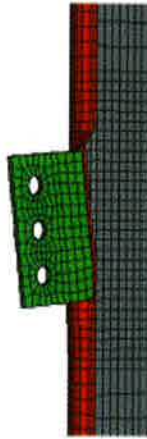


CHALMERS



10090



Composite Action and Confinement Effects in Tubular Steel-Concrete Columns

MATHIAS JOHANSSON

*Department of Structural Engineering
Concrete Structures*

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden, 2002

Samverkans- och omslutningseffekter i
betongfyllda stålrörspelare
MATHIAS JOHANSSON
Institutionen för konstruktionsteknik
Betongbyggnad
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Samverkanspelare av betongfyllda stålrör (CFT-pelare) har fått en ökad popularitet i strukturella tillämpningar runt om i världen. Den här typen av pelare kan erbjuda en mängd fördelar, såsom hög bärförmåga, seghet, stor energiupptagningsförmåga, men även ökad produktionshastighet, positiva säkerhetsaspekter samt möjlig användning av enkla standardiserade anslutningar. Dagens möjlighet att producera betong med hög tryckhållfasthet tillåter dessutom utförandet av mer slanka pelare, vilket bl.a. medför en större användbar golvyta. Målet med detta forskningsprojekt var att öka kunskapen om det mekaniska verknings sättet för CFT-pelare för att mer effektivt kunna utnyttja höghållfast betong. De huvudsakliga områdena av intresse var att studera: effektiviteten hos stålröret att omsluta betongkärnan, behovet av vidhäftningsspänningar för att säkerställa samverkan samt olika sätt att applicera lasten på pelaren. För att uppnå detta har en kombination av experiment och ickelinjär finit element-analyser använts.

Resultat som erhållits från försök och finit element-analyser av CFT-pelarna visar att det är möjligt att använda höghållfast betong och fortfarande erhålla en pelare med ett segt verknings sätt. Men om samma seghet ska uppnås som för den normalhållfasta betongen så krävs att ett stålrör med tjockare gods omsluter den höghållfasta betongen. Även om de slanka pelarna i den här studien inte uppvisade en positiv effekt av omslutning vad det gäller ökad betonghållfasthet, så påverkades segheten positivt eftersom betongkärnan fortsatte att bära höga spänningar även långt efter det att tryckhållfastheten hade uppnåtts. Effekten av ökad tryckhållfasthet på grund av omslutning är som mest framträdande för korta pelare som belastas centriskt, dock avtar effekten med ökad slankhet och excentricitet. Verknings sättet för pelaren påverkades i hög grad av på vilket sätt som lasten applicerades på pelaren. Det verkar inte vara tillräckligt att förlita sig på den naturliga vidhäftningen för att säkerställa samverkan i de fall som lasten appliceras endast på stålröret eller endast på betongkärnan. I stället bör anslutningens utformning vara sådan att den genom att förhindra relativa rörelser tvingar hela tvärsnittet att få samma deformationer. I och med detta så blir vidhäftningskapaciteten av underordnad betydelse. Detta är speciellt viktigt när höghållfast betong används, eftersom ett ökat behov av lastöverföring via skjuvspänningar då kan förväntas.

Nyckelord: Samverkanspelare, betongfyllda stålrör, omsluten betong, höghållfast betong, samverkan, vidhäftning, anslutning, finit elementanalys, experiment.

Contents

ABSTRACT	I
SAMMANFATTNING	II
LIST OF PUBLICATIONS	III
CONTENTS	V
PREFACE	VII
NOTATIONS	VIII
1 INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Aim, scope and limitations	1
1.3 Outline of the thesis	2
1.4 Original features	3
2 INTRODUCTION TO CONCRETE-FILLED STEEL TUBES AS STRUCTURAL MEMBERS	4
2.1 Composite structures	4
2.2 Composite columns	4
2.3 CFT columns in buildings	6
2.4 Possibilities and questions concerning CFT columns	8
2.5 Examples of applications in other areas	9
3 MECHANICAL BEHAVIOR OF CONCRETE & STEEL AND THEIR INTERACTION	10
3.1 Introduction	10
3.2 Concrete in compression	10
3.2.1 General remarks	10
3.2.2 Mechanism of failure in concrete	11
3.2.3 Multiaxial compression	14
3.2.4 Post-peak behavior	18
3.3 Mechanical behavior of structural steel	20
3.3.1 General remarks	20
3.3.2 Mechanical properties in tension and compression	20
3.3.3 Combined state of stress	21
3.3.4 Residual stresses	23
3.4 Mechanisms of shear transfer	23
3.4.1 General remarks	23
3.4.2 Adhesion	24
3.4.3 Interface interlocking	24
3.4.4 Friction	25

3.4.5	Mechanical shear connectors	25
4	STRUCTURAL BEHAVIOR OF CFT COLUMNS	27
4.1	Introduction	27
4.2	Experimental and numerical studies in present work	27
4.3	Short CFT columns in concentric compression	28
4.3.1	General remarks	28
4.3.2	Passive confinement	28
4.3.3	Implication of load application for the mechanical behavior	31
4.3.4	Passive confinement model	39
4.3.5	Improved confinement effects	40
4.3.6	Classification of the post-yield behavior	42
4.3.7	Residual strength in case of shear plane failure	45
4.4	Slender CFT columns in eccentric compression	48
4.4.1	General remarks	48
4.4.2	Slenderness effects	48
4.4.3	The structural behavior of slender CFT columns	50
4.5	How to ensure composite action in connection regions	52
4.5.1	General remarks	52
4.5.2	Load distribution	52
4.5.3	Load introduction	54
5	SOME DESIGN AND CONSTRUCTION CONSIDERATIONS	58
5.1	Design strength of CFT columns	58
5.1.1	General remarks	58
5.1.2	Load resistance of CFT column in axial compression	58
5.1.3	Comparison with experimental results	60
5.2	Long-term effects in CFT columns	62
5.2.1	General remarks	62
5.2.2	Time-dependent deformations	62
5.2.3	Creep and shrinkage in CFT columns	63
5.3	Construction aspects	65
5.4	Fire performance	67
6	CONCLUSIONS	70
6.1	General conclusions	70
6.2	Suggestions for future research	71
7	REFERENCES	73

APPENDIX A Summary of column tests