

REPARATION AV GOLV I PARKERINGSKUS OCH GARAGE MED TUNNSKIKT AV HÅRDBETONG

En kvalitetsuppföljning av utförda entreprenader

Christer Molin och Tommy Ahlström

2018-05-31

FÖRORD

Föreliggande projekt har huvudsakligen finansierats av SBUF. Jan Asztély har skrivit bilaga 1. Staffan Molin fd. KTH har gjort litteratursökning och sammanställt data.

Referensgrupp: Tommy Ahlström, Tecab; Jan Asztely, Golfysik; Ylva Edwards, Materialteknik; Oscar Sandkvist, Spännbalkskonsult.

Ett varmt tack till alla som deltagit.

Solna 2018-05-31

Tommy Ahlström
Projektledare, Tecab

Christer Molin
Utredningsman, BMG Christer Molin AB

INNEHÅLL

1 BAKGRUND	3
2 SYFTE, AVGRÄNSNING OCH METODIK	3
3 LITTERATURSÖKNING	3
4 HÅRDBETONG	4
5 INTERVJUER MED SAKKUNNIGA	4
6 FÄLTUNDERSÖKNING	5
6.1 UTFÖRANDE.....	5
6.2 RESULTAT.....	6
7 DISKUSSION	9
8 SLUTSATSER	10
9 REKOMMENDATIONER	10

BILAGA 1 PROVNING AV NÖTNINGSBESTÄNDIGHET HOS BETONGGOLV

BILAGA 2 LÄGGNING AV HÅRDBETONGGOLV (BILDER)

BILAGA 3 SAMMANSTÄLLNING AV UNDERSÖKTA P-HUS/GARAGE

1 BAKGRUND

Golven i parkeringshus och garage är ofta skadade på grund av armeringskorrosion. Utan åtgärder uppstår kraftiga spjälkningar av betongtäcksiktet. Framkomligheten störs av löst liggande betong. Bjälklagets bärförmåga avtar alltmer och risk för ras förekommer särskilt vid bjälklag utförda som pelardäck (vanligt).

Traditionell lagning, där all skadad och kontaminerad betong bilas bort under överkantsarmeringen, är mycket tidskrävande och bullrig. Normalt krävs sedan en pågjutning med ca 100 mm ny betong. Det blir omfattande transporter av gammal betong för återvinning och ny betong för gjutning.

Tunnskiktsteknik med hårdbetong är ett smidigare och betydligt billigare alternativ. Endast löst skadat material avlägsnas, håligheter fylls i med normal betong med hög kvalitet och en ca 10 mm tjock hårdbetong gjuts. Kostnaden för den förenklade tekniken blir en bråkdel av den för traditionell lagning. Livslängden blir dock kortare. En avvägning mellan pris och livslängd utfaller enligt vår erfarenhet till tunnskiktsteknikens fördel i många fall. En mer objektiv bedömning, som baseras på kvantitativa parametrar såsom till exempel skadetäthet i form av armeringsspjälkning, är dock önskvärd.

Det finns en handfull bra hårdbetongprodukter på marknaden. Egenskaper som nötningshållfasthet, täthet och vidhäftning är centrala egenskaper. Betongen bör dessutom vara någorlunda diffusionsöppen och ha ett lågt vattencementtal. Vct lägre än 0,35 kan erhållas med hjälp av effektiva tillsatsmedel.

2 SYFTE, AVGRÄNSNING OCH METODIK

Hårdbetong har använts för golv i garage i mer än 20 år. Studien syftar till en teknisk kvalitetsuppföljning av utförda reparationer med tunnskiktsteknik i parkeringshus och garage. Aktuell skiktjocklek är 5–15 mm.

Marknadens lämpligaste produkter presenteras översiktligt. Råd ges för optimering av kvaliteten vid läggning av hårdbetong. Beläggningar som gjutasfalt och hårdplaster ingår inte.

Fältprovning av väsentliga materialegenskaper, bomkartering och okulär skadekontroll utgör främst den valda metodiken. Den kompletteras med översiktlig litteratursökning och intervjuer av sakkunniga.

3 LITTERATURSÖKNING

Sökning utfördes efter internationella tidningar (Magazines) och tidskrifter (Journal) på Google Scholar, Science direct och TRID (<https://trid.trb.org/>) databaser.

Sökningen begränsades enligt ovan till golv/betongbjälklag i parkeringsanläggningar, där hårdbetong lagts som tunn skyddande ytbeläggning med tjocklek i storleksordning 5–15 mm.

Olika typer av parkeringsanläggningar, samt synonymer för ytbeläggning och hårdbetong användes i den internationella sökningen. Benämning av det senare var i början av projektet oklart; ”durable screed” och ”hard concrete” har tidigare använts. Efter provsökning ger dessa inga relevanta träffar.

På några av hårdbetongleverantörernas hemsida faller produkterna under HPC eller UHPC ”high performance concrete” respektive ”ultra high performance concrete”. I litteraturen används dessa benämningar för betong med väsentligt förbättrade egenskaper jämfört med vanlig betong; t.ex. tryckhållfasthet, draghållfasthet, beständighet och låg luft-/vattenpermeabilitet. En sökning med dessa benämningar ger ett stort antal träffar.

