

天然繊維によるアドベ構造の耐震補強に関する研究

埼玉大学 学生会員 本田 薫
大東建託(株) 鎌田 雄一
埼玉大学 正会員 岩下 和義

1. はじめに

アドベとは土、砂、水、植物片を混ぜ合わせて作るレンガの総称である。現在アドベは多くの開発途上国で一般的な建築材料として利用されている。

アドベには、材料の入手が容易、製作過程において特別なエネルギーを必要としない、破壊後も土に還るため環境に負荷が極めて少ないといった優れた点がある。一方、アドベ構造物は耐震性に著しく欠け、地震時に瞬時に破壊するため多くの被害者がでている。

こうした背景にもかかわらずアドベ構造物は繰り返し作られているため、今後も地震による被害者は後を絶たないだろう。

2. 既往の研究と本研究

アドベ構造物の補強に関する研究¹⁾²⁾はこれまでも行われており、梁や、ワイヤ・メッシュによる構造補強が主な手段である。こうした従来の補強方法は確かに効果的であり、耐震性は著しく向上するが、鉄やコンクリートを使用するため環境面への負荷が大きく、またコストもかかる。

そこで本研究では実際のアドベには植物片（主に稲藁）が混入されていることに着目し、繊維植物を用いてアドベブロック自体の補強を行うことを試みた。繊維補強であればコスト面、環境面での問題は解決でき、かつアドベ製作時に混入するだけでよい。そのため、特別な技術を必要としないという利点がある。過去の研究³⁾では、稲藁を混入することにより延性は向上するが、一軸圧縮強度は大きく減少するということが報告されている。この点を踏まえ、補強繊維として稲藁以外に入手が容易で、より強度が高く土粒子との摩擦抵抗が期待できるジュート、ヘンプを選択した。ジュートであればバングラディッシュやインドなどは主要生産国であり、ヘンプであれば

合法的な量産体制をとっているのは中国とハンガリーの二国で、その他カナダやアメリカでも栽培されているため、入手は容易であると思われる。

これら三つの繊維から最も効果的な繊維および配合比を検討した。

3. 試験方法と結果

試験方法としてアドベ供試体を作成し一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強度、破壊ひずみを測定して補強効果を調べた。まずパラメータを繊維の種類とし、繊維の違いにより一軸圧縮強度、破壊ひずみがどのように変化するか調べた。次に前述した試験結果から補強繊維をジュートに絞り、混入率による影響を調べた。供試体は直径 50mm・高さ 100mm のモールドを使用し、配合比は赤玉土、豊浦標準砂、ベントナイトを 2.5 : 1.0 : 0.6 で配合し、その他繊維を混入し作成した。この配合比はイランおよびバングラディッシュで用いられているアドベの成分、粒度分布を参考に決定した。

(1) 繊維による補強効果の違い

図 1 に繊維の長さ 1cm、繊維混入率を 1%とした場合の三種の繊維補強と繊維なしとのケースの応力ひずみ曲線を示す。この図より以下のことがわかる。ヘンプ混入の供試体はピーク強度が他の供試体と比べ高いが、ピーク以降の応力降下が激しい。稲藁混入の供試体は延性的な性質が強くなるが、ピーク強度が大きく低下している。一方、ジュート混入の供試体はピーク強度が繊維なしと比べ、若干下がるものの延性は著しく向上している。

以上より、三繊維のうちジュートが最も補強材として適していると判断される。図 2 に一軸圧縮試験後の補強なしとジュート補強の供試体を示す。前者はせん断破壊して完全に割れてしまうのに対し、後者は亀裂が入っても崩れることなく形状を保って

