

Comparison between field monitoring and calculated settlement for railway embankment built on peat

Ulrika Isacsson
WSP Sverige AB, Sweden, ulrika.isacsson@wspgroup.se

ABSTRACT

On the part Rydbo – Åkers Runö, North East of Stockholm, the narrow gauge railway Roslagsbanan have during the later years been expanded with a second track. The original railway was built during the beginning of the 20th century.

The ground at the part km 21+720 – 21+920 consists of a wood covered marsh, a.k.a. Igelkärret. The soil generally consists of an upper layer of ca 2 m medium decayed to decayed peat and mud, resting on soft clay down to at most 15 m below the ground surface. The new track is located on the south side of the existent embankment, with 4,5 m between the tracks. The height of the embankment is 3 – 5 m.

Both the old and the new tracks are reinforced with lime-cement columns and expanded clay. There are also loading berms on each side of the embankment. The settlement of the reinforced embankment, both the original embankment and the new embankment, as well as the loading berms resting directly on the peat have been monitored for a period of 1,5 years.

The settlement of the embankment situated on the lime cement columns were calculated by means of Excel. The settlement of the loading berms resting on the peat have been estimated according to the diagrams in SGF Information 6. These results have been compared to the measured settlement to determine the accuracy of the calculation methods both in terms of the resulting settlement and during which period of time it took place.

Keywords: sättning, KC-pelare, torv, järnväg

1 BAKGRUND

Järnvägen har på aktuell sträcka, xxx, byggts ut från enkelspår till dubbelspår. Ursprunglig järnvägsbank byggdes i början av 1900-talet och ny järnvägsbank färdigställdes 2014. Det nya spåret har förlagts på södra sidan utmed det befintliga spåret med 4,5 m spåravstånd. Banken är 3 – 5 m hög.

Terrängen består av ett kärr, Igelkärret, som är skogsbevuxet. Järnvägen korsar kärret i öst-västlig riktning. Marken är generellt sett plan.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Jordlagerföljd

Den naturliga jorden utgörs av torv och gyttja på lera ovan friktionsjord som vilar på berg. Jorden består överst av mellan 1 – 2 m medel- till högförmultnad torv. Torven underlagras generellt av mellan 1 – 2 m gyttja. Lerans mäktighet varierar mellan 3 och 12 m. Djupet till fasta jordlager är som mest ca 15 m.

2.2 Grundvatten och portrycksförhållanden

På sträckan finns installerat en portryckstation och ett grundvattenrör.

Grundvattenröret visar på hydrostatiskt tryck i friktionsjorden under leran, med en nolltrycksnivå strax under markytan. Portrycket på 10 m djup har vid mätstillfällena varierat mellan 63 och 95 kPa. På 5 m djup har portrycket uppmätts till mellan 40 och 45 kPa.

2.3 Konsolideringsförhållanden

För den jungfruliga marken bedöms leran vara normalt konsoliderad till svagt överkonsoliderad (OCR 1,2 – 1,4).

Under befintlig järnvägsbank har leran konsoliderat i över 100 år. Den ökade konsolideringsgraden har bedömts enligt ”Stabilitet för befintliga järnvägar” (BVS1585.002) och visar på en ökning av $\sigma'c$ med ca 85 kPa.

2.4 Förstärkningsåtgärder

Geotekniska förstärkningsåtgärder har utförts för både ursprunglig och ny järnvägsbank.

Förekommande organisk jord ovan leran har skiftats ur och marken har förstärkts med kalkcementpelare installerade i skivor. Jordförstärkningen kombineras med 2 m lättklinkerfyllning i järnvägs Kroppen samt 1 m höga tryckbankar på vardera sidan av banken, se Figur 1.

I övergången mot fastmark i väster och i öster, där kalkcementpelarna blir för korta, skiftas all lös jord ut.

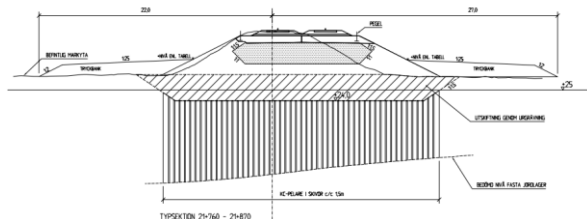


Figure 1 Typsektion för geoteknisk förstärkningsåtgärd.

3 BERÄKNADE SÄTTNINGAR

3.1 Sättningar i torv

Sättningsuppskattning för tryckbankar på torv har utförts enligt SGI Information 6, Torv – geotekniska egenskaper och byggnadsmetoder.

