

Oförstörande provning (OFP) av betongkonstruktioner

– Verktyg för effektivare tillståndsbedömning



En bidragande del till framtida lägre resursuttag och minskning av CO₂ utsläpp är sammankopplat med att förlänga livslängden på vårt redan byggda bestånd och då inte minst det som är byggt i betong. Armerad betong är ett fantastiskt bra material med många goda egenskaper, men dagens framställning av cement medför omfattande utsläpp av CO₂.

En livslängdsförlängning av vårt byggda bestånd skulle medföra stora positiva miljömässiga effekter. Möjligheten att förlänga livslängden kan på ett förenklat sätt delas upp i tre faktorer:

1. **Beständighet:** En betongkonstruktion kan brytas ner på många olika sätt,

till exempel korrosion hos armeringen beroende på klorider eller karbonatisering, mekanisk- kemisk, eller fysisk påverkan.

2. **Funktion:** En betongkonstruktion måste uppfylla sin funktion, till exempel behöver man 4 körfält på en bro, men man bara har två – ja då är inte funktionen uppfylld och konstruktionen kan behöva bytas ut.

3. **Bärförmåga:** En betongkonstruktion är avsedd att verka i många år och

under denna tidsrymd kan bli krav på ökade laster medföra att bärförmågan inte är tillräcklig, till exempel krav på ökade axellaster på såväl väg- som järnvägsbroar.

Den gemensamma nämnaren för de ovanstående faktorerna är säkerhet (och ekonomi).

Grunden för effektiv livscykel förvaltning är att veta status på befintliga anläggningar, det vill säga uppfyller anläggningen kraven på säkerhet, om inte, vad kostar det att åtgärda samt när ska det göras? Helt enkelt, att i grunden veta vad man har och vad man förvaltar. För att tillse att våra konstruktioner är säkra och uppfyller sin funktion finns det ett växande behov av tillståndsbedömning, som kan tolkas på ett övergripligt sätt. Detta för att kunna underhållsplanera och i vissa fall reparera, förstärka och även för att byta ut konstruktioner som inte är säkra eller för kostsamma att underhålla. Detta är ett globalt problem och har belysts i ett flertal studier [1] [2] [3] [4].

Historiskt och traditionellt genomförs inspektioner av byggnads och anläggningskonstruktioner byggda i armerad betong till stora delar okulärt. Dessa inspektioner är generellt sett tidsödande och subjektiva då de baseras på inspektörers erfarenhet [5] och kunskap samt de aktuella förhållanden som råder vid tidpunkten för inspektion. Dessa observationer och mätningar är ofta dokumenterade i fältanteckningar, skisser, fotografier etc. som sedan sammanställs och rapporteras. Okulära besiktningar är även begränsad till enbart relativt lätt-tillgängliga byggnadsdelar, men framför allt kartlägger de endast ytan på konstruktionen.

Vi anser att detta inte är tillräckligt och med hjälp av modern mätteknik kopplad till bland annat oförstörande provning kan betydligt bättre förståelse av konstruktionens tillstånd och framtida verkningssätt erhållas.



Björn Täljsten
Professor, Tekn. Dr. Invator AB, Luleå
Tekniska Universitet



Cosmin Popescu
Tekn. Dr. Invator AB, Luleå Tekniska
Universitet



Mats Holmqvist
Bygg. Ing. Invator AB, ELOP AS

I denna artikel berättar vi kortfattat om hur vi anser att tillståndsbedömningar av betongkonstruktioner ska genomföras samt vilket stöd man kan erhålla i bruket av oförstörande mätmetoder.

Tillståndsbedömning

Man kan dela in omfattningen av tillståndsbedömning på flera nivåer och även utspridda över tiden. Beroende på vilken typ av konstruktion man avser att tillståndsbedöma är också behovet olika, generellt kan man förslagsvis dela in bedömningen i tre nivåer:

Nivå 1 – Enkel tillståndsbedömning

Nivå 2 – Utvidgad tillståndsbedömning,

Nivå 3 – Omfattande tillståndsbedömning

Enkel tillståndsbedömning

Här utför man tillståndsbedömningen utifrån visuella observationer, eventuellt tillsammans med täcksiktmetning och registrering av karbonatiseringsdjup. De viktigaste verktygen för denna analys är fotografering/filmupptagning och man genomför en generell registrering av sprickor, täcksiktets tjocklek, sättningar, förskjutningar, rostutfällningar etc. Man jämför med tidigare analyser och planerar även för analys på högre nivå. Kan också värdera behov gällande förebyggande insatser. Tillståndsbedömningar stannar ofta på denna nivå.

Utvidgad tillståndsbedömning

En utvidgad tillståndsanalys omfattar en visuell undersökning av hela konstruktionen. Vanligtvis med hjälp av ställningar eller lämpliga lyftanordningar. Här är det viktigt att finna orsaken till skadorna, göra en kartläggning av skadeomfattning och undersöka om skadeomfånget förväntas öka. En nivå-2 undersökning omfattar normalt mätning av karbonatiseringsdjup, täcksiktmetning, kloridinnehåll, mätning av sprickvidder, registrering av bom, vidhäftning mot betong, friläggning av delar av armeringen. I vissa fall även potentialmätning, mätning av armeringskontinuitet, eventuellt mätningar av deformationer och sättningar. Informationen används för att ställa samman underlag för projektering och även för underhållsplanläggning. Denna nivå kan också omfatta inspektion med drönare.

