Bilaga A:

Bildbilaga

Rubrikerna i bildbilagan motsvarar rubrikerna i rapporten, men samtliga avsnitt innehåller inte bilder. Därmed finns det ett antal tomma rubriker i bildbilagan men läsbarheten som helhet anses ökar. Bildbilagan är avsett att läsas tillsammans med rapporten.

Bilderna är i huvudsak tagna av Kjell Wallin, övriga författare eller deras kollegor.

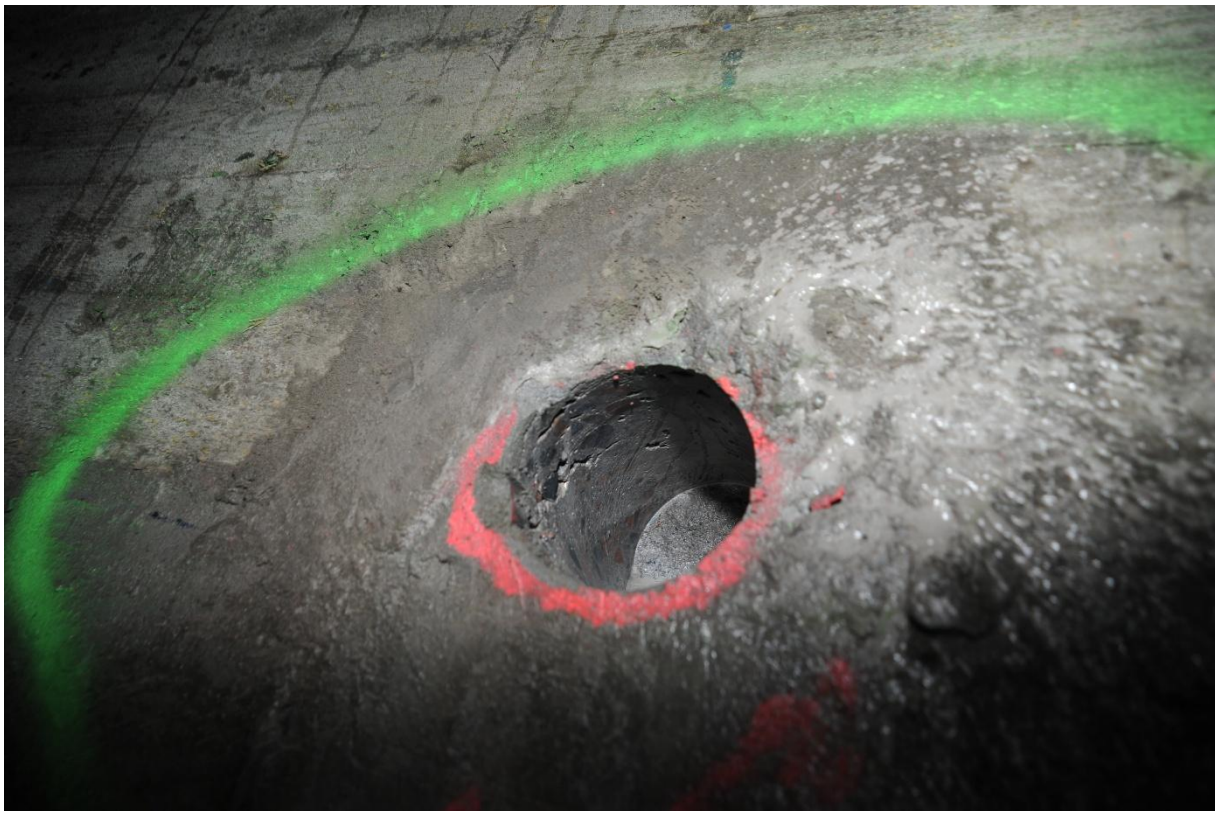
I avvikande fall anges källan i bildtext. Ägaren har accepterat publicering.

1 INLEDNING

2 Felavhjälpande – Begrepp och process

2.1 Laga inget som inte är trasigt

2.2 En lagning är inte till för att dölja ett fel



Figur 1: Gjutskada bristfälligt reparerad utan undersökning och förbehandling med påfört lagningsbruk, bild efter senare kärnborrning. Dold gjutskada efter bristfälliga åtgärder av skada typ ”honeycombing”.



Figur 2:Bristfälliga lagningar av gjutskador i SKB, ej förbehandlade ytor, åtgärdsförslag ej redovisat för beställaren innan åtgärd.



Figur 3: Polymercementslamma påförd på bristfälligt underlag. Inget åtgärdsförslag upprättat.

2.3 Entreprenörens rätt och skyldighet att avhjälpa (AB04 /ABT 06)

2.4 Att förebygga avvikelser – kravställning, upphandling och förberedelser

2.5 Processen vid felavhjälpning i entreprenad (7 steg)

3 REPRO-Processen (Steg 1-7)

3.1 (Steg 1) Upptäckt och anmälan

3.2 (Steg 2) Kartering och inspektion

3.2.1 Betongskador, gjutskador och gjutdefekter – Vad är det vi ser vid inspektion?



Figur 4: Mindre luftblåsor mot brädform. Vertikal yta.



Figur 5: Mindre ytdefekter mot brädform. Vertikal yta.



Figur 6 - Ytdefekter / större luftporer mot slät och lutande överform med undermålig avluftning.



Figur 7: Ytdefekter mot form. Luftblåser, ytskikt lossnar. Vertikal yta. Skadeorsak: Oplanerat gjutstopp, efter omstart med sannolikt för hög stighastighet har formen kalvat utåt i sent läge och ställvis har den nedre delens betongyta dragits sönder och följt med formen.



Figur 8: Bristfällig bearbetad och kompakterad betongyta. Horisontell yta.



Figur 9: Ofullständig kompaktering mot form. Vertikal yta.



Figur 10: Ytlig honeycombing under ifyllningsstället. Gjutning med SKB mot slät form. Vertikal yta.



Figur 11: Ofullständig kompakterad betong. Vertikal yta.



Figur 12: Långsträckta betongdistanser ger vanligen ytdefekter. Tillåten längd är max 1,5 gånger höjden.



Figur 13: Ofullständig kompakterad betong. Skadan är djup. Undersida brobaneplatta.



Figur 14: Figur 15: Sannolikt djup skada. Mycket bristfälligt kompakterad betong (delvis honeycombing) vid övergång ändskärm-vingmur. Vertikal yta. Vattenbilning aktuellt.



Figur 16: Kraftigt luft- och pastaseparerad betong i murkrön. Grovballast har sjunkit, svag och luftanrikat bruk har ansamlats i överkant mur.



Figur 17: Ofullständig kompaktering under distanskloss. Vertikal yta.



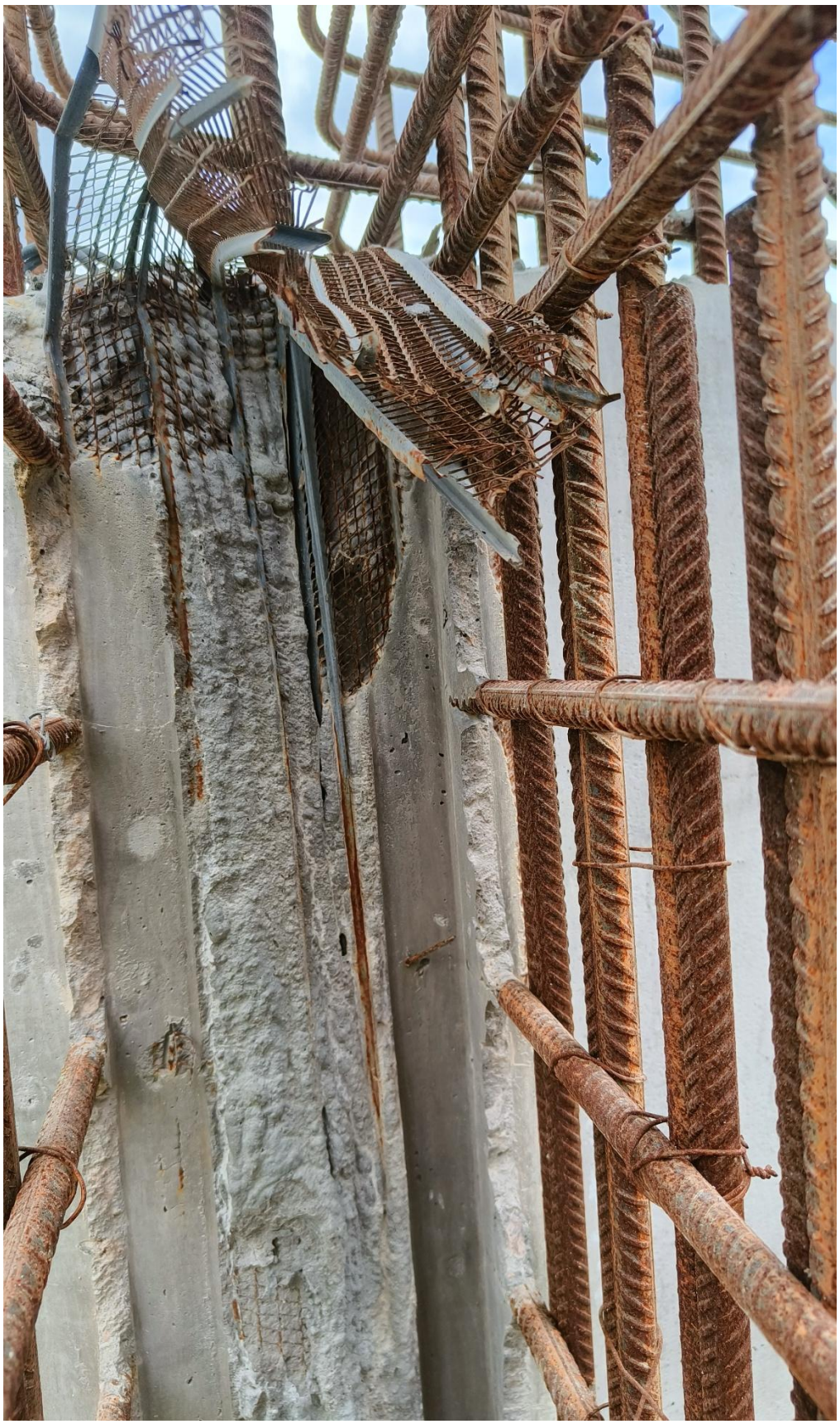
Figur 18: Djupa skador, ofullständig kompakterad betong mot form.



Figur 19: Djupa skador, ofullständig kompakterad betong mot form. Vertikal yta.



Figur 20: Ofullständigt kompakterad betong samt synlig armering mot dilatationsfog. Vertikal yta.



Figur 21: Bristfällig gjutfog med kvarsittande avstängare. Vertikal yta.



Figur 22: Ofullständig gjutning av SKB mot överform och stora gjutveck/honeycombing mot ök nedre avstängare vid en stor gjutning med lutande överform. Dålig gjutlogistik och brist på luckor i form för inspektion och åtgärder under gjutningen.



Figur 23: Honeycombing mot nedre avstängare, gjutning med SKB i lutning. Bilden är från samma gjutning som Figur 22.



Figur 24: Honeycombing mot form, gjutning av tunna väggar till en vattentank med normalbetong. Separation på grund av störtning från ök vägg med lös betong och ingen vibrering. Efter relativ lätt bilning blev det ett stort hål rakt igenom konstruktionen.



Figur 25: SKB-gjutning med stenansamling i gjutfog mellan vägg och platta. Gjutet mot storform som ställvis var monterad på pallbrickor med byggskumstätning i botten på utsida form. Gjutningen utfördes med ett mycket bra SKB-recept som inte gav gjutveck trots seghet och hög stenhalt. Detta är inte en normal stenansamling, orsaken är att pastan är lättrörlig och smitit ut till utrymmet under den pallade formen. Fortsättningsvis ställdes formen på skumplastremsor placerade mot den blivande betongytan.



Figur 26: Bristfällig/ofullständig pågjutning på undersida konsol efter vattenbilning, formsättning och gjutning med 0-8 m SKB i borrat hål från ovansidan. Denna typ av gjutning ställer höga krav på betongens rörlighet. Vid denna gjutning anlände betongbilen först och släpvagnspumpen en timme senare. Att gjuta med betong med konsistensförlust och dålig rörlighet medför ofullständig utfyllnad och resulterade i förnyat reparationsarbete.



Figur 27: Tidig hörnfrysning av nygjuten betong. Mönster av iskristaller i ytan. Oisolerad stålform i Norrland vintertid.

3.2.2 Sprickor – vad är det vi kan analysera vid inspektion?



Figur 28: SKB Krackelering i betongyta (extra synligt under torkning efter tillförsel av vatten). Sannolikt tidiga vattenförluster mot torr form då den halvcirkulära tunnelformen var utförd med brädform påklädd med en relativt mjuk board och lockad.



Figur 29: Tunn ytspricka vid hörna. Slipningen av hörnan utan synlig ballast indikerar på separerad krympbenägen blötskurad betong i de ytliga delarna av konstruktionen.



Figur 30: Plastiska ytsprickor av typen gles map cracking (grovmaskig krackelering) över hela konstruktionens yta. Stor andel icke orienterade sprickor. En relativt tjock platta som inte dimmats och täckts. Bilden är tagen under upptorkning efter en regnskur.



Figur 31: Plastiska ytsprickor som delvis följer armeringen. Det förekommer även icke orienterade sprickor. Orsaken är sannolikt i huvudsak brist på tidig dimning i en övervibrerad separerad lös betong med visst inslag av sättningsorientering till armeringslägen. Kraftig plastisk uppsprickning orsakade av tidig vattenförlust internt och externt som visas i bild ger även en del sättning vertikalt som kan leda till att det bedöms som sättsprickor Vid ett liknande objekt med denna typ av uppsprickning bedömdes det felaktigt som sättsprickor vilket resulterad i det infördes utökade vibreringsinsatser vid gjutning av nästföljande brobana utan korrigering av konsistens och pallsystem, vilket medförde att den uppvisade ett ännu sämre tillstånd då det resulterade i ökad förekomst av övervibrerad stenfattig betong och pastaanrikning i ytan.



Figur 32: Sättsprickor/plastiska sprickor ovan armeringsbyglarna i en väggtopp. Sprickavstånd ca. 10 cm. Klassiska ”gåhemsprickor” med brister i efterkompaktering, efterbehandling och härdning. Brukar även resultera i kvarstående vatten på överytan (så kallade ”fågelbad”) Det får inte förekomma kvarstående vatten på utomhuskonstruktioner. Det är ett fel som ska åtgärdas.



