

Analiza nośności zginanych elementów betonowych zbrojonych siatkami z prętów kompozytowych

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Postęp w technologii materiałów jest bardzo szybki w każdej dziedzinie techniki, również w budownictwie. Przykładem materiału dynamicznie rozwijającego się w ostatnim czasie są pręty kompozytowe do zbrojenia elementów betonowych. Wytwarzane są głównie w procesie pultruzji, czyli przeciągania włókien przesączonych żywicą przez odpowiednie formy i utwardzenie termiczne żywicy w wysokiej temperaturze. Pręty kompozytowe mają nie tylko bardzo wysoką wytrzymałość, ale dzięki stosowaniu różnych rodzajów włókien i żywic mogą mieć różne właściwości dostosowane do konkretnych potrzeb. Rozwój technologii wykonywania kompozytów, oraz ich coraz większe rozpowszechnienie w różnych dziedzinach techniki powoduje spadek cen ich wytwarzania. W coraz szerszym zakresie są stosowane również w budownictwie mostowym, drogowym a także kubaturowym, szczególnie przemysłowym, szczególnie w krajach Ameryki Północnej i Azji.

Poza licznymi zaletami pręty kompozytowe mają też wady. Jedną z nich jest utrudniona możliwość spajania prętów w gotowe siatki, np. przez spawanie lub zgrzewanie, jak ma to miejsce w przypadku prętów stalowych. Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest wytwarzanie siatek a nie prętów na etapie utwardzania żywicy. Jeden ze śląskich przedsiębiorców opatentował sposób wytwarzania takich siatek przez splot włókien w węzłach siatki przed utwardzeniem żywicy. Opracował dodatkowo sposób produkcji takich siatek w opatentowany przez siebie sposób na skale przemysłową w sposób zmechanizowany.

Pojawiło się pytanie o nośność takich siatek, oraz o zachowanie się ich po zabetonowaniu i obciążeniu. W chwili obecnej nie ma norm polskich ani europejskich do projektowania elementów betonowych zbrojonych prętami kompozytowymi, a tym bardziej wyżej wymienionymi siatkami. Są pewne wytyczne niektórych europejskich krajów oraz wytyczne i normy krajów Ameryki Północnej i Azji, jednak dotyczą one prętów, a nie siatek splatanych przed utwardzeniem żywicy.

Celem niniejszej rozprawy jest:

Określenie przydatności i nośności siatek zbrojeniowych z prętów kompozytowych wykonywanych przez splot włókien przed utwardzeniem żywicy.

W celu określenia nośności siatek z prętów kompozytowych wykonano badania:

- wytrzymałości pojedynczych prętów wyciętych z siatek na rozciąganie
- nośności płyt betonowych zbrojonych prętami kompozytowymi na zginanie
- nośności płyt betonowych zbrojonych prętami stalowymi na zginanie
- nośności płyt betonowych zbrojonych prętami kompozytowymi z dodatkiem zbrojenia rozproszonego i zeolitu na zginanie
- wytrzymałości betonu na ściskanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz można przypuszczać, że badane siatki nadają się do zbrojenia betonowych elementów zginanych. Badane pręty kompozytowe mają zbliżoną wytrzymałość do stali klasy C(AIIIIN). Nośności płyt betonowych zbrojonych tymi prętami kompozytowymi oraz prętami stalowymi są zbliżone. Jednak zachowanie się płyt ze zbrojeniem kompozytowym podczas zwiększania obciążenia jest inne niż dla płyt ze zbrojeniem stalowym. Z powodu ok. dziewięciokrotnie niższego modułu Younga ugięcia płyt ze zbrojeniem kompozytowym były ok. dwukrotnie większe niż dla płyt ze zbrojeniem stalowym. Szerokości rozwarcia rys były ok. 10-krotnie większe. Wyraźne i gwałtownie pojawiające się zarysowania występowały po osiągnięciu ok. 50% nośności. Należałoby stworzyć odrębną mechanikę dla obliczania nośności, zarysowań i ugięć doraźnych takich elementów. Obliczenie ugięć długotrwałych na podstawie przeprowadzonych badań nie jest możliwe z uwagi na nierozpoznane na tym etapie zjawiska reologiczne przedmiotowych siatek kompozytowych. Dodatek zbrojenia rozproszonego i zeolitu nie zmienia w sposób znaczący maksymalnych ugięć oraz zarysowań płyty, zwiększa nośność o ok. 20%. Klasa betonu nie ma wpływu na nośność płyty przy tak niskim stopniu zbrojenia, wyraźnie niższa wytrzymałość betonu z ostatniego betonowania nie wpłynęła na zmniejszenie nośności płyt.

