

Summering av 'Guide till skumbetong för geotekniska applikationer'



Om CP Tech Cente

Uppdraget för CP Tech Center vid Iowa State University är att samla viktiga aktörer inom transportsektorn för att utveckla betongbeläggning genom forskning och spridning av ny teknik.

Om PCA

Portland Cement Association (PCA) är en ideell organisation som grundades 1916 och som betjänar USA:s cementtillverkare genom politik, forskning, utbildning och marknadsinformation. PCA:s medlemmar representerar 91 procent av USA:s cementproduktionskapacitet med anläggningar i alla 50 delstater. PCA främjar säkerhet, hållbarhet och innovation i alla aspekter av byggverksamhet, främjar ständiga förbättringar av tillverkning och distribution av cement och främjar i allmänhet ekonomisk tillväxt och sunda infrastrukturinvesteringar.

Friskrivningsklausuler

Varken Iowa State University eller Portland Cement Association eller detta dokumentets författare, redaktörer, designers, illustratörer, distributörer eller tekniska rådgivare gör några utfästelser eller garantier, uttryckta eller underförstådda, om riktigheten av informationen häri och fransäger sig ansvar för eventuella felaktigheter.

Denna publikation tillhandahålls endast för fortbildning av kvalificerade yrkesverksamma. Denna publikation bör endast användas av kvalificerade yrkesmän som har alla nödvändiga licenser, som är kompetenta för att utvärdera betydelsen och begränsningarna av den information som tillhandahålls häri, och som tar fullt ansvar för tillämpningen av denna information.

Technical Report Documentation Page

1. Report No. PCA Special Report SR1008P	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.
--	------------------------------------	-----------------------------------

4. Title and Subtitle Guide to Lightweight Cellular Concrete for Geotechnical Applications	5. Report Date January 2021
	6. Performing Organization Code
7. Author(s) Scott Taylor and Greg Halsted	8. Performing Organization Report No.
9. Performing Organization Name and Address National Concrete Pavement Technology Center Iowa State University 2711 South Loop Drive, Suite 4700 Ames, IA 50010-8664	10. Work Unit No.
	11. Contract or Grant No.
12. Sponsoring Organization Name and Address Portland Cement Association 200 Massachusetts Avenue NW, Suite 200 Washington, DC 20001	13. Type of Report and Period Covered Guide
	14. Sponsoring Agency Code
15. Supplementary Notes Visit https://cptechcenter.org for color pdfs of this and other publications.	
16. Abstract Det primära syftet med denna guide är att ge information om material, egenskaper, utformning, korrekt hantering och användningsområden för skumbetong i geotekniska applikationer. Skumbetong är en blandning av portlandcement och vatten, kombinerat med förformat skum som skapar lufthåligheter. Resultatet är ett starkt, lätt, hållbart och kostnadseffektivt alternativ till jord- eller fyllnadsmaterial i många geotekniska sammanhang. Dess låga vikt minskar markens sättningar och förbättrar både bärighet samt den statiska och seismiska stabiliteten i exempelvis slänter och bankar. Eftersom skumbetong är mycket flytbar kan den effektivt och säkert placeras i trånga eller svåråtkomliga utrymmen, såsom rör, diken, tunnlar, väggfyllningar och andra områden där det annars är svårt – eller omöjligt – att använda traditionella fyllnadsmaterial. Dessa egenskaper gör skumbetong till en kostnadseffektiv lösning för många geotekniska projekt. Även om detta dokument inte täcker alla detaljer för enskilda projekt, innehåller det användbar information för byggproffs och konstruktörer om användningen av skumbetong i geotekniska tillämpningar, inklusive typiska användningsområden, konceptuell vägledning och utformningsprinciper. De applikationer som presenteras i denna guide har visat god långsiktig prestanda och bidrar till kostnadseffektiva lösningar och förbättrad säkerhet i projekt runt om i Nordamerika. Guiden innehåller även exempel på hur man förbereder blandningsdesign och fältinstallation, samt geoteknisk utvärdering, projektering, byggnation och fälttestning av skumbetong. Den understryker vikten av geoteknisk tillsyn från projektets start, genom designstadiet och under byggskedet, för att säkerställa att det uppfyller sitt avsedda syfte.	

Sammanfattning

Syfte och innehåll

Denna guide är framtagen för att ge byggproffs och konstruktörer tydlig information om material, egenskaper, design, hantering och användningsområden för lätt skumbetong i

geotekniska projekt. Den innehåller praktiska exempel, vägledning och designprinciper för vanliga tillämpningar.

Guiden omfattar **inte** användning av skumbetong för:

- takdäckssystem
- autoklaverad lättbetong (till prefabricerade element)
- lätt konstruktionsbetong för att minska egenvikt
- mycket låg- eller högdensitets skumbetong (under 800 kg/m³ eller över)

Bakgrund

Skumbetong började användas i golvkonstruktioner i Europa och USA i början av 1900-talet och patenterades 1934. Sedan dess har användningen ökat kraftigt och skumbetong används idag i många typer av projekt.

Vad är skumbetong?

Skumbetong är en blandning av portlandcement och vatten som blandas med ett förformat skum. Skummet skapar luftporer som ger betongen dess lätta, starka och hållbara egenskaper. Det är ett kostnadseffektivt alternativ till jord- eller fyllnadsmaterial i geotekniska tillämpningar. Dess låga vikt minskar marksättning och förbättrar både bärighet och stabilitet vid exempelvis slänter.

Eftersom blandningen är mycket flytande kan den lätt placeras i trånga utrymmen som rör, diken, tunnlar och bakom stödmurar – områden där traditionell fyllning är svår eller omöjlig att applicera.

Innehåll i guiden

Guiden ger praktiska exempel på:

- förberedelse av blandningar
- fältinstallation
- geoteknisk utvärdering och design
- byggnation och tester i fält

Den betonar också vikten av geoteknisk kontroll från projektstart till färdig konstruktion för att säkerställa att projektmålen uppnås.

Nyckeln till en fungerande skumbetong

En stabil och jämn cellstruktur är avgörande. Den skapas genom att luftbubblor införlivas i blandningen via det förformade skummet.

Fördelar

De fyra främsta fördelarna med skumbetong för geotekniska applikationer är följande:

- Betydligt lättare än jord eller kross
- Mycket flytande och kan fylla utrymmen av alla storlekar och former
- Ofta billigare än många alternativa system
- Kan påskynda byggtiderna

Skumbetong har låg vikt, vilket minskar markens sättningar och förbättrar bärligheten samt den statiska och seismiska stabiliteten i slänter och bankar. Den är särskilt effektiv som lättfyllning ovanpå mjuka, komprimerbara jordar.

Eftersom skumbetong är mycket flytande – även över långa sträckor – kan den enkelt och säkert placeras i trånga eller svåråtkomliga utrymmen som rör, diken, tunnlar, bakom stödmurar och andra områden där komprimerad jordfyllning är svår eller omöjlig att använda.

Dessa egenskaper gör skumbetong till ett kostnadseffektivt alternativ i många typer av projekt. Dessutom går det snabbt att placera den, och härdningstiden är kort, vilket snabbar upp byggprocessen.

