があることを定量的に示すとともに、解析では実地震の不規則波に対する耐震補強効果を確認し、橋台剛性を低減化できる可能性とその考え方について明らかにした。

研究成果の概要（英文）：In this study a series of 1g shaking table model tests and dynamic analyses on the bridge abutment were carried out to examine the influence of the existence of steel strip reinforcement, the strip length, the magnitude of input acceleration and the rigidity of the abutment wall on the dynamic behavior of the bridge abutment and backfill. These results lead to the conclusion that this abutment reinforcement is effective on earthquake resistant and indicate the possibility of the reduction of the rigidity of the abutment wall itself.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

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：地盤と構造物、橋台、補強土工法、模型実験、耐震設計

1. 研究開始当初の背景

我が国は国土の約7割が山地や丘陵で占められ、このことは社会資本を整備する上で障害となることが多い。例えば、交通ネットワークを形成するに際して、急峻な地形の合間を縫って伸びざるを得ない状況にあり、必然的にトンネルや切土・盛土、橋梁区間が多くなる。これらの場所では脆弱な地質と相まって降雨や地震等の影響を受けると、未曾有の被

害が生じる恐れがある。特に日本列島は世界でも類例のない、複雑な地殻の上に形成されており、常に地震災害の危険にさらされている。したがって、我が国における土木構造物の建設に際しては、耐震対策を常に念頭において進められてきたが、1995年1月に発生した阪神淡路大震災を契機として、従来の土木構造物施工における耐震基準の見直しを迫られる結果となった。道路橋の設計におい

では、マグニチュード7級の内陸直下で発生する地震による地震動に対しても必要な耐震性を確保することが重要な要件となり、そのため、鉄筋量・粗骨材重量の増加、構造の大規模化等による断面強度の増大という顕著な変化が現われた。もう少し具体例を挙げると、代表的大規模構造物の一つである逆T式橋台の現行設計では、「逆T式橋台の壁は、フーチングとの接合部を固定端とする片持ばりとして設計する」となっているので、地震時において特に堅壁下端で負担する荷重が大きく、新設の橋台ではフーチングの巨大化・鉄筋量の増加による施工性の低下が引き起こされている。その一方で、阪神淡路大震災以前に建設された橋梁も多く存在し、昨今では建設後30年以上経過した橋梁が我が国の全橋梁の50%程度をしめる。社会資本としての道路網の価値が可到達性にあるとすると、老朽化した橋梁の機能更新をスムーズに実施し、新設と同程度の耐震性を確保し、道路網全体の地震に対する耐力の向上を図ることは社会的な急務である。

2. 研究の目的

鋼製帯状引張材による補強土工法は国内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、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、不明な点が多くあり、これまでの研究により、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が、どの程度の補強効果が発揮されるかについてはいまだ明らかにできていない。本研究では、鋼製帯状補強材が橋台構造物の地震時挙動に与える影響についての知見を得ることを目的とし、重力場振動台実験を行った。また、模型実験についての2次元地震応答解析も行い、補強効果の検証を行なった。

3. 研究の方法

図-1に振動台実験の実験システムの一例を示し、図-2に入力加速度波を示し、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。補強材長さは補強土壁工法の示方書に準じて算出した結果、400mmが妥当とされたが、補強材長さによる挙動の違いを比較するため300mm、600mmのケースを設けた。

表-1 実験条件一覧

本体壁厚さT6mm	入力加速度			
	250gal	300gal	350gal	400gal
補強材長	N(0mm)	N250T6	N350T6	N400T6
	L(300mm)	L250T6	L300T6	L400T6
	S(400mm)	S250T6	S300T6	S400T6
	R(600mm)	R250T6	R300T6	R400T6

