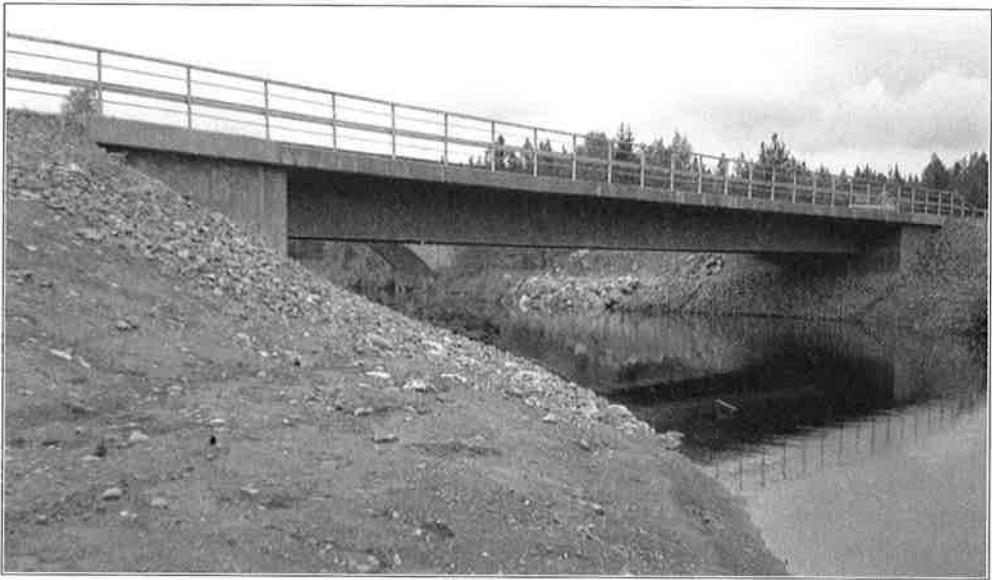


# LICENTIATUPPSATS

## Broar med integrerade landfästen



HANS PÉTURSSON

Institutionen för Väg- och vattenbyggnad  
Avdelningen för Stålbyggnad

## Sammanfattning

Denna rapport behandlar broar med integrerade landfästen med tonvikt på samverkanbroar och krysspålar (X-pålar).

I kapitel 1 ges en kort ges en inledning till ämnet och syftet till rapporten.

Kapitel 2 presenteras en litteraturstudie som har gjorts och erfarenheter som inhämtats vid en studieresa till USA. I USA används brotypen regelmässigt i en rad stater och erfarenheterna är goda enligt broförvaltarna.

I kapitel 3 beskrivs de försök som utförts på X130 pålar. Två pålar provades under förhållanden som liknar som finns i broar med integrerade landfästen. Ena änden på provpålarerna var ingjuten i betong. Betongen förskjöts sedan 25 mm för att simulera att landfästet rör sig i en bro. Pålarerna belastades sedan med normalkraft tills brott uppnåddes. Pålarerna var försedda med fjädrar för att simulera jordtryck mot påle. Resultaten visar att pålarnas bärförmåga var betydande även efter att en förskjutning pålagts.

Kapitel 4 beskriver olika metoder att analysera pålar i ett integrerat landfäste. Olika materialmodeller för jordtryck mot pålar presenteras.

Kapitel 5 presenterar resultaten av beräkningar gjorda med FEM-programmet DIANA. Inverkan av initialkrokighet, storleken på bäddmodulen och storleken av pålens horisontella förskjutning studeras. Försöken som beskrivs i kapitel 4 simulerades och resultaten visade på god brottlast som låg ca 5 % från de uppmätta. Resultaten visade att den gränslastmetod som beskrivs i kapitel 4 kan användas för dimensionering.

I kapitel 6 beskrivs en bro med integrerade landfästen som byggdes som ett pilotprojekt i Västerbotten. Bron färdigställdes i september under år 2000 med lyckat resultat. I slutet av kapitlet finns det fotografier tagna på den färdiga bron. Konstruktionsberäkningarna som gjordes för grundläggningen finns återgivna i Appendix B.

I kapitel 7 presenteras ett förslag till dimensioneringsmetod för broar med integrerade landfästen. Dimensionering i bruksgränstillstånd och brottgränstillstånd samt för utmattning beskrivs.

Kapitel 8 beskriver en kostnadsjämförelse som gjorts för en bro. Tre olika grundläggningssätt har jämförts. En bro med fristående landfästen en bro med förhöjda landfästen (ändskärmsbro) och en bro med integrerade landfästen har jämförts. Spännvidderna för broarna är 2.56,75 m, 2.56,75 m resp. 2.56,05 m. Både byggkostnad och underhållskostnader har uppskattats för de tre broarna. Utförande med integrerade landfästen visade sig vara ca 13 % billigare än utförande med fristående landfästen.