Ytterligare fördelar med skumbetong:

1. Bevarar form och volym
2. Ger värmeisolering
3. Tål frost och upptining
4. Självnivellerande vid placering
5. Dämpar vibrationer och energi
6. Justerbar densitet, hållfasthet och permeabilitet
7. Kan grävas upp och återanvändas
8. Är obrännbart
9. Tillgång till råmaterial lokalt
10. Lätt att pumpa
11. Goda dynamiska egenskaper
12. Lägre transportkostnader och utsläpp
13. Ökad säkerhet för personal vid hantering

Den här guiden går igenom områden inom geoteknik där skumbetong har använts framgångsrikt. Den lyfter fram materialets egenskaper, funktioner och fördelar. Skumbetong har visat god långsiktig prestanda och erbjuder kostnadseffektiva, säkra lösningar för projekt i hela Nordamerika.

Skumbetong som lätt förstärkningslager och vägfyllning

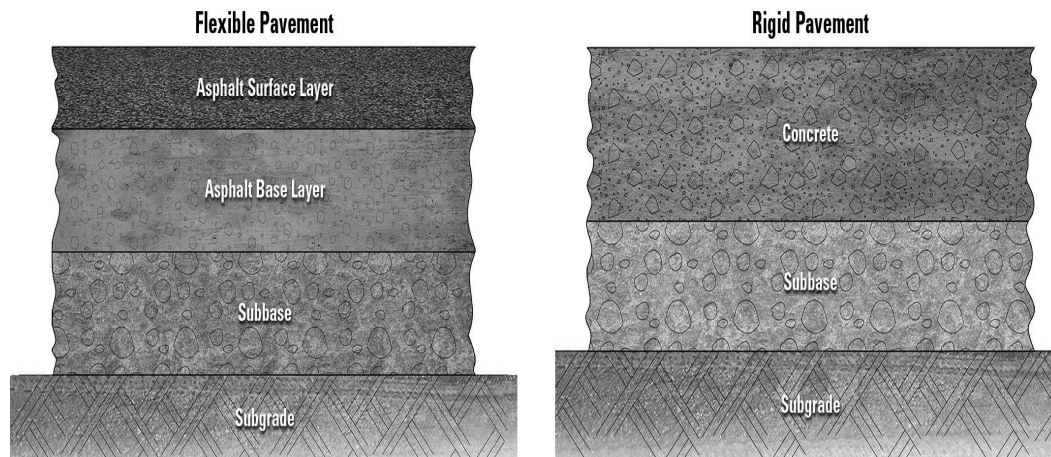
Moderna vägkonstruktioner består oftast av en asfaltbeläggning som vilar på ett förstärkningslager (t.ex. krossad sten eller stabiliserat material), ovanpå en kompakterad jordbädd (se figur 1.1).

Dessa konstruktioner fungerar bra där marken är stabil. Men i områden med svaga markförhållanden – t.ex. mjuka, svällande eller reaktiva jordar – kan ett lätt och starkt lager av skumbetong förbättra bärligheten och minska problem. Det viktigaste skälet att använda skumbetong i dessa fall är att minska vikten på undergrunden.

Jordförskjutningar uppstår ofta när för stor last läggs på svaga jordar. Genom att använda skumbetong som helt eller delvis ersättning för bärlagret kan man minska belastningen på undergrunden – och ibland helt eliminera den extra lasten.

Geotekniker beräknar vägens tjocklek, viktnedgång och släntstabilitet baserat på laborietester. De använder representativa materialegenskaper och enhetsvikter för både jord och byggmaterial. I beräkningarna måste man även ta hänsyn till förändringar i väghöjd och grundvattennivå som kan ske över tid, till exempel vid årstidsväxlingar eller på grund av dräneringsåtgärder under och efter byggprojektet.

1.1



1.2

Fördelarna med denna geotekniska lösning för vägar på mjuka jordar börjar med dess förväntade långsiktiga stabilitet och minimala sättningar. Genom att använda ett lätt, cementbaserat material med en tryckhållfasthet som är 5 till 10 gånger högre än traditionell komprimerad jord eller grus, får man både bättre bärrighet och minskad belastning på undergrunden.

Denna lösning ger ett starkt, självbärande material som förbättrar vägkonstruktionens livslängd och minskar risken för stora sättningar (se figur 1.2).

En annan fördel är att skumbetong oftast går snabbare och enklare att installera än andra alternativ, vilket sparar både tid och pengar. Till skillnad från lösningar som kräver tunga ballastlager och lång konsolideringstid, kan skumbetong placeras direkt.

Dess flytande och självnivellerande egenskaper gör att den inte behöver packas eller jämnas ut, vilket minimerar behovet av extra maskiner och arbetskraft.

Att använda skumbetong i detta sammanhang är också miljövänligt. En enda last torrcement kan ge upp till 300 m³ skumbetongfyllning, jämfört med bara 8–11 m³ för jord- eller grusmaterial. Det innebär färre transporter, vilket minskar CO₂-utsläpp, trafikbelastning, vägbeläggningsslitage och buller, samt sparar på naturresurser.

Brotillfarter är upphöjda vägpartier som leder fram till brofästet. När dessa byggs med skumbetong ställs höga krav på utformningen, särskilt eftersom grunden ofta lutar.

Foto: skumbetong används på en infartsbank till en bro



Marken under vägar och broar kan sätta sig olika, vilket ofta leder till en nivåskillnad vid övergången mellan väg och bro. Det kan skapa säkerhetsrisker, försämra komforten och öka slitaget samt underhållskostnaderna.

Ungefär 25 % av broarna i USA har problem med övergångar, och 9 % är i dåligt skick. Många drabbas av sättningar vid infarten. Skumbetong kan minska dessa problem genom att avlasta marken och minska behovet av omfattande markförstärkningar.

När skumbetong används som fyllning vid stödmurar och landfästen minskar sidobelastningen, vilket möjliggör enklare och billigare konstruktioner. Det kan ge stora besparingar i både material och arbetskostnader.

Skumbetong har använts framgångsrikt i många projekt, särskilt vid stora konstruktioner som godstågsövergångar. Där kombineras materialet ofta med prefabricerade betongelement som ersättning för traditionell lättfyllning, både i konstruktion och markarbete.



Fyllning av tomrum och hålrum

Skumbetong används ofta tack vare sin höga flytbarhet. Luftbubblorna fungerar som små kullager och gör att materialet lätt rinner in i tomrum och hålrum. När hålrummen är tömda på vatten kan skumbetong pumpas långa sträckor genom slang, vilket gör det enkelt att installera även på svåråtkomliga platser.



Fyllning av övergivna rör och trummor

Gamla underjordiska rör som inte längre används behöver ibland fyllas för att undvika säkerhetsrisker och sättningar. Istället för att gräva upp dem kan man fylla dem med skumbetong. Den blandas på plats och pumpas in genom öppningar som installatören gjort.

För att hålla skumbetongen på plats används skott, som också tätar rören. Efter att vatten tagits bort från röret pumpas skumbetongen in från ena sidan. Den fyller hela röret och trycker ut luften genom ventilationsrör vid de högsta punkterna.

Fyllningen måste gå snabbt eftersom betongen börjar härda efter några timmar – vanligtvis inom fyra timmar om man inte använder fördröjande tillsatser. En vanlig fyllhastighet är cirka 75 m³ per timme, vilket gör att rör på upp till 300 m³ kan fyllas i ett steg. Hur mycket som kan fyllas beror dock på utrustning, temperatur och tillsatser.

