

11494



Helena Johnsson
Avd. för Byggkonstruktion

Säkra våtrumsgolv i ett flexibelt industriellt byggande

Slutrapport



Sammanfattning

Projektet Säkra våtrumsgolv i ett flexibelt industriellt byggande syftade till att utveckla en golvlösning för våtrumsgolv med en integrerad bärande funktion och fuktspärr. Valet föll på skiva i kompositmaterial som kombinerar många av de funktionskrav som ställs på golvkonstruktioner såsom god styvhet, estetiska möjligheter, god formbarhet och god fuktspärr. Under projektets gång har styvhet hos olika materialkombinationer testats samt en produktionsmetod för gjutning av våtrumsgolv framtagits. Experiment har utförts både på mindre provkroppar och på fullstora prototypgolv. Resultaten visar att det är fullt möjligt att effektivt producera våtrumsgolv av kompositmaterial som uppfyller kraven på styvhet, estetik och vidhäftning till beläggningsen. Vad gäller funktionskrav på fukt, brand och ljud har dess tyvärr inte kunnat verifieras inom ramen för detta projekt p.g.a. problem med produktionstekniken vilket medfört byten av material sent i projektet. Projektet går vidare i en andra fas där dessa funktionskrav skall verifieras samt utformningen av golvbrunnen studeras närmare. Projektets resultat har visat sig så intressant för företagen att de beslutat gå vidare med en produktifiering av våtrumsgolven.



1. Inledning

Vattenskadorna i byggnader orsakar åtgärder för 5 miljarder kronor per år. Den enskilt dyraste skadevällaren, är korrosion och frysning av ledningssystem, men andelen vattenskadorna orsakade av läckage genom tätskikt i våtrum uppgår till 27% av totala antalet skador. Studerar man våtrum speciellt visas på det faktum att fuktskador som härrör från läckage i golv nuförtiden utgör c:a 62% av skador som uppkommer från tätskikt i våtrum. Läckage genom golvets tätskikt i anslutning till golvbrunn är den i särklass viktigaste skadeorsaken i våtrum. Samtidigt är det ett känt faktum att trähus är levande konstruktioner där rörelser över årstiderna hör till normaliteterna. Man kan misstänka att trähus är speciellt utsatta för läckage genom tätskikt under golv och speciellt känsliga för rörelser i detta skikt. Att åstadkomma en teknisk lösning på problemet med tätskikt som samtidigt klarar att bära ett golv belagt med keramiskt material kräver en hel del åtgärder för att nå upp till kraven på styvhet kombinerat med täthet.

Projektidén bakom detta projekt var att utreda om man kan förena funktionerna styvhet och täthet genom att utveckla ett badrumsgolv av kompositmaterial. Projektet skulle dels utvärdera om det överhuvudtaget går att åstadkomma en produkt som klarar detta och dels anpassa denna produkt till byggbranschens krav och specifikt trävolymbyggarnas krav på kvalitet och produktsäkerhet. Under projektets gång upptäcktes att denna produkt har stor potential att bli en lyckad utveckling inom volymbyggnadstekniken och därför vill de inblandade företagen gå vidare och produktifiera konceptet. En ev. patentansökan undersöks också. Det betyder att vid nuvarande tidpunkt (augusti 2005) vill inte företagen gå ut med fullständig information och detaljerade beskrivningar av konceptet av hänsyn till konkurrensen med andra företag. Därför kommer föreliggande rapport att behandla tekniska data med en viss översiktighet, men kommer ändå att ge en bild av de resultat som framtagits.

2. Metod och genomförande

2.1 Medverkande kompetens

För att närmare utreda och avgränsa konceptet skapades en projektgrupp där tillverkare av komposit, tillverkare av volymmoduler samt teknisk expertis ingick i form av:

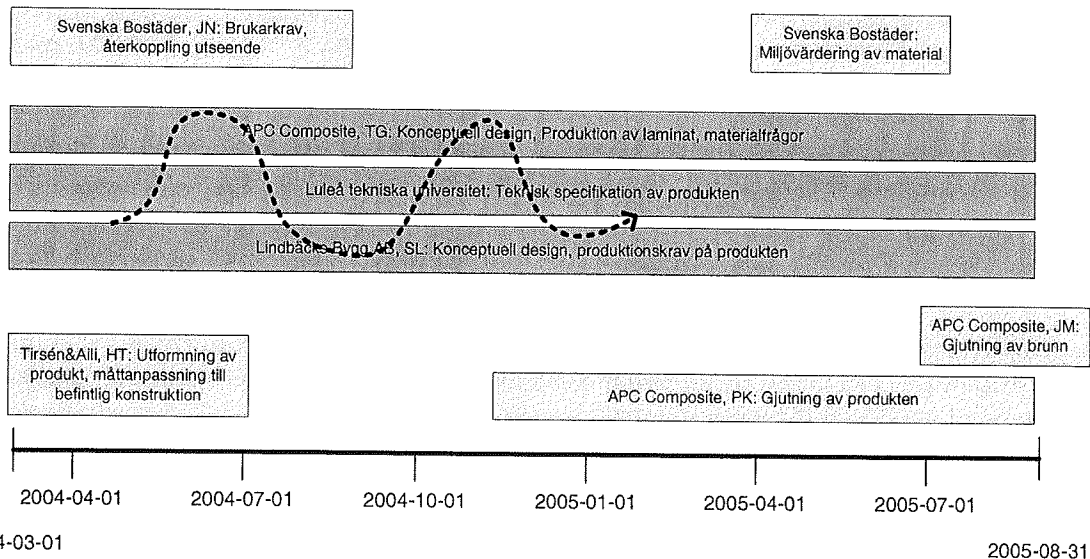
- Tord Gustafsson, APC Composite, Luleå
- Stefan Lindbäck, Lindbäcks Bygg, Piteå
- Helena Johnsson, Luleå tekniska universitet, Luleå

Under projektets gång har flera kompetenser kopplats till projektgruppen, vilka tidvis varit engagerade. I inledningen säkerställdes den arkitektoniska kvaliteten av Hans Tirsén, Tirsén&Aili, Luleå. Brukarkrav och erfarenheter bidrog Jan Nätterholm från Svenska Bostäder med. Svenska Bostäder har också engagerat sig i frågan om miljövärdering av de ingående materialerna i kompositen. De tekniska frågorna gällande gjutning av komposit svarade Per Karlsson, APC Composite för. Gjutform för golvbrunn och teknik för modulariserad form utreds av John Meiling, APC Composite.

2.2 Schematiskt genomförande

Projektet bedrevs i en concurrent engineering process där kompetenser tidvis knöts till projektet och bidrog med synpunkter som processades vid fasta avstämningar. Concurrent engineering betyder att flera kompetenser i produktionskedjan arbetar samtidigt på problemet. I byggbranschen är det ett vanligt förfarande att man arbetar i ett stafettlopp (arkitekt – konstruktör – entreprenör – förvaltare). Genom att arbeta parallellt med varandra kan man tidigare i projektet ta hänsyn till krav från produktion redan i den konceptuella fasen. Detta

leder till en snabbare produktutveckling och ett robustare resultat. I nedanstående figur beskrivs arbetsflödet:



Figur 2.1 Iterativ process enligt concurrent engineering med aktiva aktörer.

Den streckade pilen illustrerar iterationen mellan lösningar inom projektgruppen. Den konceptuella fasen i projektet pågick fram till 2004-05-01. Under denna tid definierades funktionskrav på produkten, redovisade under 2.3. Från 2004-06-01 gjordes tester på materialprover, både med avsikt att testa materialens gjutbarhet och bestämma de färdiga skivornas styvhet. Totalt 12 olika materialkombinationer testades ur båda aspekterna. 2005-02-01 återstod endast två alternativa material, varav ett alternativ betraktades som huvudspåret. Detta material verifieras nu med avseende på övriga funktionskrav. Fram till 2005-08-31 har inga problem uppstått med övriga funktionskrav, dock återstår fortfarande några krav att verifiera.