En grov genomgång resulterar i ett sparsamt material relaterat till olika användningsområden för UHPC/HPC för bl.a. industrigolv, brodäck samt parkeringsanläggningar. Dessa beläggningar är dock markant tjockare i storleksordning, större än 30 mm, och därav inte intressant för detta projekt.

Nationell sökning gjordes genom Libris och SBUF:s databas. I SBUF rapport ”Reparation av betongkonstruktioner - En jämförande studie mellan asfalt respektive cementbaserad lagning” 1999 undersöker Syvertsen och Molin bl.a.

egenskaper hos ett hårdbetongmaterial och resultat indikerar att det förmodligen är bra nog att användas som ytbeläggning på parkeringsdäck vid reparation, dock rekommenderas vidare undersökning i fält.

I SBUF projekt ”Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering” av Ylva Edwards installerades 22 olika ytbeläggningar bestående av gjutasfalt, hårdplaster och hårdbetong. Varje provyta var ca 30 m² och fördelade på tre parkeringsgarage. Beständigheten hos dessa ytor undersöks regelbundet, senast 2017, och resultat redovisas i SBUF rapport ”Beläggningssystem för parkeringsdäck – Utvärdering av system, riktlinjer och hjälpverktyg”. De fyra hårdbetongmaterialen uppvisade efter 2–4 år inga anmärkningsvärda skador i form av sprickbildning, vidhäftningssläpp eller slitage. Slitstyrka hos de olika beläggningarna har även undersökts i laboratoriet med tre olika metoder.

I SBUF rapport ”Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp I-IV” redovisas resultat från den provningsmetod som enligt projektets slutsatser anses mest relevant för simulering av dubbdäckstrafik på P-däck (modifierad prEN 12697-50 Resistance to Scuffing). Den procentuella tjockleksminskningen för de fyra hårdbetongprodukterna, efter 60 minuter i provningsutrustningen, är mindre än 25 %. Två av produkterna har slitits mindre än 10 %.

I examensarbetet ”Skador och slitage på ytbeläggningssystem hos parkeringsdäck” av Thuresson & Forselius, 2015, har ytbeläggning på bjälklag i 19 parkeringsanläggningar undersökts för att bedöma dess skick. I arbetet jämförs olika hårdplaster (akryl, polyuretan, epoxy, polyrea) samt cementbaserade material (hårdbetong) med varandra.

Metoden innefattar en okulär besiktning där skadegraden bedöms i form av sprickor, vidhäftningssläpp, repor med mera. Skadegraden ges i en linjär sex-gradig skala. Ingen slutsats för hårdbetong ges, då endast två objekt undersökts.

4 HÅRDBETONG

Betong som läggs i tjocklek 5–15 mm på befintlig oftast äldre betong kännetecknas av:

- Lågt vattencementtal
- Hög tryckhållfasthet
- Beständighet mot slitage av till exempel dubbdäck
- God vidhäftning
- Låg vätske-/gaspermeabilitet (men någorlunda diffusionsöppen)
- Högt pH värde

Hårdbetongen levereras oftast säckad och blandas på platsen. Förbehandling, gjutning och efterbehandling sker i stort sett på traditionellt sätt.

Följande leverantörer och produkter finns redovisade på internet:

Spännbalkskonsult SBK AB med materialet Densitop
Sika Sverige AB med Hårdbetong – 4
Modern Betongteknologi Scandinavia AB med Mastertop 135 P
AB Lindec med Herculit S400

Exempel på läggning av hårdbetong framgår av Bild 1-Bild 8 i Bilaga 2.

5 INTERVJUER MED SAKKUNNIGA

Det finns nationellt endast ett fåtal aktiva experter på hårdbetong som beläggning. De finns främst bland specialentreprenörer och materialtillverkare/leverantörer. Nedan följer en kortfattad redovisning över framförda åsikter av Tommy Ahlström, Tecab; Per Jönis, Combimix; Lars Lundström, Tecab; Iad Sahle, NCC; Oscar Sandkvist, Spännbalkskonsult och Hans Voeler, Lindec.

Hårdbetongen används främst för sin goda slitstyrka (livslängd). Men också för att det med hänsyn till långtidsegenskaperna är fysikaliskt lämpligt att renovera med samma material som själva konstruktionen. Alternativa material som hårdplaster och gjutasfalt är mindre tilltalande än hårdbetong ur brandsynpunkt. Bränder i garage och parkeringshus rapporteras då och då i media.

Följande krav ställs på en bra hårdbetong: god slitstyrka, hög hållfasthet, liten krympning, så vattentät som möjligt, diffusionsöppen, frostbeständig och slutligen lättarbetad vid gjutning. Den ska klara exponeringsklass XD3/XF4 och helst ha vattencementtal mindre än 0,35.

Det lagade betonggolvet bearbetas lämpligen med stålkuleblästring. Diamantslipning eller fräsning kan också komma ifråga om noggrann rengöring utförs av den slipade eller frästa ytan.