Figur 33: SKB Sättsprickor/plastiska sprickor i en väggtopp. Sprickavstånd ca. 10 cm. Separerad SKB, avsaknad av ballast i konstruktionens övre delar



Figur 34; Genomgående sprickor i en mur. Sprickavstånd 30-50 cm. Sannolikt stort tvång i kombination med betong med stor krympning relaterat till aktuellt betongrecept.



Figur 35: Djup skada i anslutning till dilatationsfog. Orsakad av frysning i bristfälligt injekterade kylrör där vatten blivit stående i slangböjarna som kopplar ihop kylrören vid vändningen i anslutning till avstängaren.



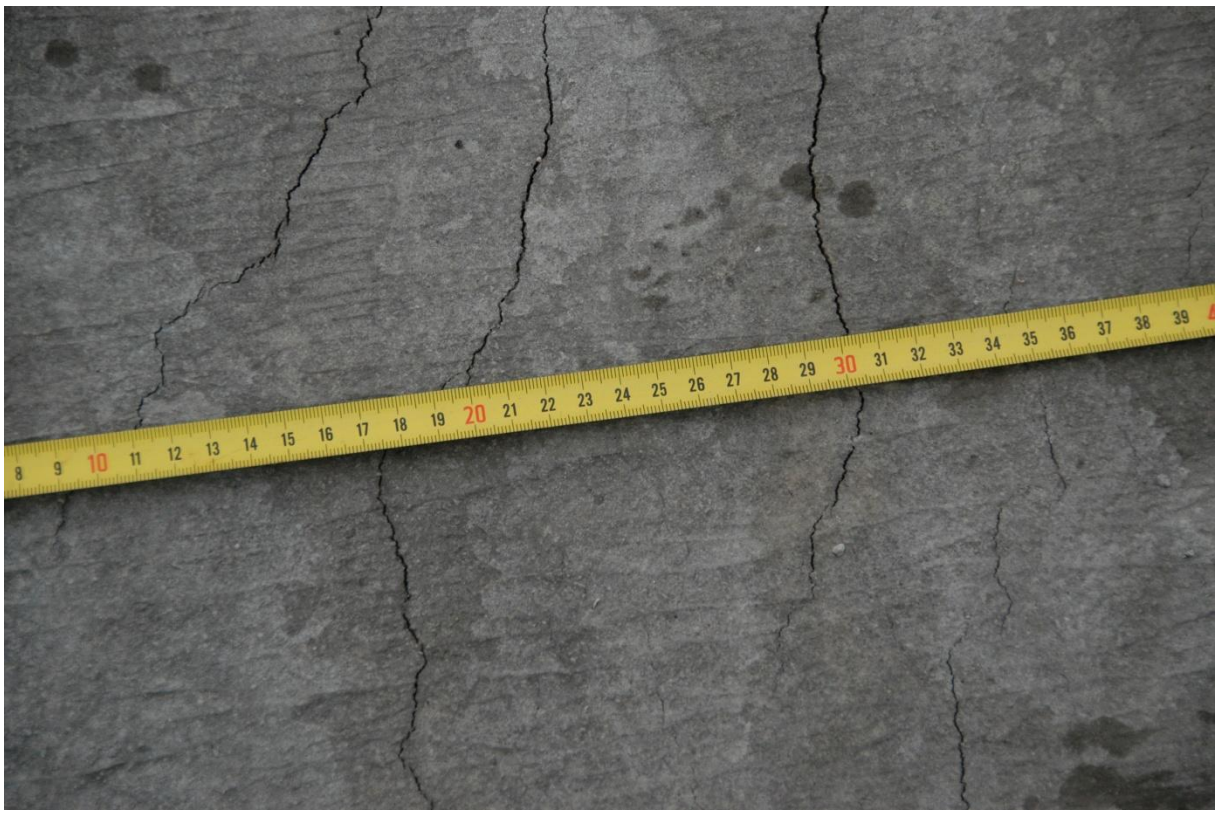
Figur 36: Kraftig krackelering på maskinglättad yta, brukar vanligen även leda till ställvisa släpp i ytan, så kallad glättningsdelaminering.



Figur 37: Lokal glättningsdelaminering av ytskiktet



Figur 38: Sättning i betong, sättspricka. I detta fall är det en kombination av sättningsbenägen betong med vct 0.50 från en betongfabrik som använder 0-8 grus som har brister i finsvansen (”sockergrus”). Den 600 mm höga tryckfördelningsplattan utfördes med vibrering i två pallar med ränna utan att flytta bilen mellan pallarna och ingen efterkompaktering. Åtgärd: Bottna ett antal fundament med lass 1 så att det minst väntas ca 1 timme innan pall 2 läggs ifrån nästa betongbil samt vibreras ihop med pall 1, separat toppning är bra men det blir ingen bra logistik i detta fall. Toppningen kan ersättas med ett uppehåll följt av återvibrering innan ytan hanteras. I detta fall ändrades för ökad säkerhet samtidigt till betong med vct 0,45. Utöver detta så dimmades det och täcktes det noggrant. Efter dessa korrigeringar blev resultat fortsättningsvis perfekt.



Figur 39: Bredare ytsprickor. Når sannolikt till armering. Orsakad av plastisk krympning och sättning. Denna bild är från bro nummer två som beskrivs i texten under Fig 31 som utsattes för utökade vibreringsinsatser.



Figur 40: Separation och sprickbildning i ytan beroende på separerad övervibrerad slamanrikad betong, sannolikt även undermålig betong avsevärt djupare ned i konstruktionen.



Figur 41: Undermåligt städad gjutskarv i en intagspelare gjuten med normalbetong. Skadan är relativt djup.



Figur 42: Bristfällig ytavjämning och separerad betong i gjutfog i anslutning till armeringen. Sättsprickor, ostädat, tveksam rågörning. Ej klart för gjutning av nästföljande etapp.



Figur 43: Mycket kraftig uppsprickning av en tunn pågjutning med olämplig betong med ingjuten golvvärme och ingen armering som ska bekläs med stenplattor och trafikeras med bland annat relativt tunga saxliftar. Flera millimeter breda sprickor med kraftig kantresning. Resulterade i rivning av hela pågjutningen inkl. golvvärme.



Figur 44: Tunn pågjutning (se även Figur 43 med text) släpper från underlaget. Kantresning. Flera millimeter breda sprickor.

3.2.3 Geometriska avvikelser



Figur 45: Höjdvariationer och svackor och undermålig ytbearbetning i kantbalk.



Figur 46: Svacka på väggtopp. Vattenavrinning inte möjligt.



Figur 47:. Ojämn yta efter slodning. Horisontell yta.



Figur 48: Täckning utförd för tidigt. Nedtryckta plank och reglar i samband med täckningsåtgärder. Plattan ska i senare läge påföras tätskikt av akrylat. En hel del pyssel för att skapa en godtagbar geometri innan tätskiktsarbetet.



Figur 49: SKB Ojämn formsättning. Risk för avvikelser gällande täckskikt. Lång distanskloss med nabbar som samlat upp sågspån som gjutits in. Vertikal yta.



Figur 50: Kajdäck med fall gjutet mot krönbalk utan fall utåt i ytan (ställvis bakfall). Vatten blir stående. Fel! Armeringsläget tillät inte slipning för att erhålla fall utan kompletterande åtgärder. Lösning: Nedslipning så att fall erhålls samt att kompensation gällande minskat täckskikt utfördes genom påförande av ett skyddsskikt på krönbalken med avsandad akrylat-beläggning.

3.2.4 Allvarliga avvikelser som kräver separat utredning



Figur 51: Ofullständig utfyllnad. Se även Figur 24 som visar samma konstruktion. Gjutning av en tunn vägg med störtad normalbetong. Vertikal yta.



Figur 52: Bristfällig täckskikt. Armering inte kringgjuten. Vertikal yta.

3.3 (Steg 3) – Analys och klassificering

3.3.1 Bedömningsprincip

3.3.2 Livslängd, exponeringsklasser och konsekvenser för bedömning av fel

3.3.3 Kompletterande undersökningar

Slipning

Bomknackning



Figur 53: Glättningsdelaminering i betongen ytskikt. Luftillsatt betong i ett garagegolv under grundvattennivån. Efter ändring till betong utan lufttillsats uppkom det inga glättningsdelamineringar. I senare läge konstaterades det dock uppkomma genomgående läckande sprickor efter att betongreceptet ändrades. Utan luft ökar tryckhållfastheten minst en hållfasthetsklass vilket ger att även draghållfastheten ökar. Vid oförändrat armeringsutförande kan detta leda till uppsprickning. Lufttillsatsen kan eventuellt samtidigt inverka så att betongen blir något mer duktil. Vid projektering av garageplattor utan tätskikt (beakta att gällande exponeringsklass XD3 enligt Betongföreningens rapport 11 kräver avvattning av garagegolvet) rekommenderas det att använda Anläggningscement C35/45 vct 0,40 XD3 med lufttillsats och endast utföra en hastig grovglättning för att undvika glättningsdelaminering. Om det blir en del vändkanter rekommenderas lätt slipning i hårdnat tillstånd.

Mekanisk bilning



Figur 54: Framkant lagerpall efter mekanisk bilning. Separerad betong utan grovballast. Gjutning med ränna och flytt av betong med vibratorstav. Lös konsistens.



Figur 55: Tidig frysning av nygjuten betong i en hörna efter mekanisk bilning. Även kompletterande kärnborrning. Relativt tunn platta gjuten med husbetong mot en tidigare gjuten sockel i Stockholm. -27°C under natten efter gjutning.

Skanning med högtryckstvätt eller lätt vattenbilning



Figur 56: Gjutsår/gjutveck efter lätt vattenbilning.



Figur 57: Gjutsår/gjutveck efter lätt vattenbilning. Närbild.



Figur 58: Fog mellan gjutpallar. Ofullständig kompaktering. Efter skanning med lätt vattenbilning.



Figur 59: Gjutfog mellan ramben och valv med djupa skador, gjutning med SKB. Bild tagen efter högtrycksspolning. Orsakad av isbildning på form innan gjutning.



Figur 60:Separerad betong i gjutpall av en sned bropelare efter lätt vattenbilning/ högtrycksspolning.



Figur 61: Efter inledande vattenbilning/högtrycksspolning framkommer djupa gjutskador.

Kompletterande kärnborrning



Figur 62: Kärnborrning i stenansamling mot form. Gjutning med SKB. Defekten är ytlig.



Figur 63: Närbild på förmodad kallfog och borrkärna. Skandan är enbart ytlig. Konstruktionen påverkas inte statiskt. Enbart ytreparation krävdes genom vattenbilning (/vattenblästring) och reparation med säckad lagningsprodukt.



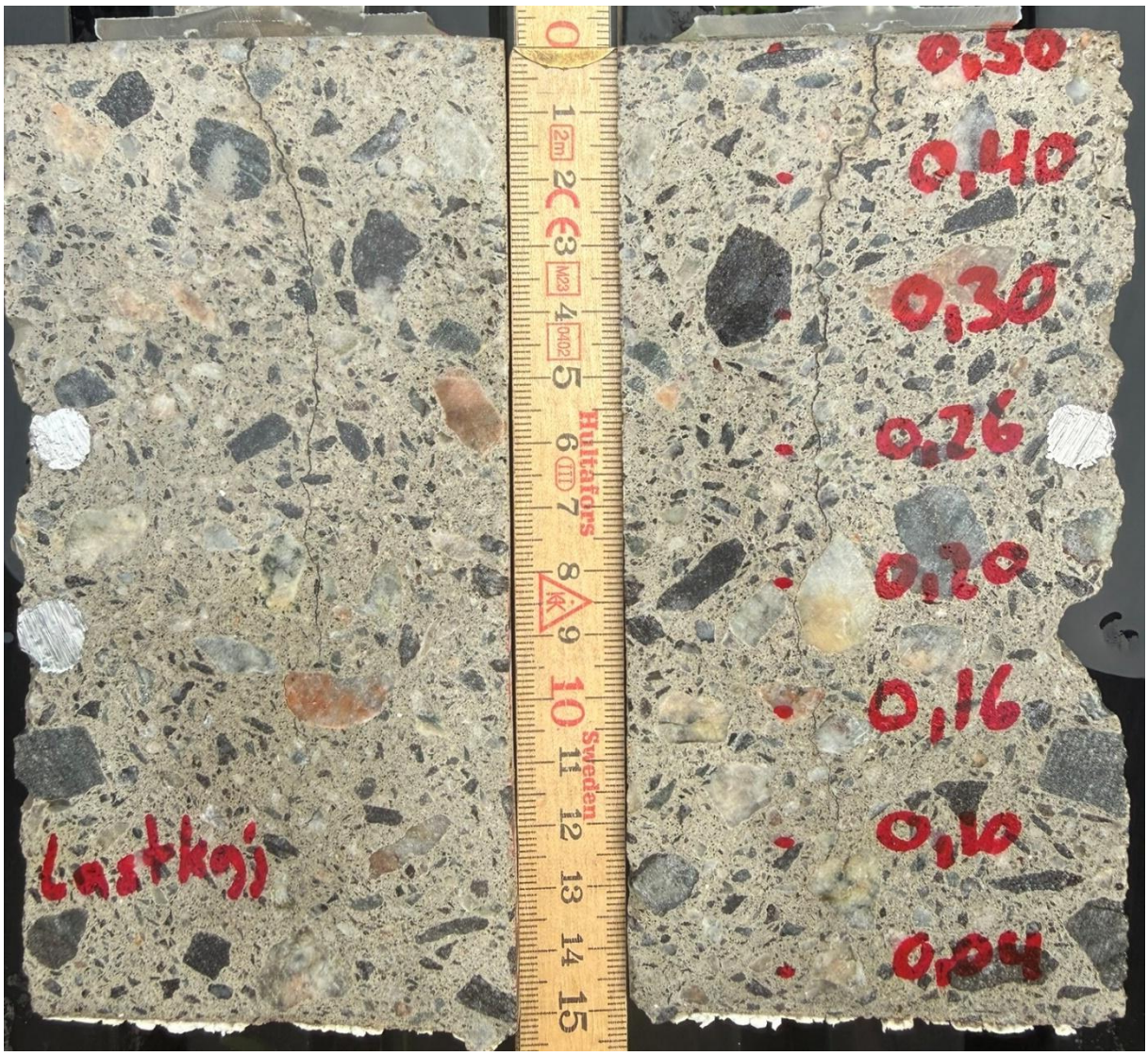
Figur 64: Övervibrering i lutande form. Instabil betong. C35/45 vct 0,40 Anl XD3 XF4. Cementhalt 390 kg/m^3 konsistens sättmått över 200 mm, höga gjutpallar, fasta vibblägen, inga gjut- eller vibreringsluckor. Omfattande utredning och borrning innan reparationsförslag kunde tas fram.



