



DokumentID
1471540

Sida
1(4)
Datum
2015-02-17

Handläggare
Jan Sarnet
Mikael Jonsson
Christina Lilja

Ärende

Er referens
SSM2011-2426-172
Kvalitetssäkrad av
Jan Eckerlid
Helene Åhsberg
Godkänd av
Martin Sjölund
Kommentar
Granskning, se SKBdoc id 1387259

Ert datum
2014-02-24
Kvalitetssäkrad datum
2015-02-27
2015-02-27
Godkänd datum
2015-02-27

Strålsäkerhetsmyndigheten
Att: Ansi Gerhardsson
171 16 Stockholm

Svar till SSM på begäran om komplettering rörande inverkan av koppartjocklek på kapselns designanalys

Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, har i sin skrivelse till Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, daterad 2014-02-24 begärt komplettering angående inverkan av koppartjocklek på kapselns designanalys vid skjuvbelastning redovisad i TR-10-28 och TR-10-34 och hur designanalysen påverkas av olika tjocklekar, <5 cm, för det omgivande kopparhöljet.

SSM ger följande skäl för begäran om komplettering:

SKB:s designanalys av kapseln baseras på kapselns referensgeometri, beskriven exempelvis i kapitel 5 i TR-10-28. SKB har i TR-10-28 kapitel 7.6 lämnat en osäkerhetsanalys av kopparhöljets deformation vid skjuvbelastning. Denna osäkerhetsanalys innehåller emellertid inte någon osäkerhetsanalys för det fall kopparhöljets tjocklek är mindre än referensutformningen. SSM anser, beroende på att säkerhetsfunktionen respektive konstruktionsförutsättningen för kopparhöljets tjocklek är olika, (>0 respektive 5 cm), att SKB bör komplettera ansökan med en osäkerhetsanalys för olika tjocklekar på kopparhöljet när skjuvlast inträffar. Osäkerhetsanalysen bör för olika koppertjocklekar belysa dels hur säkerhetsfunktionen, $t > 0$, för kopparhöljet kan upprätthållas vid kombination av korrosion och skjuvlast dels om detta kan påverka det beräknade riskbidraget.

SKB:s svar

SSM har efterfrågat ”en osäkerhetsanalys för olika tjocklekar på kopparhöljet när skjuvlast inträffar”. SKB har därför låtit utföra en undersökning som värderar inverkan av reducerad koppertjocklek för skjuvlastfallet, se bilaga 1.

Förutsättningar för beräkningsfallet

Inledningsvis vill SKB rekapitulera konstruktionsförutsättningen för kapseln som anges i TR-09-22 (SKB 2009):

Svensk Kärnbränslehantering AB

Box 250, 101 24 Stockholm
Besöksadress Blekholmstorget 30
Telefon 08-459 84 00 Fax 08-579 386 10
www.skb.se
556175-2014 Säte Stockholm

”The copper corrosion barrier should remain intact after a 5 cm shear movement at a velocity of 1 m/s for buffer material properties of a 2,050 kg/m³ Ca-bentonite, for all locations and angles of the shearing fracture in the deposition hole, and for temperatures down to 0°C. The insert should maintain its pressure-bearing properties to isostatic loads.”

Utifrån konstruktionsförutsättningen har härletts brottvillkor för kapseln vilka framgår av Raiko et al. (2010, avsnitt 3.3). För kopparhöljet anges brottvillkor som en för stor plastisk deformation med en tillåten logaritmisk töjning på högst 80 %. Därför har den genomförda osäkerhetsanalysen inriktats på att värdera detta brottvillkor för kopparhöljet.

I avsnitt 12.9.3 i SR-Site (SKB 2011) görs en analys av kombinationer av tidigare analyserade scenarier och processer, däribland inverkan av korrosion på effekten av skjuvlast. Korrosionsanalysen i SR-Site (SKB 2010) visade att för intakt buffert kommer koppartjockleken att minska med som mest ett par millimeter, vilket bedömdes inte kunna inverka på integriteten hos kopparhöljet vid en skjuvrörelse. Avsevärd korrosion skulle kunna förekomma om bufferten eroderas (SKB 2010). Bufferterrosion innebär ändå samtidigt att lermaterial förs bort med grundvattnet, varvid densiteten minskar. Detta innebär i sin tur att skjuvhållfastheten hos bentoniten minskar och i det sammanhanget också påkänningen på kapseln. Erosionen ger alltså upphov till två processer som motverkar varandra med avseende på belastningen på kapseln, och båda processerna är koncentrerade till det eroderade området i bufferten.

För att ändå analysera effekten av skjuvning för en korroderad kapsel har ett beräkningsfall tagits fram och analyserats (bilaga 1). Modellen för bufferterrosion beskriver vilken massförlust bentonit som kan ge advektiva förhållanden, och därmed ökad korrosion. Den ger däremot inte en detaljerad beskrivning av hur det eroderade området ser ut. Det är därför inte möjligt att noggrant specificera ett fall med eroderad buffert för någon viss del av deponeringshålet, viss del korroderad yta på kapsel och skjuvlast i någon specifik träffvinkel och -position. För att illustrera effekten av ett korroderat kopparhölje analyseras därför ett fall där hela kapseln är tunnare. En koppartjocklek på 2,5 cm ansåts, det vill säga en halvering av konstruktionsförutsättningen 5 cm. Detta värde valdes för att minskningen av tjocklek skulle ge tillräckligt utslag i skjuvberäkningarna, om påverkan vore stor, men samtidigt inte ge ett så pessimistiskt fall som till exempel en koppartjocklek på ett par millimeter skulle utgöra. För övrigt har pessimistiska förutsättningar ansåts, bentonitdensiteten är 2050 kg/m³ och det har förutsatts att bentoniten ligger an mot kopparhöljet utan spalt. Två olika konstitutiva beräkningsmodeller för att beskriva kopparens elasto-plastiska deformation har använts för att studera dess inverkan på resultatet.

