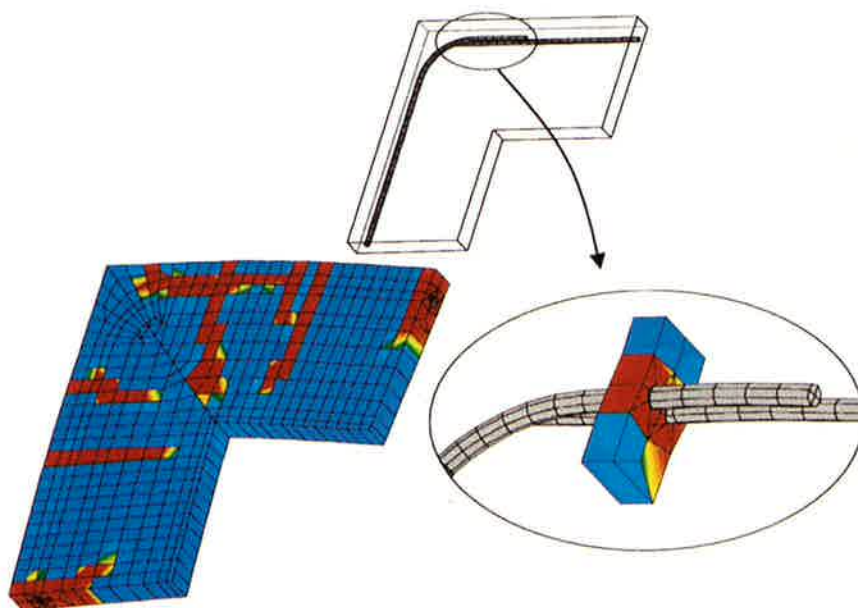


06009

ef



Three-Dimensional Modelling of Bond in Reinforced Concrete

Theoretical Model, Experiments and Applications

KARIN LUNDGREN

Division of Concrete Structures

Department of Structural Engineering

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Göteborg, Sweden 1999

Tredimensionell modellering av vidhäftning i armerad betong

Teoretisk modell, experiment och tillämpningar

KARIN LUNDGREN

Avdelningen för betongbyggnad

Institutionen för konstruktionsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Vidhäftningsmekanismen mellan kamstänger och betong påverkas av ett antal parametrar, såsom hållfastheten hos den omgivande strukturen, uppkomsten av spjälksprickor i betongen och om armeringen flyter. När armerade betongkonstruktioner analyseras med finita elementmetoden antas dock vanligtvis att vidhäftningen beror enbart på glidningen. En ny teoretisk modell har utvecklats, som är speciellt lämpad för detaljerade tredimensionella analyser. I denna nya modell är spjälkspänningarna som uppstår på grund av vidhäftningen inkluderade, och vidhäftningen beror inte enbart på glidningen, utan också på den radiella deformationen mellan armeringsjärnet och betongen. Modellen har även utvecklats för simulering av cyklisk last. Stålmantlade utdragsförsök med cyklisk belastning har utförts. De tangentiella töjningarna i stålrören mättes för att undersöka hur den cykliska lasten påverkar spjälkspänningarna. Utgående från resultaten i dessa försök gjordes flera förbättringar i modellen. Den nya modellen som beskriver vidhäftningsmekanismen har använts, tillsammans med icke-linjär brottmekanik för att beskriva betongen, i analyser av utdragsförsök med olika geometrier och med både monoton och cyklisk belastning. Resultaten visar att den nya modellen kan hantera olika brottyper, som utdragsbrott, spjälkbrott, att vidhäftningen minskar när armeringen flyter, samt att den kan simulera cyklisk last på ett fysikaliskt rimligt sätt.

Den nya vidhäftningsmodellen har använts i detaljerade tredimensionella analyser av ramhörn. Tidigare har Vägverket inte tillåtit att armeringen skarvas inom ramhörnet. Eftersom det ledde till komplicerade detaljutformningar som var svåra att utföra, var det av intresse att undersöka hur armeringsskarvar inom hörnområdet påverkar det strukturella uppförandet. Ramhörn har provats med stängande moment. Det visade sig att analyserna kunde beskriva försöksresultaten på ett rimligt sätt. Försöken och analyserna visade att det är fördelaktigt att skarva armeringen mitt i hörnet, jämfört med att placera skarven utanför armeringsbocken. De indikerar också, liksom tidigare analyser och försök, att om skarvlängden är normenlig finns det inga nackdelar med att skarva armeringen inom hörnområdet i ett hörn belastat med stängande moment.

Nyckelord: Armerad betong, vidhäftning, spjälkande effekter, tredimensionell analys, utdragsförsök, cyklisk last, finita element-analys, icke-linjär brottmekanik, skarvning av armering.

CONTENTS

ABSTRACT	I
SAMMANFATTNING	II
LIST OF PUBLICATIONS	III
CONTENTS	IV
PREFACE	VI
NOTATIONS	VII
1 INTRODUCTION	1
1.1 Background, Aim and Scope	1
1.2 Limitations	1
1.3 Outline of Contents	2
1.4 Original Features	2
2 NON-LINEAR FRACTURE MECHANICS FOR CONCRETE STRUCTURES	4
2.1 Tensile Behaviour	4
2.1 Compressive Behaviour	7
3 BOND BETWEEN REINFORCEMENT AND CONCRETE	10
3.1 The Bond Mechanism	10
3.1.1 Monotonic loading	10
3.1.2 Cyclic loading	13
3.2 Steel-Encased Pull-Out Tests Subjected to Reversed Cyclic Loading	14
3.3 Theoretical Models of the Bond Mechanism	15

4	A NEW BOND MODEL	18
4.1	Presentation of a New Bond Model	18
4.1.1	Elasto-plastic formulation	19
4.1.2	Damaged and undamaged deformation zones	21
4.2	Development of the Bond Model	22
4.2.1	The yield line describing the upper limit	23
4.2.2	Splitting stress in the damaged deformation zone	24
4.2.3	The apex of the yield lines	26
4.2.4	The parameters μ and η within the damaged deformation zone	27
4.3	Calibration of the Model	29
4.4	General Remarks	30
4.4.1	Outer pressure	31
4.4.2	Shrinkage	34
5	FRAME CORNERS SUBJECTED TO CLOSING MOMENTS	35
5.1	Internal Forces in a Corner Subjected to Closing Moment	35
5.2	Frame Corners Subjected to Cyclic Loading	38
5.3	Tests and Analyses of Frame Corners	39
6	CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH	42
	REFERENCES	44
APPENDIX A	DERIVATION OF THE ELASTIC STIFFNESSES IN THE ELASTIC STIFFNESS MATRIX	