キーワード コスト、繊維補強、一軸圧縮強度、延性

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科

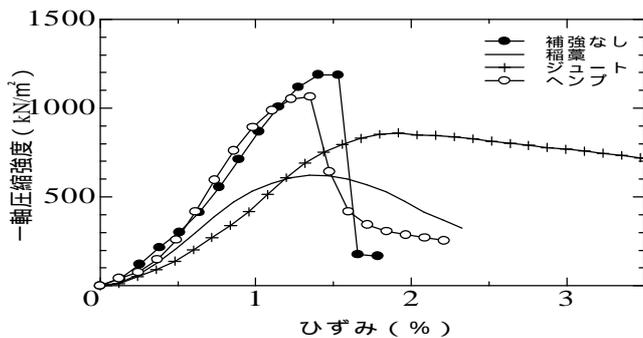


図 - 1 繊維別の応力ひずみ曲線

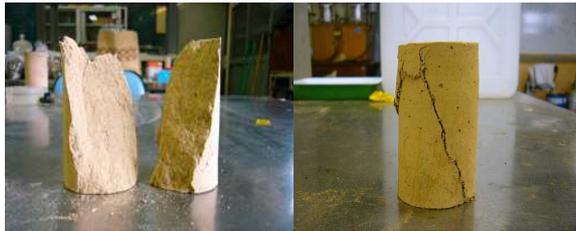
図 - 2 破壊後の供試体
(左：繊維補強なし 右：ジュート補強)

図 - 3 破壊後のジュート補強の供試体のせん断面

ることがわかる。この理由はジュート繊維がせん断面に抵抗しているためと考えられる。図3に試験後のジュート補強の供試体のせん断面の拡大写真を示す。ジュート繊維はせん断面に対し抵抗するように入り、このため延性の向上に大きく寄与していると考えられる。一方ヘンプ補強の供試体は応力がピークに達した後は繊維が土粒子から抜けてしまい摩擦抵抗がなくなるため延性の向上に効果がないと考えられる。

(2) 混入率による補強効果の違い

ジュート混入率 0.5、1.0%、2.0%、3.0%の供試体で一軸圧縮試験を行った結果を図4に示す。この図から、ジュートの混入率増加に伴い強度は低下するが、延性は向上していることがわかる。混入率1.0%の供試体の場合ピーク強度は約1000kN/m²程度

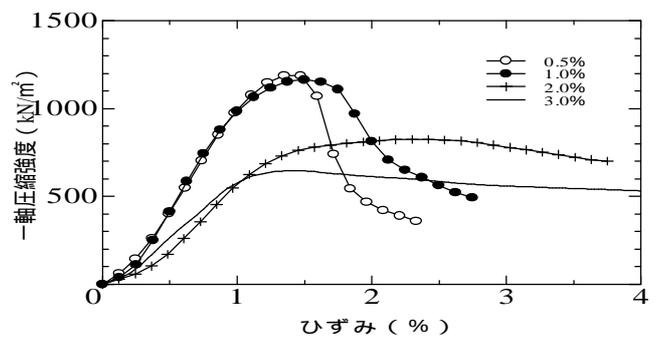


図 - 4 ジュート混入率別の応力ひずみ曲線

であるのに対して、混入率3.0%の供試体では約620kN/m²まで下がっている。また、混入率0.5%・1.0%と2.0%・3.0%では破壊後の挙動に明らかな違いが見られる。混入率2.0%または3.0%の供試体は破壊後も強度を保ち、応力降下が非常に緩やかであり、ジュート繊維をある一定量混入することで延性が著しく向上することがわかる。しかしながら延性の向上とつらばらに一軸圧縮強度は低下するため、最適な配合比を探す必要がある。この点については現在検討中である。

4. まとめ

本研究では、繊維によるアドベブロックの補強を提案し、一軸圧縮試験により繊維補強の効果を確認した。これまでに得られた知見を以下に要約する。

アドベブロックに繊維を混入することで延性の向上が期待でき、急激な破壊を防ぐことができる。一軸圧縮強度、延性の二点から今回の三繊維の中ではジュートが最も補強繊維として適している。ジュート混入率を増加させることで延性は向上するが一軸圧縮強度は低下する。

5. 参考文献

- 1) E.Leroy Tolles and H.Krawinkler(1988). SEISMICTESTING ON SMALL SCALE MODEL OF ADOBE HOUSES Proc.9th WCEE
- 2) Julio KUROIWA(1992). Earthquake Disaster Reduction Technology IN Peru Proc.IDNDR Intl
- 3) Mohammad SHARIFUL ISLAM(2001). RESEARCH ON EARTHQUAKE RESISTANT REINFORCEMENT OF ADOBE STRUCTURES Department of Civil and Environmental Engineering Saitama University