2.3 Konceptuell design

Själva konceptet avgränsades under de första två månaderna baserat på projektdeltagarnas yrkeserfarenhet:

- golvet gjuts i en enda form, till en början en handbyggd form, senare i en svetsad stålform. Beslutet togs för att till en början inte behöva använda en mer avancerad (och dyrare) lösning på formen.
- golvet antas ha en enda storlek, nämligen den som råder i de studentlägenheter som Lindbäck Bygg (LBAB) producerar. Skälet till detta är flerfald, dels är acceptansen för nya material avsevärt bättre hos en ung publik, dels är badrummen små i studentbostäder vilket gör det enklare att hantera golven produktionsmässigt och slutligen tillhör studentbostäderna en kategori där beställarna är väl kända och LBAB har goda kontakter med dessa.
- Det första golvet gjuts med epoxy som matris och glasfiber som fiberförstärkning med balsa- eller skumkärna. Epoxy är ett relativt billigt material med kända egenskaper för gjutning vilket gör det bra som "testmaterial". Målet är dock att kunna välja en annan matris längre fram i projektet för att undvika ev. negativa miljökonsekvenser.



Bakomliggande funktionskrav som projektet måste ta hänsyn till diskuterades i den konceptuella fasen:

1. styvheten för laminatet måste uppfylla kraven enligt GVK d.v.s. motsvara styvheten hos 22 mm spånskiva placerad på regler s 300. Om större s-avstånd används måste golvet förstärkas antingen med avjämningsmassa eller formstabil skiva (gips). Detta vill man undvika för att rationalisera den industriella produktionen av våtrumsmoduler.
2. Ljudkrav kan komma att bli ett problem. Detta är dock lösbart genom att använda en annan typ av isolering i bjälklaget och detta ses därför som ett krav som kan uppfyllas utan att ändra själva grundkonceptet och genomförs som en avslutande mätning. Inom ramen för föreliggande SBUF-projekt har detta ej genomförts, utan planeras till början av 2006.
3. Bjälklagets estetiska utformning kan styras genom att bädda in stenmaterial eller granulat i gjutformen alt. belägga ytan efteråt. Detta skapar obegränsade möjligheter att arbeta med mönster och färg på golvet och bidrar till att skapa friktion på ytan för att undvika halkrisken.
4. Golvet måste förses med genomföringar för avlopp för att passa i det nuvarande konstruktionssystemet hos Lindbäcks Bygg AB.
5. Golvet skall gjutas direkt med de fall och lutningar som föreskrivs för vattenavrinning (1:100 utanför duschen, 1:50 inne i duschen).
6. Miljökrav kring kompositmaterial måste utredas för att säkerställa produktens acceptans på byggmarknaden.
7. Brandkrav måste kontrolleras och ev. testas. Detta görs när krav på styvhet och produktion uppfyllts.
8. Materialens fuktgenomgångsmotstånd måste testas som en verifiering. Troligen bjuder inte denna punkt något problem eftersom kompositer används t.ex. för att bygga båtar och duschkabiner redan idag.

2.4 Produktutveckling

Produktutvecklingen har hanterats som en iterativ process med återkommande kontrollpunkter i form av möten där projektresultat avrapporterats. Under projektets gång har många förslag tagit upp till diskussion och många också förkastats:

- Modularisering av bjälklaget bör kunna åstadkommas genom att använda 5-7 olika delformar som monteras samman. En modularisering är nödvändig för att senare kunna frångå begränsningen att endast tillverka golv av endast en storlek. Tills vidare finansiering till projektet har kunnat skapas har dock modulariseringen lagts på sparlåga.
- Gjutformen kan utformas av komposit eller stål. En kompositform är lämplig under produktutvecklingen eftersom den har begränsad hållbarhet. En dubbel form för vakuumsugning är det bästa för att åstadkomma en bra yta. Kravet på vakuumsugning sätter dock en begränsning i valet av matris eftersom en låg viskositet är önskvärd för att klara av att suga matrisen från mitten av golvet ut till kanten, en sträcka på mer än 1 meter.
- Golvet bör ha vågrät underyta för att underlätta anslutningen till golvbalkarna. En lutande överyta är dock önskvärd för att åstadkomma golvets fall mot golvbrunn. I förlängningen kräver detta en kärna som går att forma till kilar.