Nyckel ord: Broar, Samverkansbroar, Pålgrundläggning, Krysspålar

---

**Innehållsförteckning**

<b>Förord</b>	<b>I</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>III</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>V</b>
<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
<i>1.1 Fördelar och begränsningar.</i>	<i>2</i>
<i>1.1.1 Enkel dimensionering</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2 Inga fogar</i>	<i>2</i>
<i>1.1.3 Snabbt att bygga</i>	<i>3</i>
<i>1.2 Syfte och mål med rapporten</i>	<i>3</i>
<b>2. Litteraturstudier</b>	<b>5</b>
<i>2.1 Inledning</i>	<i>5</i>
<i>2.2 Pålars bärförmåga vid samtidig horisontell förskjutning</i>	<i>5</i>
<i>2.3 Temperaturre rörelser</i>	<i>8</i>
<i>2.4 Jordtryck mot ändskärm</i>	<i>9</i>
<i>2.5 Erfarenheter från USA</i>	<i>10</i>
<i>2.5.1 Allmänt</i>	<i>10</i>
<i>2.5.2 Iowa</i>	<i>11</i>
<i>2.5.3 Tennessee</i>	<i>12</i>
<i>2.5.4 Ohio</i>	<i>17</i>
<i>2.5.5 New York</i>	<i>17</i>
<b>3. Försök</b>	<b>23</b>
<i>3.1 Val av provningsmetod</i>	<i>24</i>
<i>3.1.1 Allmänt</i>	<i>24</i>
<i>3.1.2 Pål tvärsnitt</i>	<i>24</i>
<i>3.1.3 Fjädrar</i>	<i>24</i>
<i>3.3 Försöksuppställning</i>	<i>27</i>
<i>3.3.1 Allmänt</i>	<i>27</i>
<i>3.3.2 Betong vid påltopp</i>	<i>28</i>

---

3.3.3 Uppmätning av pålarnas tvärsnitt och krokighet	30
3.3.4 Kalibrering av fjädrar	31
3.3.5 Dragprov	33
3.3.2 Registrering av deformationer och töjningar	34
<b>3.2 Beskrivning av försök</b>	<b>35</b>
3.2.1 Belastning	35
3.2.2 Försök 1	36
3.2.3 Försök 2	37
<b>3.5 Presentation av försöksresultat</b>	<b>38</b>
<b>4. Analys av pålar</b>	<b>43</b>
4.1 Allmänt	43
4.2 Elasticitetsteori	44
4.2 Beräkning av ekvivalent bäddmodul för jordar med varierande egenskaper	49
4.3 Gränslastmetoder	53
4.3.1 Ekvivalent ramben	53
4.4.2 Gränslast metod	54
4.4 Mekaniska egenskaper hos jord	57
4.5 Laster och tvång på pålar	62
4.4.1 Egenvikt	62
4.4.2 Krypning	62
4.4.3 Jordtryck	62
4.4.4 Temperaturlast	63
4.4.5 Trafiklast	63
4.4.6 Utmattningslast	63
4.4.7 Bromslast	64
4.4.8 Exempel	64
4.6 Faktorer som påverkar pålars bärförmåga	65
4.6.1 Inverkan av initialkrokighet	65
4.6.4 Inverkan av hantering och slagning	68
<b>5. Beräkningar med finita elementmetoden</b>	<b>69</b>
5.1 Modellering av försök	69
5.2 Parameterstudie	70

---

---

<i>5.2.1 Modellering.</i>	71
<i>5.2.2 Resultat.</i>	71
<b>6. Pilotprojekt Bro över Fjällån</b>	<b>81</b>
<i>6.1 Utförande</i>	81
<i>6.2 Dimensionering</i>	83
<i>6.2.1 Stålbalkar</i>	84
<i>6.2.2 Pålar</i>	84
<i>6.3 Material</i>	85
<i>6.4 Systemfigurer</i>	86
<i>6.5 Erfarenheter från uppförandet</i>	88
<i>6.6 Ett bildkollage på den färdiga bron</i>	92
<b>7 Förslag till dimensioneringsmetod</b>	<b>95</b>
<i>7.1 Systemberäkning</i>	95
<i>7.2 Dimensionering i bruksgränstillstånd</i>	95
<i>7.2 Dimensionering i brottgränstillstånd</i>	101
<i>7.3 Dimensionering i utmattning</i>	101
<b>8 Jämförelse av kostnader för olika utföranden av en tvåspanssbro</b>	<b>103</b>
<i>8.1 Allmänt</i>	103
<i>8.2 Materialmängder för de tre alternativen</i>	103
<i>8.2.2 Bro med förhöjt landfäste, s.k. ändskärmsbro, med pålade stöd.</i>	106
<i>8.2.3 Bro med integrerade landfästen</i>	108
<i>8.3 Byggekostnader</i>	110

---

<i>8.4 Underhållskostnader</i>	110
<i>8.5 Sammanfattning</i>	112
<b>Appendix A Diagram från försök</b>	<b>115</b>
<i>A.1 Provning av stålmaterial i pålarna</i>	115
<i>A.2 Töjningsmätningar</i>	117
<i>A.3 Lägesmätningar</i>	122
<i>A.4 Givarnas placering</i>	129
<b>Appendix B -Konstruktionsberäkningar för bro över Fjällån</b>	<b>131</b>
<b>Appendix C-Beräkningsexempel för en 2-spanssbro</b>	<b>185</b>
<i>C.1 Förutsättningar</i>	185
<i>C.1.1 Systemberäkning för överbyggnad</i>	185
<i>C.2 Laster och förskjutningar i pålar</i>	189
<i>C.1.2 Laster</i>	189
<i>C.3 Påkänningar på pålar</i>	190
<i>C.4 Dimensionering i brottgränstillstånd</i>	192
<i>C.5 Dimensionering i bruksgränstillstånd</i>	195