

ABSTRACT

Earth is still used as a building material to construct houses in Africa. One of the most common techniques is the masonry of sun dried or kiln fired mud bricks with earth mortar. Although this technique is cheap and allows the self-construction, the bricks vary largely in shape, strength and durability. This leads to weak houses which suffer important damage during floods and seismic events. A solution which has been proposed in the last decades is the use of dry-stack masonry with stabilized interlocking compressed earth blocks (ICEB). These blocks are manufactured by compacting cement stabilized earth in a manual or hydraulic press into a mould and then air cured for 28 days. The resulting blocks present uniform shapes, higher values of strength and durability and lower embodied energy than the traditional bricks. The material properties of ICEBs has been researched extensively, but little has been concluded with respect to the structural behaviour of these masonry dry-stack systems.

Motivated by the above reasons, this work focused on the study of ICEBs to be used in dry-stack masonry of one storey houses in regions with moderate seismicity. Malawi was selected as the case study country. The mechanical characterization of the masonry was made by first studying the material properties of the blocks. Parameters such as compression and flexural strength, the Young's modulus and compressive and tensile fracture energy have been determined through laboratory tests. In a second phase, masonry specimens were tested to determine the compressive strength, shear behaviour of the dry joints and shear behaviour of full scale walls. Finally, to study the behaviour of a real structure under seismic action, a small masonry mock-up of a house was tested on a shaking table.

The results of the tests showed that it is possible to produce ICEBs of sandy soils with sufficient strength. The tests of shear walls revealed that the shear strength of this masonry is low, but comparable to that of other earthen walls. The walls also showed high values of ductility and behaviour factor. The shaking table test showed that the mock-up resisted without significant damage peak ground accelerations (PGA) of 0.2 g, which are equivalent to those expected for frequent earthquakes in Malawi. It also showed that moderate damage can be expected for rare earthquakes with PGAs of 0.3 g and that near collapse would occur at almost twice that value. The behaviour factor was of 1.5, which is the maximum permitted by the Eurocode 8 (2004) for unreinforced masonry.

The knowledge gained in the several phases of this work was used to develop a manual for building ICEB houses.

RESUMO

A terra tem sido usada como material de construção para a edificação de casas em África. Uma das técnicas mais comuns é a alvenaria de tijolos de terra, secos ao sol ou cozidos em forno, com argamassa de terra. Embora esta técnica seja barata e permita a auto-construção, os tijolos variam muito de forma, resistência e durabilidade. Isto leva a casas de fraca qualidade, que sofrem danos importantes em caso de inundação ou evento sísmico. Uma solução que tem sido proposta nas últimas décadas é a alvenaria de blocos de terra compactada com sistema de encaixe (ICEB). Estes blocos são produzidos por compactação de terra estabilizada com cimento numa prensa manual ou hidráulica e são deixados a curar ao ar. Os blocos resultantes apresentam formas uniformes, valores de resistência e durabilidade superiores e energia incorporada mais baixa que os tijolos tradicionais. As propriedades dos ICEBs tem sido investigada intensivamente, mas pouco tem sido concluído em relação à definição do comportamento estrutural destes sistemas de alvenaria de junta seca.

Motivado pelas razões acima expostas, este trabalho focou-se no estudo de ICEBs para serem utilizados em alvenaria de junta seca de casas com um andar em regiões de sismicidade moderada. O Malawi foi o país escolhido como caso de estudo. A caracterização mecânica da alvenaria foi conseguida estudando-se primeiro as propriedades materiais dos blocos. Foram determinadas experimentalmente várias propriedades mecânicas, tais como resistência à compressão e flexão, módulo de elasticidade, e energia de fratura em compressão e tração. Numa segunda fase, foram ensaiados provetes de alvenaria para caracterizar-se a resistência à compressão, comportamento ao corte das juntas secas e comportamento de corte de paredes à escala real. Finalmente, um pequeno modelo de uma casa foi ensaiado em mesa sísmica para se estudar o comportamento de uma estrutura real sob ação sísmica.

Os resultados dos ensaios mostraram que é possível produzir ICEBs com resistência suficiente, a partir de solos arenosos. Os ensaios das paredes à escala real revelaram que a resistência ao corte da alvenaria é baixa, mas comparável à de outras paredes de terra. As paredes também apresentaram valores elevados da ductilidade e do fator de comportamento. O ensaio de mesa sísmica mostrou que o modelo resistiu sem danos significativos a acelerações pico do solo (PGA) de 0.2 g, que são equivalentes às esperadas em sismos frequentes no Malawi. Também se mostrou que podem ser esperados danos moderados para sismos raros com PGAs de 0.3 g e que o quase colapso só ocorreria para cerca de o dobro deste valor. O fator de comportamento foi de 1.5, que é o máximo permitido pelo Eurocódigo 8 para alvenaria não reforçada. O conhecimento obtido das várias fases deste trabalho foi utilizado para se desenvolver um manual para a construção de casas de ICEBs.