- Golvet skall fästas i golvbjälkarna medelst limning. Mekaniska förband är svåra eftersom förbindarna penetrerar tätskiktet. Ett lämpligt lim skall tåla viss rörelse i fogen, men behöver inte vara höghållfast p.g.a. små belastningar. Ett sättlim är ett bra val för denna uppgift.
- Beläggningen på golven bör kunna utföras med PERAN en beläggning som normalt används för industrigolv. Ytan blir något skrovlig och kan framställas i önskad färg och mönster. Denna beläggning bör också öka brandmotståndet för produkten.
- Mönstret i golvbeläggningen formges med diagonala strukturer för att visuellt vika bort de eventuella veck som bildas p.g.a. olika fallriktningar i golvet.
- Golvbrunnen kan antingen gjutas direkt i gjutformen alt. delvis gjutas direkt i golvet och senare kompletteras med lösa delar. Ett tredje alternativ är att gjuta en lös golvbrunn och limma fast den i golvet. Brunnen är ett återkommande problem som kommer att kräva mycket energi att lösa.
- Anslutningar mot tröskel och vägg måste göras på ett smidigt sätt som blir både lätt att underhålla och enkelt att handha i produktionen. Problem kommer att uppstå med tjocklekar om man önskar ansluta golvet till väggar som bekläs med keramiskt material. Detta faller tillbaka på krympning av laminatet efter gjutning vilket orsakar toleransavvikelser på i storleksordning 1 mm/lpm. Ett annat problem är att få vakuumsugning att fungera om mycket små tjocklekar skall gjutas.

2.5 Verifiering

I den iterativa process som visas i figur 2.1 har en metod varit att använda sig av provbitar på kompositmaterial som sedan testats mot olika funktionskrav. Styvhetskravet från GVK har därvid använts som en första kontrollstation och inga materialkombinationer som ej passerat detta krav har testats i det följande. Valet av materialkombinationer har skett med punkterna i 2.2 som utgångspunkt. Följande kombinationer av material har testats:

1. epoxy med glasfibrer kring en kärna av balsa
2. epoxy med glasfibrer kring en kärna av PVC
3. polyester med glasfibrer kring en kärna av XPS
4. polyester med glasfibrer kring en kärna av polyuretan

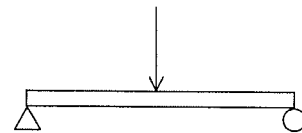
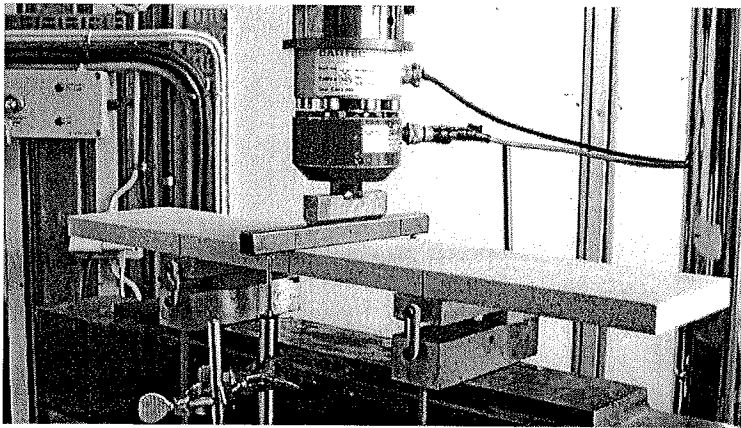
Efter tester på mindre skivor byggdes också ett helt prototypgolv. I detta läge var intresset riktat mot att verifiera anslutningarnas kvalitet efter gjutningen samt att utröna hur undersidan av golvet skulle konstrueras och då undersöktes möjligheten att skapa ett balkrost som styvar upp golvet på undersidan genom att gjuta in rillor på golvet undersida. Ett balkrost är ett system av korsande regler och är en gammal teknik för att skapa bjälklag med god styvhet utan att öka konstruktionshöjden på bjälklaget.

3 Resultat

Mötet mellan komposittillverkare och volymtillverkare resulterade i en utformning på golv som måste verifieras i sin helhet mot samtliga funktionskrav.