Z warunków użytkowalności maksymalnie można by dopuścić ok. 50% wykorzystania nośności. Zasadne byłoby stosowanie takich siatek w elementach, które w sytuacjach awaryjnych muszą przenieść dodatkowo 100% obciążeń przekraczając stany graniczne użytkowalności przez nadmierne ugięcie i zarysowanie, lecz nie przekraczając nośności elementów. Po wystąpieniu sytuacji awaryjnej elementy musiały by zostać naprawione lub wymienione.

Lukasz Rodul

Analysis of load bearing capacity of bent concrete elements reinforced with mesh from composite rods

Abstract of the Doctoral Thesis

Progress in materials technology is very fast in every technical field, also in construction. An example of a dynamically developing material in recent times are composite rods for the reinforcement of concrete elements. They are mainly produced in the pultrusion process, i.e. the dragging of fibers filtered with resin by suitable molds and thermal curing of the resin at high temperature. Composite rods not only have very high strength, but thanks to the use of different types of fibers and resins can have different properties tailored to specific needs. The development of composites technology, and their increasing popularity in various technical fields, causes a drop in the prices of their production. Increasingly, they are also used in bridge, road and also volume construction, especially industrial construction, especially in North America and Asia.

In addition to numerous advantages, composite rods also have disadvantages. One of them is the difficult possibility of joining bars into ready-made grids, eg by welding or welding, as is the case with steel rods. One way to solve this problem is to produce nets rather than rods in the curing of the resin. One of the Silesian entrepreneurs has patented a method of making such nets through a weave of fibers in the nodes of the grid before resin curing. He also developed a method of producing such nets in a patented manner on an industrial scale in a mechanized manner.

The question arose about the load-bearing capacity of such grids, and about their behavior after concreting and loading. At present, there are no Polish or European standards for the design of concrete elements reinforced with composite rods, let alone the above-mentioned nets. There are some guidelines for some European countries as well as guidelines and standards for countries of North America and Asia, however, they concern rods, not lattice netting before the resin cures.

The purpose of this dissertation is:

Determination of the suitability and load-bearing capacity of reinforcing meshes from composite rods made by weaving of fibers before curing the resin.

In order to determine the load-bearing capacity of grids made of composite rods, tests were carried out:

- strength of individual rods cut out of wire mesh for stretching
- load-bearing capacity of concrete slabs reinforced with composite rods for bending
- load-bearing capacity of concrete slabs reinforced with steel rods for bending
- load-bearing capacity of concrete slabs reinforced with composite rods with the addition of dispersed reinforcement and zeolite for bending
- compressive strength of concrete

Based on the tests and analyzes carried out, it can be assumed that the tested grids are suitable for reinforcing concrete bending elements. Tested composite rods have similar strength to grade C steels (AIIIIN). The load-bearing capacity of concrete slabs reinforced with these composite rods and steel rods is similar. However, the behavior of boards with composite reinforcement during load increase is different than for boards with steel reinforcement. Because of the Young's modulus less than nine times, the deflections of panels with composite reinforcement were about twice as high as for boards with steel reinforcement. The crack widths were approximately 10 times larger. Clear and rapidly appearing scratches occurred after reaching about 50% of the load capacity. It would be necessary to create a separate mechanics for calculating the load capacity, scratches and temporary deflections of such elements. The calculation of long-term deflections based on the conducted tests is not possible due to the unrecognized at this stage rheological phenomena of the composite composite meshes. The addition of dispersed reinforcement and zeolite does not significantly change the maximum deflections and scratches of the board, increases the load capacity by about 20%. The class of concrete does not affect the load capacity of the board at such a low degree of reinforcement, clearly lower strength of concrete from the last concreting did not affect the load capacity of the boards.

From service conditions, a maximum of 50% of the load capacity could be allowed. It would be reasonable to use such grids in elements which in emergency situations must transfer an additional 100% of the loads exceeding the serviceability limit states by excessive deflection and scratching, but not exceeding the bearing capacity of the elements. After the emergency situation, the elements had to be repaired or replaced.

Lukasz Polak