

平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究終了報告書

◆記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究終了報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字	TATSUOKA FUMIO					
①研究代表者氏名	龍岡 文夫			②所属研究機関・部局・職	東京理科大学・理工学部土木工学科 ・教授	
③研究課題名	和文	既設土構造物の高耐震補強と高耐震環境適合土構造物建設への補強土工法の高度化利用				
	英文	Seismic reinforcing of existing soil structures and advanced application of soil reinforcing technology to construction of highly aseismic environment-friendly soil structures				
④研究経費 金額単位：千円	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度	総合計
	18,600	22,200	12,900	11,400	13,100	78,200
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在						
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
龍岡 文夫 東畑 郁生	東京理科大学・理工学部・教授 東京大学大学院・工学系研究科・教授	地盤工学 地盤工学	研究の立案・実施・総括・実用化への提案 研究の実施（礫と砂質土の材料試験）			
古関 潤一 桑野 玲子	東京大学大学院・生産技術研究所・教授 東京大学大学院・生産技術研究所・助教	地盤工学 地盤工学	研究の実施（補強土模型実験・設計法の検討） 研究の実施（礫と砂質土の材料試験）			
内村 太郎	東京大学大学院・工学系研究科・講師	地盤工学	研究の実施（ジオテキスタイルの材料試験・補強土模型実験）			
田中 忠治	東京大学大学院・農学系研究科・教授	地盤工学	研究の実施（数値解析法の開発）			
塚本 良道 平川 大貴	東京理科大学・理工学部・助教 東京理科大学・理工学部・助手	地盤工学 地盤工学	研究（主に数値解析）の実施と総括 研究（主に材料実験と模型実験）の実施			
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）						
1. 社会的背景 土構造物は、その柔軟性から杭等の基礎を省略でき、建設材料として安価であり、建設総消費エネルギーを極小にでき、発生掘削土を転用して建設残土を抑制できる等の利点がある。一方、土構造物は、永久重要構造物としては、自重・交通荷重による残留変形が大きい、耐震性が低い、斜面掘削工事では土工量の大きい場合には環境破壊につながる等の重大な欠陥がある。1995年兵庫県南部地震、1999年台湾集集地震でも、水平・斜面上の盛土・擁壁、自然斜面が多数大規模に崩壊した。現在も、耐震性が十分ではないアースフィルダムや石積・もたれ・重力式擁壁・盛土が、東京等の人口密集地や高速道路・鉄道や山岳地等に多数存在する。一方、現在土木構造物に対して非常に高い設計地震動（レベルⅡ）が採用されているが、既存・新設の土構造物のレベルⅡに対する設計には苦慮している。また、空港・道路等の大規模盛土の建設や斜面掘削に補強土工法を活用すれば環境により適合できるが、設計法の未整備と実績が少ないため、活用例は少ない。						
2. 研究目的 最終目的は、土構造物の利点（経済性、基本的環境適合性）を活かしながら上記の欠点を克服して、既設土構造物の補強法、および重要永久構造物としての高耐震かつ環境に適合した新設土構造物の建設設計法の開発である。具体的には、盛土・地山内部の最大引張りひずみの発生方向に引張り補強材を配置して安定化を図る補強土工法を用いて、既設の土構造物の高耐震化を図り、高度な耐震性能と環境適合性を有する土構造物を新設する方法を提案する。ここで言う高耐震化環境適合土構造物とは、常時に変形が少なく、レベルⅡの強震に耐え、環境を保全し、しかも経済的な重要永久構造物である。この目的に沿って、新しい補強土工法と高度な数値解析法を含む設計法を研究する。 特に次の課題に対して、盛土材料と補強材の物性の厳密な評価と FEM 等による数値解析を含む高度な研究を行う： 1)補強土構造物の持続荷重によるクリープ変形、交通・地震等の繰返し荷重による即時・残留変形特性の定量的評価 2)ネイリング・ジオテキスタイル等による引張り補強の変形・破壊に対する定量的評価と予測 3)プレロード・プレストレス工法、ラチェット効果の定量的評価						

⑦ 研究成果の概要 (研究目的に対する研究成果を必要に応じて図表等を用いながら、簡潔に記入してください。)

1. 「交付申請書に記載した研究目的」に記した研究項目：

1.1. 補強土構造物の持続載荷によるクリープ変形、交通・地震等の繰返し載荷による即時・残留変形の定量的評価

- a) ジオテキスタイルの弾塑性特性及びクリープ変形等を含む粘性特性 (⑨研究成果の発表状況に示す番号JE3, JE4, JE7, JE9, JE10, JJ1, JJ8, JJ9, IL1, IC7, IC17, IC20, DC6, DC14の論文に成果を発表。以下も同様) : 多種のジオテキスタイル補強材を用いた実験と解析によって、ジオテキスタイルの弾粘塑性変形強度特性は非可逆ひずみとその速度を基本パラメータとする非線型三要素レオロジーモデルで正確に表現できることが判明した。現在広く用いられている「時間をパラメータとする等時理論」は枠組みとして誤っていることが確認できた。また、ジオテキスタイルの繰返し載荷中の残留ひずみは粘性によるものであり、上記三要素モデルで予測できることが判明した。以上の結果、従来非常に困難であったジオテキスタイル補強土のクリープ変形等の残留変形の数値解析が可能になった。
- b) ジオテキスタイル補強材のクリープ補正係数の検討と新しい設計強度決定法の提案(JE12, JJ15, JJ19: 2005年度IGS日本支部論文賞, IL1, IC1, IC21, IC27): 上記a)の成果を発展させ、ジオテキスタイル補強材の引張り強度に対するクリープ補正係数及びそれと材料劣化係数の関係を実験的理論的に明らかにした。また、補強土模型の持続載荷ではジオテキスタイル補強材の引張り力は時間的に減少することを実証した。これらに基づき、現在広く用いられている等時理論を基礎とするクリープ補正係数は不合理であることを示し、クリープ補正係数を用いない新しい設計引張り強度決定法を提案した。
- c) 補強土構造物の持続荷重によるクリープ変形、交通・地震等の繰返し載荷による即時・残留変形の定量的評価と予測: 補強土模型の平面ひずみ圧縮試験(IL1, IC21, IC23, IC24, IC26, DC12)、補強水平地盤、補強土擁壁・橋台の模型実験を行った(JJ10, JJ5, JJ16, JJ18, JJ20, IC6, IC14, IC19, DC9)。その結果を、上記a), b)の研究成果と別途の土の弾粘塑性の研究(その成果は⑨には示していない)の結果に基づいて数値解析し、補強材が一定以上の剛性を持てば補強土の持続載荷と繰返し載荷で生じる残留変形は主に盛土の変形特性によって支配され、補強材の剛性を一定以上向上させることよりも盛土の締固めの向上やプレロード工法の方が、費用対効果はるかに高いことを定量的に示した。更に、振動台実験により斜面上の擁壁の耐震性の検討を行った(JJ3:2001年度IGS日本支部論文賞, IC8)。従来形式の重力式片持ち梁RC擁壁よりもジオテキスタイル補強土擁壁の耐震安定性は遙かに高いこと、地山補強土工法によって従来式擁壁は効果的に耐震補強ができること、ジオテキスタイル補強土擁壁と地山補強土工法を併用することにより擁壁の耐震性は飛躍的に向上することを示した。