3.1 Materialval

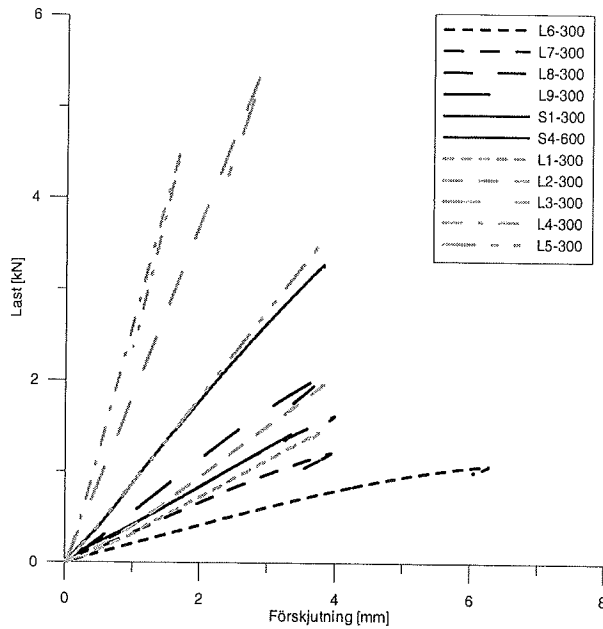
Sammanlagt 12 varianter (alt. 1-4 i olika tjocklekar och skiktantal) av olika kombinationer av laminat och kärnmaterial provades. Schematiska resultat över styvheten visas i figur 3.2. P.g.a. den vändning mot produktifiering och ev. patent som projektet tog (se kap. 1) redovisas inte de olika varianternas sammansättning fullständigt. Som referens användes styvheten för spånskiva på s 300 enligt GVK. Detta bestämdes medelst experimentella försök utförda på Testlab, Luleå tekniska universitet.



Figur 3.1 Försöksuppställning.

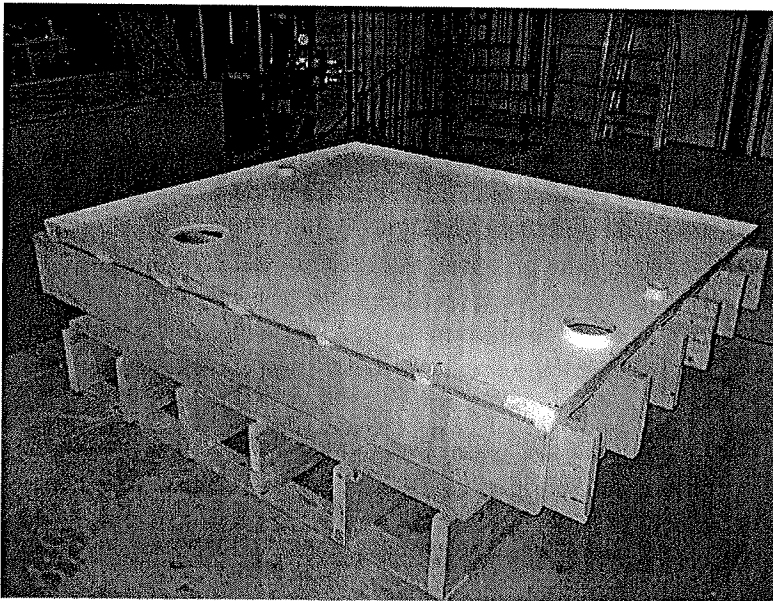
Provingarna visade att det är möjligt att komma upp i sådan styvhet att regelavståndet kan ökas från s 300 till s 600. Detta kräver dock så pass tjocka laminatskivor att det inte blir praktiskt hanterbart då golvets fall dessutom skapar en kontinuerlig höjning av golvet. Därför föreslås fortsättningsvis ett s-avstånd för reglarna på s 300. Som förstahandsval valdes kombinationen polyesterlaminat med PVC-kärna. Detta val baseras på god gjutbarhet (låg viskositet) för matrisen kombinerat med lågt pris för kärnmaterialet. Denna kombination visade sig ha fullt jämförbar styvhet med kravet från GVK vilket säkerställer funktionen även för en framtida beläggning med klinker.

Sammanfattningsvis kan sägas att av alternativen 1-4 är alt. 4 inte gångbart eftersom dessa material har för dålig vidhäftning till varandra. Vidare är alt. 1 inte gångbart i regelrätt produktion p.g.a. svårigheten att snedskära balsa för att skapa rätt fall i golvet. Av alternativen 2 och 3 är 2 den styvare skivan, medan 3 har en matris med goda gjutbarhetsegenskaper. Huvudspåret är tills vidare på alt. 3 med alt. 2 som möjlighet om något funktionskrav inte skulle uppfyllas av alt. 3. Funktionskrav 1 angående styvhet är uppfyllt.