Figur 65: Tidig frysning på borrkärna. Isnålar synliga. Porös betong.



Figur 66:Sättspricka i borrkärna. Sprickbredd > 1 mm. Se även Figur 38 som visar samma konstruktion.



Figur 67: Krympspricka i epoxistabiliserad borrkärna. Sprickbredd kan bestämmas.

3.3.4 Betongskador, gjutskador och gjutdefekter

3.3.5 Sprickor avseende typ, djup och omfattning

3.3.6 Geometriska avvikelser

3.3.7 Allvarliga avvikelser som kräver separat utredning

3.3.8 Åtgärdskategorier

3.4 (Steg 4) Upprättande av åtgärdsförslag

3.4.1 Förväntad livslängd för felavhjälpande åtgärder

3.4.2 Inledande reflektioner

3.4.2.1 Generellt om temperaturkrav vid reparationsarbeten

3.4.2.2 Generell tidigt övervägande kring ingrepp i konstruktionen

3.4.2.3 Praktiska detaljer vid vattenbilning och förberedelse för återgjutning



Figur 68: Vattenbilning av skada på betongbalk. Innan raksågning av kanter.

3.4.2.4 Större ytskador och djupa skador - vattenbilning



Figur 69: Vattenbilning igenom en vägg vid avstängare. Gjutbarheten vid återgjutning måste beaktas.



Figur 70: Exempelbild på vattenbilad skada. Raksågningen är påbörjad men inte slutförd. Högst upp kan avluftning ske.

3.4.3 Betongskador, gjutskador och gjutdefekter

3.4.3.1 Exempel på lagningsprocedur för ytblåsor över 15 mm

3.4.3.2 Exempel på lagningsprocedur för ytliga betongskador - mekanisk bilning

3.4.3.3 Exempel på lagningsprocedur för större ytskador och djupa skador - vattenbilning

3.4.3.4 Formsättning och återgjutning



Figur 71: Formsättning med brevlåda för återgjutning.



Figur 72: Återgjutning med övertryck i brevlådan.



Figur 73: Vattenbilad kantbalk, formsatt inför återgjutning.

3.4.3.5 Härdning och formrivning

3.4.4 Sprickor

3.4.5 Geometriska avvikelser

3.4.6 Riva och gjuta om

3.4.7 Allvarliga avvikelser som krävt separat utredning

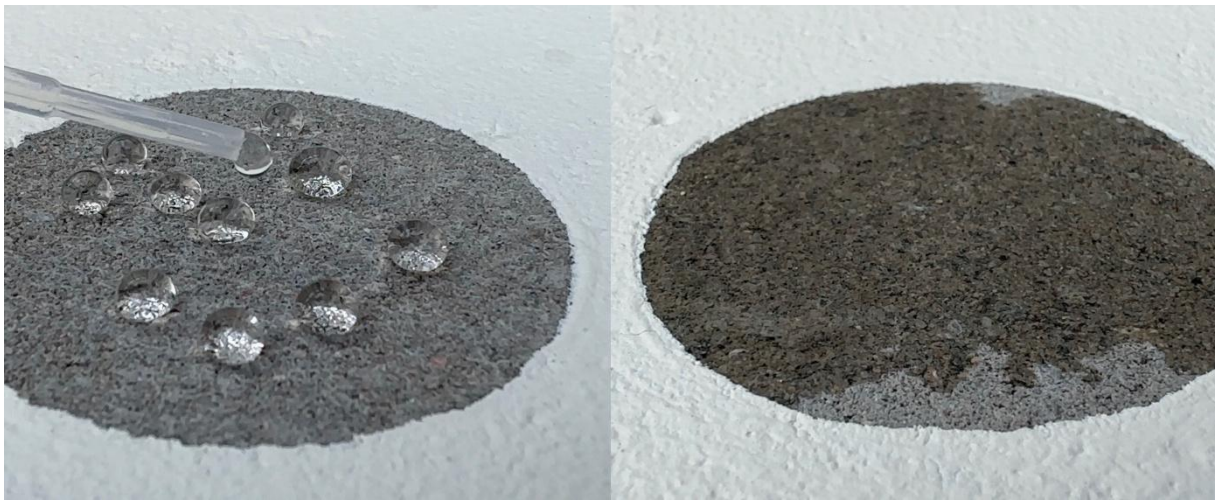
3.5 (Steg 5) Granskning och godtagande av åtgärdsförslag

3.6 (Steg 6 + Steg 7) Utförande, kontroll och dokumentation av utförda åtgärder

3.7 Återkommande fel – när felavhjälpning inte är tillräckligt

4 Råd gällande lämpliga reparationsmaterial

4.1 Impregneringsmedel för tunna ytsprickor



Figur 74: Impregnerad (vänster) och oimpregnerad betongyta (höger) med vattenpåslag. Källa: Sto Scandinavia AB.



Figur 75: Impregnering av undersida brofarbana. Källa: Sto Scandinavia AB.

4.2 Polymercementslammor



Figur 76: Polymercementslamma som del av reparationsarbetet av bropelare. Denna snedbening syns även i Figur 60, Figur 61, Figur 64 och Figur 78.



Figur 77: Polymercementslamma för reparation av tunnelmynning. Åtgärd av konstruktion i Figur 28.

4.3 Lagningsbruk för mindre betongskador



Figur 78: Ytliga gjutdefekter med lagningsbruk.

4.4 Lagningsbruk för pågjutningar etc



Figur 79: Resultat återgjutning med sättningskompenserat bruk mot slät form.



Figur 80: Resultat återgjutning med sättningskompenserat bruk mot brädform.



Figur 81: Pelare efter återgjutning med sättningskompenserat bruk. Framsida med polymercementslamma för enhetligt utseende.

4.5 Fabriksbetong



Figur 82: Bestämning av sättmått. SBK avsett för reparation med mindre dmax.



Figur 83: Resultat återgjutning med SKB avsett för reparation med mindre dmax.

4.6 Injekteringsmaterial för djupa och genomgående sprickor



Figur 84: Injektering av ytsprickor med polyuretan. Horisontell yta.



Figur 85: Injektering av genomgående spricka. Sprickan har spacklats inför injektering. Vertikal yta.



Figur 86: Injektering av vattenförande sprickor med akrylat. Vertikal yta.



Figur 87: Injektering av läckande gjutfog med polyuretan. Vertikal yta.

4.7 Alternativa metoder för sprickfyllnad



Figur 88: Kapillärinjektering av grova grunda ytsprickor med injekteringscement. Horisontell yta.



Figur 89: Försegling och fyllning av ytsprickor med lättflytande epoxi inför utläggning av primer inför tätskiktsmatta. Horisontell yta.



Figur 90: Försegling och fyllning av ytsprickor på HTC-slipad yta med epoxi som ska slipas bort efter sprickutfyllnad . Inte utfört enligt instruktioner, för stort eftersjunk i sprickorna. Horisontell yta.

5 Vägledning avseende orsaker till vanligt förekommande fel samt vägledning gällande förebyggande av vanligt förekommande fel

5.1 Glättningsdelaminering



Figur 91:Lös konsistens med mycket finmaterial i ytan och betong med förhöjd lufthalt kan resultera i glättningsdelaminering vid maskinell finglättning.



Figur 92: Maskinell finglättning.

5.2 Ytsprickor

5.2.1 Ytsprickor orsakade av temperaturgradienter

5.2.2 Tidiga plastiska ytsprickor

5.2.3 Sättsprickor

5.2.4 Krackelering

5.3 Ytliga gjutdefekter

5.3.1 Slamanrikning i betongens överyta



Figur 93: Separerad betong i övre delen av en platta. Bristfällig gjutteknik.



Figur 94: Kraftig separation med luftanrikad betong i gjutpallens överytan (skum), instabilt betongrecept som förflyttats med överdriven vibrering vid gjutningen, vattenfattig betong med hög dos av flytmedel. Cementhalt 410 kg/m³ vct 0,40.



Figur 95: Separerad betong i övre delen av en brofarbana. Bristfällig gjutteknik. Undermåligt pallsystem.

5.3.2 Porös luftanrikad betong i överytan



Figur 96: Separerad och övervibrerad betong i toppen av ett platsprefabricerat fundament. Inga stenar ca 200 mm från överytan, grävt med paddslev under pågående gjutning.

5.3.3 Stenskelett i formsatt yta (sk honeycombing) självkompakterande betong (SKB)



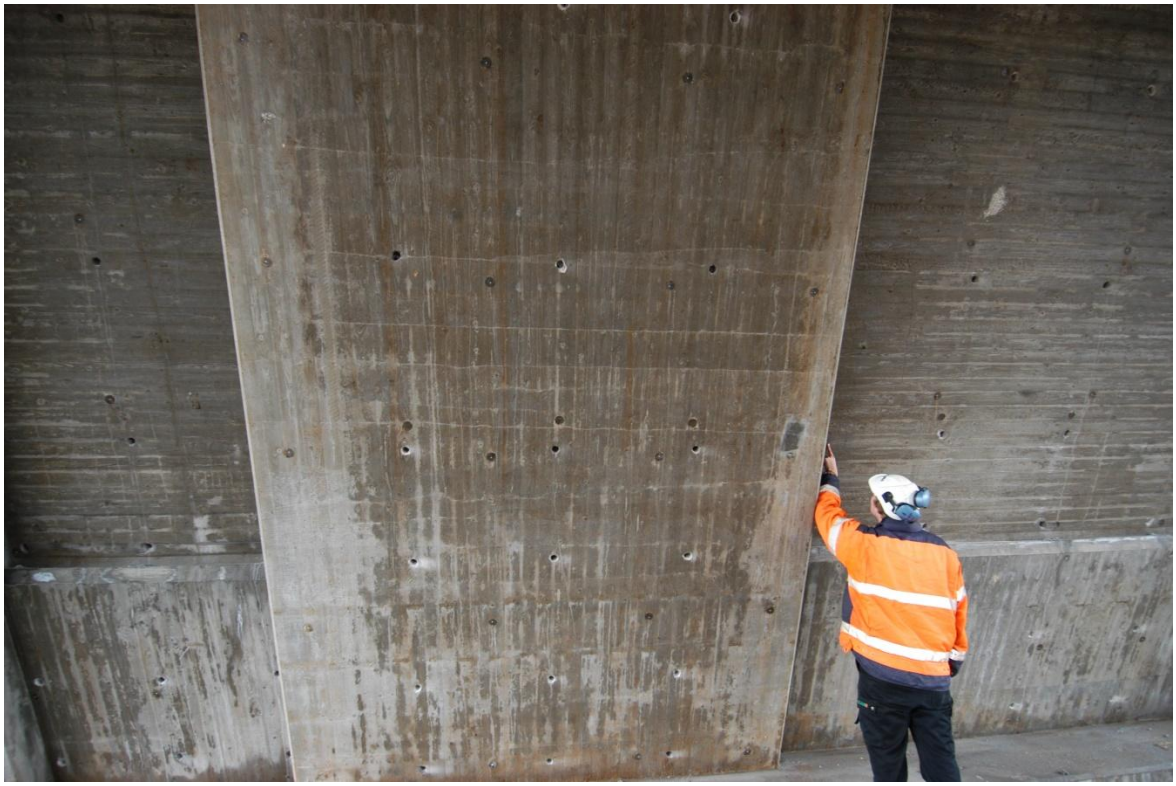
Figur 97: Lokal stenseparation i SKB. Sten ansamlas mot form. Gjutslang ej nedförd korrekt, studs mot armeringen. För stor störthöjd. Skadan är ca ett lager sten avseende skadedjup. Sannolikt oskadad betong längre in i konstruktionen.

5.3.4 Stenskelett i formsatt yta (sk honeycombing) normal betong (NB)

5.3.5 Gjutveck och pallskarvar SKB



Figur 98: Ytliga gjutveck i en gjutning med SKB. Normalt enbart ett estetiskt problem. Ingen kallfog. I detta fall var gjutpallarna i princip horisontella men det syntes trots det pallskarvar med minimala gjutveck. Bilden är från vingmurens baksida. En bidragande orsak avseende frontmurarna var att det var utfört isättningar i formen för senare montage av tegel vilket medförde mindre rörelse i betongens gjutfronten i de synliga utstickande betongpartierna. Formen var även lutande, smutsig och virket var lite hårigt. Det togs ut några borrkärnor för att se djupet på skadorna (som var minimalt) Efter syn av borrkärnorna bestämdes det att inga åtgärder var aktuella att utföras utöver städning, impregnering och klotterskydd. För bilder på frontmuren, se två tillkommande bilder längst ned i detta dokument.



Figur 99: SKB Minimala gjutveck i frontmur efter formrivning, ingen åtgärd.



Figur 100: SKB Minimala gjutveck i frontmur, objektet klart, ingen åtgärd. Samma objekt som i Figur 99.

5.3.6 Gjutveck och pallskarvar NB



Figur 101: Pallskarv/honeycombing i gjutfog. Normalbetong.

5.4 Djupa gjutdefekter och genomgående sprickor

5.4.1 Genomgående sprickor

5.4.2 Djupa defekter SKB



Figur 102: Gjutning med SKB med mycket dåliga egenskaper, mycket djupa skador som ställvis är genomgående.



Figur 103: Gjutning med separerad SKB. Överkompensation i konsistens till följd av skadorna i Figur 102. Pasta och grovballast har separerad.

5.4.3 Djupa defekter NB



Figur 104: Snö i form innan gjutning. Långsträckta distanser i underkant och mot formsida som utgör sprickanvisningar och risk för ytdefekter.

5.5 Brister i anslutning till gjutfogar



Figur 105: Ofullständig vibrerad betong mellan armeringsjärn.



Figur 106:Kvarsittande avstängare. Bristfällig gjutning i anslutning till gjutfog. Genomläckande ej kompakterad betong täcker i princip hela fogblecket.



Figur 107: Bristfällig rengöring av gjutfog innan gjutning.



Figur 108: Bristfällig rengöring av gjutfog innan gjutning.



Figur 109 Bristfälligt rengjord gjutfog, ett lager sågspån över hela fogen.