1.2. 地山補強土工法(ネイリング)・ジオテキスタイル等による引張り補強の変形・破壊特性の定量的評価と予測(B2, R1)

- a) 地山補強土工法の基礎的なメカニズム(DC1~DC4): 大型補強土供試体の直接せん断試験により、地山補強土工法の補強効果を定量的に評価する方法を示した。また、盛土材の粒径が大きいほど、補強効果が大きくなることを見いだした。
- b) 繰返し載荷と持続荷重を受ける補強土構造物の即時・残留変形とその数値解析: 補強土構造物の即時変形の変形による数値解析には盛土材とジオテキスタイルの弾塑性のモデルが、持続載荷によるクリープ変形や載荷速度効果を予測するために盛土材とジオテキスタイルの粘性のモデルが必要となる。また、補強土構造物の崩壊解析には、盛土材のひずみの局所化に伴うせん断層特性・ひずみ軟化特性それに対する粒子径効果のモデルが必要となる。本研究でこれらのモデル化を行い、上記FEM解析が可能になった。一方、補強土模型の平面ひずみ圧縮試験(JE11, JE15, JE18, IC4, IC12)、模型補強水平地盤の帯基礎を用いた支持力試験(JE1, JE2, IL2, DC10)、補強土擁壁の水平及び鉛直載荷試験(DC11, IC30, DC17)、補強土斜面の崩壊実験(JE14)を系統的に実施し、その結果を上記FEM解析によって忠実に再現できた。
- c) 応力特性曲線法に基づく実用的崩壊荷重推定法(JE13, IC31): FEM解析は実務設計で用いるには複雑すぎることから、補強土構造物の崩壊荷重を直ちに計算できる様な式を導き、その結果を補強土模型の平面ひずみ圧縮試験の結果で検証した。

1.3. プレロード・プレストレス工法(PLPS工法)とラチェット効果の定量的評価

- a) PLPS工法とラチェット効果により、補強土構造物の即時変形、持続載荷と繰返し載荷による残留変形を非常に効果的に抑制できることを、室内での模型実験と原位置実構造物(JR九州馬出橋梁)の長期観測の結果に基づいて実証し、具体的設計法を提案した(JE5, JE7: IGS論文奨励賞, JE17, JJ4, IC2, IC15, IC16)。
- b) PLPS工法とラチェット効果により、擁壁や橋台等の補強土構造物の耐震性が飛躍的に向上できることを模型振動台実験と原位置実物大載荷試験によって実証し、設計法を提案した(JE6, JE17: 2003-2004IGS論文賞, JJ2, JJ6, IC3, IC5, IC9, IC10)。

⑦研究成果の概要 (研究目的に対する研究成果を必要に応じて図表等を用いながら、簡潔に記入してください。)

2. 交付申請書に記載した研究目的に即して、研究の発展と社会情勢の変化に対応して実施した研究項目：

2.1. 免震構造物として補強土構造物(JJ7, JJ17)： 重量構造物の基礎構造物としてのジオテキスタイル補強盛土は、大きな鉛直耐荷力を持つと同時に水平繰返し荷重に対して高い変形性・靱性・エネルギー吸収能力を示し、免震構造物として本質的に優れている。このことを、一連の模型振動台実験とその解析を行うことによって実証した。

2.2. 補強盛土の盛土材として破砕コンクリートの変形強度特性の研究(JE14, B3, DC17, DC18)： 破砕コンクリートをコンクリート再生骨材として再利用するには粗骨材周りのモルタルを除去する必要があるが、過大なエネルギーを要する。その様な除去をしなくても良く締固めることによって強度と剛性が十分に高くクリープ変形の小さい優れた盛土材となることを、一連の低圧～高圧の排水三軸圧縮試験によって実証した。今後供給過剰になると予測される破砕コンクリートを許容変形が小さい橋台などの永久構造物としての補強土構造物の盛土材として使用できることを示すことができた。

2.3. セメント改良土とジオテキスタイルの組み合わせによる新しい橋台(JJ11-14: 2004年土木学会技術開発賞、B1, IL3, IL4)： 鉄筋コンクリート構造物である従来型の橋台は、自立しない盛土を支える抗土圧構造物である。従って、構造物が高くなるほどレベルII設計地震動に対する設計が非常に難しくなる。それに対して、ジオテキスタイルで補強したセメント混合盛土は自立安定構造物となることから、盛土が自立できないRCパラペットを保持してパラペットが橋桁を支持する新しい橋台構造物を発案した。系統的な室内模型実験の結果に基づいて設計法を開発し、その結果に基づいて実大構造物（九州新幹線高田橋台）が建設された。