Primning görs med cementbaserad slamma eller epoxi vått i vått. Epoxiprimningen kan göras i två steg, gäller främst om underliggande betong är av låg kvalitet. Den första får härda innan nästa lager läggs. Epoxin minskar inträngning av klorider, syre och vatten.

Noggrann blandning med lågvarvig planblandare för torrbruk görs. Alternativt väljs pumpning från betongbil. Utläggning sker med distansraka eller vibrobalk. Om glättning är möjlig att utföra så görs den gärna med åkbar glättare. Glättningen kräver stor erfarenhet, till exempel när det är lämpligt att gå på med glättningen.

Fukthärdning med membranhärdare utföres direkt efter glättningen. Det är viktigt att välja en vätska som ger dokumenterat skydd mot uttorkning. Påläggning av plastfolie görs så snart som möjligt efter det att en riklig förvattning gjorts. Den bör ligga i 1-2 veckor. Allra bäst blir fukthärdningen med vattning under hela härdningstiden. Fukthärdning kan också utföras genom att ytan fuktmättas med kvartssand. Extra försiktighet krävs vid torr och blåsig väderlek.

Hårdbetongens vidhäftning till underlaget kontrolleras lämpligen genom bomkartering med kätting på hela ytan. I vissa fall är kontroll med hjälp av diamantborrning och efterföljande centrisk provdragning önskvärt. Ytdraghållfastheten bör inte understiga 1,5 MPa. Även utläggning av en provyta kan vara aktuell.

I Bilaga 1 redovisar Jan Asztély, Golvfysik, erfarenheter från provning av nötningsbeständighet hos betonggolv.

6 FÄLTUNDERSÖKNING

6.1 Utförande

Fältarbete har utförts på tio garagegolv. Nio av golven var belagda med hårdbetong och ett med avjämningsmassa av industrityp. I brist på lediga parkeringsytor provades endast körytor. Samtliga, eller en representativ del, av dessa körytor valdes ut för undersökning.

Skadesökning

Bomkartering gjordes med kätting över hela den aktuella ytan. Kompletterande kontroll utfördes med specialhammare. Övriga skador undersöktes okulärt. Slitage uppmättes med hjälp av våglinjal och mätkil.

Provning och mätningar

Provningarna och mätningarna utfördes på tre ställen i varje garage.

Provställe 1: Nära infart eller utfart där störst trafikbelastning kan förmodas förekomma

Provställe 2: Normal trafikbelastning

Provställe 3: Långt in i garaget där trafikbelastningen var liten

Täckskiktet bestämdes med en elcometer från Karl Deutsch Nordiska AB. Mätningen utfördes mestadels på ställen där överkantsarmering kunde förmodas vara placerad. Minst fem värden för primär- och sekundärarmeringen uppmättes. Mätningar gjordes från golvytan.

Kloridhalten i utborrade kax från hårdbetongen och skiktet 25-50 mm från konstruktionsbetongens översida provades i laboratorium med RCT-metoden

Karbonatiserings djup för hårdbetong uppmättes i borrhål med hjälp av indikatorvätska (fenolftalein).

Ythårdenheten provades med en studshammare, Schmidthammare från Proceq. Tio mätningar gjordes vid varje provpunkt. Största och minsta värdet ströks. Medelvärde för resterande mätningar användes för en kalibrerad framtagning av indikerad tryckhållfasthet.

Relativ fuktighet mättes på utborrade kax i konstruktionsbetongen på djupet 25-50 mm räknat från konstruktionsbetongens ovansida.

6.2 Resultat

Ingen av de undersökta garagegolven uppvisar några allvarliga skador, med undantag av garaget på Larsbergsvägen där armeringspjälkning på 1.7 % av undersökt område noteras.

De flesta garagen har inga eller mycket få/små (några promille) skador i form av bom med sprickor/krackelering. Undantag är vid infart på de två stora garagen vid Reimersholmsgatan och Sickla Allé samt Kungsträdgårdsgatan och Larsbergsvägen där skador är fördelade över hela garagen. Skadetätheten är på någon eller några procent (not 7% Larsbergsvägen). Vid infart på Reimersholmsgatan samt garage Kapellgränd har hårdbetong lagats (1-2 % av undersökt område). Vidhäftningssläpp av hårdbetong om ca 2 promille finns på ett av garagen (Lädersättravägen).

Dubbdäcks slitaget är som mest 3 mm i infartskurva på det livligt trafikerade garaget vid Regeringsgatan med en 20 år gammal hårdbetongbeläggning. För garaget belagt med industriavjämningsmassa (ej hårdbetong) har beläggningen på infart-/ utfarten nött ner efter 12 år.

De flesta hårdbetonggolven har en indikerad tryckhållfast uppgående till ca 70 MPa. Industriavjämningsmassan på Sågstuvägen har en hållfasthet om 13 MPa. Det är troligt att den valda provningsmetoden ger en underskattning av avjämningsmassans hållfasthet.

Karbonatiseringen för hårdbetongen är liten, oftast inte mer än en millimeter.