Figur 110: Mycket tveksamt utförande avseende kvarsittande avstängare med olämpligt sträckmetall.



Figur 111: Undermåligt utförande med sträckmetall som överform i lutande gjutning vid gjutetappskarv i ledmur. Sträckmetall av tveksam kvalitet ställvis övergjutet, ställvis ej ingjutet. Skräckexempel gällande gjutfog



Figur 112: Bristfällig gjutfog. Okompakterad betong, kraftigt genomläckage. Ingen rengöring efter gjutning. Vid användning av kvarsittande form av sträckmetall ska gjutningen utföras med trögare betong. Det rekommenderas att kvarsittande form av sträckmetall endast får användas efter godkännande av beställaren och då efter upprättande av separat Arbets- och metodbeskrivning, detta gällande varje enskild gjutning.

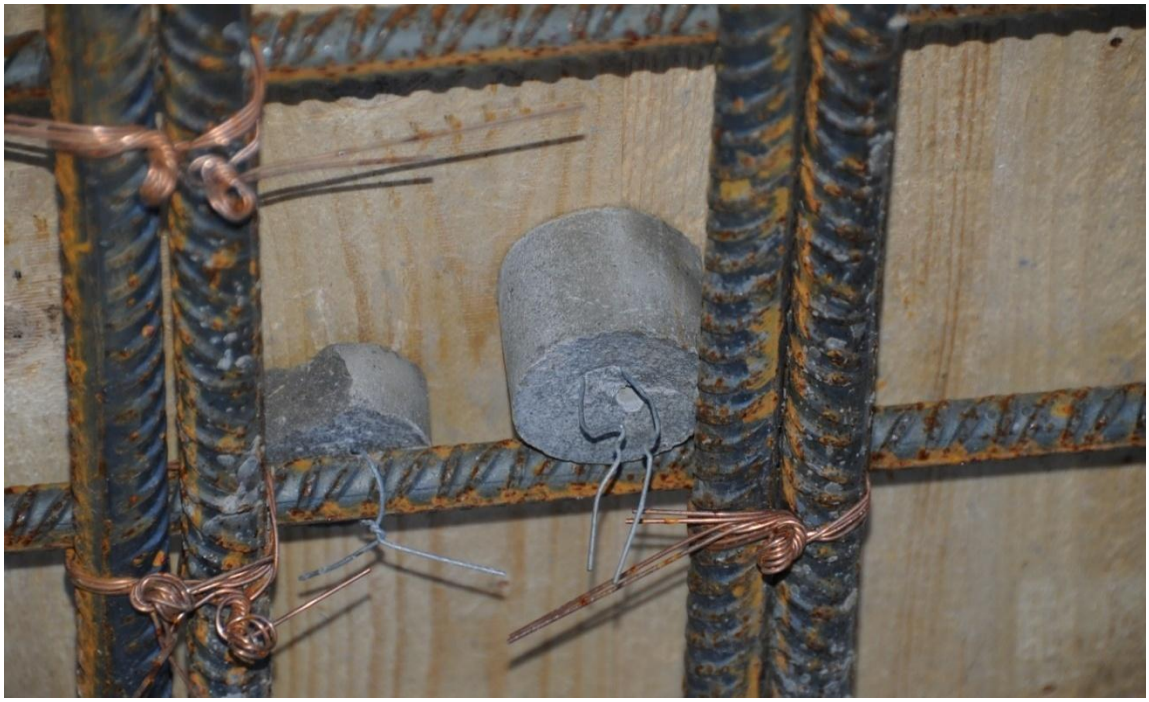


Figur 113: Skräckexempel på gjutfog med kvarsittande sträckmetall av tveksam kvalitet.



Figur 114: Gjutfog med avstängare av sträckmetall under gjutning. Tomrum bakom sträckmetallen får ej förekomma, genomläckande betong ska avlägsnas.

5.6 Täckskiktsvariationer



Figur 115: Felplacerade ock krossade distansklossar.

5.7 Undergjutningar



Figur 116: Vindkraftsfundament. Undergjutning med dålig utfyllnad, ingen kontakt till lastfördelningsplattan i den centrala delen. Dessutom separerad betong och ej rågjord skumbemängd betongyta under undergjutningen. Åtgärd: Demontering av lastfördelningsplattor samt vattenbilning ned till frisk betong och därefter reparationsgjutning och montering av lastfördelningsplattor samt därefter ny undergjutning. Mycket kostsamma åtgärder.

5.8 Vattentätningar



Figur 117 Fogbleck och fogband är ej anslutna vid mötet mellan vägg och platta, detta skapar läckväg för vatten genom gjutfogen.

Bilaga B:
Mall för dokumentation av betongreparation vid felavhjälpning i nyproduktion

Mall för dokumentation av betongreparation vid felavhjälpning i nyproduktion

(Denna mall kan anpassas till det enskilda projektets förutsättningar och kravställning.)

Projekt: _____
Konstruktionsdel/Byggdel: _____
Skadans identitet/nummer: _____
Åtgärdsförslag ref.nr: _____
Datum: _____

1. SKADEBESKRIVNING

Parameter	Uppgift
Skadetyp (gjutsår, spricka, honeycombing, täckskiktsavvikelse etc.)	
Ungefärlig utsträckning (längd x bredd)	
Uppskattat/uppmätt djup	
Frilagd armering (ja/nej)	
Exponeringsklass för aktuell konstruktionsdel	
Synlig/motfylld yta	
NCR/avvikelserapport nr (om tillämpligt)	
Referens till karteringsritning	
Fotografier tagna (ja/nej, ref.nr)	

2. FÖRBEREDELSER

Moment	Utfört av / datum	Metod / Uppgift
Kantskärning (raksågning)		Djup: _____ mm
Bilning/rensning		Metod: Vattenbilning / Mekanisk bilning / Annat:
Max bilningsdjup uppmätt		_____ mm
Armering frilagd (ja/nej)		Om ja, bilat bakom järn: _____ mm
Rengöring		Metod: Högtryck _____ bar / Tryckluft / Annat: _____
Armeringens tillstånd kontrollerat		Oskadad / Ytrost / Anmärkning: _____

Förberedelser inspekterade och godkända:

Roll	Signatur	Datum
Entreprenör (arbetsledare)		
Beställare (sakkunnig/byggledning)		

3. FÖRVATTNING

Parameter	Uppgift
Förvattning startad (datum/tid)	
Förvattning avslutad (datum/tid)	
Varaktighet (minst 48 timmar rekommenderas)	

4. KONTROLLER FÖRE REPARATIONSSTART

Kontrollpunkt	Uppfyllt (ja/nej)	Uppmätt värde
Yta fuktig men yttorr, inget fritt vatten		
Underlagstemperatur ≥ +5°C		_____ °C
Lufttemperatur ≥ +5°C		_____ °C
Materialtemperatur ≥ +5°C		_____ °C
Vidhäftningsslamma/grundning applicerad		Produkt: _____
Öppen tid för grundning inte överskriden		

Reparation startad (datum/tid): _____

5. UTFÖRANDE AV REPARATION

Material	Produktnamn	Max tillåten vattenmängd	Total materialåtgång	Total mängd tillsatt vatten
Vidhäftningsslamma/grundning				
Lagningsbruk / Betong				
Övrigt (injekteringsmedel etc.)				

Utförandebeskrivning / anmärkningar:
(Beskriv kort utförandet: antal lager, formsättning, kompaktering, eventuella avvikelser från åtgärdsförslaget)

_____
_____
_____

6. HÄRDNING

Härdningsåtgärd	Startad (datum/tid)	Avslutad (datum/tid)	Anmärkning
Plastfolie (0,20 mm)			
Kvarsittande form			
Vattendimma/spray (ej vid < +5°C)			
Isolering/uppvärmning			Typ: _____
Membranhärdning			Produkt: _____

Minimitemperatur under härdning säkerställd (≥ +5°C de första 72 h): Ja / Nej

7. FORMRIVNING (om tillämpligt)

Parameter	Uppgift
Formrivning (datum/tid)	
Dagar efter gjutning	
Formrivningshållfasthet verifierad (mognadsgrad/direkt mätning)	
Hållfasthet vid formrivning	_____ MPa

8. EFTERKONTROLL

Kontrollmoment	Utfört (ja/nej)	Resultat	Anmärkning
Okulär inspektion (krympsprickor, porer, ojämnheter)		Godkänt / Ej godkänt	
Bomknackning (reparationsyta + 200 mm utanför)		Godkänt / Ej godkänt	
Sprickinspektion av reparationsyta		Godkänt / Ej godkänt	
Vidhäftningsprovning (pull-out test) om tillämpligt		Medelvärde: _____ MPa, Min: _____ MPa	Ange projektspecifika krav (t.ex. från AMA Anläggning EBE.12)
Täthetskontroll (om krav på vattentäthet)		Godkänt / Ej godkänt	

Efterkontroll utförd (datum): _____
Dagar efter formrivning/härdningsavslut: _____

9. SLUTINTYG

Reparation utförd i enlighet med godkänt åtgärdsförslag: Ja / Nej
Om nej, beskriv avvikelser:

_____

Roll	Signatur	Namnförtydligande	Datum
Entreprenör (utförande)			
Entreprenör (arbetsledare)			
Beställare (sakkunnig/byggledning)			

10. BILAGOR TILL DENNA KONTROLLPLAN

Nr	Bilaga	Bifogad (ja/nej)
1	Fotografier före åtgärd	
2	Fotografier under utförande	
3	Fotografier efter åtgärd	
4	Produktdatablad för använda material	
5	Följesedlar (vid gjutning med fabriksbetong)	
6	Provningsrapporter (kubhållfasthet, vidhäftning)	
7	Temperaturlogg (om tillämpligt)	
8	Godtaget åtgärdsförslag (kopia)	

Bilaga C:
Exempel på arbetsbeskrivning AB XX

BOSTEK.SE BETONG & STÅLTEKNIK

Projekt Bro i Sverige

Konstruktionsnr

Konstruktionsdel Upplagsbalk väst och öst samt uk trågbotten

ARBETSBESKRIVNING AB xx

Reparation av gjutskador avseende upplag för bro (väst och öst) samt gjutsår i UK trågbotten

REV	ANT		SIGN	DATUM

Datum: Datum: Datum:

Upprättad av: Granskad av: Godkänt av:

INNEHÅLL

1 Syfte 4
2 Konstaterade skador 4
3 Lagningsprincip 21
4 Mekanisk bilning (småskador i anslutning till gjutsåret i trågbotten) 21
4.1 Maskiner och utrustning samt utförande 21
4.1.1 Förberedelser 21
4.1.2 Utförande 21
5 Vattenbilning av större skador (gjutsår i trågbotten samt upplagsbalkar väst och öst 22
5.1 Maskiner och utrustning samt utförande 22
5.1.1 Förberedelser 22
5.1.2 Utförande 22
6 Kvalitetssäkring-kvalitetskritiska moment 23
7 Åtgärdsförslag betongarbeten 23
7.1 Efter gjutning 24
7.2 Formrivning 24
7.3 Kontroll efter formrivning 24

1 Syfte

Syftet med denna arbetsbeskrivning är att efter platsbesök och fotodokumentation beskriva reparationsmetodik för att åtgärda uppkomna gjutskador. Efter formrivning observerades ett antal områden där betongen inte hade kompakterats fullständigt samt att det förekommer orenheter i ytan.
Detta dokument beskriver nedan principen för återgjutning efter vattenbilning med formsättning och gjutning med sättningskompenserat undergjutningsbruk enl AMA-ANL EBE.1171 samt bilning och utlagning med lämplig säckad produkt gällande handuppläggning av reparationsbruk vid mindre skador enligt bilder med bildtext nedan.

2 Konstaterade skador



Bild 1: Västra upplagsbalken, raksågat och bilat lokalt, större ingrepp krävs.



Bild 2: Västra upplagsbalken, bilat lokalt, större ingrepp krävs.



Bild 3: Västra upplagsbalken, bilat lokalt, större ingrepp krävs.


Bild 3: Västra upplagsbalken, större ingrepp krävs.


Bild 5: Västra upplagsbalken, bilat och raksågat lokalt, större ingrepp krävs.



Bild 6: Västra upplagsbalken, bilat lokalt och raksågat. Rester av najtråd synligt i den bilade ytan (större ingrepp krävs). Det ska vattenbilas diagonalt i större omfattning så all undermålig betong avlägsnas inklusive friläggning av armeringsjärn så att formsättning (mönsterpassad) och återgjutning med sättningskompenserat undergjutningsbruk enligt AMA-ANL EBE 1171 kan utföras som övertrycksgjutning med ”brevlådeform”.



Bild 7: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning.



Bild 8: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning, kvarstående defekter som skuggor och bristfälliga ”betongkörtlar” förekommer i anslutning till frilagd armering. I bildens nederkant syns ett område (hål) där vattenbilningen och raksågningen ska utökas. Vattenbilning och raksågning ska kompletteras.



Bild 9: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning, kvarstående defekter som skuggor och bristfälliga ”betongkörtlar” förekommer i anslutning till frilagd armering. Vattenbilning och raksågning ska utökas/kompletteras.



Bild 10: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning, kvarstående defekter som skuggor och bristfälliga ”betongkörtlar” förekommer i anslutning till frilagd armering. Vattenbilning och raksågning ska utökas/kompletteras.



Bild 11: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning, kvarstående defekter som skuggor och bristfälliga ”betongkörtlar” förekommer i anslutning till frilagd armering. Se särskilt skuggor (betong ej avlägsnad) bakom järn i bildens nederkant Vattenbilning ska utökas/kompletteras.



Bild 12: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning, kvarstående defekter som skuggor och bristfälliga ”betongkörtlar” förekommer i anslutning till frilagd armering. Se särskilt skuggor (betong ej avlägsnad) bakom järn i bildens nederkant Vattenbilning ska utökas/kompletteras.



Bild 13: Gjutsår i trågbotten efter vattenbilning, kvarstående defekter som skuggor och bristfälliga ”betongkörtlar” förekommer i anslutning till frilagd armering. I bildens nederkant syns ett område (hål) där vattenbilningen och raksågningen ska utökas. Vattenbilning och raksågning ska kompletteras.



Bild 14: smärre defekter i anslutning till gjutsår i trågbotten, lagas med lätt handbilning, högtryckstvätt 240 bar och raksågning samt handuppläggning primer och lagningsbruk.



Bild 15: Östra upplagsbalken innan vattenbilning.