2.4. 橋台・橋桁一体のRC橋梁(Integral bridge)とジオテキスタイル補強盛土を組み合わせた新しい橋梁形式(JJ21, IC28, DC7, DC8, DC15, DC16)： 以上の本研究での成果を総合して、長期維持管理、盛土の長期持続荷重・繰返し荷重と地震荷重による残留沈下変形、耐震性、繰返し温度荷重による盛土の残留変形と土圧上昇、施工性、経済性の諸点で原理的に優れた新しい橋梁（橋台プラス橋台）の構造形式を発案し、一連の模型荷重試験を実施して提案橋梁形式の優位性を示した。

2.5. ジオテキスタイルを用いた既設アースフィルダムの補強(IL4, IC22, IC29, DC13, DC20, DC21)：

既設アースフィルの耐震性と越流安定性を、下流側のり面をジオテキスタイル補強盛土あるいはジオテキスタイル土嚢構造体で補強する工法を発案した。土嚢構造物の構造物としての変形強度特性に関する荷重実験、模型越流・振動台実験によってこの工法の有効性を示すことができた。

⑧特記事項 (この研究において得られた独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、当該研究分野及び関連研究分野への影響等、特記すべき事項があれば記入してください。)

1. 「交付申請書に記載した研究目的」に記した研究項目：

1.1. 補強土構造物の持続載荷によるクリープ変形、交通・地震等の繰返し載荷による即時・残留変形の定量的評価

- a) ジオテキスタイルの弾塑性特性及びクリープ変形等を含む粘性特性： ジオテキスタイル補強材と盛土の弾粘塑性を一種類の基本モデル（非線型三要素レオロジーモデル）で表現できることを見だし、ジオテキスタイル補強土の残留変形の合理的な数値解析への道が開けたことは大きな成果であると考えている。同時に、これまで広く受け入れられてきた等時理論の誤謬を明確に示すことが出来たことも、重要な成果であると考えている。今後、この分野の研究に明確な方向性を与えることが出来たと考えている。
- b) ジオテキスタイル補強材のクリープ補正係数の検討と新しい設計強度決定法の提案： 現在の実務的な設計では、クリープ補正係数によってジオテキスタイル補強材の設計破断強度が決定されているが、この設計法のため実務者の間で「クリープは劣化現象である」と誤解を生んでいる。また、ジオテキスタイルの実質破断強度を過度に過小評価している。新提案のクリープ補正係数を用いない設計強度決定法は合理的であることが、研究者の間では受け入れられはじめている。
- c) 補強土構造物の持続荷重によるクリープ変形、交通・地震による繰返し載荷による即時・残留変形の定量的評価： 許容変形量が小さい永久構造物としての補強盛土には、剛性は小さいが面状のジオテキスタイルを小さい鉛直間隔で配置して盛土を良く締固めることが合理的であり、剛性が高い金属製であるが断面が小さい補強材を粗に配置するのは合理的ではないことを示したことに意義があると考えている。更に、斜面上の擁壁をジオテキスタイル補強土で建設してその支持地盤を地山補強土工法で補強すると耐震性が非常に高くなり、かつ費用対効果にも優れていることを示した。2004年新潟県中越地震では多くの斜面上の従来式擁壁が崩壊した。その中で、JR上越線の全面崩壊した三カ所の重力式擁壁は、上記研究成果が活用されてジオテキスタイル補強土擁壁によって強化復旧された。

1.2. 地山補強土工法・ジオテキスタイル等による引張り補強の変形・破壊に対する定量的評価と予測：

補強土の即時変形及び残留変形（特に後者）の解析と崩壊解析は、土質力学の諸課題の中で第一級の困難な境界値問題である。上記1.1a)の成果と地盤材料の変形強度特性（特に非線型応力～ひずみ関係・粘性・せん断層特性）についての長年の研究成果に基づいて、補強土構造物の残留変形解析と崩壊解析が可能になった意義は大きいと考えている。

1.3. プレロード・プレストレス工法(PLPS工法)とラチェット効果の定量的評価：

本研究によって、提案工法の基本原則・設計法は確立したが、最初の施工例に続いて広く実用化するための最大の難関は、プレストレスの長期維持管理（地震時の管理を含む）の課題である。この課題は現場での管理体制等の課題に関連しており、この工法を採用する機関において今後この課題が解決されて、この工法の実施例が出てくることが望まれる。

2. 交付申請書に記載した研究目的に即して、研究の発展と社会情勢の変化に対応して実施した研究項目：

2.1. 免震構造物として補強土構造物： 本研究で実施したのは小型模型実験であったが、この構造物が原理的に優れていることが実証された意義は大きいと考えている。

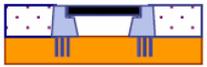
2.2. 補強盛土の盛土材として破碎コンクリートの変形強度特性の研究： 許容変形が小さい永久構造物としての補強盛土が更に普及し、本研究の成果に基づいて盛土として破碎コンクリートを使用していくことが一般化すれば、今後重大な社会問題となると予測されているコンクリート廃材の問題の解決に大きく貢献することができる。

2.3. セメント改良土とジオテキスタイルの組み合わせによる新しい橋台： この新しい発想に基づく橋台形式は、九州新幹線の高田で既に実際に建設された。この形式の補強土橋台は適用範囲が広いことから、今後実際に採用される例が増えるものと考えている。また、このようにRC構造物と補強土を組み合わせた他の新しい形式の橋台の研究が、多くなされるものと期待できる。

⑧特記事項 (この研究において得られた独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、当該研究分野及び関連研究分野への影響等、特記すべき事項があれば記入してください。)

2.4. 橋台・橋桁一体のRC橋梁(Integral bridge)とジオテキスタイル補強盛土を組み合わせた新しい橋梁形式:

下図は、上から順に: 1)従来式重力式RC橋台、2)橋台と橋桁が一体となったIntegral bridge, 3)ジオテキスタイル補強土橋台、4)RCのIntegral bridgeとジオテキスタイル補強盛土を組み合わせた新たに提案する橋梁形式である。A~Gはそれぞれ異なる潜在的問題である。ここに示す数字は、問題点の数が多いほど低くなっている。本研究では、この新しい橋梁形式の基本原則と小型模型の静的繰返し载荷を実施することが出来た。

	建設費・期間	維持管理	耐震性	総合点
	1 (A, B)	1 (C, D)	1 (F, G)	3
	3	1 (D, E)	2 (F)	6
	3	2 (C)	2 (G)	7
	3	3	3	9

A=片持ち梁形式のためマッシブなRC構造物; B=杭基礎の高い必要性;
C=支承の管理の必要性; D=交通荷重による盛土沈下、段差の発生;
E=温度変化に伴う橋桁の繰返し変形に伴う壁面の強制水平繰返し変位による盛土の沈下

2.5. ジオテキスタイルを用いた既設のアースフィルダムの補強:

80年前に建設された東京都水道局村山下貯水池のアースフィルダムの下流面は、研究代表者の本研究の成果に基づいた提案によって、下流面にジオテキスタイル補強盛土を建設することによる耐震強化工事が実施されている。また、既設の農業用アースフィルダムを、洪水による一時的な越流を許容しつつ耐震性を高めるためにジオテキスタイル土嚢構造体で下流のり面を補強する工法の研究が開始された。今後実用化のための研究が進展して、本提案が採用されれば、全国に存在する補強が必要なアースフィルダムの数は膨大であることから、その社会的影響は極めて高い。

⑨研究成果の発表状況(この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

審査付き journal 英文論文(JE)

- JE1. Kotake,N., Tatsuoka,F., Tanaka,T., Siddiquee,M.S.A. and Huang,C.-C. 2001; “FEM simulation of the bearing capacity of level reinforced ground subjected to footing load, *Geosynthetics International*, Vol.8, No.6, pp.501-549.
- JE2. Peng,F-L., Tatsuoka,F., Siddiquee,M.S.A., Kotake,N. and Huang,C.C., 2001, Numerical simulation of the behaviour of the bearing capacity of a strip footing on reinforced sand, *Geosynthetics Engineering Journal*, Vol.16, pp.75-82.
- JE3. Tatsuoka,F., Hirakawa,D. and Kongkitkul,W. 2002. “Discussions on: Prediction of the performance of a geogrid-reinforced slope founded on solid waste”, *Soils and Foundations*, Vol.42, No.5, pp.125-129.
- JE4. Kongkitkul,W., Hirakawa,D., Tatsuoka,F. and Uchimura,T. 2002, Effects of viscous property on residual deformation of geogrids subjected to cyclic loading, *Geosynthetics Engineering Journal*, Vol.17. pp.159-166.
- JE5. Shinoda,M., Uchimura,T. and Tatsuoka,F. 2003. “Increasing the stiffness of mechanically reinforced backfill by preloading and prestressing”, *Soils and Foundations*, Vol.43, No.1, pp. 75-92.
- JE6. Shinoda,M., Uchimura,T. and Tatsuoka,F. 2003. “Improving the dynamic performance of preloaded and prestressed mechanically reinforced backfill by using a ratchet connection”, *Soils and Foundations*, Vol.43, No.2, pp.33-54.
- JE7. Uchimura,T., Tateyama,M., Tanaka,I. and Tatsuoka,F. 2003. “Performance of a preloaded-prestressed geogrid-reinforced soil pier for a railway bridge”, *Soils and Foundations*, Vol.43, No.6, pp.155-172.
- JE8. Kongkitkul,W., Hirakawa,D., Tatsuoka,F. and Uchimura,T. 2003, Simulation of cyclic loading tests on geosynthetic reinforcement, *Geosynthetics Engineering Journal*, Vol.18. pp.183-190.
- JE9. Hirakawa,D., Kongkitkul,W., Tatsuoka,F. and Uchimura,T. 2003. “Time-dependent stress-strain behaviour due to viscous properties of geogrid reinforcement”, *Geosynthetics International*, Vol.10, No.6, pp.176-199.
- JE10. Kongkitkul,W., Hirakawa,D., Tatsuoka,F. and Uchimura,T. 2004. “Viscous deformation of geosynthetic reinforcement under cyclic loading conditions and its model simulation”, *Geosynthetics International*, Vol.11, No.2, pp.73-99.
- JE11. Kongkitkul,W., Siddiquee,M.S.A., Hirakawa,D. and Tatsuoka,F. 2004, FEM simulation of viscous behaviour of geogrid and geogrid-reinforced sand, *Geosynthetics Engineering Journal*, Vol.19. pp.237-244.
- JE12. Kongkitkul,W., Hirakawa,D. and Tatsuoka,F., 2005, A constitutive model to simulate the load-strain-time behaviour of geotextile reinforcement in TTS and SIM tests, *Geosynthetics Engineering Journal*, Vol.20. pp.263-270.
- JE13. Tatsuoka,F. 2004. “An approximate isotropic perfectly plastic solution for compressive strength of geosynthetic-reinforced soil”, *Geosynthetics International*, Vol.11 (5), pp.390-405.
- JE14. Kotake,N., Tatsuoka,F., Tanaka,T., Siddiquee,M.S.A. and Huang,C.-C. 2004: FEM simulation of the failure of reinforced sand slopes subjected to footing load, *Geosynthetics International*, Vol.11, No.1, pp.1-18.
- JE15. Siddiquee,M.S.A., Kongkitkul,W., Hoque,E. and Tatsuoka,F. 2005. “Simulation of geosynthetic-reinforced plane strain compression (PSC) test of Toyoura sand”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, EASTS 2005, Bangkok, Vol.6, pp.1231-1246.
- JE16. Aqil, U., Tatsuoka, F., Uchimura, T., Lohani,T.N., Tomita,Y. and Matsushima, K. 2005; “Strength and deformation characteristics of recycled concrete aggregate as a backfill material”, *Soils and Foundations*, Vol. 45, No. 4, pp.53-72.
- JE17. Uchimura,T., Tamura,Y., Tateyama,M., Tanaka,I. and Tatsuoka,F. 2005. “Vertical and horizontal loading tests on full-scale preloaded and prestressed geogrid-reinforced soil structures”, *Soils and Foundations*, Vol.45, No.6, pp.75-88.
- JE18. Siddiquee,M.S.A., Tatsuoka,F. and Tanaka,T. 2006, “FEM simulation of the viscous effects on the stress-strain behaviour of sand in plane strain compression”, *Soils and Foundations*, Vol.46, No.1, pp.99-108