Klorider har trängt in i hårdbetongen. I vissa fall är koncentrationen flera procent. För utegaragen noterades mycket låga kloridkoncentrationer. I allmänhet är genomsnittskoncentration högre i konstruktionsbetong/överbetong än i hårdbetongen.

Relativa fuktigheten, RF, varierade mellan 35 och 75 procent i konstruktionsbetongen.

Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av de undersökta garagen. Alla resultat är redovisade i Tabell 1-3 i Bilaga 3. Databas är tillgänglig på anmodan.

Reimersholmsgatan

Stort inomhusgarage uppfört ca 1980, där det undersökta bjälklaget reparerades 2005. Karbonatisering vid mätpunkter har nått maximalt 4 mm. Studshammare visar hög hållfasthet. Kloridkoncentration i hårdbetong samt konstruktionsbetong (25-50mm) vid infart är hög, över 3 %. Utfart är mindre påverkat och ligger runt 1 %. En mycket hög kloridkoncentration i hårdbetong på 5.7 % uppmäts mitt i garaget. Konstruktionsbetongen vid samma mätpunkt är nästan opåverkad. Det minsta dokumenterade täcksiktet är ca 40 mm. Relativa fuktigheten i konstruktionsbetongen är låg.

Skadeinventering har utförts på ett område om 1200 m², varav 280 m² i anslutning till infart visar högre skadetäthet. Ingen armeringspjälkning noteras, dock har ca 2 % av område vid infart lagats. Dessa lagningar är kopplade till kurva vid infart; 50 % av lagningarna är bom. Vidare uppvisar 2,8 % av arean i samma område bom med krackelering.

Hagalundsgatan

Bjälklaget i det stora inomhusgaraget från ca 1970 reparerades 2010. Täcksiktet är tunt vid en av mätpunkterna (ca 32 mm). Vid övriga mätpunkter ca 50-60 mm. Kloridkoncentrationen i hårdbetong och konstruktionsbetong är mycket hög vid utfart, över 3,5 %. Hårdbetongen vid infart är måttligt påverkad (ca 1 %) medan konstruktionsbetong har högt värde på 2,7 %. Mitt i garaget är kloridkoncentrationen 0,7 % både i hårdbetong och konstruktionsbetong. Hållfastheten är hög. Ingen noterbar karbonatisering. Relativa fuktigheten i betongen är låg.

Skador fanns endast på ca hälften av undersökt area (totalt 990 m²), beläget i anslutning till infart/utfart. Här finns varken armeringsspjälkning eller lagningar. Dock uppvisar 3,6 promille bom med krackelering.

Sickla Allé

Stort uppvärmt innegarage med platta på mark, uppfört 2005 och reparerades 2012. Täcksiktet uppmättes till 60-80 mm i närheten av pelare. Studshammare visar hög hållfasthet. Karbonatisering är på 0-1 mm. Kloridkoncentration vid utfart är 0,8 % i hårdbetong och konstruktionsbetong. I hårdbetong vid utfart uppmäts 1,5 %. I övrigt är värdena runt 0,5 % eller mindre. Relativa fuktigheten i betongen är låg.

Inga armeringsspjälkningar eller lagningar finns på den 1300 m² undersökta arean. Skador registreras främst i ett litet område (150 m²) i anslutning till infart där bom med spricka utgör en skadetäthet på 1,6 %.

Kapellgränd

Det uppvärmda garaget (medelstort) byggdes 1960 och är beläget i undre källaren. I golvet som ligger i anslutning till mark registreras ingen armering på djup mindre än 80 mm. Reparationer utfördes 2009, då lades en hårdbetong med en tunn härdplast. Hög hållfasthet noteras. Karbonatiseringen är 0-1 mm. Höga kloridvärden i konstruktionsbetongen (högre än 2 %) medan hårdbetongen är måttligt påverkad (lägre eller lika med 1 %). Relativa fuktigheten är måttlig på 65-75 %.

Ingen armeringsspjälkning noteras, däremot har knappt 1 % av den undersökta arean lagats. Dessa områden tycks vara slumpmässigt spridda över garaget.

Lädersättravägen

Ett litet utegarage byggt ca 1960 undersöks. Bjälklaget reparerades 1998. In och utfart är belagt med asfalt medan parkeringsytorna är i hårdbetong. Minsta täcksiktet uppmättes till 27 mm, i övrigt 40-60 mm. Hårdbetongen har hög hållfasthet och karbonatiseringen är 0-1 mm. Ingen nämnvärd kloridpåverkan i konstruktionsbetongen, däremot är hårdbetongen måttligt påverkad (0,4-0,8 %). Relativa fuktigheten är mindre än 70 %.

Ett vidhäftningssläpp uppmäts till runt 2 promille av undersökt area.

Tellusvägen

Utegaraget på Tellusvägen byggdes 1982 och renoverades 2013. Hållfastheten är hög. Karbonatiseringen är 0-1 mm. Mycket låga kloridvärden uppmäts både i konstruktionsbetong och hårdbetong. Orsaken till reparationen var frostpåverkan. Relativa fuktigheten är mindre än 70 %.

Varken armeringsspjälkning eller lagningar noteras. Mindre än 4,5 promille av undersökt area uppvisar bom med krackelering.