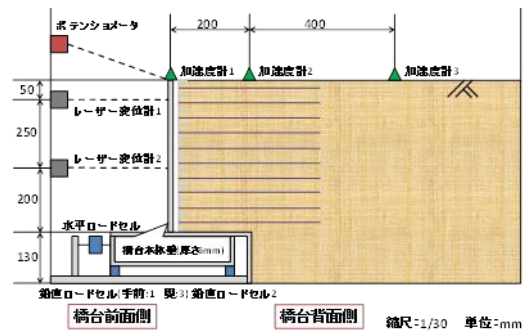


図-1 実験システム図

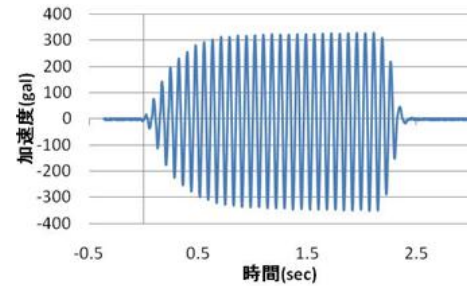


図-2 入力加速度波

4. 研究成果

(1) 振動台実験結果と考察

① 応答倍率

各ケースの橋台頂部における応答加速度倍率を図-3に示す。ここで、応答倍率とは加速度計により測定された応答加速度を入力加速度で除した値である。250gal, 300gal, 350gal, 400galの全ケースにおいて補強によりA1の応答倍率がそれぞれ減少している。これは補強材に働く摩擦力により本体壁自体の応答が抑制され、それに伴い本体壁頂部に設置されたA1の応答加速度が抑えられたためと考えられる。また、補強材長さに関して見ると補強材長400mm(S)と600mm(R)ではあまり大きな違いは見られず補強材の長さを延ばすことによる補強効果の増加はあまり見込めなかった。また、250galのケースでは補強材長300mm(L)から400mm(S)に伸ばすことで約3割の減少が見られ、300mmから400mmに補強材を延ばすことの有用性が示唆される。

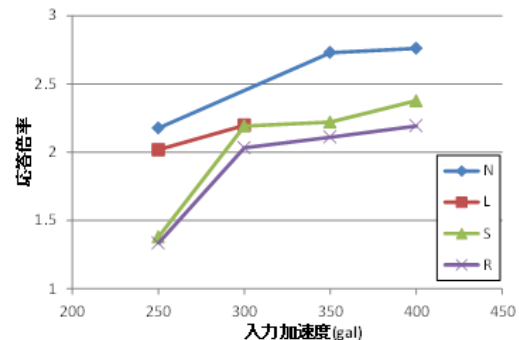


図-3 橋台頂部(A1)における応答倍率

②橋台水平変位

各ケースの橋台頂部における本体壁水平変位を図-4に示す。全てのケースで補強により水平変位は減少しているが、補強材長400mm、600mmのケースを見ると入力加速度が大きいほど補強効果があまりみられないことがわかる。また、250galのケースでどの補強材長さにおいても減少量が大きいことから、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。

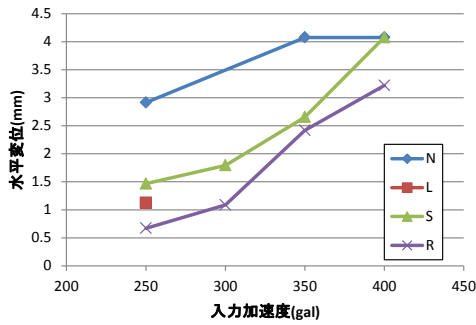


図-4 橋台頂部における水平変位

③橋台水平荷重

図-5に加振後における橋台に作用する残留水平荷重を示す。無補強時とストリップ敷設時を比較すると無補強時では残留荷重が400Nを上回っているのに対して、補強時ではおおよそ200~300N付近の値となった。これは、裏込め盛土の構築方法の違いによるものと考えられる。無補強時では、各土層による水平土圧力は本体壁に受け持たせながら順次土層を構築していくのに対して、補強時には補強擁壁を構築して鉛直自立させた後に橋台本体壁を取り付ける事で、盛土作製段階において裏込め土による土圧力を本体壁は受けていない。よって、補強時は無補強時と比較し残留水平荷重が減少したと考えられる。また、補強材長さによる補強効果の違いは250gal、350galのケースではあまり見られず、更に入力加速度が大きいケースでは補強材長600mmでは補強材を長くしたことによる補強効果の向上は殆ど見られなかった。