審査付き journal 和文論文(JJ)

- JJ1. 平川大貴, 龍岡文夫, 内村太郎, 2001, ジオグリッドの時間依存変形強度特性とその構成モデルの検討, ジオシンセティックス論文集, 国際ジオシンセティックス学会日本支部, Vol.16. pp.19-26.
- JJ2. 半井健一郎, 篠田昌弘, 渡辺健治, 館山勝, 内村太郎, 龍岡文夫, 2001, 改良型プレストレス維持装置を用いたPL・PS補強土橋台の模型震動実験, ジオシンセティックス論文集, Vol.16, pp.45-52.
- JJ3. 加藤範久, 龍岡文夫, 黄景川, 館山勝, 古関潤一, 2001, 斜面上における各種擁壁の地震時安定性に関する研究, ジオシンセティックス論文集, Vol.16, pp.61-68.
- JJ4. 内村太郎, 館山勝, 田中郁夫, 龍岡文夫, 2001, PLPS補強土橋脚の鉛直繰返し・クリープ載荷試験, ジオシンセティックス論文集, Vol.16, pp.147-154.
- JJ5. 柴田芳雄, 平川大貴, 篠田昌弘, 内村太郎, 龍岡文夫, 2001, 補強土橋脚模型の鉛直圧縮特性に及ぼす繰返し・荷重保持載荷履歴の効果, ジオシンセティックス論文集, Vol.16. pp.155-158.
- JJ6. 半井健一郎, 本田聖一朗, 渡辺健治, 館山勝, 龍岡文夫, 2002, 3次元模型によるPL・PS補強土橋台の模型振動台実験, ジオシンセティックス論文集, Vol.17. pp.33-40.

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

- JJ7. 古谷明寿, 半井健一郎, 内村太郎, 龍岡文夫, 2002, 免震基礎としてのPLPSジオテキスタイル補強盛土の振動台実験, ジオシンセティックス論文集, Vol.17. pp.41-48.
- JJ8. 平川大貴, Kongkitkul.W., 龍岡文夫, 内村太郎, 2002, 高分子補強材の変形強度特性に対する材料粘性の効果, ジオシンセティックス論文集, Vol.17. pp.129-136.
- JJ9. 篠田昌弘, Bathurst, R.J., 龍岡文夫, 堀井克己, 2002, ジオグリッドの粘性による時間依存変形強度特性, ジオシンセティックス論文集, Vol.17. pp.137-144.
- JJ10. 内村太郎, 柴田芳雄, 平川大貴, Ko,D-H., 伊藤寛倫, 龍岡文夫, 2002, 補強土構造物の定荷重および繰返し荷重による変形特性, ジオシンセティックス論文集, Vol.17. pp.221-226.
- JJ11. 幸原淳, 青木一三, 米澤豊司, 渡邊修, 館山勝, 龍岡文夫, 2002, ジオテキスタイルで補強されたセメント改良補強盛土からなる橋台の耐震設計, ジオシンセティックス論文集, Vol.17. pp.111-116.
- JJ12. 青木一三, 米澤豊司, 渡邊修, 館山勝, 龍岡文夫, 2003, ジオテキスタイルを用いたセメント改良補強土橋台の現地載荷試験結果, ジオシンセティックス論文集, Vol.18. pp.237-242.
- JJ13. 鴫田由希, 矢崎澄雄, 館山勝, 篠田昌弘, 龍岡文夫, 内村太郎, 2003, PL・PS補強土橋台の限界状態設計法に関する検討および試算, ジオシンセティックス論文集, Vol.18. pp.339-346.
- JJ14. 内村太郎, 龍岡文夫, 青木一三, 米澤豊司, 北野陽堂, 館山勝, 渡辺健治, 田村幸彦, 枅尾孝之, 2003, セメント改良粒度調整砕石盛土中のジオグリッド補強材の引抜き試験, ジオシンセティックス論文集, Vol.18. pp.153-160.
- JJ15. 龍岡文夫, 平川大貴, Warat Kongkitkul, 内村太郎, ジオテキスタイルのクリープ変形と引張り強度に対するクリープ補正係数についての考察, ジオシンセティックス論文集, Vol.18. pp.167-174.
- JJ16. 平川大貴, 高岡秀明, 龍岡文夫, 内村太郎, ジオテキスタイル補強土擁壁の変形特性に対する材料粘性の影響, ジオシンセティックス論文集, Vol.18. pp.175-182.
- JJ17. 倉持祐子, 古谷明寿, 内村太郎, 龍岡文夫, 2003, 免震基礎としてのPLPS補強盛土の性能に関わる条件, ジオシンセティックス論文集, Vol.18. pp.259-266.
- JJ18. 平川大貴, 龍岡文夫, 2004, 剛で一体な壁面を持つジオテキスタイル補強土擁壁の天端載荷に伴う変形特性, ジオシンセティックス論文集, Vol.19. pp.211-216.
- JJ19. 龍岡文夫, 篠田昌弘, 内村太郎, 2004, ジオシンセティックス補強材の設計破断強度におけるクリープ低減係数の意味について, ジオシンセティックス論文集, Vol.19. pp.263-270.
- JJ20. 平川大貴, 龍岡文夫, 2005, ジオグリッドで補強された水平砂地盤の支持力特性の載荷速度依存性, ジオシンセティックス論文集, Vol.20. pp.229-234.
- JJ21. 野尻峰広, 相澤宏幸, 住吉卓, 平川大貴, 龍岡文夫, 2005, 水平繰返し載荷を受ける擁壁の残留変形の抑制, ジオシンセティックス論文集, Vol.20. pp.235-240.