Regeringsgatan

Stort inomhusgarage uppfört ca 1960. Reparationer av garaget har skett i två etapper, för 12 respektive 22 år sedan. Minsta uppmätta täcksiktet är ca 50 mm. Hållfastheten är hög. Karbonatiseringen är max 3 mm. Höga kloridvärden i både hårdbetong och konstruktionsbetong uppmäts vid infart samt mitt i garaget. Vid utfart är kloridkoncentrationen runt 1 %.

Varken armeringsspjälkning eller lagningar noteras. Mindre än 4 promille av arean är bom med spricka/krackelering. Dubbdäckslitage uppmäts till max 3 mm vid infart. Relativa fuktigheten i konstruktionsbetongen är under 70 %.

Det noteras att reparationer har skett i två omgångar. Infart innefattar endast äldre lagning medan övriga garaget omfattas av båda lagningarna.

Sågstuvägen

År 1967 byggdes det stora garaget på Sågstuvägen. Det undersökta mellanbjälklaget (inomhus ej uppvärmt) renoverades 2006. Då lades ett skyddande ytskikt med industriavjämningsmassa (ej hårdbetong). Karboniseringsdjup är 12 mm. Hållfastheten är lägre än för hårdbetong (12 MPa). Notera att för betong ger ett karboniserat material missvisande hållfasthet med studshammare, detta kan även vara fallet för industriavjämningsmassa. Minsta uppmätta täcksikt är 50 mm. Kloridkoncentration i konstruktionsbetong är låg till måttlig med max värde på 0,6 % vid infart. I hårdbetongen är koncentrationen låg till måttlig med undantag på en mätpunkt mitt i garaget där värdet är 1,7 %. Relativa fuktigheten i konstruktionsbetongen är låg.

På en area om 25 m² i anslutning till infart/utfart har ytskiktet helt nöts bort, i övrigt har inga nämnvärda skador noterats.

Larsbergsvägen

Detta medelstora innegarage byggdes 1965. Täcksikt vattenbilades bort och en högpresterande betong lades 2010. Underlag baseras på tillståndsbedömning utförd 2010 inför renovering, därav är data ej komplett. Minsta uppmätta täcksikt på utvalt bjälklag var 32 mm. Kloridprover för konstruktionsbetong visar måttlig till hög koncentration vid infart och mitt i garaget (ca 1-2 %). Fuktprovning i konstruktionsbetongen saknas.

Armeringsspjälkning var på ca 1,7 % av undersökt yta. Stora områden hade bom i garaget, mestadels på parkeringsytor. På körbana var ca 7 % bom. Dessa skador noterades av annan konsult 2010.

Kungsträdgårdsgatan

Innegaraget byggt 1980 är litet. Undersökt plan med fribärande golv på mark reparerades 2011. Täcksikt är på vissa ställen tunt (min uppmätt till 34 mm). Hårdbetongen visar god hållfasthet. Karboniseringen är liten. Kloridkoncentration i konstruktionsbetong är hög eller mycket hög (ca 2-4 %). Hårdbetongen är måttligt påverkad runt 1 % med undantag för infart där värdet är 2,9 %. Relativa fuktigheten i konstruktionsbetongen är låg.

Mindre än 3 % av undersökt area är bom med spricka/krackelering. Inga tecken på armeringskorrosion eller lagningar finns.

7 DISKUSSION

En viktig fråga är naturligtvis hur representativa de undersökta garagegolven är för de hårdbetongbeläggningar som utförts i Sverige. Det finns ingen statistik att tillgå som redovisar antal eller platser där hårdbetong lagts. Vi har istället valt ut våra objekt genom att fråga de främsta entreprenörerna (enligt vår erfarenhet). Man har inte haft några reklamationer på utförda reparationer med hårdbetong, dock har ibland små reparationer erfordrats inom garantitiden, som normalt är fem år.

Spjälkning till följd av armeringskorrosion är den allvarligaste skadan, eftersom bjälklagets bärförmåga då kan reduceras och i förlängningen innebära rasrisk. Lossnande hårdbetong är förstås också allvarligt, eftersom konstruktionsbetongen då saknar skydd mot nedbrytande processer.

Hårdbetongen är inte tät mot inträngning av klorider, men har förmodligen en buffrande inverkan som skyddar underliggande betong. Vidare är det troligt att transporthastigheten är låg i materialet. Om epoxi används som primer kan man förvänta sig ett extra skydd för inträngning av klorider i underliggande betong.

En hypotes är att hårdbetongskiktet fungerar som en barriär i första hand för vidare karbonatisering och kloridinfiltration men även att förebygga uppkomsten av en miljö där armeringsjärnen korroderar nämnvärt. Relativa fuktigheten har mätts på utborrat kax i konstruktionsbetongen. En viss uttorkning sker säkert vid själva utboringen, men nivåerna måste ändå anses vara låga. Relativa fuktigheten i konstruktionsbetongen i alla garage är under 75 %. I flera av dem är den under 60 %. Hårdbetongen har låg permeabilitet för koldioxid och innehåller mycket cement, vilket förklarar de låga karbonatiseringsvärdena.