Figur 3.2 Resultat från skivtestet.

Efter inledande tester på mindre skivor provgjöts ett fullständigt prototypgolv. Även detta testades för styvhet och intresset låg här primärt på att verifiera orienteringen av de rillor som byggts upp på golvet undersida för att skapa en vågrät undersida som kan vila på reglarna.



Figur 3.3 Provgjutning av prototypgolv i full skala.

Slutsatsen från testerna av det kompletta golvet visade att idén med balkrost bör överges p.g.a. svårigheter att skapa en fullgod infästning av golvet till reglarna med den lilla infästningsyta som står till buds med korslagda regler. Dessutom har balkrosten mindre inverkan på styvheten eftersom höjden på rillorna är mycket begränsad av kringliggande konstruktioner. Vidare är det möjligt att skapa fullgoda genomföringar för avlopp enligt funktionskrav 4. Slutligen visar provgjutningen av det fullstora golvet att det är fullt möjligt att skapa de lutningar som funktionskrav 5 föreskriver genom att skära PVC-kärnan direkt till rätt lutning.



Vidhäftningen för PERAN-beläggningen har testats enligt en certifierad metod av PERAN AB. Proverna visade fullgod vidhäftning även för industribelastning om man slipar golvet och belägger det med en viss primer. Detta verifierar funktionskrav 3.

3.2 Utformning

Golvet utformas med rundade hörn upp mot anslutningen mot väggelementet. Golvet avslutas med en tunn kant som dras upp under kaklet eller vårtrumsmattan som används som väggbeklädnad (uppsticket runt golvet i figur 3.3). Anslutning mot dörr genomförs likaledes med rundade kanter. För att hantera kraven på minsta nivåskillnad mellan golvytor måste en speciell tröskel tillverkas. Detta medför inga större problem eftersom utformningen är enkel och billig.

3.3 Produktionsmetod

Byggandet av prototypen medförde att produktionsprocessen för gjutningen kunde studeras närmare. Att skapa erforderliga fall mot golvbrunn direkt i formen visade sig fungera bra. Däremot frångicks idén om att lägga in golvbeläggning direkt i formen till förmån för att lägga på en beläggning efteråt. Detta berodde på att vakuumsugning fungerar bättre om man inte har material som ligger direkt i formen. Det visade sig i övrigt fungera bra med vakuumsugning av matrisen, däremot återstår vissa problem med golvbrunnen. Eftersom den har en komplicerad geometri blir gjutningen av denna detalj komplicerad och dyr. Detta medför stora kostnader för framställning av form (denna behöver en inre kärna). Just denna detalj i utformningen kommer därför att utredas noggrannare i ett kommande projekt.

3.4 Funktionskrav

Av stipulerade funktionskrav är kraven 1, 3, 4 och 5 uppfyllda. Dessutom föreligger en arkitektonisk utformning som säkerställer estetiska och funktionella krav på golvet yta. Vidhäftningen av golvbeläggningen till golvet yta har också säkerställts. Däremot har provningen av brandhärdighet, ljudisolering och fuktgenomgångsmotstånd (funktionskraven 2, 7 och 8) försenats p.g.a. problemen med att lösa gjutningen vilket medförde ett flertal byten av material sent i projektet. Första indikationer antyder att fukt/täthet inte kommer att vara ett problem. Ljud kan lösas med rätt isolering i kringliggande konstruktion. Brand skall testas av Träteknik enligt standard för golvbeläggningar. Arbete med funktionskravet kring miljö (no. 6) har påbörjats och rapportering bör ske under september 2005.

4 Slutsats

Projektet nuvarande status kan sammanfattas i följande punkter:

- en prototyp till badrumsgolv föreligger
- golvet utformning är klar förutom utformningen av golvbrunnen som drivs vidare i ett separat projekt
- funktionskraven styvhet, estetik, utformning med fall och vidhäftning har säkerställts, medan brand, ljud, miljö och fukt återstår. Under hösten 2005 bör de återstående 4 funktionskraven kunna verifieras.

Projektet går vidare med detaljutformning av brunnslösningen, med modulariseringsfrågor för att skapa badrumsgolv av varierande storlekar samt med den slutgiltiga anpassningen till industriell produktion vad beträffar leveranssäkerhet och kvalitet.