著作(B)

- B1. Tatsuoka,F., Tateyama, M., Aoki, H. and Watanabe, K. (2005); "Bridge abutment made of cement-mixed gravel backfill," Ground Improvement, Case Histories, Elsevier Geo-Engineering Book Series, Vol. 3 (Indradratna & Chu eds.), pp.829-873.
- B2. 龍岡文夫編著, 2005, 新しい補強土擁壁のすべて-盛土から地山まで-, 総合土木研究所
- B3. Tatsuoka, F., Tomita, Y., Lovati, L. and Aqil, U. 2006, "Crushed concrete aggregate as a backfill material for civil engineering soil structures", Proc. of Workshop of TC3 of the ISSMGE, 16th ICSMGE, Osaka (eds. Correia).

国際学会招待講演(IL)

- IL1. Tatsuoka,F., Hirakawa,D., Shinoda,M., Kongkitkul,W. and Uchimura,T. 2004. "An old but new issue; viscous properties of polymer geosynthetic reinforcement and geosynthetic-reinforced soil structures", Keynote Lecture, Proc. of the 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics (GeoAsia 2004), Seoul, pp.29-77.
- IL2. Di Benedetto, H., Tatsuoka, F., Lo Presti, D., Sauzéat, C. and Geoffroy H. 2004, "Time effects on the behaviour of geomaterials", Keynote Lecture, Proc. 3rd Int. Sym. on Deformation Characteristics of Geomaterials, IS Lyon 03 (Di Benedetto et al. eds.), Balkema, September, 2003, Vol.2, pp.59-123.
- IL3. Tatsuoka,F. 2004: Cement-mixed soil for Trans-Tokyo Bay Highway and railway bridge abutments, Geotechnical Engineering for Transportation Projects, Proc. of GeoTrans 04, GI, ASCE, Los Angeles, ASCE Geotechnical Special Publication GSP No. 126 (Yegian and Kavazanjian eds.), pp.18-76.
- IL4. Tatsuoka,F. 2005. "Remedy works by geosynthetic-reinforcing technology of soil structures damaged by earthquakes and heavy rainfalls", Keynote Lecture, Proc. of the International Symposium on Tsunami Reconstruction with Geosynthetics - Protection, Mitigation and Rehabilitation of Coastal and Waterway Erosion Control, Bangkok.

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

国際会議報告(R)

R1. Tatsuoka,F. 2003. “Technical report – Wall structures sessions”, *Proc. of the International Symposium on Earth Reinforcement, Landmarks in Earth Reinforcement*, Ochiai et al. (eds), Fukuoka, Kyushu, November 2001, Vol.2, pp.937-948.

国際会議口頭発表論文(IC)