Bild 16: Östra upplagsbalken innan vattenbilning.



Bild 17: Östra upplagsbalken innan vattenbilning.



Bild 18: Östra upplagsbalken innan vattenbilning.



Bild 19: Östra upplagsbalken innan vattenbilning.



Bild 20: Östra upplagsbalken efter vattenbilning



Bild 21: Östra upplagsbalken efter vattenbilning



Bild 22: Gjutsår UK tråg efter kompletterande vattenbilning.



Bild 23: Gjutsår UK tråg efter kompletterande vattenbilning



Bild 24: Gjutsår UK tråg efter kompletterande vattenbilning



Bild 25: Gjutsår UK tråg efter kompletterande vattenbilning



Bild 26: Gjutsår UK tråg efter kompletterande vattenbilning

3 Lagningsprincip

Lagningsprincipen bygger på att avlägsna all ofullständigt kompakterad betong i täckskiktet samt säkerställa att defekterna inte går längre in i konstruktionen utan att onödigtvis frilägga armeringsjärn.

4 Mekanisk bilning (småskador i anslutning till gjutsåret i trågbotten)

4.1 Maskiner och utrustning samt utförande

Följande maskiner och utrustning skall användas för utförande av arbetet:

- Bilmaskin som inte orsakar större sprickbildning i mikroskala än en maskin med max vikt på 28kg och slagfrekvens större än 22 Hz.
- Bilning ska utföras med försiktighet med vassa mejslar och med så horisontell vinkling som möjligt, d v s undvik bilning rakt in i konstruktionen. Detta för att undvika att mikrosprickor erhålls i konstruktionsbetongen. Kryssmejsel får inte användas på betongytor.
- Efter bilningsarbetet ska ytorna bearbetas med högtrycksutrustning med roterande munstycke med minst 240 bars tryck i nära kontakt med ytorna.
- Efter ovanstående arbetsmoment ska ytorna besiktigas av sakkunnig för beslut om åtgärderna har medfört önskat resultat, det kan därefter bli aktuellt att gå vidare med handlans med min 500 bars tryck d v s vattenbilning om det konstateras föreligga kvarstående problem

4.1.1 Förberedelser

- Alla ytor som ska bilas ska ha en egen identitet/numrering och läggas in på relationsritning.
- Innan bilning startas så ska man ha en genomgång med de som ska utföra bilningen, för att på så vis få en gemensam uppfattning gällande arbetsgången.

4.1.2 Utförande

Skydda anslutande områden i den omfattning som krävs för att dessa inte ska skadas.

Betong med bristande egenskaper ska avlägsnas, undvik att onödigtvis bila fram armering. Om armering behöver friläggas ska bilning utföras till ca 20 mm bakom järn, om skadedjup konstateras gå bakom järn (mer än 30 % frilagt) kan området eventuellt behöva vattenbilas till större djup bakom armeringen

Det bilade områdets kanter rakskärs till ett djup på ca 15 mm och kompletteras med försiktig handbilning in till raksågningen efter att de bilade ytorna synats och godtagits av sakkunnig/byggledare.
Inga lagningar får utföras mot noll (raksågning!), filtning utanför lagningsgränser får ej utföras.

5 Vattenbilning av större skador (gjutsår i trågbotten samt upplagsbalkar väst och öst

5.1 Maskiner och utrustning samt utförande

Följande maskiner och utrustning skall användas för utförande av arbetet:

- Vattenbilningsutrustning med min 500 bar tryck.
- Kompletteringsbilning av skuggor och mot sågsnitt efter kantskärning med lätt bilmaskin som inte orsakar större sprickbildning i mikroskala än en maskin med max vikt på 28kg och slagfrekvens större än 22 Hz.
- Bilning ska utföras med försiktighet med vassa mejslar och med så horisontell vinkling som möjligt, d v s undvik bilning rakt in i konstruktionen. Detta för att undvika att mikrosprickor erhålls i konstruktionsbetongen. Kryssmejsel får inte användas på betongytor.
- Efter bilningsarbete ska ytorna omedelbart rengöras med hjälp av handlans från slam och lösa betongrester.
- Efter ovanstående arbetsmoment ska ytorna besiktigas av sakkunnig/byggledning för beslut om åtgärderna har medfört önskat resultat

5.1.1 Förberedelser

- Alla ytor som ska bilas ska ha en egen identitet/numrering och läggas in på relationsritning.
- Innan bilning startas så ska man ha en genomgång med de som ska utföra bilningen, för att på så vis få en gemensam uppfattning gällande arbetsgången.

5.1.2 Utförande

Skydda anslutande områden i den omfattning som krävs för att dessa inte ska skadas.

Betong med bristande egenskaper ska avlägsnas, undvik att onödigtvis bila fram armering.
Om armering behöver friläggas ska bilning utföras till ca 20 mm bakom järn, om skadedjup konstateras gå bakom järn (mer än 30 % frilagt) kan området eventuellt behöva vattenbilas till större djup bakom armeringen
Det bilade områdets kanter rakskärs till ett djup på ca 15 mm och kompletteras med försiktig handbilning in till raksågningen efter att de bilade ytorna synats och godtagits av sakkunnig.
Inga lagningar får utföras mot noll (raksågning!), filtning utanför lagningsgränser får ej utföras.

6 Kvalitetssäkring-kvalitetskritiska moment

Följande punkter är relevanta för att säkerställa att arbetet ska bli korrekt utfört. Entreprenören ska upprätta checklistor för momenten nedan. Listorna bör även innehålla påskrift av beställarens byggledare som ska bjudas in för att godkänna utförda åtgärder.

- Genomgång av denna arbetsbeskrivning med de som ska utföra arbetet
- Utsättning av område som skall bilas
- Avgränsning av område
- Skydd av ytor som angränsar till bilningsområde
- Säkerställa bilningsdjup
- Rengöring efter bilning
- Förvattning minst 2 dygn
- Gjutning/handuppläggning.
- Efterhärdning med tillförsel av vatten (fukt) minst 7 dygn

7 Åtgärdsförslag betongarbeten

Samtliga arbeten gällande formsättning och återgjutning/utlagning ska utföras vid lämplig väderlek då konstruktionens temperatur och lufttemperaturen är högre än +5°C (eller täckas in och förvärmas/varmhållas).

Områden som är bilade och ska åtgärdas ska mätas in innan formsättning.

Respektive åtgärdsområde dokumenteras med foto och mätprotokoll från inmätningar av armering och bilningens geometri för upprättande av relationshandling.

Form utförs lika formsättning på befintlig konstruktion med mönsterpassning för synliga ytor. Eventuell trekantslist placeras som i övrig konstruktion.

Formen passas tätt mot befintlig betongkonstruktion, eventuellt med tätning av cellplastlist e t c.

Gällande formsättning bör borrning i konstruktionen utanför bilat område undvikas i möjligaste mån. Infästning av formen ska utföras med gängstång av rostfritt syrafast stål, fastsatt med Hilti Hit. Efter borrning och fastsättning av gängstång. ska ytorna rensas från alla föroreningar med hjälp av högtrycksspolning med min 240 bar (sågspån, borrkax).

Förvattning av betong som ska motgjutas i minst 2 dygn.

Gjutning av de formsatta lagningarna ska utföras med sättningskompenserat bruk enligt AMA Anl EBE.1171, Lämpliga material är till exempel Bemix A3 eller Weber EXM 703 (redovisad exponeringsklass XC4/XD3/XF4). Ytor ska vid gjutning vara yttorra.

Tillförsel av undergjutningsbruk för lagningen i trågbotten ska utföras genom ett borrhål borrat från trågets överyta med diameter ca 35-50 mm centriskt i lagningsområdet. Luftevakueringshål med diameter 20-35 mm ska borras i respektive hörn (4 st) från ovansida trågbotten så att full utfyllnad säkerställs. Om det förekommer lokala raksågade kilformade områden utanför den generella raksågade lagningen bör det nära

raksågningskanten borras ”skvallerhål” med diameter ca 10mm i formen som pluggas när lagningsbruket tränger ut.

För lokala områden med liten yta och djup i anslutning till större lagningsarbeten kan lagning utföras med primer och handuppläggning av tixotropt fiberförstärkt lagningsbruk (Weber Betoheft Anl primer och Weber rep 65 Anl eller likvärdigt material (till exempel Sto THP + Sto GM1) vått i vått enlig tillverkarens föreskrifter.

7.1 Efter gjutning

Formstag eller form tillåts inte lossas innan erforderlig formrivningshållfasthet har uppnåtts. Dock tidigast 7 dygn efter gjutning.
Efterhärdning med tillförsel av vatten eller inplastning med fukthållande material ska utföras fram till 7 dygn efter lagningsarbetet
Erforderlig tryckhållfasthet för formrivning ska baseras på mognadsgradsberäkning via temperaturmätning. Dock tidigast 7 dygn efter gjutning.

7.2 Formrivning

Form och/eller täckplast får demonteras när kravet för erforderlig härdning (tryckhållfasthet enligt ovan) är innefattad. Dock tidigast 7 dygn efter gjutning.

7.3 Kontroll efter formrivning

Okulär avsyning och bomknackning med hammare utförs tidigast 14 dygn efter formrivning.

Bilaga D

B5-9525 – Söderströmstunneln,
Method Statement – Concrete repair handbook

Document number	Prepared	Latest rev
	2010-09-30	*2011-02-16*
Originator/prepared by (executor) Peter Vind	Organization (executor) .	Document
Originator (orderer)	Reviewed by (orderer)	Responsible final approver (orderer)
Project **CITYBANAN I STOCKHOLM**		
Construction **B5-9525 – SÖDERSTRÖMSTUNNELN**		
Status	Title **METHOD STATEMENT** **CONCRETE REPAIR HANDBOOK – REPAIRS AND FINISHWORKS**	

BANVERKET

B5-9525 Söderströmstunneln

ZÜBLIN pihl JV SÖDERSTRÖMSTUNNELN HB

Number of pages
1 – 31 (+ appendices)

2			*JVS-PV*	*JVS-JG*	*2011-02-16*
1			JVS-PV	JVS-JG	2010-11-25
Rev	No.	Revision regarding	Reviewed	Approved	Date

Table of contents

1. Introduction 5

2. Definitions 5

3. Responsibility 5

4. Repair classification 6

5. Repair procedures 7

5.1. Repair of small air voids 8
5.1.1. Definition 8
5.1.2. Repair material 8
5.1.3. Preparation of repair 8
5.1.4. Repair 9
5.1.6. Curing 9
5.1.7. Testing / Inspection 9
5.1.8. Documentation 9

5.2. Repair of honey combs and holes, type 1 10
5.2.1. Definition 10
5.2.2. Repair material 10
5.2.3. Preparation of repair 10
5.2.4. Repair 10
5.2.5. Curing 11
5.2.6. Testing 11
5.2.7. Documentation 12

5.3. Repair of honey combs and holes, type 2 13
5.3.1. Definition 13
5.3.2. Repair material 13
5.3.3. Preparation of repair 14
5.3.4. Repair with concrete and grout 14
5.3.5. Curing 15
5.3.6. Repair with repair mortar 15

5.3.7. Repair with shotcrete 15
5.3.8. Testing 16
5.3.9. Documentation 16

5.4. Repair of small damages 17
5.4.1. Definition 17
5.4.2. Repair material 17
5.4.3. Preparation for repair 17
5.4.4. Repair 17
5.4.5. Curing 18
5.4.6. Test/inspection 18
5.4.7. Documentation 18

5.5. Depressions or cavities in slab surfaces 19
5.5.1. Definition 19
5.5.2. Repair material 19
5.5.3. Preparations for repair 20
5.5.4. Repair 20
5.5.5. Curing 20
5.5.6. Test/inspection 21
5.5.7. Documentation 21

5.6. Cracks, type 1 22
5.6.1. Definition 22
5.6.2. Repair materials 22
5.6.3. Preparations for repair 23
5.6.4. Repair 24
5.6.5. Filling of sealing material in cracks on horizontal surfaces 24
5.6.6. Test/inspection 24
5.6.7. Documentation 25

5.7. Cracks, type 2 26
5.7.1. Definition 26
5.7.2. Repair material 26
5.7.3. Preparations for repair 26
5.7.4. Repair 27
5.7.5. Curing 28
5.7.6. Test/inspection 28
5.7.7. Documentation 28

5.8. Holes 29
5.8.1. Definition 29

5.8.2. Repair material 29
5.8.3. Preparations for repair 29
5.8.4. Repair 29
5.8.5. Curing 30
5.8.6. Test/inspection 31
5.8.7. Documentation 31

6. Appendices *32*

1. Introduction

The purpose of this Method Statement is to ensure that concrete surfaces appear without defects or that defects are dealt with in accordance with approved procedures. Furthermore the Method Statement describes methods of quality control and documentation related to concrete repairs.

This Method Statement is intended as a “Repair Handbook” where individual chapters can be extracted and used as Work Instructions to personnel executing the various repairs.

The Method Statement will be continually updated whenever new repair procedures are introduced or where other products than specified become necessary or beneficial.

2. Definitions

The term concrete repair describes any form of rectification done to hardened concrete placed in permanent structures with the exception of minor finish works that are natural components of the execution of concrete structures. The extent of the repair may or may not be subject to elaboration of a Non-Conformance Report, however the requirement for this is described in the overview in section 4.

3. Responsibility

The Section Manager for concrete works is in cooperation with the Section Engineer responsible for the elaboration of this Method Statement and is the overall responsible for the adherence to methods and work procedures set out in this.

The Section Engineer is responsible for the classification of any repairs in accordance with this Method Statement.

The foreman is responsible for the instruction of relevant personnel to carry out the repairs described in this Method Statement.

4. Repair classification

Procedure	Classification	NCR	Typical repairs
5.1	- Air voids Size and number of air voids exceeding SIS 81 20 02, table 2, class 2A	No	
5.2	Honeycombing and holes, type 1 - width > 55mm and < 500mm - height > 55mm and < 500mm - area < 0.25 m^2 - depth < 70mm - not visible reinforcement	*Yes*	
5.3	Honeycombing and holes, type 2 - extents larger than under 5.2 - visible or not visible reinforcement	Yes	
5.4	Small damages	No	• Broken corners • Broken edges • Damages smaller than described in procedure nr. 5.2
5.5	Depressions and cavities in slabs Requirements stated in project documents or agreed in cooperation with the Client	Yes	
5.6	Cracks, type 1 - crack widths >0.1mm and < 5mm	Yes	
5.7	Cracks, type 2 - crack widths > 5mm	Yes	
5.8	Cone holes	No	• Cone holes • Holes after core drilling • Holes from pull-out tests

5. Repair procedures

The following pages contain procedures for concrete repairs in accordance with the classification given under section 4.