Omfattande tillståndsbedömning

I en omfattande tillståndsbedömning ingår samtliga insatser under Nivå 2. Dessutom en djupare undersökning av de nedbrytningsmekanismer som kartlagts under Nivå 2 samt hållfasthetsprovning. Vanligtvis genomför man även här en beräkningskontroll för delar av eller hela



Figur 1: Foto av Heröysund bro.

konstruktionen baserat på de genomförda tillståndsanalyserna. I vissa fall kan mätutrustning installeras på konstruktionen för att följa förändringar över tid vilka i sin tur ger ytterligare information åt tillståndsanalysen. Ofta använder man sig i tillägg av ytterligare olika metoder för oförstörande provning för att kartlägga konstruktionens tillstånd mer i detalj.

Oförstörande provning

Oförstörande provningsmetoder används i allt högre utsträckning för att undersöka betongkonstruktioner. Framför allt för att visuella inspektioner inte kan se in i konstruktionen. Man kan till exempel verifiera att betongkonstruktionen är i överensstämmelse med hur det var avsett att konstruktionen skulle bli genom att mäta geometri, utformning, armeringens placering samt antal, dimension etc. Vidare kan man till exempel:

- Kartlägga och bestämma storlek och djup på sprickor i betongen.
- Detektera håligheter och defekter i betongens volym
- Kartlägga områden med dålig vidhäftning mellan armering och betong samt för pågjutningar
- Kartlägga placering av foderrör och spännarmering
- Bedöma om slakarmering och/eller spännkablar har korrosionsskador samt bedöma omfattningen av korrosionen
- Bedöma skador eller brott på spännkablar

Oförstörande provningsmetoder kan även användas för uppföljning och kontroll av nyuppförda konstruktioner.

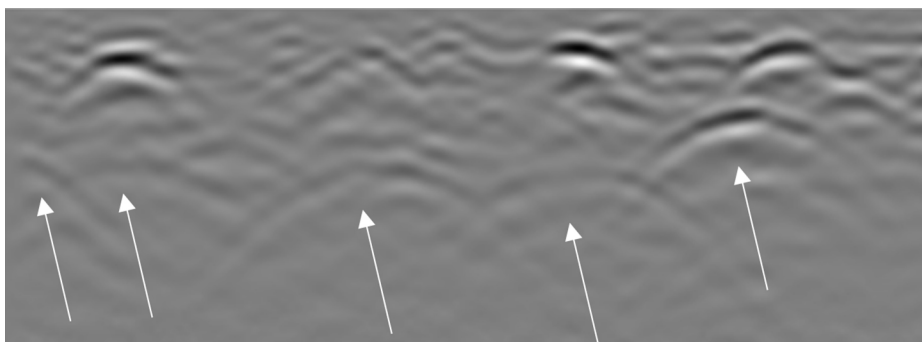
Vid en oförstörande provning är planeringen av inspektionen en viktig del för ett lyckat slutresultat. Vid planeringen upprättas en provningsprocedur där man först kartlägger de övergripande problemen hos konstruktionen och därefter väljer lämpliga OFP (oförstörande prov-

ning(s)) metoder, i vilken ordning de skall göras och vilka konstruktionsdelar som ska prioriteras i undersökningen. Denna procedur används vid inspektionen för att systematiskt kunna gå igenom de delar som är relevanta för konstruktionens bärförmåga, status och säkerhet. Vid upprättandet av provningsproceduren granskas bland annat ritningar, tidigare inspektionsrapporter, foton etc. Därtill är en visuell övergripande inspektion att rekommendera. Med detta till grund kan inspektionen förläggas till de konstruktionsdelar som är mest relevanta och där störst risk för allvarliga skador finns.

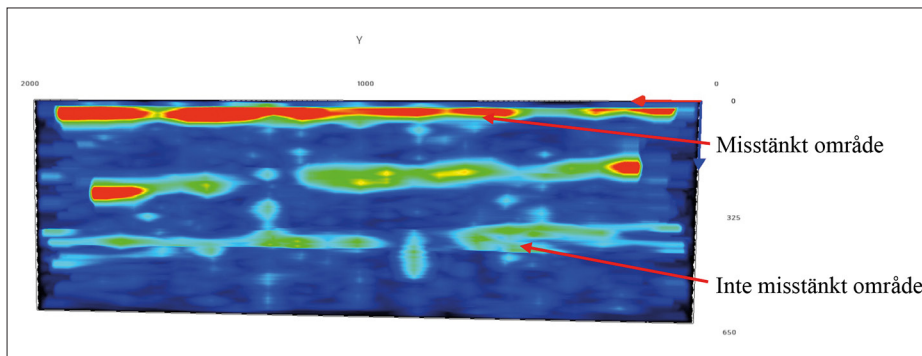
Vi har i denna text valt att inte gå in på de olika OFP metoderna som finns. De är många, men för avancerade problem har vi funnit att en kombination av ett flertal metoder är att föredra – eller rättare sagt ett måste.