Då torven i området har en relativt låg vattenkvot innebär detta att den pålagda lasten om ca 20 kPa resulterar i en bedömd deformationssgrad om ca 15 – 20%. Med en torvtjocklek om 1,5 – 2 m innebär detta ca 40 cm sättning som till största delen utvecklas inom 1 – 2 månader med belastning.

3.2 Sättningar i KC-pelare

Sättningsberäkningarna och kontroll av kryplasten för den kalkcementförstärkta delen av jorden är utförda enligt SGF Rapport 2:2000 med hjälp av excel. Jorddjupet varierar längs med sträckan. Redovisad sättningsberäkning är utförd för en typsektion med bankhöjd ca 3 m samt jorddjup ca 10 m. För resultat av sättningsberäkning för bank på jungfrulig mark, se Figur 2. För resultat av sättningsberäkning för bank på tidigare belastad mark, se Figur 3.

4 OBSERVERADE SÄTTNINGAR

Det har placerats ett antal peggår på banken och tryckbanken. Peggarna har beteckningar P och OR, för planläge se Figur 4.

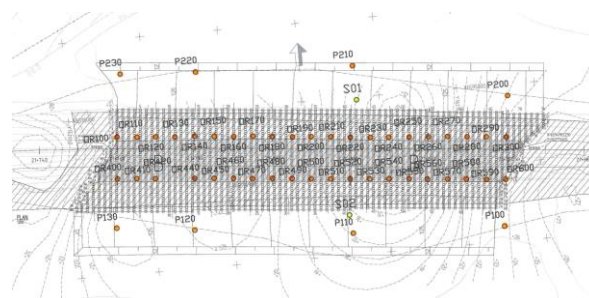


Figure 2 Peggår km 21+740 – 21+880.

Arbetet med järnvägsbanken samt den södra tryckbanken slutfördes i maj 2014. Arbetet med den norra tryckbanken slutfördes i juli 2014. Krönpegglarna på banken installerades i juni 2014 och peggarna på tryckbankarna installerades i juli 2014. Samtliga peggår har avlästs kontinuerligt, men med tidsintervall som varierat under mätperioden. Se sättningskurvor för södra bankdelen i Figur 5 samt för norra bankdelen i Figur 6.

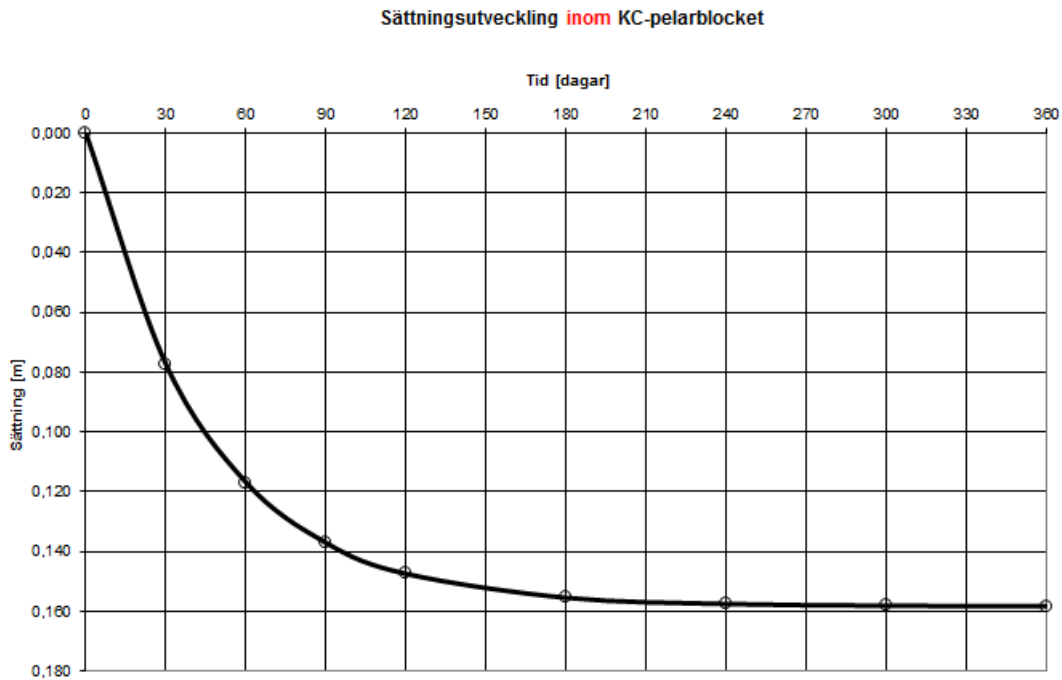


Figure 3 Beräknad sättning inom KC-pelare under ny järnväg (södra banken).

