

## 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 5 月 30 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009年度～2011年度

課題番号：21560497

研究課題名（和文） 繊維補強漆喰と繊維ネットの組み合わせによるアドベ構造の耐震強度向上に関する研究

研究課題名（英文） Research on earthquake resistant adobe structure by using combination of fiber reinforced plaster and fiber strings.

研究代表者

岩下 和義 (IWASHITA KAZUYOSHI)

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：40203377

研究成果の概要（和文）：

アドベ構造の強度向上と亀裂が生じた後の靱性確保の2点を両立させるために、短繊維で補強した漆喰の使用と繊維ネットによる外的補強とを組み合わせる工法について検討した。はりの静的曲げ試験と繊維ネット引抜き試験を行い、これらの結果を元に組構造の降伏及び終局時の耐震性能を評価する簡易な評価式を提案した。この結果、繊維ネットは素材ごとの違いがあっても断面寸法を確保すれば十分な強度を有すること、繊維補強漆喰はネット素材固定効果を有するが終局時まで抜けずに耐えるのには不十分であること、改善のためには壁等を貫通する針金等の固定具を使えばいいことという結論を得た。

研究成果の概要（英文）：

To integrate seismic resistance of adobe structure, the combination of external reinforcement by the fiber net and fiber reinforced mud plaster was studied. The aim of tow method is both to increase the strength of structure and to decrease the initial cracking of mud plaster. Static bending test of adobe column and drawing test of strings from mud plaster were done to build the relational expression for earthquake performance of reinforced adobe structure. As a result, the required amount of strings can be determined for many materials. The fixing ability of fiber reinforced mud plaster is not enough to resist at the yielding failure state of adobe structure. To integrate the fixing, wire binding through wall or column is good enough.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、構造力学・地震工学・維持管理工学

キーワード：耐震構造

## 1. 研究開始当初の背景

地震多発地帯にある開発途上国では、21世紀を迎えても地震により日干し煉瓦：アドベ構造物が倒壊して数多くの犠牲者が

出ている。世界中の地震による死傷者の大半はアドベ構造物の倒壊か、津波によるものとなっている。耐震工法として、低コスト、低エネルギーで生産可能、材料が開発

途上国でも容易に入手可能、熟練作業が不要、廃棄時に環境を汚染しないという条件をクリアする、開発途上国でも実際に適用可能な手法であることが求められている。

アドベ構造の耐震補強法に関しては、今日までに、木材や鋼鉄のフレーム構造によりアドベ構造を補強する手法、金網や竹、鉄筋などの補強材をアドベ壁の中に埋め込んで補強する方法、アドベの壁や柱全体を外からプラスチックテープ（PPバンド）で巻いて補強する方法などが提案され、実用化されている。しかしこれらの工法は、強度の向上と靱性の確保のどちらか片方だけに寄与するものであり、また高コストであったり材料の入手が困難であったり、廃棄時に環境を汚染したりする等の欠点があり、低コストで容易に作成できかつその辺にそのまま廃棄しても安全であるというアドベ本来の良さを生かした手法とは言い切れない。これらの手法の中で、東京大学生産技術研究所の目黒グループが開発したPPバンドを構造体の外側に巻きつける方法が、靱性の確保に関して一番実用的であり、安価かつ十分に達成することができるという長所を持つ。しかしこの方法でもアドベ構造体の破壊強度自体は向上していない。

## 2. 研究の目的

本研究では、アドベ構造の耐震性能を向上させるためには、構造体の強度向上と、構造体に亀裂が生じた後の靱性の確保という2点の両立を目指した。強度と靱性の両立をはかるために3つの手法を組み合わせる複合法を試みる。まず第1にモルタル部に繊維混入モルタルを用いることで、乾燥収縮による初期ひび割れを防ぐことができ、ブロック同士の付着も向上する。この手法によりどの程度強度を増加させることができるかを調べる。第2の工法として構造体全体としての靱性を確保するために目黒グループが提案した構造体を外側からPPバンドや天然繊維ネットなどのメッシュでラップすることで、靱性を向上させる。今回は天然植物繊維を使った場合の適用性と問題点とを調べることを目的とする。また補強に必要な量を決める手法を検討する。第3の工法としてネットにより補強されたアドベ構造体の表面を繊維補強モルタルにより覆い補強する工法について、補強効果を検証した。

## 3. 研究の方法

補強用ネット繊維とモルタル素材およ

び繊維補強漆喰との接合については、引抜き試験を行い測定する。アドベブロックの間にモルタルと補強繊維をサンドイッチした小型の供試体を作成し、供試体が乾燥した後に繊維ネット素材の引張試験を行った。同時に繊維素材単体の強度も測定した。



図1 引抜き試験の概要

アドベ造構造体として柱を作成し、一方の端を固定し片持ち梁とした上で、はりに横方向の静的外力をアクチュエータで加えて、破断するまで載荷する試験を行う。アクチュエータに作用する反力と柱各部の変位を測定し、強度と靱性を調べた。