Andra material som sand eller flytande fyllning (cement, sand och ibland flygaska) kan också användas, men de är ofta svårare att pumpa och kräver ibland extra grävning – vilket gör dem dyrare. Skumbetong är enklare att installera, ger jämnare resultat och är lättare att ta bort om man senare behöver gräva upp området.

Grundfyllningar

Ibland behöver mark eller grunder fyllas igen på grund av sättningar eller håligheter. Då kan skumbetong användas för olika typer av grundfyllningar, beroende på syftet. Några exempel:

1. **Fyllning runt byggnader** – När nya byggnader byggs nära hål i marken, kan skumbetong enkelt fylla ut mellanrummet efteråt.
2. **Minska sättningar** – Marken grävs ur och ersätts med skumbetong innan grunden byggs ovanpå.
3. **Trånga utrymmen** – Vid reparationer i svåråtkomliga platser, som källare, kan skumbetong pumpas in på långt avstånd.
4. **Isolering** – Ett lager skumbetong kan läggas under grunden för att ge bättre isolering mot marken.

Fyllningar som höjer marknivån vid kusten liknar vanliga grundfyllningar men görs ofta på sluttande mark. Skumbetong passar bra för att bygga väggar och skydd mot vågor och stigande havsnivåer. Vid sådana konstruktioner behöver man ta hänsyn till både formen och risken för att materialet flyter upp. Skumbetong är även ett praktiskt och effektivt alternativ vid grundläggning i många typer av projekt.



System för att fånga upp energi

I denna applikation används skumbetongblock eller paneler som ett kinetiskt energiavledande system, även om den i huvudsak utgör en skenande ramp för flygplan (se bild ovan). En bädd av skumbetong har byggts i slutet av landningsbanor för att minska skador om ett flygplan kör av banan. Denna lösning har godkänts av USA:s luftfartsmyndighet (FAA) och används på många flygplatser. Det krävs dock flera års design, tester och godkännanden innan sådana färdiga delar får börja tillverkas.

Stödmurar och prefabricerade vägghpaneler

Skumbetong är ett bra val som lättfyllning bakom stödmurar, särskilt när man bygger höga, smala konstruktioner. När den används med färdiga vägghpaneler anpassas konstruktionen efter markförhållandena. I dag beräknas skumbetong ofta som vanlig jord utifrån vikt och friktion. Även om dess hållfasthet inte tas med i beräkningarna, ger den ändå extra säkerhet i praktiken.



Färdiga betongväggar används ofta ihop med skumbetong vid uppfyllnader. Väggarna är vanligtvis armerade med metall eller plast som går in i fyllningen bakom. De testas separat men följer också reglerna för förstärkta jordväggar. I designen behandlas skumbetong som jord, med fokus på vikt och friktion. Metoden är kostnadseffektiv, särskilt på mjuk mark, vid snabba byggen eller där det finns ledningar eller byggnader nära

Reparation av jordskred och stabilisering av slänter

Jordskred kan vara snabba och farliga och är svåra att hantera. Vid mindre skred kan traditionella metoder som grävning och omformning fungera. Men vid stora skred är det ofta för dyrt eller omöjligt att ta bort all instabil jord. Ett alternativ är att stabilisera platsen med exempelvis stödkonstruktioner eller dränering.

Ett annat sätt är att använda skumbetong i övre delen av skredområdet för att minska trycket från jordens tyngd. Genom att ersätta jordmassan med lättare skumbetong minskar belastningen och risken för nya skred.



Fyllning med kontrollerad densitet

Kontrollerad fyllning med flytande material, som exempelvis flytbar betong eller slamslam, används ofta i stället för packad jord vid fyllning av diken eller under grunder. Dessa produkter levereras färdigblandade från betongleverantörer över hela landet.

Flytbara fyllningar som skumbetong har en hållfasthet mellan 0,34 och 1,03 MPa – starkare än jord, men ändå lätt att gräva i med vanlig utrustning. Skumbetong fungerar bra i många av samma användningsområden som andra flytbara fyllningar och blir mer kostnadseffektiv ju mer som används.

När man jämför skumbetong med andra alternativ bör man tänka på:

- Pris
- Hur lätt den flyter ut
- Avstånd till betongfabrik
- Tillgång till vatten
- Pumpbehov
- Flytkraft vid fyllning
- Projektets storlek
- Hur snabbt det måste gå
- Hur lätt det är att komma åt platsen



Fysikaliska egenskaper

Skumbetong består vanligtvis av cement, vatten och luft som blandas med förskummat skum. Genom att justera blandningen kan man anpassa materialets egenskaper. Ibland tillsätts också andra ämnen som flygaska, slagg eller ballast för att påverka styrka och flytförmåga.

Sådana ändringar gör det svårare att förutsäga hur materialet beter sig. De tekniska egenskaperna bygger på många års forskning. Det är viktigt att välja rätt blandning för varje projekt.

Densitet (vikt per volym) är en viktig del i kvalitetskontrollen av färsk skumbetong. Man tar prover direkt från slangen under gjutning och mäter densiteten enligt en standardmetod.

Den uppmätta våta densiteten används sedan som underlag i projektets specifikationer. Prover bör tas inom 30 minuter efter gjutning för att säkerställa att resultatet stämmer med designen och att inga luftfickor påverkar värdet.

Inom 8–24 timmar stelnar skumbetong från flytande till fast form, beroende på väder och blandning. Den slutliga densiteten är ofta nära den man mätte vid gjutning, men kan bli något lägre på grund av vatten som avdunstar. Fukthalten kan förändras över tid, men den fasta massan är stabil.

För att minska fuktpåverkan kan en tät yta behövas, och tätmaterial ska vara godkända för användning med skumbetong.

Densitet på plats:

Begreppet "torr densitet" bör inte användas för skumbetong eftersom det kan misstolkas. Geotekniker är ofta intresserade av hur mycket materialet väger på lång sikt, men installatören kan bara kontrollera densiteten vid gjutning. För att hantera förändringar i fukthalt kan man använda tätning, lutning och dränering.

Torr densitet:

Ugnstorr densitet kan vara användbar, men mäts sällan om det inte efterfrågas. Det är inte rekommenderat att ugnstorka prover av skumbetong inför tester av tryckhållfasthet, men metoden kan ändå användas för att räkna ut gjutdensiteten.

Under härdningen ökar ugnstorr densitet något, men efter att cementen har härdat helt förblir den stabil under hela skumbetongens livslängd.

Viskositet

En stor fördel med skumbetong är att den är lättflytande, vilket gör det enkelt att fylla långa sträckor och få en jämn yta. Flytbarheten beror mest på vattenhalten, men även luftbubblorna i materialet hjälper till – de fungerar som små kullager.

Flytbarheten mäts ibland med metoder som egentligen inte passar för skumbetong, till exempel standarder för tyngre betong från US Army Corps of Engineers eller ASTM. Dessa metoder är anpassade för material som är mycket tyngre än skumbetong. Eftersom skumbetong är lätt rinner den inte på samma sätt, vilket gör att testerna ofta visar att den är trögflytande – trots att den inte är det.

Det bästa sättet att kontrollera skumbetongens flytbarhet är att mäta pumptrycket när den trycks genom en slang. Maxgränser för tryck bör anpassas till varje projekt och kontrolleras under arbetet. Även pumptiderna bör övervakas noga, särskilt i trånga utrymmen som gamla rör eller smala håligheter.