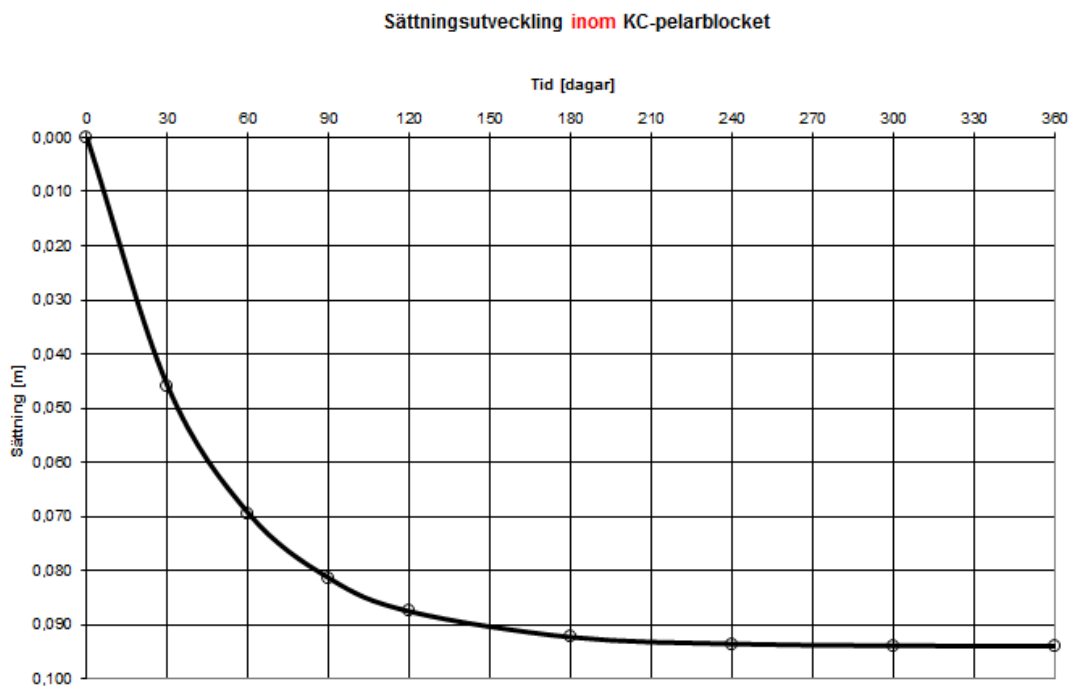


Figure 4 Beräknad sättning inom KC-pelare i tidigare belastad jord (norra banken).

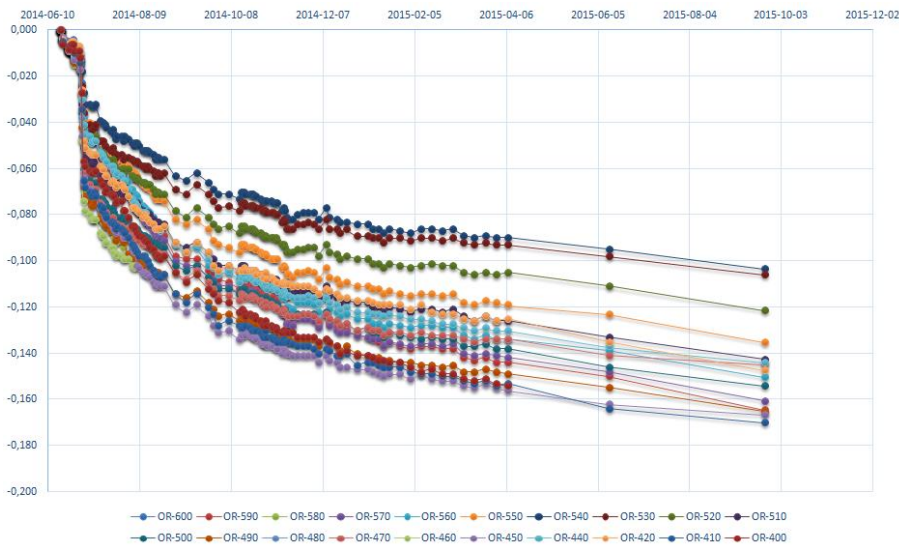


Figure 5 Sättningskurvor Södra banken.