5.1. Repair of small air voids

This procedure describes the method for the repair of small air voids in concrete surfaces executed with formwork.

Use of the procedure requires the substrate-, mortar- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.1.1. Definition

Permissible air voids are in accordance with Bro 2004, art. 44.221, specified with reference to Swedish standard SIS 81 20 02, table 2, class 2A. This allows the following air-voids without repair:

a = 0-5mm, any depth	->	no repair
a = 5-15mm, any depth	->	no repair if less than 31 nos per m^2
a = 15-80mm, max depth 1mm	->	no repair if less than 3 nos per m^2
a = 80-250mm, max depth 2mm	->	no repair if less than 3 nos per m^2

("a" indicates longest extent)

Areas with air-voids in greater numbers or with depth or extent higher than allowed above must be repaired.

5.1.2. Repair material

- Repair mortar: Betoheft anl. from Maxit/Weber

5.1.3. Preparation of repair

- Open the air voids by high pressure water jetting, chisels or other suitable means to avoid entrapped air.
- Ensure that holes are free from loose particles and dust.

5.1.4. Repair

- Saturate surface of the air voids with potable water for min. 48 hours prior to repair.
- Ensure that the surface is still moist, but not wet, before repair is carried out.
- Mix mortar in accordance with the manufacturer's recommendations.
- Fill the air void with a spatula and ensure that no remaining mortar is left on the surface.
- After drying out in 5-10 min. – depending on temperature – the surface shall be worked over with moistened felt board or a sponge.

5.1.5.

5.1.6. Curing

The repairs should be protected against direct sunlight and strong winds until sufficiently hardened.

5.1.7. Testing / Inspection

No testing is performed, but a thorough visual inspection must be made. It is important that air voids are filled properly and that no gaps remain between concrete and mortar. The surface should be smooth and closed.

5.1.8. Documentation

The repair should be checked off as complete in Control Program Page 5

5.2. Repair of honey combs and holes, type 1

This procedure describes the method for the repair of honeycombs and holes type 1.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.2.1. Definition

Honeycombs and holes type 1 are holes of typical:

- Height and width >55mm and < 500mm (< 0.25m^2)
- Depth < 70mm (core holes to full depth)

5.2.2. Repair material

- Bonding agent: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Repair mortar: REP65 from Maxit/Weber
- Curing: Formwork plywood, tight-fitting plastic-foil or water-spray as appropriate

5.2.3. Preparation of repair

- Cut a 20mm deep guideline with an angle grinder with cutting disc around the area that shall be repaired, forming a rectangular “window”.
- Cut into sound, clean and homogenous concrete with hydro-jetting within the cut lines.

5.2.4. Repair

- The prepared and cleaned surface must be kept moist for minimum 48 hours prior to execution of the repair.
- Ensure that the concrete surface is saturated and moist – but without free water - before the repair is carried out.
- Apply bonding agent with brush as prescribed by the manufacturer. This has to be vigorously brushed into the concrete surface.
- Mix the repair mortar according to the manufacturer’s recommendations.

- Apply repair mortar while the bonding agent is still wet. If the primer dries out before repair mortar is applied a new layer of primer must be applied
- It is important that the manufacturer's recommendations regarding maximum thickness of individual layers are adhered to. Apply repair mortar in several layers with intermediate primer if necessary.
- The repaired surface must be prepared with similar texture to surrounding concrete. This may entail mounting of formwork to give appropriate texture.
- Leave the formwork in place, cover with tight-fitting plastic or establish water-spray as appropriate. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.
- In cold periods the repair must be protected against freezing with suitable insulation material until sufficiently hardened.

5.2.5. Curing

Repair mortar should unless a closer evaluation in accordance with EN 13670-1:2009, Annex F, is carried out be protected against evaporation for 7 calendar days.

It has to be ensured that the repair does not freeze before gaining sufficient strength. Protection against freezing must unless otherwise agreed be kept in place for 48 hours after the repair is completed.

5.2.6. Testing

A visual check must be done to ensure that the repair is done according to this Method Statement.

Each repair is inspected for irregularities, e.g. shrinkage cracks, porous surfaces etc. Light hammering should be done to locate any areas of non-bonding.

In case of defects in the repair the Section Engineer is informed and re-repair is done and re-checked.

Pull-out tests (bond tests) shall be performed for each 500 kg of repair mortar used. These tests shall be performed in accordance with NT BUILD 365 and must include a minimum of 5 samples from one repair area of less than 1.0m^2. The requirement is an average strength of 1.5 MPa with a lowest permissible single value of 1.0 MPa.

5.2.7. Documentation

Location and extent of repair is noted in Control Program Page 5.

Inspection Plan KP50 is used for documentation of adequate preparation of substrate, description of repair product and batching and curing measures.

Results from pull-out tests are recorded in separate Control Form *or report*.

5.3. Repair of honey combs and holes, type 2

This procedure describes the method for the repair of type 2 honeycombs and holes.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.3.1. Definition

Honeycombs and holes type 2 are holes of typical:

- Height and width > 500mm.
- Depth > 70mm.
- With or without visible reinforcement.

5.3.2. Repair material

The Section Engineer must in every case of honey combs and holes type 2 decide – relevant to shape and dimension of the damage – whether it shall be repaired with repair mortar, with grout or with concrete.

A small damage over a big area will preferably be repaired with repair mortar, because it will be difficult to achieve good compaction if concrete is used. On the other hand a repair covering a smaller area but consisting of a deep hole will give best result if it is poured by concrete.

The choice of repair material will depend on accessibility as well as the thickness of the repair. If repair in one layer is decided upon the following applies:

Average thickness of repair > 125mm:

- Corrosion protection: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- JVS-01 concrete

Average thickness of repair 50mm < repair < 125mm:

- Corrosion protection: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Repair mortar: REP932 from Maxit/Weber

Average thickness of repair < 50mm:

- Corrosion protection: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Bonding agent: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Repair mortar: REP65 from Maxit/Weber

Curing: Formwork plywood, tight-fitting plastic-foil or water-spray as appropriate. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.

Where repair is to be done on the underside of slabs or similar and where the best method of repair is spray application ("shotcreting") the following product should be used:

- REP 965 TBS-Bruk Anl from Maxit/Weber

5.3.3. Preparation of repair

- Cut a 20mm deep guideline with an angle grinder with cutting disc around the area that shall be repaired, forming a rectangular "window".
- Cut into sound, clean and homogenous concrete with hydro-jetting within the cut lines.
- Cut minimum 30mm behind reinforcement bars where more than one third of the cross section is exposed.
- Cut the upper horizontal edge in a slope (where repair with concrete is foreseen).
- Ensure that the substrate is kept moist for minimum 48 hours until repair is carried out.
- Apply corrosion protection to reinforcement (where applicable).

5.3.4. Repair with concrete and grout

- Ensure that the old concrete surface is saturated and still moist before the repair is carried out. Substrate need to be kept moist minimum 48 hours prior to repair
- Put up a bird mouth shutter and fix it by drilling in anchor bolts.
- Pour concrete or grout in the shutter in layers of maximum 300mm.
- Compact with a poker vibrator of small diameter (25-40mm).
- Strip shutter when concrete or grout has hardened for minimum 1 day.
- Cut off excess concrete or grout with chisels or grinding machine.
- Perform surface cosmetics as described in section 5.4.
- Apply curing after the repair is finished.

When agreed beforehand casting can be done with permanent over-height/protruding form to avoid the need for unnecessary chiseling away of sound concrete.

5.3.5. Curing

Repair mortar and concrete must unless a closer evaluation in accordance with EN 13670-1:2009, Annex F, is carried out be protected against evaporation for 7 calendar days.

Protection against evaporation may be done by retained formwork, tight-fitting plastic-foil or water-spray as appropriate. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.

It has to be ensured that the repair does not freeze before it has gained sufficient strength. Protection against freezing must unless otherwise agreed be kept in place for 48 hours after the repair is completed.

5.3.6. Repair with repair mortar

When repair mortar shall be used, proceed according to section 5.2 including curing, testing and documentation.

5.3.7. Repair with shotcrete

- The cleaned and prepared substrate must be kept moist for a period of 48 hours prior to the execution of repair
- Just before the repair is commenced it must be checked that the surface is moist (matt) and slightly absorbing
- No primer is applied, but corrosion protection is applied to eventual exposed reinforcement
- Shotcreting is done to app. 10mm behind the final surface. This layer should not be floated or worked upon as this might compromise the bond between concrete and repair product.
- When the initial layer has sufficiently set the final layer can be applied to the required level. This layer may be floated and worked to the specified surface texture.

Curing requirements as described under 5.3.5 above must be adhered to.

5.3.8. Testing

A visual check must be done to ensure that the repair is done according to this Method Statement.

Each repair is inspected for irregularities, e.g. shrinkage cracks, porous surfaces etc. Light hammering should be done to locate any areas of non-bonding.

In case of defects in the repair the Section Engineer is informed and re-repair is done and re-checked.

Pull-out tests (bond tests) shall be performed for each 500 kg of repair mortar used. These tests shall be performed in accordance with NT BUILD 365 and must include a minimum of 5 samples from one repair area of less than 1.0m^2. The requirement is an average strength of 1.5 MPa with a lowest permissible single value of 1.0 MPa.

The quality of concrete or grout repairs is documented by hammering-test and preparation of 2 cube samples from each repair (one sample is tested for compressive strength and one for frost resistance). Several repairs carried out with the same supply of concrete or grout constitutes “one repair” and sampling is therefore done only once per load (batch) of concrete.

5.3.9. Documentation

Location and extent of repair is noted in Control Program Page 5.

Inspection Plan KP50 is used for documentation of adequate preparation of substrate, description of repair product and batching and curing measures.

Results from pull-out tests and tests on cube samples are reported separately.

5.4. Repair of small damages

This procedure describes the method for the repair of small damages.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.4.1. Definition

Small damages are typically damages to chamfered edges, holes from drilled in anchors and other minor defects. As a guideline the damage is in the size of diameter > 10mm and < 55mm and depth < 50mm.

5.4.2. Repair material

- Bonding agent: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Repair mortar: REP65 from Maxit/Weber
- Curing: Tight-fitting plastic-foil or water-spray as appropriate

5.4.3. Preparation for repair

- Roughen the surface with appropriate chisels or rotating grinder on drilling machine.
- Clean the area with high pressure water jetting.
- Keep the area wet for 48 hours prior to execution of the repair.

5.4.4. Repair

- Ensure that the area is in a saturated, surface dry condition prior to the repair.
- Apply bonding agent with a brush in accordance with the manufacturer's recommendations and thoroughly work this into the concrete surface.
- Mix the repair mortar in accordance with the manufacturer's recommendations.
- Apply repair mortar while the bonding bridge is still wet. If the primer dries out before repair mortar is applied a new layer of primer must be applied

- It is important that the manufacturer's recommendations regarding maximum thickness of individual layers are adhered to. Apply repair mortar in several layers with intermediate primer if necessary.
- The repaired surface must be prepared with similar texture to surrounding concrete.
- Cover the repair with tight-fitting plastic or establish water-spray as protection against evaporation. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.
- In cold periods the repair must be protected against freezing with suitable insulation material until sufficiently hardened.

5.4.5. Curing

Repair mortar should unless a closer evaluation in accordance with EN 13670-1:2009, Annex F, is carried out be cured for minimum 7 calendar days.

It must be ensured that the repair mortar does not freeze before sufficiently hardened. Protection against freezing must unless otherwise agreed be kept in place for 48 hours after the repair is completed.

5.4.6. Test/inspection

These types of repairs are not tested, but all areas must be inspected for visual defects.

5.4.7. Documentation

The repair should be checked off as complete in Control Program Page 5.

5.5. Depressions or cavities in slab surfaces

This procedure describes methods to rectify depressions or cavities in slab surfaces, where accumulation of water is not acceptable or where the specified flatness requirement is exceeded.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.5.1. Definition

Tolerances on finished concrete surfaces are described in relevant project documents and the need of rectification must be evaluated in each case. Wherever possible it should be avoided to remove otherwise sound concrete.

5.5.2. Repair material

The Section Engineer must in every case of depressions or cavities in slabs decide – relevant to shape and dimension of the deviation – whether it shall be repaired with repair mortar or with concrete.

A small deviation over a big area will preferably be repaired with repair mortar, because the largest aggregate size may not allow the use of concrete. On the other hand a repair covering a smaller area but consisting of a deep hole will give best result if it is poured by concrete.

- JVS-01 concrete, or

- Repair mortar: REP930/932 Anl. from Maxit/Weber
- Bonding agent: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Curing: Tight-fitting plastic-foil and/or water-spray as appropriate

In case of sharp protrusions and minor unevenness it may be considered to grind the surface instead of removing and reinstating with concrete or repair mortar. This method is not further described in this procedure.

5.5.3. Preparations for repair

- Featheredges to repairs must be avoided. The deviating area must be marked and a groove of minimum 20mm (for repair mortar) or 35mm (for concrete) around the area must be made by grinding tool with cutting disc.
- The area towards the cut edges must be chiseled to allow a minimum layer of repair material. Typically the minimum thickness is 20mm for repair mortar and 50mm for concrete.
- The complete area to be repaired must be hydro-jetted to an “exposed aggregate” surface in order to ensure proper bond to the substrate
- The cleaned area is kept wet for a period of minimum 48 hours prior to repair in order to ensure a saturated substrate.

5.5.4. Repair

- Surfaces must be saturated and can be slightly moist, however as they need to be slightly absorbing no free water is allowed.
- For repair with repair mortar a layer of bonding agent is vigorously brushed into the cleaned surface as per the manufacturer’s recommendations. Then the repair material is placed wet-in-wet with the bonding agent.
- For repair with concrete no bonding agent is required. Due to the shallow layers the use of poker vibrators is not feasible, but the concrete should be tamped to expel any excess air and ensure proper compaction of repair.
- The surface should be finished to an appearance similar to the surrounding areas.

5.5.5. Curing

Repair mortar or concrete must unless a closer evaluation in accordance with EN 13670-1:2009, Annex F, is carried out be protected against evaporation for a period of minimum 7 calendar days. Curing with water-spray is preferred, but only allowed down to +10°C. In case of lower temperatures curing must be done by tight-fitting plastic foil and DOW-mats. Proper fixation and overlaps on the foil and mats is essential.