Skumbetong blir tunnare när den rörs om, men återgår till tjockare form när den får vila. Det beror på hur partiklarna reagerar i blandningen över tid. Vid kontinuerlig pumpning behåller skumbetong sin flytbarhet längre, men det finns en gräns.

Om den pumpas för länge kan materialet börja separera – cementet sjunker och skummet stiger upp. Då bildas ett skikt av skum högst upp, vilket är ett tecken på att blandningen blivit instabil. Dessa delar måste tas bort och ersättas.

Lateralt vätskestryck

Skumbetong läggs ut som en vätska. Under gjutningen uppstår ett tryck som beror på materialets vikt. Om skumbetong används bakom en vägg måste väggen klara det våta trycket. Den gjuts ofta i skikt på cirka 1,2 meters höjd, men tjockare eller tunnare lager förekommer också. När skumbetongen stelnat försvinner trycket, och formen kan tas bort när massan är helt fast.

Tid

Skumbetong är en typ av betong och påverkas av samma saker som vanlig betong – till exempel omrörning, temperatur och hur blandningen är gjord. Den är tixotrop, vilket betyder att den blir mer flytande när man rör om den.

Liksom med vanlig betong behöver skumbetong hållas i rörelse för att behålla sin flytbarhet. I stora, stillastående fyllningar – som grundläggningar – börjar materialet ofta stelna efter 2 till 4 timmar. Om ytan inte rörs kan delar börja stelna innan hela fyllningen är klar.

I rör fylls hela massan under tryck, så materialet stelnar inte förrän pumpningen stoppas. Om det är viktigt att ha kontroll på hur snabbt skumbetongen stelnar, bör man ta hänsyn till blandningens sammansättning, storlek på ytan som fylls och vilka metoder som används. Ett vanligt sätt att hantera detta är att dela upp fyllningen i mindre sektioner eller använda tillsatser som fördröjer härdningen.

Härdade egenskaper

När skumbetong har härdat är det framför allt densitet och tryckhållfasthet som används för att bedöma hur den fungerar i konstruktionen. Dessa egenskaper bör mätas vid varje projekt. Andra egenskaper, som luftinnehåll, vattenupptagning och elasticitet, testas bara om konstruktören kräver det.

Efter 8 till 24 timmar har skumbetong härdat och får ett utseende som liknar pimpsten eller vulkanisk sten. Den är grå och består av cement blandad med små, runda och stabila luftbubblor – ungefär 1 mm i diameter.

Storleken på luftbubblorna i färsk skumbetong beror på hur den blandas och vilka material som används. Materialet känns lätt i handen, och skillnader i densitet märks tydligt. När den stelnar skapas en stark struktur där luftbubblorna syns med blotta ögat. Den härdade skumbetongen kan kännas torr eller fuktig beroende på hur mycket vatten som finns kvar.

Styrka

Skumbetong är mycket stark jämfört med jord och grus som den ofta ersätter.

Egenskaperna hos skumbetong bör alltid testas innan användning, eftersom styrka och hållbarhet påverkas av många saker – som cementtyp, densitet, skummets kvalitet, blandningsmetod, temperatur och tillsatser. Trots att skumbetong bara innehåller cement, vatten och luft finns det många sätt att påverka slutresultatet.

Eftersom det finns så många sätt att blanda materialet, går det inte att enbart använda tabeller och formler för att göra rätt val. Informationen i dokumentet är bara vägledning. Ingenjören bör alltid testa blandningen och samarbeta med installatör eller tillverkare för att hitta rätt lösning.

En studie i Kalifornien undersökte över 3 000 prover av skumbetong under olika förhållanden. Resultaten visade att styrkan kunde variera mycket även vid samma densitet – ibland med upp till tre gånger. Det är ofta okej för markfyllningar där bara en minsta styrka krävs, men inte för konstruktioner där styrkan måste vara exakt.

Syftet med studien var att se om man kan få ett stabilt och upprepat resultat från en blandning. Genom att testa 60 prover från samma sats visade man att det är möjligt att få jämn styrka om alla blandningsfaktorer hålls konstanta.

Studien testade 60 prover av skumbetong, uppdelade i sex grupper med olika metoder för härdning. Några fick svaveltak, andra inte, och grupperna härdades vått, torrt eller enligt standarden ASTM C495.

Alla grupper gav stabila resultat, vilket visar att en jämnt blandad skumbetong ger förutsägbar styrka. Det viktigaste resultatet var att härdningsmetoden påverkar styrkan. De prover som härdades enligt ASTM C495 blev nästan dubbelt så starka som de andra. Det visar hur viktigt det är att följa rätt metod när man testar tryckhållfasthet i laboratorium.

Kohesion (förmågan att hålla ihop sig själv) och friktionsvinkel

En studie testade skumbetong med olika densiteter i labb och mätte hållfasthet, genomsläpplighet och jordtryck. Resultaten visade att vissa egenskaper – som tryckhållfasthet – beror på hur tungt materialet är.

Men friktionsvinkel (hur mycket materialet ”tar emot” glidning) och kohesion (hur bra det håller ihop av sig självt) var stabila oavsett vikt. I testerna låg friktionsvinkeln på 35° och kohesionen på 36 kPa.

Elasticitet

Forskare har tagit fram formler som kopplar ihop skumbetongens densitet eller tryckhållfasthet med hur styvt materialet är (elasticitetsmodul). Tabell 2.3 visar en sammanställning av dessa.

Man kan också mäta hur materialet beter sig när det trycks ihop (spännings-töjningskurva) för att kontrollera om formlerna stämmer. Resultaten stämmer bra med tester som gjorts på blandningar, bland annat i studien från Kalifornien.

Luftinnehåll

En typisk skumbetong med densitet 481 kg/m³ innehåller ungefär 70–75 % luft. I vissa projekt krävs att luftinnehållet mäts. Vanliga metoder för betong fungerar inte här, eftersom luftmängden är mycket större.

I stället kan man räkna ut luftinnehållet genom att jämföra gjutdensiteten med densiteten hos cement och vattenblandningen. Det finns även formler (t.ex. från ASTM C796) som kan användas för att uppskatta luftinnehåll. En noggrannare beräkning kan också ta hänsyn till skummets egen densitet.

Torkning/Krympning

Alla cementbaserade material krymper något när de torkar. För skumbetong kan krympningen vara upp till tio gånger större än för vanlig betong. Det beror på att skumbetong inte innehåller grus och sand som bromsar krympningen – den innehåller istället luftfyllda hålrum som låter materialet röra sig mer fritt.

Krympningen minskar om man använder mindre vatten i blandningen eller skyddar materialet från att torka ut. Högre densitet ger också mindre krympning.

I markfyllningar märks krympning sällan, eftersom jorden runt om hindrar uttorkning. Om krympning ändå är ett problem kan man täcka ytan eller tillföra vatten. I de flesta fall ligger krympningen mellan 0,5 % och 1,0 %, men blandningen bör testas innan installation om det finns oro för detta.

Genomsläplighet/ Uppsugningsförmåga

Forskningen om hur vatten rör sig genom skumbetong har blivit bättre på senare år. Man trodde tidigare att skumbetong nästan inte släpper igenom vatten alls. Men nya studier visar att helt vattenmättad skumbetong faktiskt kan släppa igenom vatten snabbt – medan torr skumbetong knappt släpper igenom något alls.