- IC1. Greenwood,J.H., Jones,C.J.F.P and Tatsuoka,F. 2001. “Residual strength and its application to design of reinforced soil in seismic areas”, *Proc. of the International Symposium on Earth Reinforcement, Landmarks in Earth Reinforcement*, Ochiai et al. (eds), Fukuoka, Kyushu, November 2001, Vol.1, pp.37-42.
- IC2. Uchimura,T., Shinoda,M., Siddiquee,M.S.A. and Tatsuoka,F. 2001. “Deformation analysis of PLPS GRS bridge pier during construction and in service”, *Proc. of the International Symposium on Earth Reinforcement, Landmarks in Earth Reinforcement*, Fukuoka, Kyushu, Ochiai et al. (eds), Vol.1, pp.293-298.
- IC3. Shinoda,M., Uchimura,T., Tatsuoka,F., Tateyama,M. and Natsuki,T. 2001. “Seismic stability of preloaded and prestressed reinforced soil structure against strong shaking”, *Proc. of the International Symposium on Earth Reinforcement, Landmarks in Earth Reinforcement*, Fukuoka, Kyushu, Ochiai et al. (eds), Vol.1, pp.459-464.
- IC4. Kotake,N., Tatsuoka,F., Tanaka,T., Siddiquee,M.S.A. and Huang,C.C. 2001. “Effects of tensile and bending rigidities of reinforcement in reinforcing soil structures and ground”, *Proc. of the International Symposium on Earth Reinforcement, Landmarks in Earth Reinforcement*, Fukuoka, Kyushu, Ochiai et al. (eds), Vol.1, pp.571-576.
- IC5. Uchimura,T., Tatsuoka,F., Shinoda,M., Sugimura,Y. and Kikuchi,T. 2002. “Roles of tie rods for seismic stability of preloaded and prestressed reinforced soil structures”, *Proc. of the 7th International Conference on Geosynthetics (7ICG)*, Nice, France, Vol.1, pp.115-118.
- IC6. Watanabe,K., Tateyama,M., Yonezawa,H., Aoki,J., Tatsuoka,F. and Koseki,J. 2002. “Shaking table tests on a new type bridge abutment with geogrid-reinforced cement treated backfill”, *Proc. of 7ICG s*, Vol.1, pp.119-122.
- IC7. Kongkitkul,W., Hirakawa,D. and Tatsuoka,F. 2002. “Viscous deformation during cyclic loading of geosynthetics reinforcement”, *Proc. of 7ICG*, Vol.1, pp.129-132.
- IC8. Kato,N., Huang,C.C., Tateyama,M., Watanabe,K., Koseki,J. and Tatsuoka,F. 2002. “Seismic stability of several types of retaining walls on sand slope”, *Proc. of 7ICG*, Vol.1, pp.237-240.
- IC9. Nakarai,K., Uchimura,T., Tatsuoka,F., Shinoda,M., Watanabe,K. and Tateyama,M. 2002. “Seismic stability of geosynthetic-reinforced soil bridge abutment (model experiments)”, *Proc. of 7ICG*, Vol.1, pp.249-252.
- IC10. Shinoda,M., Uchimura,T., Tatsuoka,F., Tateyama,M. and Natsuki,T. 2002. “High seismic stability of preloaded and prestressed reinforced soil structure”, *Proc. of 7ICG*, Nice, France, Vol.1, pp.257-260.
- IC11. Takimoto,J., Kaneko,Y., Kashiwayanagi,M. and Tatsuoka,F. 2002. “Performance of synthetic rubber sheets for surface lining of the upper pond in Yambaru seawater pumped storage power plant”, *Proc. of 7ICG*, Vol.2, pp.729-734.
- IC12. Peng,F.L., Tatsuoka,F., Siddiquee,M.S.A. and Kotake,N. 2002. “FEM simulation of failure of reinforced sand in plane strain compression”, *Proc. of 7ICG*, Vol.4, pp.1273-1276.
- IC13. Hirakawa,D., Uchimura,T., Shibata,Y. and Tatsuoka,F. 2002. “Time-dependant deformation of geosynthetics and geosynthetic-reinforced soil structures”, *Proc. of 7ICG*, Vol.4, pp.1427-1430.
- IC14. Hirakawa,D., Shibata,Y., Uchimura,T. and Tatsuoka,F. 2003. “Residual deformations by creep and cyclic loading of reinforced-gravel backfill and their relation”, *Proc. of the 3rd International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials*, IS⁷ Lyon 2003, Lyon, France, Vol.1, pp.589-596. (続く)
- IC15. Uchimura,T., Tatsuoka,F. and Tanaka,I. 2003. “Long-term residual deformation of prototype geotextile-reinforced gravel structures”, *Proc. of the 3rd International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials*, IS⁷ Lyon 2003, Lyon, France, Vol.1, pp.1353-1361.
- IC16. Uchimura,T., Tatsuoka,F., Hirakawa,D. and Shibata,Y. 2004. “Residual deformations of geosynthetic-reinforced soil structure subjected to sustained and cyclic loading”, *Proc. of the 3rd European Geosynthetics Conference (EuroGeo 3)*, Munich, Vol.2, pp.403-408.
- IC17. Kongkitkul,W., Hirakawa,D., Uchimura,T. and Tatsuoka,F. 2004. “Loading rate effects due to viscous property on the strength and deformation property of geosynthetic reinforcement”, *Proc. of EuroGeo 3*, Vol.2, pp.533-538.
- IC18. Uchimura,T., Tatsuoka,F., Hirakawa,D. and Shibata,Y. 2004. “Effects of reinforcement stiffness on deformation of reinforced soil structures under sustained and cyclic loading”, *Proc. of the 3rd Asian Regional Conference on Geosynthetics (GeoAsia 2004)*, Seoul, pp.233-239.
- IC19. Hirakawa,D., Takaoka,H., Tatsuoka,F. and Uchimura,T. 2004. “Deformation characteristics of geosynthetics retaining wall loaded on the crest”, *Proc. of GeoAsia 2004*, Seoul, pp.240-247.
- IC20. Kongkitkul,W., Hirakawa,D., Uchimura,T. and Tatsuoka,F. 2004. “Residual deformation due to the viscous property during cyclic loading of geosynthetic reinforcements”, *Proc. of GeoAsia 2004*, Seoul, pp.988-995.

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

- IC21. Kongkitkul,W. and Tatsuoka,F. 2004. “Inextensible versus extensible reinforcements; performance in plane strain compression on reinforced Toyoura sand”, *Proc. of the 15th Southeast Asian Geotechnical Conference (SEAGC)*, Bangkok, Vol.1, pp.503-508.
- IC22. Lohani T. N., Matsushima, K., Mohri, Y., and Tatsuoka, F. 2004. Stiffness of soil bags filled with recycled concrete aggregate in compression. *Intl. Conf. on Geosynthetics and Geoenvironmental Engineering*, India, pp.106-112.
- IC23. Kongkitkul,W. and Tatsuoka,F. 2005. “Viscous deformation of geogrid-reinforced sand in plane strain compression”, *Proc. of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Osaka, Vol.2, pp.1071-1074.
- IC24. Kongkitkul,W., Hirakawa,D. and Tatsuoka,F. 2005. “Behaviour of geogrid-reinforced sand subject to sustained loading in PSC”, *Geosynthetics and Geosynthetic-Engineered Soil Structures; Contributions from the Symposium Honoring Prof. Robert M. Koerner*, Ling et al. (eds), McMat2005, Baton Rouge, Louisiana, USA, pp.251-280.
- IC25. Hirakawa, D., Nojiri, M., Aizawa, H., Tatsuoka, F., Sumiyoshi, T. and Uchimura, T. 2006, “Residual Earth Pressure on a Retaining Wall with Sand Backfill Subjected to Forced Cyclic Lateral Displacements”, *Proc. Geotechnical Symposium in Roma*.
- IC26. Kongkitkul, W. and Tatsuoka, F. 2006, “Inelastic deformation of sand reinforced with different reinforcing materials”, *Proc. Geotechnical Symposium in Rome*.
- IC27. Tatsuoka, F., Kongkitkul, W. and Hirakawa, D. (2006), “Viscous property and time-dependent degradation of geosynthetic reinforcement” *Proc. 8th International Conference on Geosynthetics (8ICG)*, Yokohama.
- IC28. Hirakawa, D., Nojiri, M., Aizawa, H. and Tatsuoka, F. 2006, “Behaviour of geosynthetic-reinforced soil retaining wall subjected to forced cyclic horizontal displacement at wall face”, *Proc. 8ICG*, Yokohama.
- IC29. Aqil, U., Matsushima, K., Mohri, Y., Yamazaki, S. and Tatsuoka, F. 2006, “Lateral shearing tests on geosynthetic soil bags”, *Proc. 8ICG*, Yokohama.
- IC30. Noguchi, T., Kongkitkul, W., Hirakawa, D. and Tatsuoka, F. 2006, “FE analysis on the rate-dependent behaviour of geosynthetic-reinforced soil retaining wall”, *Proc. 8th International Conference on Geosynthetics*, Yokohama.
- IC31. Kongkitkul, W. and Tatsuoka, F. 2006, “Compressive strength of reinforced sand in plane strain compression and its approximate solution”, *8ICG*, Yokohama.