The repaired area must furthermore be protected against freezing until sufficiently hardened. Protection against freezing must unless otherwise agreed be kept in place for 48 hours after the repair is completed.

5.5.6. Test/inspection

A visual check must be done to ensure that the repair is done according to this Method Statement.

Each repair is inspected for irregularities, e.g. shrinkage cracks, porous surfaces etc. Light hammering should be done to locate any areas of non-bonding.

5.5.7. Documentation

Location and extent of repair is noted in Control Program Page 5.

Inspection Plan KP50 is used for documentation of adequate preparation of substrate, description of repair product and batching and curing measures.

5.6. Cracks, type 1

This procedure describes the method of repair of cracks in horizontal or vertical surfaces where these are unacceptable from a structural or durability point of view. Repair by injection is likely to impair the aesthetic appearance of the surface.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

Injection of cracks must be executed by personnel with particular experience in this type of work.

5.6.1. Definition

Cracks type 1 are typical cracks with a width from or equal to 0.1mm and up to or equal to 5mm.

The project requires injection of cracks exceeding widths of:

Immersed tunnel:
0,1mm in bottom-plate, external walls and roof
0,3mm in division wall

The requirement of injection in other structures follows BRO 2004, clause 44.65, i.e. cracks with a width of 0,2mm or larger need to be injected.

For crack widths less than 0,3mm injection with epoxy is permitted. The most suitable injection product must be chosen with respect to the character of the crack.

5.6.2. Repair materials

Prior to choosing the repair product an investigation must be conducted to determine whether cracks are “live” (still developing) or “static” (movement has seized). Furthermore it must be determined whether sealing is necessary to reinstate bearing capacity/load transfer or solely serves as a means to prevent moisture transport.

For “static” cracks where bearing capacity/load transfer is important:

Crack widths <0,3mm

- Injection material - epoxy: Sikadur -52
- Packers: Sika Injection Packers
- Sealing material: Sikadur -31

Crack widths 0,3mm < width < 5mm

- Injection material – microcement: Cementa Injektering 30
- Packers: Sika Injection Packers
- Sealing material: Sikadur -31

For “static” cracks where sealing is required to prevent moisture transport:

- Injection material – polyurethane: SikaInjection 201-CE
- Packers: Sika Injection Packers
- Sealing material: Sikadur -31

“Live” cracks cannot be sealed to re-establish bearing capacity/load transfer. The cause of the movement of the crack must be eliminated instead. With limited movement it is possible to seal “live” cracks to prevent moisture transport:

- Injection material – polyurethane: SikaInjection 201-CE
- Packers: Sika Injection Packers
- Sealing material: Sikadur –31

5.6.3. Preparations for repair

- Clean cracks by use of compressed air. The air outlet must be equipped with efficient oil and water traps to prevent contamination of the area to be repaired.
- Drill holes towards the heart of the cracks/voids (normally use an angle of 30-45° and drill hole through the crack from one side) Use vacuum drill bits to prevent drill dust to seal narrow cracks. Center distance between drilled holes for packers should be approximately 150-200mm, but local conditions may permit other spacing.
- Mount packers in pre-drilled holes.
- Seal the surface of the crack before injection starts. The sealing shall be min. 100mm wide. Use also sealing material around the packer. The sealing material should be applied by use of spatula and/or paintbrush.
- In case further concreting or mortar application shall be done on top of the epoxy sealing, then powder with dry quartz sand when still wet in order to ensure proper bond to subsequent layers.

5.6.4. Repair

- Injection material is injected by means of a Polyplan pump or similar equipped with a pressure gauge. Maximum allowed pressure is 5 bar unless otherwise instructed.
- Mount nipple on the first packer where injection starts. Injection starts from one side or from the lowest point in the crack.
- Continue injection from packer to packer until the crack is completely filled.
- The complete filling is verified by checking that the pressure does not drop over a measured time period of 3 minutes after mounting of the next nipple after filling between two packers.
- If leakage in sealing appears, re-seal and continue injection. The curing of sealing can be promoted by use of hot air blower aimed directly towards the area of application.

5.6.5. Filling of sealing material in cracks on horizontal surfaces

- Deep cracks shall be injected by pressure injection as described in previous sections
- Cracks related to surface evaporation defects or settlements due to missing re-compaction shall be treated as follows:
- Clean the crack as stated under section 5.6.3.
- Place two runs of joint mastic on each side of the crack to create a small basin over this
- Mix the injection material and fill it into a plastic bottle with a long filling tip mounted on the bottle.
- Start filling the crack from one side and let the sealing material penetrate into the crack.
- Fill a maximum of 5 meters before going back to refill. Follow this until no more material will penetrate into the crack.
- In case further concreting or mortar application shall be done on top of the sealant, then powder with dry quartz sand when still wet in order to ensure proper bond to subsequent layers.
- When the injection product is hardened the strips of joint mastic must be removed mechanically

5.6.6. Test/inspection

It may be agreed with the Client that concrete cores are extracted to verify the filling of cracks. This must however be agreed before the repair is executed.

5.6.7. Documentation

Location and extent of repair is noted in Control Program Page 5.

Separate injection reports must be made.

5.7. Cracks, type 2

This procedure describes methods of repair of unacceptable wide cracks in any surface.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.7.1. Definition

Cracks type 2 are typically cracks with a width of more than or equal to 5 mm.

After chiseling/grinding the defects may have to be reclassified and repaired as described in other sections of this Method Statement, e.g. “5.4 Small damages”.

5.7.2. Repair material

- Injection material - epoxy: Sikadur-52
- Injection material – microcement: Cementa Injektering 30
- Injection material – polyurethane: SikaInjection 201-CE
- Packers: Sika Injection Packers
- Sealing material: Sikadur -31

- Bonding agent: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Repair mortar – hand patching: REP65 from Maxit/Weber
- Repair grout: REP930 from Maxit/Weber
- Curing: Retained formwork, tight-fitting plastic-foil or water-spray as appropriate. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.

5.7.3. Preparations for repair

- Open the crack by use of an angle grinder and hydro-jetting. Hydro-jetting shall be performed so that the defect appears with two sides of approximately 45°. The edges shall be cut approximately 10mm deep on each side of the crack with an angle grinder to avoid featheredges to the repairs.

- The maximum depth of the chiseled/opened defect shall not go deeper than the concrete cover zone on any surface.
- Clean the defects with compressed air for inspection of crack/defect. The outlet hose must be equipped with filters to secure that oil and water from the compressed air does not contaminate the cleaned area.
- If the crack is deeper than the cover zone it must be repaired in accordance with section 5.6 of this Method Statement prior to repairs as described below.
- If the crack does not appear in the defect after hydro-jetting follow instructions below.

5.7.4. Repair

- Ensure that the surface is saturated, but slightly absorbent at the time of repair. This can be done by soaking the area in water for 48 hours and drying for 1 hour.
- If packers and nipples are used in accordance with procedure described in section 5.6 the packers shall be cut flush with the bottom of the repair area after sufficient curing time for the injection material (minimum 24 hours).

<u>If hand patching shall be done:</u>

- Apply bonding agent with brush in accordance with manufacturer's recommendations. This must be vigorously brushed into the substrate.
- Apply repair mortar in several layers with intermediate primer if necessary. Maximum thickness of one layer is normally 40mm, but 20-30mm is recommendable. Manufacturer's recommendations are to be adhered to.
- If several layers are applied it is important not to draw off/work the first layer as this may impair the bond to the substrate
- The repaired surface must be prepared with similar texture to surrounding concrete.
- Apply curing membrane and cover the repair with tight-fitting plastic-foil
- In cold periods the repair must be protected against freezing until sufficiently hardened

<u>If formwork is used:</u>

- Formwork shall be pre-mounted to ensure that it fits the repair area.
- Acrylic mastic or silicone must be applied to the formwork for sealing against leakage of mortar.
- The formwork is re-fitted after water saturation of the substrate for minimum 48 hours.
- Repair concrete is mixed and poured in accordance with the manufacturer's recommendations.
- The formwork shall be kept in place for min. 24 hours before stripping.

5.7.5. Curing

Repair mortar or concrete must unless a closer evaluation in accordance with EN 13670-1:2009, Annex F, is carried out be protected against evaporation for 7 calendar days.

It must furthermore be ensured that the repair is not exposed to freezing until sufficiently hardened. Protection against freezing must unless otherwise agreed be kept in place for 48 hours after the repair is completed.

5.7.6. Test/inspection

It may be agreed with the Client that concrete cores are extracted to verify the filling of cracks. This must however be agreed before the repair is executed.

5.7.7. Documentation

Location and extent of repair is noted in Control Program Page 5.

Injection must be recorded in separate logs.

5.8. Holes

This procedure describes the method for repair of holes such as those left by tie-rod cones, core drilling and pull-out tests.

Use of the procedure requires the substrate-, concrete- and air-temperature to be above +5°. The necessity of establishing heated enclosures and using pre-heated materials must be evaluated in each case.

5.8.1. Definition

Holes from tie-rods are formed by cones from the formwork system.

Holes from core drilling are typically in the size of ø100mm with a depth of up to 250mm.

Holes from pull-out tests are typically in the size of ø50mm and less than 70mm deep.

5.8.2. Repair material

- Bonding agent: Betoheft anl. from Maxit/Weber
- Repair mortar: Expanding concrete EXM 703 from Maxit/Weber
- Curing membrane: Tight-fitting plastic-foil and/or water-spray as appropriate

5.8.3. Preparations for repair

- Remove any foreign matter from the holes, e.g. plastic cones.
- Roughen surface with appropriate chisel or rotating carborundum grinder on drilling machine. Especially the outer 60mm – the cover layer – must be thoroughly roughened.
- Remove cut-off particles with a brush.
- Clean hole with compressed air or water from dust and loose particles.
- Keep the hole wet for 48 hours before repair is executed, e.g. by inserting a wet sponge in the hole.

5.8.4. Repair

<u>Holes in vertical faces:</u>

- Ensure that the surface of the hole is saturated and moist before starting the repair.

- Apply bonding agent to the surface of the hole with a brush in accordance with the manufacturer's recommendations. Ensure that the bonding material is thoroughly brushed into the substrate.
- Mix repair mortar in accordance with manufacturer's recommendations to a semi-dry consistency
- Work the mortar into the hole with a tamping rod made of steel or wood. It is important that the hole is completely filled in order for the slight expanding effect of the mortar to ensure that no crack develops after hardening and drying of the repair material.
- Repair mortar must be applied wet-in-wet in maximum layers of 40mm.
- Holes must be repaired in one continuous operation.
- Apply curing after the repair has been completed. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.

Holes in horizontal faces:

- Ensure that the surface of the hole is saturated and moist before starting the repair.
- Apply bonding agent to the surface of the hole with a brush in accordance with the manufacturer's recommendations. Ensure that the bonding material is thoroughly brushed into the substrate.
- Mix repair mortar in accordance with manufacturer's recommendations to a groutable consistency.
- Compact the grout with a suitably small poker vibrator in layers not exceeding 300mm.
- Fill the hole and let the grout stand to settle for app. 1 hour.
- Revibrate and refill if necessary.
- Finish the surface to an appearance similar to the surrounding area
- Apply curing after the repair has been completed in the form of tight-fitting plastic foil or water-spray as applicable. Curing with water-spray should not be done at temperatures below +10°C and protection with other means must therefore be carried out at these conditions.

5.8.5. Curing

Repair mortar must unless a closer evaluation in accordance with EN 13670-1:2009, Annex F, is carried out be protected against evaporation for 7 calendar days .

It must furthermore be ensured that the repair is not exposed to freezing until sufficiently hardened. Protection against freezing must unless otherwise agreed be kept in place for 48 hours after the repair is completed.

5.8.6. Test/inspection

A visual check must be done to ensure that the repair is done according to this Method Statement.

5.8.7. Documentation

The repair should be checked off as complete in Control Program Page 5.

6. Appendices

BIFOGAS EJ

The following pages contain Material Data Sheets and Safety Data Sheets for the materials described in the various sections of this Method Statement.

The following technical datasheets are attached:

1. Betoheft Anl (Swedish)
2. REP 65 repair mortar (Swedish)
3. REP 930 grout (Swedish)
4. REP 932 grout (Swedish)
5. REP 965 TBM-Bruk Anl shotcrete (Swedish)
6. EXM 703 Grov expanding grout (Swedish)
7. Sikadur -52 Injection type N (English)
8. Sikadur -31 epoxy adhesive (English)
9. SikaInjection 201-CE (English)
10. Sika Injection Packers (English)
11. Cementa Injektering 30 (English)
12. *Inspection plan nr. 50 / Kontrollplan nr. 50*

Bilaga E:
Utdrag från arbetsbeskrivning AB XY

1 Uppdrag och bakgrund

2 Konstruktionsgenomgång

3 Skador

4 Uppkomst / orsak

5 Slutsats

6 Åtgärdsförslag

Åtgärdsprincipen syftar till att reducera vatteninträngning och begränsa framtida beständighetsproblem relaterade till sprickbildning i stödmurarna. Åtgärderna bedöms inte påverka konstruktionens bärförmåga utan syftar primärt till att förbättra konstruktionens täthet och beständighet.

I korthet ska följande åtgärder utföras:

- Ta bort befintligt klotterskydd för att kunna impregnera betongytor
- Horisontella ytor förses med tätslamma, StoCrete PS05.
- Sprickor som är 0,40 mm och uppåt ska plomberas. [1]
- Samtliga synliga betongytor ska gelimpregneras.
- Sprickor på icke synliga ytor förses med tätskikt.
- Nytt klotterskydd appliceras på synliga ytor.

Sprickor ska karteras och klassificeras innan åtgärd. Där sprickor bedöms vara genomgående, vattenförande eller uppvisa risk för aktiv vatteninträngning kan kompletterande injektering med polyuretan utföras efter särskild bedömning.

1. Enligt TB accepteras ej sprickor överstigande 0,20 mm, avsteg görs mot detta krav för sprickor i intervallet 0,20 mm – 0,40 mm. Se kapitel **7 Impregnering av sprickor över normvärde.**

Injektering av sprickor görs med polyuretan, typ StoJet PIH 200 med undantag för de sprickor som används för att kontrollera sprickprofil, där används epoxi, se **6.1 Förprover.**

Åtgärdsförslaget kommer att lämna tydliga spår ifrån injektering av sprickor. Om ett enhetligt utseende önskas kan samtliga synliga ytor förses med StoCrete PS05.