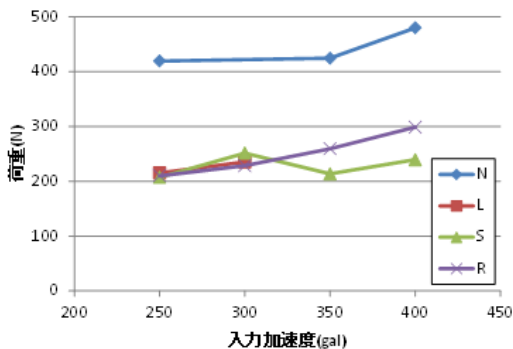


図-5 橋台に作用する残留水平荷重

(2)解析結果と考察

FEM解析は振動実験の条件を考慮したモデルを採用し、その際入力した材料パラメータは表-2に示す通りである。また解析条件については想定実構造物剛性を基準とし、補強材は実験の結果から補強土壁工法の示方書に沿い、効果的な長さであった補強材長400mm、入力加速度振幅300galの条件で剛性を段階的に低下させて複数ケースで解析を行なった。

表-2 材料パラメータ

	せん断弾性係数 E (Pa)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kg/m^3)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)
本体壁	5.400×10^9	0.333	9.939×10^3	—
フーチング	1.146×10^{11}	0.333	2.432×10^3	—
補強材	4.704×10^9	0.333	8.900×10^2	—
裏込め土	各層毎に設定	0.333	1.568×10^3	30
境界層	各層毎に設定	0.333	1.568×10^4	38

①最大水平変位

表-3に解析ケースと加振中に生じた最大水平変位を示す。解析コードは実験コードに準じている。これを見ると同じ本体壁厚さの場合(T15.7)補強により最大水平変位に約10%の低減が見られる。実験結果と同様に補強によりストリップによる摩擦効果で橋台本体壁に生じる最大水平変位を低減できることが確認できた。また、無補強のケース(N300T15.7)で確認された最大水平変位を生じるように補強のケースでの本体壁の曲げ剛性を低下させると、本体壁厚さ15.1mm(S300T15.1)のケースで無補強時の最大水平変位とほぼ同等となる。即ち、鋼製補強材により約12%の橋台の曲げ剛性を低減させることが可能である。

	解析ケース	最大水平変位(mm)
無補強N	N300T15.7	0.368
	S300T15.7	0.331
補強S	S300T15.6	0.337
	S300T15.3	0.352
	S300T15.1	0.368

表-3 橋台頂部の最大水平変位

②加振後の変形図

図-6に橋台の最大水平変位に関して同様な橋台水平変位が生じたN300T15.7とS300T15.1の加振後の地盤変形図の比較をそれぞれ示す。無補強のN300T15.7では裏込め地盤が橋台の変形に伴い沈下している様子が窺える。それに対して、補強を施したケースではストリップ端部までそのような現象は見られない。これはストリップと地盤との間の摩擦効果により地盤自体の動きを

抑制したものと考えられる。また、無補強時と補強時の橋台本体壁はそれぞれ同程度の水平変位が生じているが、変形領域に違いが見られ、補強のケースではより広い領域で変形が生じており、裏込め土が広範囲にわたって変位していることがわかる。このことから、補強材を敷設することで地震による力をより広い範囲に分散させることができ、橋台への被害を低減させることができるものと考えられる。