Skillnaden beror på hur materialet först blir blött. Ett helt torrt prov suger först snabbt åt sig vatten i ytan, men fyller tomrummen mycket långsamt. Därför bör man testa detta noggrant om man behöver veta exakt hur vatten rör sig i materialet.

För att förstå vattenflödet i skumbetong kan det ibland vara bättre att prata om **sorption** – alltså hur mycket fukt materialet kan suga upp och hålla kvar – snarare än **permeabilitet** (hur mycket vatten som passerar rakt igenom). Ingenjörer som behöver mer exakt information rekommenderas att läsa vidare om detta i forskningslitteratur.

Värme av hydrering

Skumbetong består av cement, vatten och luft (luften tillsätts genom ett särskilt skummedel). När cementen härdar sker en kemisk reaktion som avger värme – detta kallas för hydratiseringsvärme och är en vanlig del av processen när cement stelnar.

När skumbetong härdar sker en kemisk reaktion som avger värme. Denna reaktion startar 2–4 timmar efter gjutning, och temperaturen kan stiga mycket – ibland upp till ca 38–66 °C. Hur varm den blir beror på hur mycket cement som används, hur tät blandningen är och hur stor gjutningen är.

Det är viktigt att tänka på detta om man till exempel lägger plastledningar i skumbetong – de kan påverkas av värmen. Öppna gjutningar släpper ut mer värme och blir inte lika varma.

En studie visade att cementmängden är det som påverkar temperaturen mest, men även skummängd och fyllnadsmaterial har effekt. Mer skum eller flygaska (ett lätt fyllmedel) sänker temperaturen genom att bromsa reaktionen.

Det finns formler och tabeller (som Tabell 2.5) som kan användas för att räkna ut ungefär hur varm skumbetongen kan bli i ett projekt.

I studien används ugnstorr densitet för att räkna på hur mycket värme skumbetongen utvecklar när den härdar. Genom att veta blandningens egenskaper kan man räkna ut hur mycket värme som uppstår och hur snabbt den sprids.

Först räknar man ut ett värde som kallas **termisk diffusivitet** (α), som visar hur snabbt värmen rör sig genom materialet. Formeln ser ut så här:

$$\alpha = \lambda_v \div (C_v \times \rho_v)$$

Där:

- λ_v är hur bra materialet leder värme
- C_v är hur mycket värme materialet kan lagra
- ρ_v är materialets densitet (vikt per volym)

Enheten för varje del kan omvandlas till andra mått (som BTU eller lb/ft³) om man jobbar i andra system.

Efter det kan man räkna ut hur varm skumbetongen kan bli i ett visst projekt, beroende på hur stor gjutningen är. Man förenklar ofta ytan som en kub för att kunna göra beräkningen.

Formeln visar hur man kan räkna ut den högsta temperaturen som skumbetong kan nå inne i en tät form (som en låda). Resultatet beror på flera faktorer:

- **Cementmängd:** Ju mer cement, desto mer värme bildas.
- **Volym:** Större volym ger mer värme.
- **Fyllmedel:** Mer fyllmedel (som sand eller flygaska) dämpar uppvärmningen.
- **Yta:** Ju större yta som är i kontakt med omgivningen, desto mer värme försvinner.
- **Värmeegenskaper:** Blandningens förmåga att leda och lagra värme påverkar hur snabbt temperaturen ökar.

Det betyder att man redan i designstadiet kan uppskatta hur varm skumbetongen kommer bli, vilket är viktigt om t.ex. plastledningar gjuts in i materialet.

Forskare (Tarasov m.fl. 2010) jämförde temperaturer som faktiskt uppmätts i skumbetong med temperaturer som beräknats med en formel. De fann att beräkningarna stämde bra – ungefär 89 % av variationen kunde förklaras. Om man isolerat formen bättre hade träffsäkerheten blivit ännu högre.

Även om modellen främst gäller i labb, visar den tydligt att **cementmängd och gjutvolym** är de viktigaste faktorerna för hur varm skumbetong blir när den härdar.

Det behövs mer forskning, men formeln fungerar ändå bra som en uppskattning för hur hög temperaturen kan bli.

Trots att skumbetong utvecklar mycket värme när den härdar rapporterades inga problem med sprickor – vilket ofta händer med vanlig betong. Därför behövs inga särskilda åtgärder för att hantera temperaturskillnader mellan yta och kärna, vilket man ofta måste göra vid stora betonggjutningar.

Värmeledningsförmåga

Skumbetong leder vanligtvis värme sämre ju lättare den är – det vill säga, låg densitet ger bättre isolering. Redan i början av 1900-talet försökte uppfinnare runt om i världen få patent på skumbetong just för dess isolerande egenskaper.

Det har gjorts många försök att använda skumbetong som isolering i väggar, golv och tak. Men eftersom skumbetong tillverkas på många olika sätt och med olika ingredienser, varierar också isoleringsförmågan mycket.

Därför är det viktigt att alltid testa den lokala produkten innan installation, så att den uppfyller de isoleringskrav som projektet kräver.

Skumbetong leder värme mycket sämre än vanlig betong, vilket gör den till ett bra isolerande material. Vanlig betong har ofta 3–5 gånger bättre värmeledning än skumbetong.

En stor studie i Malaysia visade att skumbetongens värmeegenskaper påverkas av hur blandningen är gjord – till exempel hur mycket flygaska, kalk och fibrer som ingår, samt hur tung eller lätt blandningen är.

R-värde är ett mått på hur bra ett material isolerar. Ju tjockare materialet är, desto högre R-värde – och alltså bättre isolering.

Skumbetong som innehåller mycket vatten visar lägre isoleringsvärde vid test. Men om materialet torkas först (som i en ugn), blir värdet mycket högre.

Därför beror skumbetongens isoleringsförmåga på hur torr den är. Ligger den i marken och är fuktig under lång tid, isolerar den sämre än om den får torka.

Det krävs fler tester för att veta exakt hur bra skumbetong isolerar under fuktiga förhållanden.

Motstånd mot aggressiva miljöer

Skumbetong står emot tuffa och kemiskt aggressiva miljöer på ett bra sätt.

Om blandningen är rätt gjord – särskilt vid låg vikt (låg densitet) – och man tänker på hur snabbt och hur djupt vätska kan tränga in i materialet, så får man en betong som klarar sig bra mot kemikalier och slitage.

En studie som pågick i 12 månader visade att skumbetong står emot kemiska angrepp – till exempel från sulfat – lika bra som vanlig betong.

Blandningar som innehöll flygaska var ännu mer motståndskraftiga än de med sand. Test med kloridinträngning (som kan orsaka korrosion i armering) visade att skumbetong fungerar ungefär lika bra som vanlig betong med förbättrat rotskydd – särskilt vid låg densitet.

Trots att skumbetong har en porös, cell-liknande struktur, verkar de små luftbubblorna fungera som en skyddande buffert mot vatten och kemikalier. Det gör att fukt inte tränger in lika snabbt, vilket minskar risken för nedbrytning.

Övervägande vid geotekniska lösningar

När man använder skumbetong i byggprojekt bör det alltid göras av kunniga personer som förstår materialets egenskaper och använder rätt beräkningsmetoder.

Skumbetong kan användas i många geotekniska sammanhang (alltså sådant som påverkar mark och underbyggnad), men den ska inte ersätta vanlig betong i bärande konstruktioner.

