

Abstract

Auxetic materials are a class of non-conventional materials having negative Poisson's ratio. They expand laterally when axially loaded or laterally shrink when compressed. Due to its counterintuitive behaviour, auxetic materials possess enhanced properties that could be beneficial for many specific applications. This thesis aimed to develop such a class of auxetic materials from braided composite rods which can be beneficial for civil engineering applications as a strengthening materials. The developed auxetic structures can be reinforced into either for existing structural elements or for newly built one.

Novel macro auxetic structures were developed from core fibre reinforced braided composite rods based on missing rib or lozenge grid and re-entrant hexagon or bow-tie auxetic structural design. The developed structures tested under tensile loading to study their tensile and auxetic behaviour. The auxetic behaviour was studied thorough images taken during tensile loading. Also, the auxetic and tensile behaviour of the developed structures were studied by varying their structural and material parameters. Developed auxetic structures exhibits negative Poisson's ratio and it is mainly depends up on structural parameters. The Poisson's ratio of the developed auxetic structures were studied by suitable analytical model either by existing model or by using newly developed model. These analytical models could be useful to predict the Poisson's ratio of the developed auxetic structures accurately. In addition to analytical model, the FE solver DIANA was used to develop a numerical modelling to predict the tensile and auxetic behaviour. The developed numerical model was accurate to predict the tensile and Poisson's ratio of the structures.

In addition, the auxetic structures were reinforced into the masonry wall specimens, which is built by cement hollow bricks. The reinforced masonry wall specimens were tested under three point flexural loading and the results were compared with plain grid (commercial design) reinforced masonry wall. The auxetic structures strengthened walls performed well under flexural load compared to plain grid reinforced wall, but the crack level was more for auxetic structures reinforced wall due to its lateral expansion. This research works opened novel opportunity to use auxetic materials in the civil engineering field and created huge scope to do more research work in this area.

Resumo

Materiais auxéticos são uma classe de materiais não convencionais que apresentam um Coeficiente de Poisson negativo. Assim, expandem lateralmente quando são carregados longitudinalmente e encolhem quando comprimidos. Devido ao seu comportamento fora do comum, os materiais auxéticos possuem propriedades benéficas para muitas aplicações específicas. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de materiais compósitos auxéticos a partir de varões entrançados para utilização no reforço em engenharia civil. As estruturas auxéticas desenvolvidas podem ser usadas tanto na reabilitação e reforço de elementos existentes ou na construção de novos elementos estruturais.

Estruturas auxéticas inovadoras foram desenvolvidas a partir de varões compósitos entrançados com fibras de alto desempenho no núcleo em modelos teóricos de estruturas “missing rib” ou “lozenge grid” e “re-entrant hexagon” ou “bow-tie”. As estruturas desenvolvidas foram ensaiadas em tração para estudar o seu comportamento auxético e o seu comportamento e propriedades quando este tipo de cargas são aplicadas. O comportamento auxético foi estudado recorrendo a técnicas de análise imagem (DIC-Digitally Correlation Image) retiradas durante o ensaio de tração. Para além disso, foi estudada a influência de diversos parâmetros da estrutura e do material correspondente no comportamento auxético, nomeadamente o tipo de fibra utilizada e o ângulo dos elementos estruturais na estrutura auxética. Os resultados demonstram que as estruturas auxéticas desenvolvidas apresentam um Coeficiente de Poisson negativo devido ao comportamento estrutural da mesma. No âmbito deste trabalho, foi igualmente desenvolvido um modelo recorrendo a Elementos Finitos para previsão do comportamento auxético das estruturas estudadas tendo como base as alterações da sua geometria quando cargas de tração são aplicadas, prevendo igualmente a sua resistência à tração.

Além disso, as estruturas auxéticas em material compósito foram utilizadas no reforço de parede de alvenaria. Os provetes de parede de alvenaria reforçados foram testados à flexão em três pontos e os resultados foram comparados com uma parede de alvenaria reforçada convencionalmente recorrendo a uma grelha metálica. As paredes reforçadas por estruturas auxéticas apresentaram um bom desempenho sob carga de flexão quando comparadas com a parede convencional, no entanto, apresentaram maior nível de fissuração devido à expansão lateral do material de reforço. O presente trabalho de investigação abriu novas oportunidades para utilização de materiais auxéticos no campo da engenharia civil servindo como ponto de partida para os trabalhos, nesta área, que se seguirão.