Korrosionsskador på armering som inte är synliga kan förekomma och skapa delamineringar. Om korrosionen är omfattande syns detta i form av spjälkningar då korrosionsprodukten har stor volym. Hur långt processen är gången innan det syns på golvet är inte vetenskapligt belagt, men vår erfarenhet är att om skadan är allvarlig så syns det vid en okulär besiktning. Det skulle dock vara intressant att ta ut cylinderprover för att undersöka detta vidare.

I de fall då bompartier uppvisar delaminering på grund av korrosion är det intressant att veta om detta är en pågående process. Det kan möjligen vara en process som fortgått efter reparation, men avstannat i brist på vatten och syre.

Bom som beror av att hårdbetongen släppt från konstruktionsbetong innebär förmodligen ingen större fara så länge inte krackelering eller sprickor förekommer samtidigt då detta möjligen kan öka vätske-/gastransporten genom ytskiktet.

Det är givet att en omfattande lagning i form av vattenbilning samt installation av högpresterande betong med eller utan skyddande ytskikt är säkrast. Livslängden förlängs då avsevärt. Risken är minimal och nedbrytningsprocesserna avstannar helt. Det är dock viktigt att titta på helheten och inkludera faktorer som kostnader, hur omfattande ingreppet är (längre avstängningstider för garaget), lokal miljöpåverkan och global miljöpåverkan. Den enklare och mindre kostsamma reparation som undersökts i denna rapport har vissa risker men i många fall är de små och när ovanstående faktorer vägs in är tunnskiktmetoden ett gångbart alternativ för kortare tidsperspektiv. Resultatet från denna undersökning motsäger inte vår erfarenhet att reparationerna i normala fall håller i mer än 20 år.

Hårdbetongen ger ett bra skydd mot dubbdäckslitage. Livslängden i form av slitage bedöms utifrån resultat och vår erfarenhet vara större än 20 år. Industriavjämningssmassa har kortare livslängd än hårdbetong, speciellt gäller detta på hårt trafikerade och fuktiga ställen. På andra ställen, såsom kör- och parkeringsytor, tycks nötningshållfastheten däremot vara tillräcklig.

Allmänt sett är det tilltalande att reparera med samma material som golvet/bjälklaget är uppbyggt av. De fysikaliska och kemiska egenskaperna är därmed lika, vilket till exempel betyder att rörelser av temperatur-och fuktändringar är samstämmiga. Vidare är hårdbetongen starkt alkalisk och ger en viss återalkalisering av underliggande betong.

Det är inte helt ovanligt att det brinner i garage och parkeringshus. Hårdbetongen ökar inte brandbelastningen eller avger farlig rök. Andra beläggningsalternativ kan ge problem vid brand.

8 SLUTSATSER

- Den okulära skadebesiktningen med bomkartering visar att uppkomna skador normalt är av liten omfattning. Dessa skador är enligt vår bedömning inte allvarliga men de kommer på sikt, säg i ett 20-årsperspektiv, behöva åtgärdas.
- Hårdbetongen är mycket tålig mot slitage. Endast vid mycket trafik och lång belastningstid uppstår ett visst slitage om några millimeter. De flesta golven uppvisade inget mätbart slitage.
- Hårdbetongen är inte helt tät mot kloridinträngning. Ökat skydd erhålles om epoxiprimning utförs.
- Relativa fuktigheten i konstruktionsbetongen under hårdbetongen är anmärkningsvärt låg även om man tar hänsyn till uppvärmningseffekten av slagborrningen.
- Industriavjämningsmassan klarar inte slitage vid infart/utfart. Men har för övrigt klarat förväntade kvalitetskrav.
- Det är viktigt att hela förfarandet vid förbehandling, gjutning och efterbehandling utförs på ett adekvat sätt. Detta innebär att en specialentreprenör med erfarna arbetare krävs för ett bra resultat.
- Studien visar att hårdbetong är ett fullgott alternativ till mer omfattande traditionell reparation i många fall.

9 REKOMMENDATIONER

Välj gärna hårdbetong för beläggning av skadade garagegolv som ska renoveras. Materialet liknar vanlig konstruktionsbetong men har lägre vattencementtal och innehåller betydligt mer cement. Utmärkande är den mycket goda beständigheten mot slitage av dubbdäck och dess skyddande verkan mot fortsatt nedbrytning av armeringskorrosion i konstruktionsbetongen.

- För ett lyckat resultat krävs att entreprenaden utförs av en välrenommerad specialentreprenör med erfarna arbetare. Referensobjekt bör undersökas. Låt gärna entreprenören göra en provyta.
- Säckat material som blandas på platsen är vanligast. Men pumpbar hårdbetong förekommer.
- Oftast är det bäst att behandla den lagade golvytan med stålkuhleblästring. Ytan rengörs då direkt genom effektiv dammsugning.
- Traditionell uppfuktning och frånvaro av fritt vatten krävs vid gjutningen.
- Primning erfodras oftast med cementslamma eller epoxi. Den utförs vått i vått.
- Glättning då helst med åkbar glättare rekommenderas. Annan behandling är möjlig.
- Fukthårdning är viktig. På den nyligen utlagda betongen utförs membranhärdning. Vätskan som används ska ha ett dokumenterat skydd mot uttorkning i tidigt skede. Därefter fukthärdas så snart som möjligt med plastfolie och/eller vattentillförsel. Fukthårdning kan också utföras genom iströning av sand i den fuktiga betongen.
- Trafik belastning av hårdbetongen bör inte ske för tidigt. Gäller särskilt vid låga temperaturer, då härdningen går långsamt.