Beroende på vad man behöver kan skumbetong blandas för att vara tyngre, lättare eller starkare. Den används ofta som ett lättare alternativ till vanlig betong.

Vanliga användningsområden för skumbetong är att:

- förbättra markens bärighet,

- minska vikten i känsliga områden,
- hindra att vatten trycker upp strukturer,
- skydda mot sättningar,
- klara av jordbävningar bättre,
- styra hur värme utvecklas vid härdning,
- och förbättra dränering eller isolering.

Viktreducering

Den vanligaste fördelen med lätt skumbetong är att den väger lite, vilket minskar trycket på marken under. Det är särskilt viktigt när marken är mjuk, eftersom mindre vikt ovanpå minskar risken för att marken sjunker.

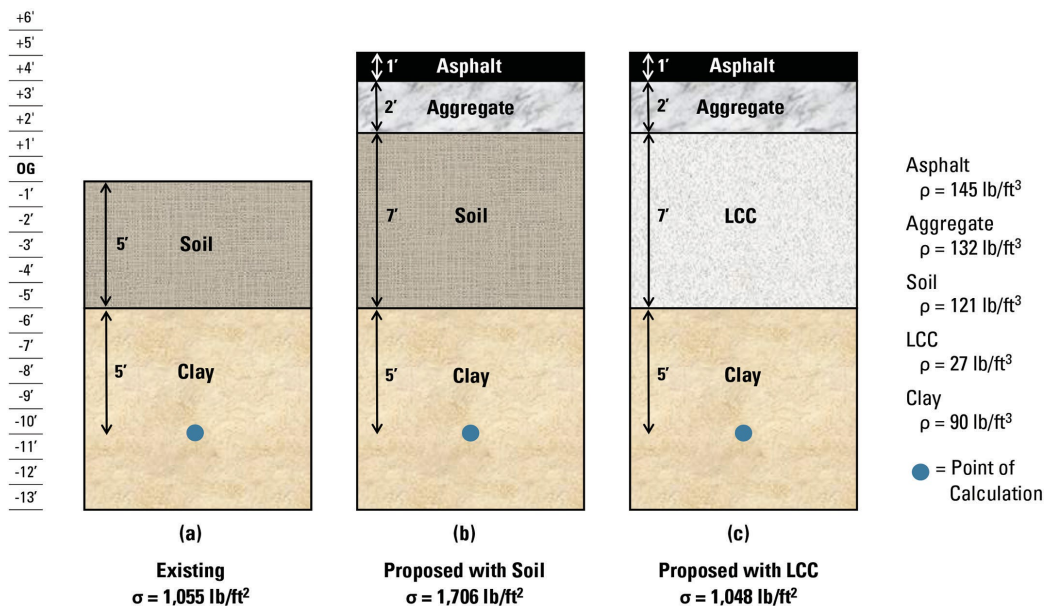
I vissa fall vill man inte öka belastningen alls. Då kan man gräva bort jord och ersätta den med ett lättare material. På så sätt hålls belastningen på samma nivå, och risken för sättningar blir mycket liten.

Designmetod för nettolast för minskning av sättningar

Grundtanken med nettobelastning är att ta bort en viss mängd jord och ersätta den med något lättare. Det är ett sätt att minska belastningen på marken under, så att marken inte sjunker för mycket. I vissa projekt vill man att den totala vikten på marken inte ska bli större än den var från början.

Exempel: Tänk dig att man vill bygga en ny väg som ska höjas 1,5 meter. Vägen består av asfalt, grus och jord. Under vägen finns ett lager mjuk lera som ligger relativt grunt – bara 1,5 meter under markytan. Den här leran kan tryckas ihop (sätta sig) om den belastas för mycket.

För att undvika att leran sätter sig, kan man räkna på hur mycket vikt som fanns där innan, och jämföra med hur mycket vikt det blir efter vägbygget. Om den nya vikten är ungefär lika stor eller mindre än innan, så förväntas inga problem med sättningar uppstå.



Vad man vill ta reda på:

Man vill jämföra hur mycket marken belastas *före* och *efter* att man bygger upp den nya vägen. Om belastningen blir mycket större än innan, riskerar man att marken under sätter sig (sjunker).

Före vägbygget:

Marken består av:

- 1,5 meter vanlig jord ovanpå
- 1,5 meter mjuk lera under det

Då blir trycket vid 3 meters djup (från ovan jord till mitten av lerlagret):

- Tryck från jorden: **2 907 kg/m²**
- Tryck från leran: **2 163 kg/m²**
- **Totalt tryck: 5 070 kg/m²**

Efter vägbygget (utan lättfyllning):

Man lägger till:

- 0,3 meter asfalt
- 0,6 meter stenmaterial (grus)
- 2,1 meter ny jord

Nu blir det nya totala djupet 4,6 meter till beräkningspunkten i leran.

Tryckberäkning:

- Asfalt: **697 kg/m²**
 - Stenmaterial: **1 268 kg/m²**
 - Ny jord: **4 070 kg/m²**
 - Samma gamla lera: **2 163 kg/m²**
 - **Totalt tryck: 8 198 kg/m²**
-

Vad betyder det här?

Efter att man byggt på höjden ökar trycket på marken under med **över 60 %**. Det kan göra att den mjuka leran trycks ihop och marken sätter sig. Därför överväger man ofta att gräva bort en del av den tunga jorden och ersätta med lättare fyllning för att hålla belastningen mer oförändrad.

Vad man gjorde i exemplet:

Man skulle bygga upp en ny väg ovanpå mjuk lera. Det första förslaget med asfalt, grus och vanlig jord ökade vikten på marken under med **ca 3 200 kg/m²**, vilket riskerade att orsaka **sättningar** – alltså att marken sjunker.

Lösningen:

Man bytte ut den tunga jorden mot **skumbetong**, som är mycket lättare än vanlig jord. Resultatet:

- Den totala vikten på marken blev **samma som innan**, faktiskt **lite mindre**.
 - Det gör att risken för sättningar **försvinner**.
-

Varför är det här viktigt?

När man bygger ovanpå mjuka jordar (t.ex. lera) måste man hålla koll på vikten. Om man lastar på för mycket kan marken sjunka. Genom att använda lättare material kan man bygga säkert **utan att gräva djupt eller förstärka marken onödigt mycket**.

Exemplet i korthet

1. **En last på 4 536 kg** placeras på en stålplatta som är 0,6 x 0,6 meter (2 x 2 fot).
2. Plattan ligger ovanpå ett 1,2 meter tjockt lager av lätt fyllning.
3. Den lätta fyllningen (SKUMBETONG) har en **styrka på 28 123 kg/m²**, vilket är hur mycket tryck det kan tåla.
4. **Trycket från lasten blir 12 600 kg/m²**.
5. Eftersom $12\,600 < 28\,123$ är trycket **mycket lägre än vad materialet klarar**.

