

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in
Fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

**STRENGTH PREDICTION OF FRP CONFINED CONCRETE USING
CONSTITUTIVE MODELLING**

**ZAIMI ZAINAL MUKHTAR
MARCH 2024**

Main Supervisor : Dr Anuar bin Abu Bakar

**Co- Supervisor : Associate Professor Ir Dr Fitriadhy
Associate Professor Ir Dr Mohd Shukry Abdul Majid
Dr Asmalina Mohammed Saat**

**Faculty : Faculty of Ocean Engineering Technology and
Informatics**

This study explores the use of fibre-reinforced polymer (FRP) composites confined concrete structures in marine applications, particularly for strengthening underwater concrete structures. The FRP composites confined concrete has very good high strength-to-weight ratios, stiffness-to-weight ratios, corrosion resistance, light weight, and high potential durability. The vacuum Infusion method was applied to produce the specimens for 20 FRP fiberglass confined concrete specimens and tested using a compression test which employed ASTM C39 standard. The results were used to develop an analytical method to determine the strength in terms of confining pressure and compressive capacity in FRP-confined concrete circular columns. Stress and strain models were formulated from the experimental data and successfully predicted the properties and behaviour of glass FRP-confined concrete columns. The finite element analysis (FEA) specimens were modelled and simulated using ABAQUS Explicit software. The study found that a 1.5 mm FRP glass layer significantly increased concrete strength by up to 60% for M20 and M30 concrete grades. The addition of internal steel reinforcement also improved the elasticity of the material. Both experimental and FEA results were analysed and compared with findings from available previous researchers results. The accuracy of the strength model was validated by comparing the predicted strength values with the experimental results. In conclusion, the study shows that the simulated

numerical response aligns with the experimental results for the load of glass FRP confined concrete columns of M20 and M30 concrete grades. The method can improve the strength of M20 concrete grade to M35 grade, which is 36 MPa in terms of compressive strength, and M30 grade to a strength up to 48 MPa, equivalent to the strength of M45 grade concrete typically used for marine structures or underwater applications.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**RAMALAN KEKUATAN KONKRIT TERKURUNG FRP MENGGUNAKAN
PERMODELAN PERKONSTITUTIF**

**ZAIMI ZAINAL MUKHTAR
MARCH 2024**

Penyelia Utama : Dr Anuar bin Abu Bakar

**Penyelia Bersama : Profesor Madya Ir Dr Fitriadhy
Profesor Madya Ir Dr Mohd Shukry Abdul Majid
Dr Asmalina Mohammed Saat**

**Fakulti : Fakulti Teknologi Kejuruteraan Kelautan dan
Informatik**

Kajian ini meneroka penggunaan struktur konkrit terkurung komposit polimer bertetulang gentian (FRP) dalam aplikasi marin, terutamanya untuk mengukuhkan struktur konkrit bawah air. Konkrit terkurung komposit FRP mempunyai nisbah kekuatan-kepada-berat yang sangat baik, nisbah kekakuan-kepada-berat, rintangan kakisan, ringan, dan ketahanan yang berpotensi tinggi. Kaedah Infusi vakum telah digunakan untuk menghasilkan spesimen bagi 20 spesimen konkrit terkurung gentian kaca FRP dan diuji menggunakan ujian mampatan yang menggunakan piawaian ASTM C39. Hasilnya digunakan untuk membangunkan kaedah analisis untuk menentukan kekuatan dari segi tekanan terkurung dan kapasiti mampatan dalam tiang bulat konkrit terkurung FRP. Model tekanan dan terikan telah dirumus daripada data eksperimen dan berjaya meramalkan sifat dan tingkah laku tiang konkrit terkurung FRP kaca. Spesimen analisis unsur terhingga (FEA) telah dimodelkan dan disimulasikan menggunakan perisian ABAQUS Explicit. Kajian mendapati lapisan kaca FRP 1.5 mm meningkatkan kekuatan konkrit dengan ketara sehingga 60% untuk grad konkrit M20 dan M30. Penambahan tetulang keluli dalaman juga meningkatkan keanjalan bahan. Kedua-dua keputusan eksperimen dan FEA telah dianalisis dan dibandingkan dengan penemuan daripada keputusan penyelidikan terdahulu yang tersedia. Ketepatan model kekuatan telah disahkan dengan membandingkan nilai kekuatan yang diramalkan dengan keputusan eksperimen. Kesimpulannya,

kajian menunjukkan bahawa tindak balas berangka simulasi sejajar dengan keputusan eksperimen untuk beban tiang konkrit terkurung FRP kaca bagi gred konkrit M20 dan M30. Kaedah ini boleh meningkatkan kekuatan gred konkrit M20 kepada gred M35, iaitu 36 MPa dari segi kekuatan mampatan, dan gred M30 kepada kekuatan sehingga 48 MPa, bersamaan dengan kekuatan konkrit gred M45 yang biasanya digunakan untuk struktur marin atau aplikasi bawah air.