国内学会口頭発表(DC)

（紙面の制限から、一部を除き2005年度と2006年度の国内年次学術研究発表会発表論文だけ示す）

- DC1. Wu, P-K., Qiu, J-Y., Uchimura, T. and Tatsuoka, F., 2001, Effects of particle size on the deformation and strength of reinforced soil in direct shear, *Proc. of the 36th Japan National Conf. on Geotechnical Engineering, JGS (Tokushima)*, No.1066, pp.2101-2102.
- DC2. Wu, P-K., Matsushima, K., Tatsuoka, F. and Uchimura, T. 2002. “Shear zone formation in reinforced soil subjected to direct shear”, *Proc. of the 37th Japan National Conf. on Geotechnical Engineering, JGS (Osaka)*, No.386, pp.767-768.
- DC3. 松島健一, 呉博凱, 内村太郎, 龍岡文夫, 毛利栄征, 2002, 直接せん断試験による補強土のせん断帯パターンについて, 第37回地盤工学研究発表会(大阪), No.385, pp.765-766.
- DC4. Wu, P-K., Tatsuoka, F. and Uchimura, T., 2003, Force equilibrium in and at the vicinity of shear zone in the reinforced soil in direct shear, *Proc. of the 37th Japan National Conf. on Geotechnical Engineering, JGS (Osaka)*, No.364, pp.727-728.
- DC5. 富田祐一, 山田康裕, Lovati, L., 龍岡文夫, 平川大貴, 松島健一, 2005, 盛土材としての破碎コンクリートの変形強度特性に及ぼす締固め密度の影響, 第40回地盤工学研究発表会(函館), No.313, pp. 625-626.
- DC6. Kongkitkul, W., Hirakawa, D. and Tatsuoka, F., 2005, Behaviour of geogrid during a after 30 day-long sustained loading and its model simulation, 第40回地盤工学研究発表会(函館), No. 364, pp. 727-728.
- DC7. Kongsukprasert, L. and Tatsuoka, F., 2005, Effects of Compaction-Induced Anisotropy in The Stress-Strain-Time Behaviour of Cement-Mixed Gravelly Soil, 第40回地盤工学研究発表会(函館), No.406, pp. 813-814.
- DC8. 野尻峰弘, 笠原広智, 龍岡文夫, 平川大貴, 住吉卓, 新井寿和, 内村太郎, 2005, 多数回の水平微小繰返し載荷を受ける擁壁の残留土圧特性, 第40回地盤工学研究発表会(函館), No. 877, pp. 1753-1754.
- DC9. 平川大貴, Kongkitkul, W., 龍岡文夫, 2005, ジオテキスタイルで補強された水平砂地盤の変形特性, 第60回土木学会年次学術講演会, 3-250, pp.499-500.
- DC10. Kongkitkul, W., Hirakawa, D., Noguchi, T. and Tatsuoka, F. 2005. “FE analysis on the rate-dependent behaviour of geogrid-reinforced soil retaining wall”, *Proc. of the 60th JSCE Annual Meeting (Tokyo)*, 3-451, pp.899-900.
- DC11. Noguchi, T., Hirakawa, D., Kongkitkul, W. and Tatsuoka, F. 2005. “FE simulation of rate-dependent behaviour of model geosynthetic-reinforced soil retaining wall”, 第60回土木学会年次学術講演会(東京)第III部門, No.450, 897-898 頁.

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会、特許等の発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

- DC12. 金丸太郎, Kongkitkul, W., 平川大貴, 龍岡文夫, 2006, “持続荷重時におけるジオテキスタイル補強材と砂との粘性による相互関係”, 第41回地盤工学研究発表会（鹿児島）, 7月（以下41JGS）
- DC13. Aqil, A., Matsushima, K., Mohri, Y., Yamazaki, S. and Tatsuoka, F. 2006., Failure mechanism of geosynthetic soil bags in lateral shearing”, 41JGS
- DC14. Kongkitkul, W., Kanemaru, T., Hirakawa, D., Tatsuoka, F. and Loke, K.-H. 2006, “Load relaxation in polymer geosynthetic reinforcement arranged in sand under sustained load”, 41JGS
- DC15. 相澤宏幸、野尻峰広, 龍岡文夫、平川大貴, 2006, “盛土をジオテキスタイル補強した新形式の一体構造橋梁の水平載荷模型実験、41JGS
- DC16. 野尻峰広、相澤宏之、龍岡文夫、平川大貴, 2006, “ジオテキスタイル補強盛土による新形式橋台の提案”, 41JGS
- DC17. 富田佑一、井口雄介、龍岡文夫、平川大貴, 2006, “原粒度と剪頭粒度の破砕コンクリートの変形強度特性”, 41JGS
- DC18 井口雄介、富田佑一、龍岡文夫、平川大貴, 2006, “盛土材としての破砕コンクリートの広い拘束圧の範囲での変形強度特性”, 41JGS
- DC19. 野口利雄、平川大貴、Kongkitkul, W., 龍岡文夫, 2006, “補強土擁壁の模型載荷試験における変形特性の材料粘性を考慮したシミュレーション”, 第61回土木学会年次学術講演会（京都）第III部門
- DC20. 松島健一、山崎真司、毛利栄征、Aqil U., 龍岡文夫, 2006, 越流許容型ため池堤体の構造的特徴と施工試験、農業土木学会大会講演会、宇都宮
- DC21. Aqil, U., Matsushima, K., Mohri, Y., Yamazaki, S., and Tatsuoka, F. 2006, “Application of stacked soil bags in repair and maintenance of small earth dams”, 農業土木学会大会講演会、宇都宮