De skjuvplan som valts för osäkerhetsanalysen är de skjuvplan som i tidigare undersökningar identifierats som mest kritiska med avseende på kopparhöljets deformation (SKBdoc 1339902 och 1403930). Dessa skjuvplan finns vid 90 % av kapselns längd räknat från dess botten respektive ovanför insatsens stållock. Inverkan av en brusten insats har tidigare också undersökts i form av en skjuvsimulering där en kapsel med en avbruten insats postulerats (SKBdoc 1404369). Fallet med brusten insats resulterade ändå i endast cirka 7 % töjning i kopparhöljet på grund av skjuvrörelsen och har därför inte analyserats här.

Resultat

Vid nominell koppartjocklek 5 cm visar resultatet att det i kopparhöljet uppstår cirka 23 % töjning för 5 cm skjuvrörelse vid skjuvplan ovanför stålloket (SKBdoc 1403930) respektive cirka 33 % töjning i kopparhöljet vid skjuvplan vid 90 %-läget (tabell A14-2 i SKBdoc 1339902). Vid utvärderingen rapporterades de högsta värdena på töjningen som uppstod i så kallade singulära punkter, vilket leder till högre rapporterade töjningsvärden än vad som är representativt för kopparhöljet.

Det ska påpekas att utvärderingen av resultaten i osäkerhetsanalysen i bilaga 1 gjorts så att signifikanta värden rapporteras, vilket innebär att resultat ifrån singulära punkter inte används vid utvärdering. Det innebär att den största töjningen för 5 cm skjuvrörelse vid skjuvplan ovanför stålloket med nominell koppartjocklek anges till cirka 11 % respektive ca 18 % vid skjuvplan vid 90 %-läget enligt tabell 8-3 i bilaga 1.

Vid halverad koppartjocklek 2,5 cm visar resultatet att det i kopparhöljet uppstår cirka 24 % töjning för 5 cm skjuvrörelse vid skjuvplan ovanför stålloket respektive cirka 19 % töjning i kopparhöljet vid skjuvplan vid 90 %-läget. Inverkan av elasto-plastisk kopparmodell påverkar inte resultatet i någon större utsträckning, skillnaderna i resultat beroende på konstitutiv modell är i storleksordningen några procentenheter plastisk töjning.

Inverkan av treaxligt spänningstillstånd på brotttöjningen i koppar har värderats i bilaga 2 där figur 3-8 visar att brotttöjningen för kopparen i kapseln överstiger 50 % även vid höga treaxligheter. Resultaten från osäkerhetsanalysen med halverad koppartjocklek understiger 50 %, vilket betyder att kopparhöljet klarar inverkan av hög treaxlighet.

Riskbidraget från skjuvlastfallet i SR-Site uppkommer för fall då skjuvningen blir större än 5 cm, medan kapseln antogs klara alla skjuvfall under 5 cm, baserat på resultaten i designanalysen av kapseln. Resultaten ovan visar att kapseln klarar en skjuvning av 5 cm även om kopparhöljet halverats. Om skjuvningen är större än 5 cm antas som i SR-Site pessimistiskt att kapseln havererar oavsett koppartjocklek. Sammantaget innebär detta att riskbidraget, så som det beräknades i SR-Site, inte är känsligt för kombinationen korrosion och skjuvning. Åter noteras också att korrosion i större omfattning endast förekommer i samband med en så avsevärd erosion av bufferten att skjuvlasten på kapseln bör minska betydligt. Detta har inte tagits hänsyn till i ovanstående analys. Denna effekt bidrar ytterligare till att riskbidraget blir okänsligt för kombinationen korrosion och skjuvning.

Slutsats

I jämförelse med brottvillkor har således inget belastningsfall identifierats som leder till brott av kopparhöljet vid 5 cm skjuvning och konstruktionsförutsättningen för kapseln som anges i TR-09-22 (SKB 2009) uppfylls.

Med vänlig hälsning

Svensk Kärnbränslehantering AB
Avdelning Kärnbränsleprogrammet

Helene Åhsberg
Projektledare Tillståndsprövning

Bilagor

1. Modelling and analysis of BWR-canister and buffer for earthquake induced rock shear with copper corrosion. SKBdoc 1469524 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.
2. A constitutive model for texture dependent deformation hardening and pressure dependent initiation of ductile failure in metallic materials. SKBdoc 1393179 ver 2.0, TrueStress Engineering, 2015.

Referenser

Referenser i ansökan

Raiko H, Sandström R, Rydén H, Johansson M, 2010. Design analysis report for the canister. SKB TR-10-28, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2009. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010. Corrosion calculations report for the safety assessment SR-Site. SKB TR-10-66, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2011. Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Main report of the SR-Site project. SKB TR-11-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Opublicerade dokument

SKBdoc 1339902 ver 1.0. Global simulation of copper canister – final deposition. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1403930 ver 1.0. Shearing of copper canister at top and base. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1404369 ver 2.0. Modelling of a canister with broken insert subjected to earthquake induced shear and subsequent glacial load. Svensk Kärnbränslehantering AB.