Arbetena ska utföras enligt materialleverantörens anvisningar och vid klimatförhållanden lämpliga för respektive produkt.

Arbete bör utföras enligt följande tidslinje:

- Förarbete
    - Rengör ytskikt och ta bort klotterskydd enligt för samtliga ytor enligt 6.2.
    - Utför förprövning enligt 6.1.

- Ovansida
    - Ytor impregneras enligt 6.3.3.
    - Sprickor större än 0,40 mm plomberas enligt 6.3.4.
    - Horisontella ytor förses med PS05 enligt 6.3.1.

- Baksida
    - Sprickor över 0,20 mm förses med bromatta enligt 6.3.2.

- Insida
    - Injektering av vattenförande/blöta sprickor 6.3.3.
    - Impregnering enligt 6.3.5

6.1 Förprover

Byggledning väljer ut vart förprover ska tas. Vid inspektion av prover ska beställare och materialleverantörer medverka. Följande förprover ska utföras.

- Kontroll av impregneringsdjup, utförs på minst tre stycken spräckta borrkärnor utan sprickor samt tre stycken kärnor där 0,40 mm sprickor finns. Vatten ska sprayas på brott/sågytan och djupet på den torra zonen protokollföras och dokumenteras med bilder. Se SS EN 1504-2: tabell 3. Impregneringens inträngning bör vara minst ca 7 mm.

- Kontroll av sprickprofil, utförs på minst tre stycken epoxi injekterade och klyvda borrkärnor. Sprickprofil karteras noggrant och dokumenteras. Borrkärnornas djup ska minst vara 150 mm. Ingen armering ska borras av.

6.2 Förarbeten

Befintligt klotterskydd på insidan avlägsnas innan åtgärder påbörjas. Lämpligen används högtryckstvätt med varmvatten (minst +70 °C), tvättmedel (tensider) får ej användas.

Metod för borttagning ska väljas så att:

- betongytan inte skadas,
- porstruktur och ytskikt inte försämras,
- samt att befintliga sprickor inte vidgas.

Efter utförd högtryckstvätt ska betongytorna torka under minst 7 dygn för att reducera fukt i de yttre kapillärporerna så att efterföljande impregneringsbehandling kan få avsedd inträngning och funktion.

Betongytor ska vara torra, rena och fria från damm, smuts, oljor, färgrester och andra föroreningar som kan påverka inträngning och vidhäftning negativt.

Vid behov rengörs sprickor med oljefri tryckluft.

Applicering får endast utföras vid:

- Underlagstemperatur >+8 °C,
- relativ luftfuktighet <85 %,
- samt utan nederbörd eller risk för vattenbegjutning inom 24 timmar.

För ytor som behandlas med StoCrete PS05 ska även cementhud vara avverkad, betongen draghållfasthet ska vara minst 1,5 MPa.

6.3 Åtgärder

6.3.1 Skyddsbeläggning

StoCrete PS 05 på samtliga horisontella ytor och med neddrag på vertikal ytor 100 mm under trekantslist.

StoCrete PS05 utgör en spricköverbryggande cementpolymermodifierad skyddsbeläggning som syftar till att begränsa vatteninträngning från horisontella ytor samt reducera framtida frost- och kloridpåverkan i konstruktionen.

Applicering ska utföras så att:

- sammanhängande skyddande skikt erhålls,
- god täckning uppnås kring sprickor,
- materialet arbetas in ordentligt i underlaget,
- samt att ett enhetligt utseende erhålls.

Vid sprickor som fortsätter ned på vertikal yta ska tejpning utföras för att förhindra att impregneringsmaterial rinner undan innan inträngning erhållits.

6.3.2 Försegling med bromatta

På utsidan av stödmuren monteras bromatta enligt JBJ.2 över sprickor som är bredare än 0,20 mm från överkant vot eller horisontell betongyta upp till färdig marknivå.

Omfattning, produktval samt behov av åtgärder mot bergsida respektive sjösida ska fastställas innan utförande.

Underlaget ska innan montering vara:

- Rågjort
- Rengjort,
- Fritt från lösa partiklar,
- Utan skarpa ojämnheter,
- Samt förberett enligt materialleverantörens anvisningar.

Montering utförs enligt materialleverantörens anvisningar.

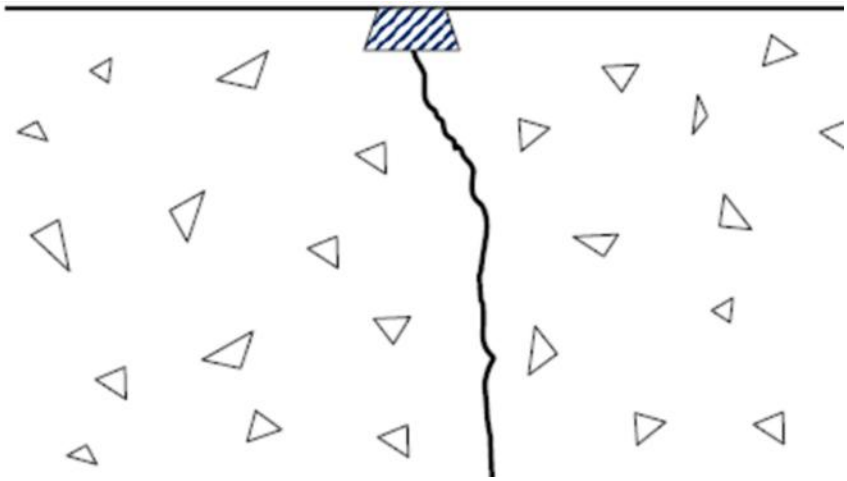
Överlapp, skarvar och anslutningar ska utföras så att vatteninträngning bakom tätskikt förhindras.

6.3.3 Injektering

Vattenförande/blöta sprickor injekteras med StoJet PIH 200. Injektering utgörs med lågt tyck för att inte vidga sprickan ytterligare. Utförande enligt AMA anläggning EBJ.21

6.3.4 Plombering

Sprickor med sprickbredd ≥0,40 mm på horisontella ytor ska förseglas/plomberas.



Före åtgärd ska sprickor och angränsande betongytor rengöras från damm, smuts, lösa partiklar och andra föroreningar som kan påverka vidhäftning eller inträngning negativt.

Sprickor som ska plomberas spåras centrisk över sprickan, cirka 6 mm breda och djupa.

Efter spårning ska ytorna dammsugas och renblåsas med oljefri tryckluft.

Stödlinjer tejpas intill sprickan för att säkerställa raka lagningar och minimera spill utanför sågsnitt.

Bredden på lagningen bör inte överstiga cirka 30 mm totalt och bör inte byggas upp mer än cirka 1 mm över befintlig betongyta.

Sprickorna impregneras därefter två gånger med StoCryl HP 200.

Därefter plomberas sprickorna med StoCrete PS 05.

Materialet ska arbetas in ordentligt i sprickan så att god utfyllnad och tät anslutning mot omgivande betong erhålls.

Applicering utförs i tre skikt om cirka 3 mm.

6.3.5 Impregnering

Samtliga ytor impregneras med StoCrete HG 200 och en total förbrukning om cirka 1,0 l/m². Impregneringens inträngning bör vara minst ca 7 mm.

6.3.6 Nytt klotterskydd

Efter avslutad impregnerings- och skyddsbehandling appliceras nytt klotterskyddssystem med StoCryl Wax i två skikt enligt materialleverantörens anvisningar.

Offerbeläggningen bedöms även bidra till ett kompletterande skydd av behandlade sprickor och ytor mot framtida fukt- och smutsbelastning.

6.4 Kontroll och uppföljning

Följande punkter är relevanta för att säkerställa att arbetet ska bli korrekt utfört. Entreprenören ska upprätta arbetsberedningar och checklistor för samtligt moment i samråd med materialleverantörer. Dessa handlingar ska godtas av beställaren innan arbete påbörjas. Allt arbete ska utföras enligt materialleverantörens anvisningar. Listorna ska även innehålla påskrift av beställarens byggledare som ska bjudas in för att godkänna utförda moment.

- Genomgång av denna arbetsbeskrivning inför upprättandet av arbetsberedningar och checklistor med materialleverantör och de som ska utföra arbetet
- Fotodokumentation,
- Sprickkartering,
- Kontrollborrningar enligt kapitel om förprovning,
- samt signerade egenkontroller.

Konstruktionen ska följas upp under garantitiden med avseende på:

- ny sprickbildning,
- vatteninträngning,
- samt eventuella tecken på frost- eller korrosionsrelaterade skador.

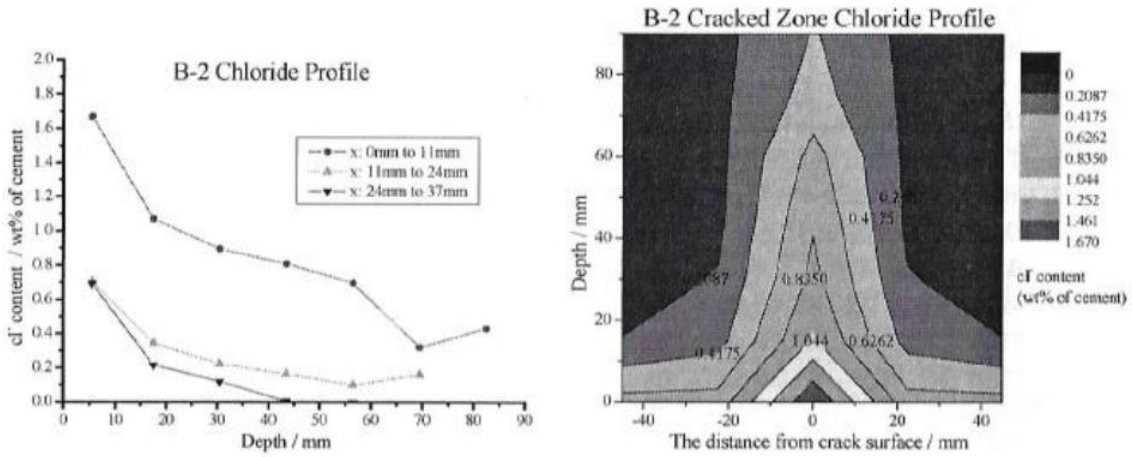
För att säkerställa att stödmurarnas livslängd ska provtagning av impregneringsfunktion och faktisk kloridinträning kontrolleras i samband med felavhjälpandet samt år 5, och år 20 för att skapa underlag till beslut om eventuell kompletterande impregnering.

Se även kap 6.1.

7 Impregnering av sprickor över normvärde

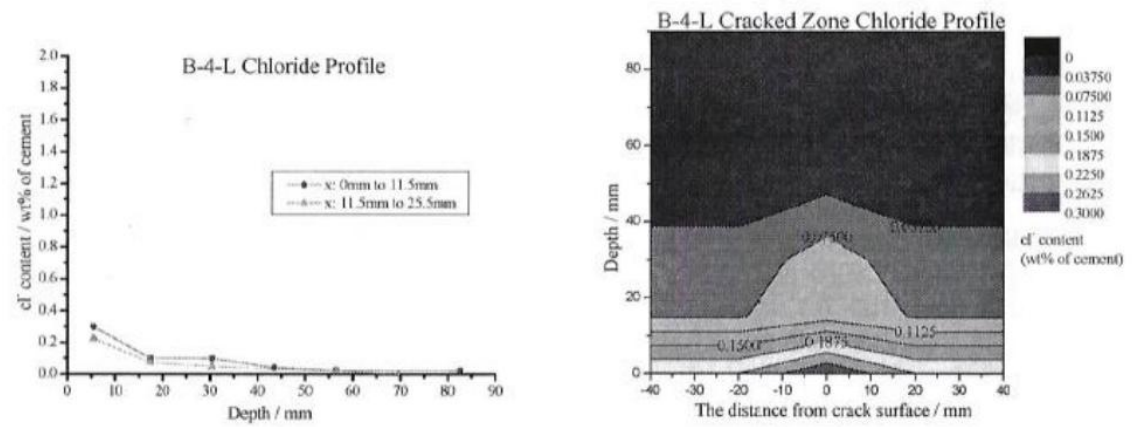
Sprickor på stödmurens insida i intervallet 0,20 – 0,40 mm accepteras under förutsättningen att konstruktionen djupimpregnerad med en silanbaserad impregnering. Då impregneringens tekniska livslängd nås, ca 25 – 30 år bör konstruktionen eventuellt omimpregneras efter kontroll av kvarvarande impregneringsfunktion.

I Wittmann et al. (Wittmann F H, Guo P, Yhao T, Influence of cracks on the efficiency of surface impregnation of Concrete, Hydrophobe V, 2008) har man jämfört inverkan av impregnering av sprickor med olika bredder och om sprickan finns innan eller efter impregneringen. Provkropparna utsattes för en endimensionell kloridmigration där en vattenlösning med 3% NaCl (natriumklorid) sugs upp kapillärt av proven. Efter 28 dagar skars provkroppen upp i mindre prismor för att kunna bestämma kloridhalten på olika djup ifrån ytan samt i relation till sprickan. Resultaten ifrån en oimpregnerad 0,20 mm spricka visas först som referens på vad gällande regelverk accepterar.



Figur 7-1 Kloridinträngning i en 0,20 mm spricka i obehandlad betong.

Nedan redovisas en 0,40 mm spricka som har blivit impregnerad efter uppsprickning. Kloridprofilen visar lägre koncentrationer än den oimpregnerade 0,20 mm sprickan.



Figur 7-2 Kloridinträngning i en 0,40 spricka som har blivit impregnerad.

Impregneringen utgör således ett gott skydd för befintliga sprickor som utsätts för klorider.

Att injektera sprickor i intervallet 0,20 – 0,40 mm medför även risker som undviks genom impregnering.

- Injektering utförs ofta med höga tryck vilket kan leda till nya skador orsakade av injekteringen.
- Det är svårt att säkerställa att injekteringen går hela vägen in i sprickan.
- Injektering är mycket kostsamt och att impregnera förlänger även livslängden på ytor som inte har sprickor.
- Vid fortsatta töjningar kan injektering medföra risk för uppkomst av nya sprickor i andra lägen samt ställvis ökning av sprickvidd av befintliga sprickor.
- Impregneringen har även positiv inverkan gällande eventuella nytillkomna sprickor i bruksstadiet.

Den samlade bedömningen är att impregnering utgör ett fullgott skydd för sprickor upp till 0,40 mm med regelbunden uppföljning enligt kapitel 6.4.