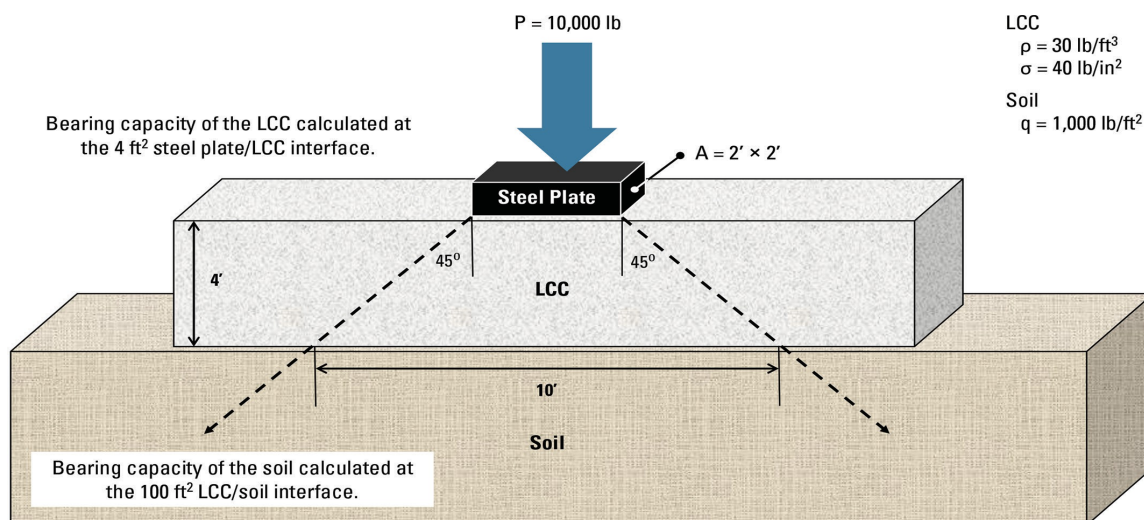
Resultat: Materialet klarar lasten utan problem.

Hur påverkar detta marken under?

Trycket sprider sig ner genom materialet, ut i marken under. Eftersom lagret är 1,2 m tjockt, sprids lasten ut över en större yta (ungefär 9,3 m²). Det minskar belastningen på den mjuka jorden under.

Varför är det viktigt?

Det här visar hur ett tunt lager av ett lätt men starkt material kan skydda mjuk jord från att skadas av tunga laster, till exempel lastbilar eller byggnader.



Bärighet och spridning av tryckkrafter

Man undersöker om **marken och skumbetongen** klarar lasten från t.ex. ett tungt fordon eller en maskin.

Så här ser uträkningen ut i två delar:

1. *Tryck på marken under SKUMBETONG:*

- **Last:** 10 000 lb ($\approx 4\,536 \text{ kg}$) fördelas över ett område på 100 ft² ($\approx 9,3 \text{ m}^2$).
- **Tryck från lasten:** 100 lb/ft² (488 kg/m²)
- **Tryck från skumbetongen:** 120 lb/ft² (577 kg/m²)

= Totalt tryck ner på marken:

→ 220 lb/ft² eller 1 065 kg/m²

✅ **Markens bärighet:** 1 000 lb/ft² eller 4 882 kg/m²

👉 Säkerhetsfaktor:

$$\text{FOS} = \text{bärighet} / \text{totaltryck} = 1\,000 / 220 = 4,5$$

Det betyder att marken klarar 4,5 gånger mer belastning än vad som faktiskt läggs på.

2. Tryck inne i skumbetongen (där lasten träffar plattan):

- Tryck från plattan: 2 500 lb/ft² (12 600 kg/m²)
- Styrka hos skumbetong: 5 760 lb/ft² (28 123 kg/m²)

👉 FOS vid kontakten mellan plattan och skumbetong:

$$\text{FOS} = 5\,760 / 2\,500 = 2,3$$

→ Det är detta som är **kritiska punkten** – alltså det svagaste ledet i hela systemet.



Slutsats:

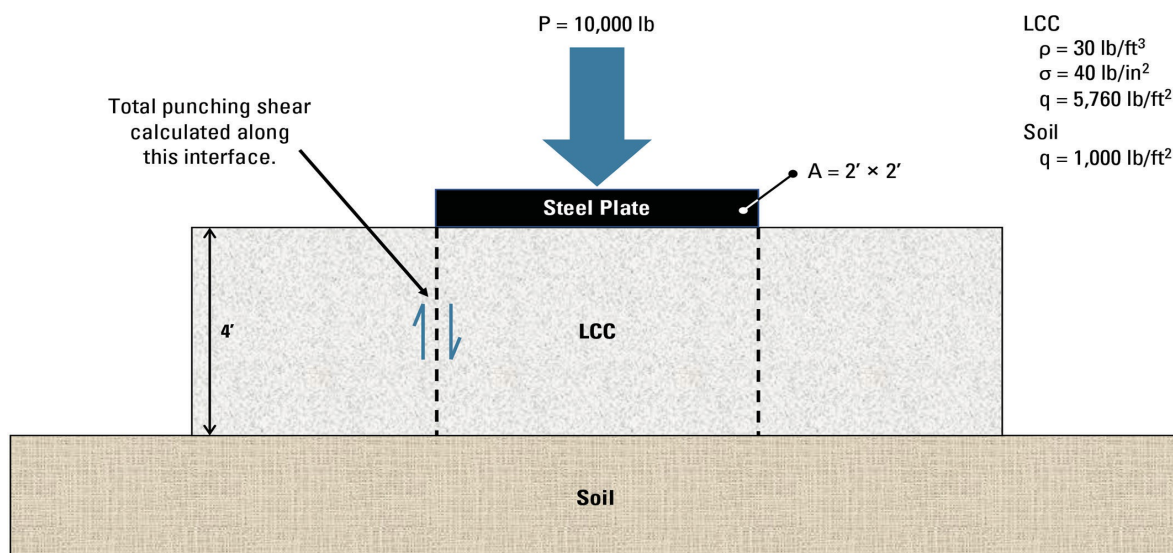
- Systemet är **säkert** med god marginal.
- Den svagaste punkten är där lasten träffar SKUMBETONG – men även där har du över **dubbla styrkan som krävs**.
- Det är viktigt att också kontrollera t.ex. **nedböjning** och andra krav i projektet, inte bara hållfasthet.

Skjuvning

När man använder skumbetong som bärlager (t.ex. under en lastplatta), måste man kontrollera att betongen är tillräckligt tjock för att kunna stå emot att lasten ”trycks ner” genom materialet. Det kallas stansskjuvning – alltså risken att lasten pressar sig igenom längs kanten.

Man räknar på hur stor yta runt plattan som hjälper till att hålla emot trycket:

- Plattan är 0,6 meter bred och skumbetongen är 1,2 meter djup.
- Det blir en yta på: $0,6\text{ m} \times 1,2\text{ m} = 0,72\text{ m}^2$ per sida.
- Eftersom plattan har 4 sidor: $0,72\text{ m}^2 \times 4 = \mathbf{2,88\text{ m}^2}$ **totalt skjuvmotstånd**.



