

03139

ISSN 0534-0411

Publ. S 94:7



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för Konstruktionsteknik

Department of Structural Engineering

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, SWEDEN

Avdelningen för Stål- och Träbyggnad

Division of Steel and Timber Structures



**LANSERING AV BROBALKAR
AV STÅL**

- Lokal intryckning över stöd

Annika Bergholtz

LAUNCHING OF STEEL BRIDGE GIRDERS - Local buckling at supports

ABSTRACT

This thesis deals with the structural behaviour of steel bridges with slender webs during launching. The aim of the work is to investigate the behaviour of a slender steel girder under the complex loading conditions which occur during launching, i.e. a concentrated support reaction combined with a large bending moment. The main features of the work are the following:

- * *A field test of a steel bridge girder during launching* has been made by measuring strains and deflections in the web and the flanges when the girder was sliding over the support. A new measurement rig has been developed for this purpose. The measurements were registered at short intervals while the girder was moving. A similar field test on a steel *box* girder bridge was earlier made at the Department (1987). That work is briefly presented here.
- * *Finite Element Analyses* have been made of the two steel girders mentioned above (one plate girder and one box girder) during launching, in order to simulate the conditions of the field measurements. In one of the analyses the influence of initial geometric web imperfections was considered, and the behaviour of the girder web during loading up to failure was followed. The horizontal web deflections, strains and stresses were analysed. In the other analysis the load-displacement curve of the web up to failure was determined, assuming that the steel plates were perfectly plane. The influence of bending moment on the patch load capacity was also observed in both analyses.
- * *The patch loading resistance* calculated according to (a) the Swedish steel code BSK, (b) Eurocode 3 and (c) a detailed formula presented by A. Bergfelt has been compared with the results from the Finite Element Analyses.

The results from the field tests have also been compared with the results from the Finite Element Analyses. The structural behaviour of the girders were compared at the load level, which actually occurred at the launching stage when the field tests were made.

The launching technique is under constant development. To some extent the thesis deals with the effects that may appear when the bridge girders are launched over slide bearings, that have a relatively long contact length.

Finally, suggestions for future research are presented. The behaviour of a slender web steel girder over a slide bearing support is currently being investigated at the laboratory of the Department of Structural Engineering, CTH.

Keywords: Steel girders, bridges, launching, patch loading, buckling, crippling.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	I
Abstract	III
BETECKNINGAR	VII
1. INLEDNING	
1.1 Bakgrund	1
1.2 Mål och omfattning	2
2. LANSERINGSTEKNIKEN	
2.1 Traditionell lanseringsteknik	4
2.2 Skador vid lanseringar	7
2.3 Lanseringsteknikens utveckling	8
2.4 Effekter av lanseringsteknikens utveckling	11
3. SLANKA STÅLBALKARS VERKNINGSSÄTT OCH BÄRFÖRMÅGA UNDER KONCENTRERAD LAST	
3.1 Allmänt	16
3.2 Kritisk last vid elastiska förhållanden	17
3.3 Verkningsätt hos slanka stålbalkar under koncentrerad last	20
3.4 Experimentella resultat	24
3.5 Analytiska metoder	27
3.6 Numeriska analysmetoder	32
3.7 Inverkan av olika parametrar på bärförmågan	33
3.7.1 Lastens utbredning c	33
3.7.2 Horisontella livavstyvningar	34
3.7.3 Initiella sidoutböjningar δ_i	35
3.7.4 Böjspänningar σ_x	36
3.7.5 Lastexcentricitet e	38
3.8 Lådbalkar	39
3.8.1 Allmänt	39
3.8.2 Experimentella resultat	40
3.9. Normer	40
3.9.1 BSK (Bestämmelser för Stålkonstruktioner)	40
3.9.2 Eurocode 3 - Design manual for steel structures in building	42

4.	FULLSKALEMÄTNING VID LANSERING AV EN STÅLBALKBRO	
4.1	Allmänt	44
4.2.	Beskrivning av bron	44
4.3	Monteringsteknik	47
4.4	Tillvägagångssätt vid mätning	49
4.5	Mätutrustning	51
4.5.1	Mätklockor	51
4.5.2	Trådtöjningsgivare	54
4.5.3	Längdmätning	56
4.5.4	Krökningsmätare	56
4.5.5	Lod	57
4.5.6	Övrigt	57
4.5.7	Mätdatainsamling	57
4.6	Snittkrafter i brobalkarna under lanseringen	57
4.7	Mätresultat	61
4.7.1	Allmänt	61
4.7.2	Deformationer i livplåten	62
4.7.3	Deformationer i underflänsen	67
4.7.4	Töjningar	72
5.	FEM-BERÄKNINGAR	
5.1	Allmänt	81
5.2	Lådbalksbro över sjön Foxen	82
5.2.1	Bakgrund	82
5.2.2	Resultat från fältmätningar	83
5.2.3	FEM-modell	86
5.2.4	Modellering av geometri	88
5.2.5	Modellering av randvillkor	88
5.2.6	Materialmodell	90
5.2.7	Modellering av belastning	90
5.2.8	Analysmetod	91
5.2.9	Utdata	92
5.2.10	Resultat från beräkning med enbart tvärkraft	92
5.2.11	Resultat från beräkning med tvärkraft och moment	95
5.2.12	Jämförelse mellan resultat av fullskalemätning och FEM-analys respektive normberäkning	98
5.2.13	Diskussion och slutsatser beträffande analys av lådbalk	99
5.3	I-balksbro över Öre Älv	100
5.3.1	Bakgrund	100
5.3.2	FEM-modell	100
5.3.3	Modellering av geometri	101

5.3.4	<i>Modellering av randvillkor</i>	103
5.3.5	<i>Materialmodell</i>	104
5.3.6	<i>Modellering av belastning</i>	104
5.3.7	<i>Analysmetod</i>	104
5.3.8	<i>Utdata</i>	105
5.3.9	<i>Resultat</i>	105
6.	JÄMFÖRELSE MELLAN FULLSKALEMÄTNING, FEM-BERÄKNING OCH NORMBERÄKNING FÖR BRON ÖVER ÖRE ÄLV	
6.1	Jämförelse mellan fullskalemätning och FEM-analys	110
6.1.1	<i>Jämförelse av livplåtens förskjutning</i>	110
6.1.2	<i>Jämförelse av töjningar</i>	112
6.2	Jämförelse mellan normer och FEM-analys	115
7.	SLUTSATSER OCH FRAMTIDA UNDERSÖKNINGAR	
7.1	Diskussion och slutsatser	117
7.2	Framtida undersökningar	119
8.	REFERENSER	121

BILAGOR

BILAGA A

Tvärsnittsdata för undersökta balkdelar i bron över Öre Älv och bron över sjön Foxen

BILAGA B

Mätpunkter för digitala mätklockor (fullskalemätningen på bron över Öre Älv)

BILAGA C

Beräkning av balkdelarnas bärförmåga

BILAGA D

Mätresultat från fullskalemätning på bron över Öre Älv