BILAGA 1 PROVNING AV NÖTNINGSBESTÄNDIGHET HOS BETONGGOLV

De två viktigaste principerna [1] för att undersöka betonggolvs nötningsbeständighet är belastning med rullande stålhjul respektive slipning med slipmedel (hårda korn) som pressas mot provobjektet under rörelse utmed ytan.

Nötning med rullande hjulbelastning är i princip ett utmattningsfenomen. Vid varje hjulpassage "knådas" materialet i ytan fram och tillbaka i hastigt tempo. Vid upprepade passager kommer ytmaterialet att mattas ut och lossna från ytan. Spröda material som betong är känsliga för denna typ av belastning. Är betongen av lite sämre kvalitet uppstår besvärlig dammbildning. En betongytas benägenhet för dammbildning minskar ofta genom att ytan impregneras med ett bindemedel som gör den segare och därmed mindre utmattningsbenägen.

Provningsmetoder för betonggolv enligt rullande hjulbelastning finns som europeisk standard [3 och 4]. Metoderna är framför allt lämpliga för att värdera ytans benägenhet till dammbildning. [4] är främst gjord för att användas ute i fält för att värdera det färdiga golvets damningsbenägenhet.

Vid slipande nötning pressas hårda korn mot ytan och genom rörelsen "plogas" material ut från ytan. För betonggolv finns en europeisk standard [5] enligt principen slipande nötning. Den har för hårdbetong visat sig särskilt lämpad för att jämföra olika hårdballastmaterial. Fältprovningar kan göras på så sätt att provkroppar sågas ut i format 70 x 70 mm och placeras i labbprovningstrustningen för värdering ur nötningssynpunkt.

I parkeringshus är inte provningsmetoderna för rullande hjulbelastning relevanta.

Ett personbilsdäck belastar underlaget med ett yttryck om storleksordningen 0,2 MPa.

Vid provningen med rullande stålhjul är yttrycket av storleksordningen 100 MPa.

Ett normalt personbilsdäck ger således mycket lindrigt slitage på golvet. Slitaget uppstår framför allt på grund av att däckets drar med sig sand och grus in på golvet. Slitaget uppstår främst vid inbromsning och start då hjulet slirar något. Samma sak gäller då hjulen vrides vid svängrörelse. Liknande förhållande gäller för däck som är försedda med dubbar. Då hjulen rullar med konstant hastighet bidrar dubbarna marginellt till slitaget. Slitaget uppstår vid start och inbromsning samt svängrörelser då däcken "slirar".

Vi har kunnat konstatera vid våra fältstudier av parkeringshus med hårdbetonggolv att ytan är så hård att dubbarna pressas in i däckets. Vid det normala fallet ger således en rullpassage inte några märken efter dubbarna. Inte heller då däckets vrides efter utkörning från en parkeringsplats uppstår några tydliga märken. Detta utesluter inte att det sker en nötning på golvet. Vid äldre objekt har vi i fältstudien kunnat konstatera tydlig nednötning i ramper med svängrörelse.

Då man vid provningar eftersträvar så verklighetsnära nötningsförhållanden som möjligt, har man i [5] studerat nötningen för fallet vridande dubbade däck. Slitaget uppstår på ett likartat sätt som vid slipande nötning. Dubbarna, i den mån de sticker ut utanför däckets rullyta, plöjer repor i underlaget. Ser man nötningen främst som en tjockleksminskning kan man se att man kan få låg nötning med såväl betong som polymerbundna material.

Som provningsmetoden används ger den inte information om hur nötningen påverkas då hjulen slirar (förhöjd temperatur) eller vid konstant vattenbelastning. Erfarenhetsmässigt kan genomslitage uppstå i polymera beläggningar där hjulen har tendenser att slira.

Nötningsmotståndet minskar erfarenhetsmässigt hos betong som står konstant under vatten.

I ett fall har golvet belagts med avjämningsmassa med inblandad hårdballast men ändå lägre E-modul på grund av bland annat tillsats av polymer. Här kunde "rosor" efter däckens vridrörelse på framkörningsytan till parkeringsplatsen konstateras.

Referenser

[1] Jan Asztély Värdering av industrigolvsmaterials nötningsbeständighet TRITA-ARK Akademisk avhandling 2003-01

[2] Ylva Edwards, Bror Sederholm CBI Betonginstitutet Optimalt skydd av parkeringsdäck vid nybyggnad och renovering Etapp I - IV SBUF Rapport 13212.