Exempel på lyckat projekt

Vi har här valt att presentera ett projekt av många. Anledningen till att vi valde ut detta projekt är att det innehåller komplicerade undersökningar som inte hade varit möjliga utan oförstörande provning. Projektet har genomförts åt Norska Vegvesendet och förutom Invator AB så har även Dekra AB varit part. Utmaningen i projektet var i första hand att försöka detektera håligheter i foderrör med spännkablar. Projektet är, vad vi känner till, det första i Norden där denna defekt har kunnat identifierats. I figur 1 visas försöksobjektet, Heröysunds bro på Norska västkusten. Bron består av 5 spann där det största spannet uppgår till 60 m. Bron är en balkbro med efterspändarmering där armeringen är centriskt placerat i tvärsnittet, balkbredd cirka 400 mm med varierande höjd på balkarna, från 300 mm upp till 3 m. Innan fältarbetet påbörjades hade kritiska snitt beräknats fram och en



Figur 2: Detektering av foderrör med GPR. Kurvorna visar på armering, de yttiga kurvorna på slak-armering och de markerade på spännarmering (foderrören).



Figur 3: Undersökning med ultraljud. De rödfärgade området är misstänkt håligheter.

Foto: Björn Täljsten.



Figur 4: Delvis förstörande provning. Korrosionen framgår tydligt hos kablarna.

första visuella inspektion genomfördes av bron. Denna inspektion genomfördes av annan konsult 2017. Där noterades bland annat någon sprickbildning i över- och underbyggnaden. Kloridhalten uppgick till som mest 1.56 procent av cementvikten. Täcksiktens varierade mellan 7 – 100 mm med ett medeldjup på 27 mm. Slutsatsen från denna undersökning och provtagning var att man med mekanisk reparation skulle kunna åtgärda bron, med passusens att det kan finnas aktiv korrosion. Av denna anledning ville Vegvesendet genomföra en mer ingående undersökning.

Vi valde då att angripa problemet med följande utrustning:

- Täcksiktsmätare för att enkelt hitta yttlig armering
- GPR (Ground Penetrating radar) för att kunna detektera foderrör och spännkablar placering

- Ultraljud (tomografi) för att detektera eventuella håligheter i foderrör
- Impact Echo för en dubbelkontroll av håligheter, samt slutligen
- Delvis förstörande provning och kontroll av skador med endoskop.

I figur 2 visas resultat från GPR mätningen där foderrören tydligt framgår samt i figur 3 visas bearbetade resultat från ultraljudsundersökningen. I figur 4 visas slutligen ett foto av spännkablar med pågående korrosion.

Undersökningen av den aktuella bron visade att problemet var både mer omfattande och allvarligt än vad som tidigare framkommit. Resultatet ledde fram till att bron temporärt förstärktes och en ny bro kommer att ersätta den gamla. Utan denna undersökning hade risken varit att man fortsatt använda bron med en möjlig kollaps som följd.

Sammanfattning

Vår erfarenhet är att om man kan kombinera visuella inspektioner med oförstörande provning erhålls betydligt bättre förståelse av konstruktionen. Vilken teknik och strategi man ska ha för sin tillståndsbedömning bör avgöras från fall till fall. En rekommendation är att man börjar med en nivå 1 undersökning och utifrån denna beslutar om ytterligare insatser för att kunna samla in den information man behöver.

För en lyckad tillståndsbedömning bör man redan i samband med undersökningen ha ringat in eventuella problem och vad man letar efter, man ska även tagit del av befintliga historiska dokument, till exempel ritningar och tidigare reparationsinsatser, klargöra kritiska snitt och vilken utrustning som är mest lämpligt att använda. Även i dessa typer i projekt måste man ha klart för sig att resurserna och tiden inte är oändlig och att prioriteringar är viktigt.

Informationen som samlats in ska dels kunna användas för akuta åtgärder, till exempel om behov av avstängning föreligger eller om andra restriktioner ska åläggas konstruktionen. Vidare ska informationen användas för att planera framtida åtgärder både i tid och omfattning. ■

Referenser

- [1] BRIME (2001). *Bridge management in Europe*. Final report, Bridge Management in Europe (BRIME) – 4th framework programme, Brussels, Belgium.
- [2] COST-345 (2004). *Procedures required for the assessment of highway structures*. Final report, Cooperation in the field of scientific and technical research (COST), Brussels, Belgium, 182
- [3] SAMARIS (2006). *State of the art report on assessment of structures in selected EEA and CE countries*. Deliverable D19, Sustainable and Advanced Material for Road Infrastructure (SAMARIS), Brussels, Belgium, 104.
- [4] SB (2007a). *Sustainable Bridges - Assessment for future traffic demands and longer lives*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne Wrocław, Poland.
- [5] European Commission. Horizon 2020. *The EU Framework Programme for Research and Innovation*. <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>

Läs mer

www.invator.se

Besök även vår hemsida:
byggteknikforlaget.se