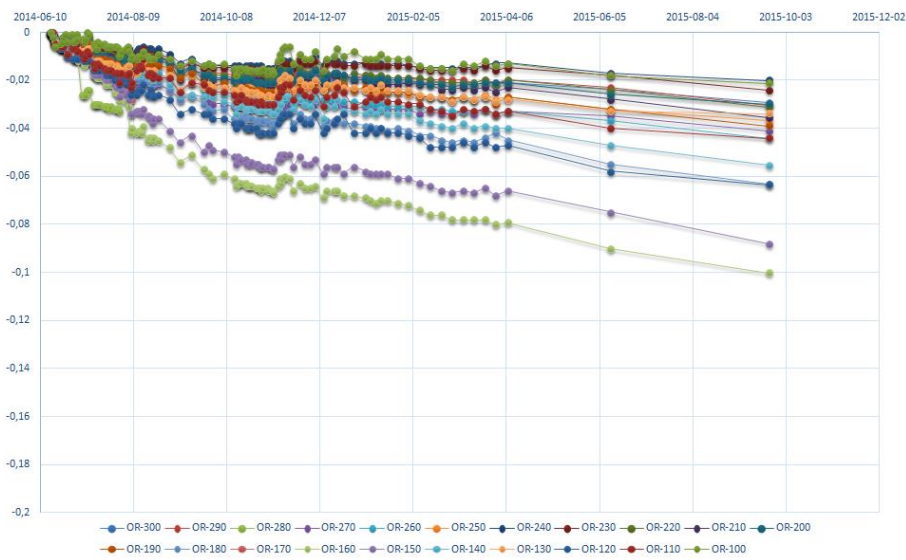


Figure 6 Sättningskurvor Norra banken.

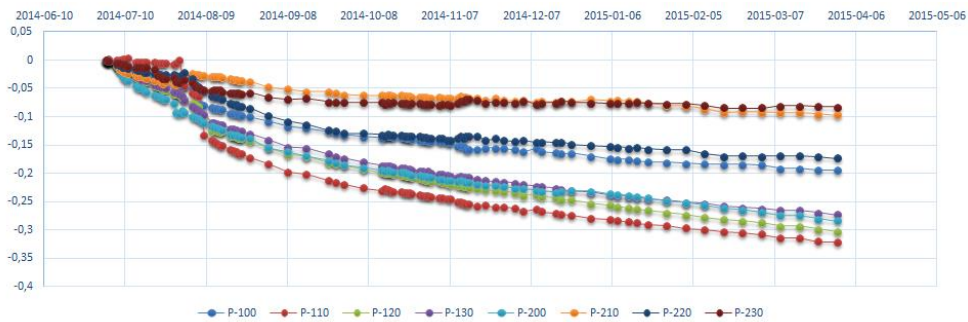


Figure 7 Sättningskurvor tryckbankar.

5 RESULTAT

Beräknad sättning för den norra banken är efter 1 år ca 10 cm, med den största delen av sättningarna utvecklade efter 2 till 3 månader.

Uppmätt sättning för samma bank är efter 3 månader ca 2 till 5 cm, samt efter 1 år ca 2 till 9 cm.

Beräknad sättning för den södra banken är efter 1 år ca 16 cm, med den största delen av sättningarna utvecklade efter 2 till 3 månader.

Uppmätt sättning för samma bank är efter 3 månader ca 6 till 12 cm, samt efter 1 år ca 10 till 16 cm.

Bedömd slutsättning för tryckbankar på torv uppgår till ca 40 cm, med i princip all sättning utvecklad efter 1 à 2 månader. Efter 2 månader är den uppmätta sättningen ca 5 till 20 cm och efter 1 år ca 8 till 35 cm.

6 SLUTSATS

För de beräknade sättningarna för både norra och södra banken, uppnåddes slutsättning inom ett år.

I sättningskurvorna för krönpeglar på bank har den beräknade slutsättningen ej överskridits efter 1 år av mätningar, men kurvorna visar en variation avseende utplaningen på sättningen.

Att de uppmätta sättningarna även visar en variation avseende storleken på sättningarna bör till viss del bero på att både banktjocklek och jorddjup varierar på sträckan, gentemot vad som antagits i beräkningarna.

Efter 2 månader har ca 60% av den uppmätta 1-årsättningen på tryckbankarna utbildats.

Även här visar sättningskurvorna en variation avseende utplaning på sättningen.

Anledningen till den långsammare utbildningen av sättningar kan exempelvis bero på att torvens egenskaper och mäktighet varierar över sträckan.