[3] SS EN 13892-5 Golvmaterial - Provning av avjämnings- och beläggningssmassor- Del 5: Bestämning av nötningsmotstånd mot rullande hjul hos avjämnings- och beläggningssmassor använda som slitskikt, 2002

[4] SS EN 13892-4 Golvmaterial-Provning av avjämnings- och beläggningssmassor-Del 4: Bestämning av nötningsmotstånd enligt BCA-metoden, 2002

[5] SS EN 13892-3 Golvmaterial-Provning av avjämnings- och beläggningssmassor-Del 3: Bestämning av nötningsmotstånd enligt Böhme-metoden, 2014

BILAGA 2 FOTOBILAGA



Bild 1: Blandning av säckad hårdbetong.



Bild 2. Stålkuleblästring av betonggolv.



Bild 3 Kärning till vibrobalk.



Bild 4: Utläggning med vibrobalk.



Bild 5 Piggrullning för jämnare yta.



Bild 6. Glättare.



Bild 7. Åkbar glättare.



Bild 8. Fukthårdning med plastfolie.

BILAGA 3

Tabell 1 Allmänt

Garage nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gata	Reimersholmsg.	Hagalundsgatan	Sickla Allé	Kapellgränd	Lädersättravägen	Tellusvägen	Regeringsgatan	Sågstuvägen	Larsbergsvägen	Kungsträdgårdsg.	
Storlek (stort, medel, litet)		stort	stort	stort	medel	litet	litet	stort	stort	medel	litet
Inne/utegarage		inne	inne	inne	inne	ute	ute	inne	inne	inne	inne
Byggår		1980 ca	1970 ca	2005	1960	1960	1982	1963	1967	1965	1980
Reparationsålder		12	7	5	8	19	4	12(22)	12	12	7

Tabell 2 Skadeinventering, värden inom parantes på garage 1-3 avser begränsat område vid in- eller utfart där skadetätheten är högre än i övriga garaget

Garage nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gata	Reimersholmsg.	Hagalundsgatan	Sickla Allé	Kapellgränd	Lädersättravägen	Tellusvägen	Regeringsgatan	Sågstuvägen	Larsbergsvägen	Kungsträdgårdsg.	
Armerings spjälkning		0(0)	0(0)	0(0)	0	0	0	0	0	5,5	0
Bom [m ²]		21,9(10,7)	1,7(1,7)	4,2(2,7)	1,1	0	2,8	1,5	0	23	7,9
Spricka [m]		0,5(0)	0(0)	31,3(2,5)	0	1,7	0	3,5	0	0	2,9
Lagning [m ²]		5,5(5,5)	0(0)	0(0)	5,8	0	0	0	0	0	0
Vidh. Släpp [m ²]		0(0)	0(0)	0(0)	0	1,2	0	0	0	0	0
Frostskada [m ²]		0(0)	0(0)	0(0)	0	0	0	0	0	0	0
Bom + Krack [m ²]		11,6(7,7)	1,7(1,7)	0(0)	0	0	2,3	1	0	0	4,9
Bom + Spricka [m ²]		0,5(0)	0(0)	3,9(2,4)	0	0	0	0,5	0	0	3
Bom + Lagning [m ²]		2,5(2,5)	0(0)	0(0)	0	0	0	0	0	0	0
Dubbdäckslitage [mm]		1(1)	1(1)	1(1)	0	0	0	3	12	0	0
Area [m ²]		1200(280)	990(480)	1300(150)	600	580	520	400	630	340	260
Kommentar		Lagningar kopplade till kurva infart		Långa sprickor vid gjutfogar		Släpp på parkeringsyta			Infart, 25m ² kraftigt dubbdäckslitage		

Tabell 3 Mät- och provtagning

Garage nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gata	Reimersholmsg.	Hagalundsgatan	Sickla Allé	Kapellgränd	Lädersättravägen	Tellusvägen	Regeringsgatan	Sågstuvägen	Larsbergsvägen	Kungsträdgårdsg.	
Hållfasthet studshammare (medelvärde) [MPa]		70	70	75	71	65	73	67	12	saknas	73
Täckskikt (min) [mm]		43	32	61	>80	27	60	49	50	32	34
Karbonatisering (min-max) [mm]		0-4	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-3	8-12	saknas	0-1
Kloridhalt hårdbetong (p1;p2;p3) Cl/Cem [%]		3,2; 5,7; 0,9	1,0; 0,7; 3,7	1,5; 0,4; 0,8	0,7; 1,0; 0,5	0,8; 0,5; 0,4	0,1; 0,2; 0,1	2,9; 3,2; 1,2	0,4; 1,7; 0,0	saknas	2,9; 1,0; 0,9
Kloridhalt betong (p1;p2;p3) Cl/Cem [%]		4,9; 0,2; 1,2	2,7; 0,7; 4,0	0,5; 0,1; 0,8	2,7; 3,3; 2,2	0,1; 0,1; 0,0	0,1; 0,1; 0,1	2,1; 3,8; 1,1	0,6; 0,4; 0,1	1,0; 1,7; 0,2	3,6; 2,1; 4,0
Relativa fuktigheten betong [%]		42-56	41-49	58-61	65-75	<70	<70	<70	36-38	saknas	37-44