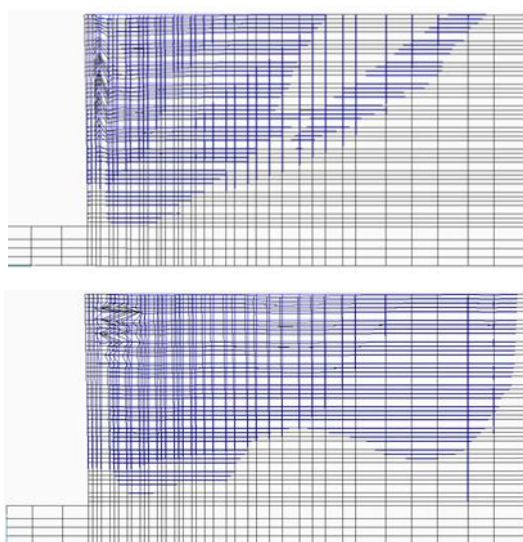


図-6 加振後の変形図(上:無補強, 下:補強)

(3)まとめ

ある設計震度に対する鋼製補強材の長さの決定に関しては、補強土壁工法と同様の考え方が出来るものと考えられる。また、橋台に補強材を敷設することで耐震性を向上させ、更に橋台が従来持つはずの剛性を低下させてもストリップの摩擦抵抗力によりその剛性を補うことができ、橋台断面及び断面剛性の減少による経済性・施工性の向上が期待できる。

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)

[学会発表] (計 8 件)

- ① 副田尚輝, 安富懸一, 廣岡明彦, 永瀬英生, 鋼製帯状補強材の長さが橋台構造物の地震時挙動に及ぼす影響について, 平成 23 年度土木学会西部支部研究発表会, 2012.3, 鹿児島大学
- ② 安富懸一, 副田尚輝, 中村綾菜, 西本尚平, 廣岡明彦, 永瀬英生, 鋼製帯状補強材の長さと堅壁剛性が橋台の動的挙動に及ぼす影響について, 第 46 回地盤

工学研究発表会, 2011.7, 神戸

- ③ 副田尚輝, 中村綾菜, 西本尚平, 安富懸一, 廣岡明彦, 永瀬英生, 入力振動の違いと堅壁剛性が補強土橋台の動的挙動に及ぼす影響について, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011.7, 神戸
- ④ 副田尚輝, 西本尚平, 安富懸一, 中村綾菜, 廣岡明彦, 永瀬英生, 橋台背面に敷設した補強材の有無が橋台構造物の地震時挙動に及ぼす影響について橋台背面に敷設した補強材の有無が橋台構造物の地震時挙動に及ぼす影響について, 平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会, 2011.3.5, 九州工業大学戸畑キャンパス
- ⑤ 西本尚平, 安富懸一, 副田尚輝, 中村綾菜, 廣岡明彦, 永瀬英生, 入力加速度の大きさの違いが補強土工法を適用した橋台構造物の地震時挙動に及ぼす影響について, 平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会, 2011.3.5, 九州工業大学戸畑キャンパス
- ⑥ 西本尚平, 末松祐二, 安富懸一, 廣岡明彦, 永瀬英生, 鋼製帯状引張材による橋台の耐震補強効果に入力加速度の大きさが及ぼす影響について, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 2010.9.2, 北海道大学札幌キャンパス
- ⑦ 安富懸一, 西本尚平, 末松祐二, 廣岡明彦, 永瀬英生. 橋台の耐震補強に用いたストリップの形状がその動的挙動に及ぼす影響に関する重力場振動台実験, 第 45 回地盤工学研究発表会. 2010.8.18, 愛媛大学
- ⑧ 西本尚平, 末松祐二, 安富懸一, 廣岡明彦, 永瀬英生, 補強土工法を援用した橋台構造物の地震時挙動について, 土木学会西部支部研究発表会, 2010.3.6, 崇城大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

廣岡 明彦 (HIROOKA AKIHIKO)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：70238400