## 4. 研究成果

引抜き試験結果の1例を図2に示す。この図のピーク値よりネット素材と繊維補強漆喰との単位面積あたりの付着強度を算出する。

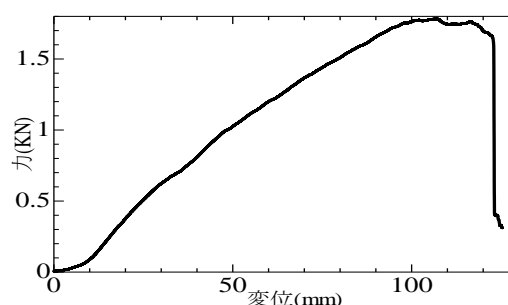


図2 引抜き時の変位—力関係

組構造の降伏及び終局時の耐震性能は以下のように考えて評価する。下の図3に示すように、曲げを受ける構造体に引っ張りひび割れが生じるまでは梁として変形するとして扱い、引張ひび割れが生じた後は、柱は上のブロックと下部とに完全に切り離されこれより後は外部補強ネットの繊維補強材のみでつながれていると仮定した。前者ではベ

ルヌーイ・オイラーの梁として扱え、後者は長方形ブロックの転倒問題として扱うことができる。ネットの引き抜き抵抗を抵抗力の上限として考慮することで、ネットの付着力を取り入れることができる。付着が十分なら限られた長さのネットが引っ張りに抵抗するし、ネットが引き抜けてしまうとネット全長が伸びることになり、伸びが長くなり、ブロックの変位も大きくなるとして扱った。

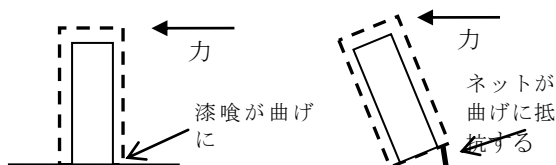


図3 補強のメカニズム

図4に片持ち梁実験で得られた変位—力関係を示す。

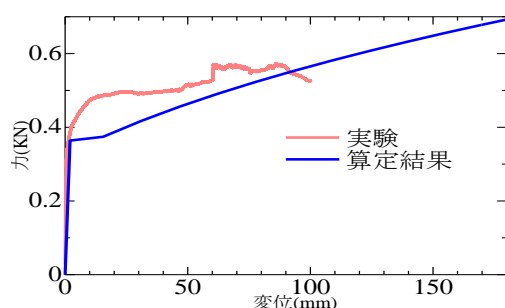


図4 片持ち梁実験 変位—力関係

上記仮定による算定値は実験値をある程度表していることがわかる。この算定式を用いて考察した結果、繊維ネットは素材ごとの違いがあっても断面寸法を確保すれば十分な強度を有すること、ただし剛性が低い素材を用いれば当然ながら変形が大きくなるという結果が得られた。外力として静的震度で調べたところ、繊維補強漆喰とネット素材との付着力では終局時まで抜けずに耐えることは困難であるという結果を得た。引抜き試験でネットの寸法を変えたり、節の大きさを変えたりしたが、どの場合でも引きぬき抵抗を大きく向上することはできなかった。改善

のためには、労力が大きいという不具合を有するが通常行われている壁等を貫通する針金等の固定具を使うことが適切であると思われる。

#### 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)

[雑誌論文] (計 4 件)

① Taniyama H. (2011), Numerical analysis of overburden soil subjected to strike-slip fault : Distinct element analysis of Nojima fault, *Engineering Geology*, 査読有, DOI: 10.1016 / j.enggeo. 2011. 08.003

② Islam, M. S. and Iwashita, K. (2010). “Earthquake resistance of adobe reinforced by low cost traditional materials”, *Journal of Natural Disaster Science, Japan Society for Natural Disaster and Science, Japan*, 査読有, Vol. 32, No. 1, pp. 1-21.

③ 鈴木 輝一 & 岩下 和義 (2010), 個別要素法による二軸等方圧縮時の応力、ひずみの定量的評価に関する考察, *土木学会論文集C*, 査読有, Vol.66, pp. 289-298.

④ Islam, M. S. and Iwashita, K. (2010). “Seismic response of fiber-reinforced and stabilized adobe structures,” *Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium*, アブストラクト査読有, Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA, pp. 11-22.

[学会発表] (計 2 件)

① Islam, M. S. & Iwashita, K. (2011), Fiber reinforced composite soil as an earthquake resistant building material, *Proceedings of Earth USA 2011*, 2011年10月1日, Albuquerque, New Mexico, USA.

② Islam, M. S. and Iwashita, K. (2009). “Performance investigation of fibre-earth composite as a building material”, *Proceedings of the Seventh International Conference on Composite Science and Technology (ICCST/7)*, 2009年1月20日 American University of Sharjah, UAE, Paper No. 12200, 6 pages.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩下 和義 (IWASHITA KAZUYOSHI)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：40203377

(2) 研究分担者

谷山 尚 (TANIYAMA HISASHI)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・助教  
研究者番号：80236710

齊藤 正人 (SAITOU MASATO)  
埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号：40334156

(3) 連携研究者

なし