Skjuvning i skumbetong

För att vara på den säkra sidan kan man anta att skjuvhållfastheten i skumbetong är hälften av dess tryckhållfasthet. Då kan man räkna ut hur mycket kraft det krävs för att "trycka ner" en platta genom skumbetongen. I exemplet blir den totala kapaciteten:

- $32 \text{ ft}^2 \times (5\,760 \text{ lb/ft}^2 \div 2) = 92\,160 \text{ lb}$
- $2,88 \text{ m}^2 \times (28\,123 \text{ kg/m}^2 \div 2) = 40\,497 \text{ kg}$

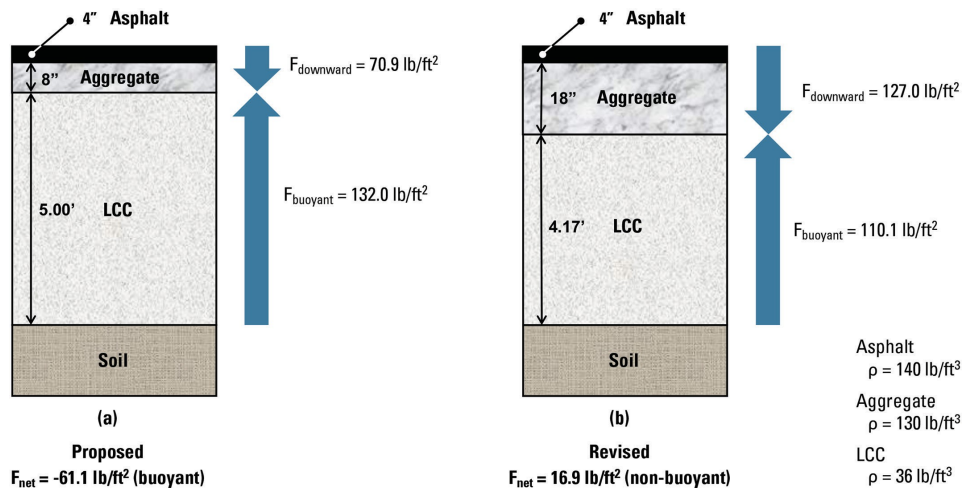
Flytkraft

Eftersom skumbetong är lättare än vatten kan den flyta upp om den placeras under grundvattennivån. Därför måste man räkna ut om vikten ovanför skumbetongen är tillräcklig för att hålla den nere.

Exempel:

- Vatten väger: $1\,000 \text{ kg/m}^3$
- Skumbetong väger: 577 kg/m^3
- Flytkraften blir: $1\,000 - 577 = 423 \text{ kg/m}^3$

Detta innebär att varje kubikmeter skumbetong försöker "lyfta upp" med 423 kg. Om vikten ovanför inte är tillräcklig behöver konstruktionen ändras.



Att tänka på när det gäller flytkraft i ett skumbetonglager

Flytkraft och viktberäkning vid översvämning

Om grundvattennivån når markytan (t.ex. vid översvämning), kan lätt skumbetong börja flyta. För att förhindra detta måste vikten ovanpå skumbetongen vara tillräcklig för att hålla den nere.

Exempel:

- Skumbetongen väger: 577 kg/m^3
- Vatten väger: 1000 kg/m^3
 - Skillnaden (flytkraft): 423 kg/m^3
 - Total flytkraft för 1,5 meter skumbetong: $634,5 \text{ kg/m}^2$

Ovanpå skumbetongen finns asfalt och stenmaterial. Dessa har också vikt, men när de är under vatten räknar man bort vattnets "lyftkraft". Det kallas nedsänkt densitet.

Nedåtriktad vikt ovanpå skumbetongen:

- Asfalt (10 cm): $124,3 \text{ kg/m}^2$
- Stenmaterial (20 cm): $216,4 \text{ kg/m}^2$
 - Totalt: $340,7 \text{ kg/m}^2$

Slutsats:

Flytkraften ($634,5 \text{ kg/m}^2$) är större än vikten ovanpå ($340,7 \text{ kg/m}^2$). Då riskerar skumbetongen att flyta upp.

Lösning:

För att förhindra uppflytning ändrar man tjockleken:

- Mer stenmaterial (som är tyngre)
- Mindre skumbetong (som är lätt)

I det här fallet blev lösningen:

- **1,27 m skumbetong**
- **0,46 m stenmaterial**

Reviderad flytkraft

Eftersom skumbetongen är lättare än vatten finns en risk att den flyter upp om grundvattennivån är hög. För att undvika det måste vikten ovanpå vara större än lyftkraften från vattnet.

Exempel med 1,27 m (4,17 fot) skumbetong:

- Flytkraft från vatten: 537 kg/m^2 (110 lb/ft^2)

Vikt ovanpå (nedåtriktad kraft)

Vikten från asfalt och stenmaterial ovanpå skumbetongen:

- Asfalt (10 cm): 124 kg/m^2
- Stenmaterial (46 cm): 498 kg/m^2
→ Totalt: 622 kg/m^2 (127 lb/ft^2)

Resultat

Eftersom vikten ovanpå (622 kg/m^2) är större än vattnets uppåtkraft (537 kg/m^2) flyter inte skumbetongen upp.

Säkerhetsfaktor (FOS):

- $\text{FOS} = \text{Nedåtriktad kraft} \div \text{Uppåtriktad kraft}$
- $\text{FOS} = 622 \div 537 = 1,16$

👉 Ett FOS-värde över 1,1 är normalt tillräckligt i sådana situationer.

Överbyggnadsbaser och förstärkningslager

Skumbetong är ett mångsidigt och bra material att använda som baslager eller förstärkning under vägkonstruktioner. Trots att det är lätt, har det hög bärighet – ofta bättre än jord eller packad fyllning. Det ger ett stabilt och styvt lager som inte expanderar, spolat bort eller sätter sig med tiden.

Återfyllning av stödmur jordtryck

Skumbetong placeras som en flytande vätska och stelnar på 8–12 timmar. Under den tiden måste formar eller stödmurar klara av det tryck som vätskan orsakar.

Trots att materialet är lätt ger det ändå ett visst sidotryck, särskilt innan det har stelnat. Detta tryck kan minskas genom att lägga materialet i tunnare lager. När skumbetongen har härdat, försvinner vätsketrycket.

Vid användning bakom stödmurar krävs tillfälliga stag och en noggrann utvärdering av hur krafterna från skumbetongen påverkar konstruktionen. En bra metod för att minska dessa krafter är att placera skumbetongen i lutande nivåer, vilket tar bort sidobelastningen.

Dränering

Eftersom skumbetong måste skyddas från väder och trafik, bör man se till att den har bra dränering. Även om materialet släpper igenom lite vatten, kan det ändå samla på sig vätska. Därför behövs exempelvis dräneringsrör eller hål i väggen för att släppa ut vattnet och minska trycket. Dessa utlopp ska också ledas bort från ytor där det är trafik.

Blandningens utformning

Skumbetong består av cement, vatten och luft (som tillsätts med hjälp av ett skummedel). Man kan lägga till andra ämnen i blandningen, så länge de inte förstör luftbubblorna. Vanliga tillsatser är till exempel flygaska, slagg, kiseldamm, fibrer och kemikalier som gör att betongen härdar snabbare eller långsammare.

Vanligtvis är det leverantören som tar fram rätt blandning, men den här guiden visar hur man själv kan göra en enkel blandning för att få rätt densitet med ett visst vatten-/cementförhållande. Alla ingredienser måste testas först, för att se till att de fungerar ihop och inte försämrar skumbetongens egenskaper.

Portlandcement

Alla typer av portlandcement fungerar i skumbetong. Det finns olika standarder som beskriver de godkända cementtyperna, och dessa listas i tabeller i dokumentet. Man kan också använda blandade cement, där flera material har malts eller blandats ihop. Även dessa har standarder som beskriver vad som är godkänt.

Dessutom finns prestandabaserade cement, som bedöms utifrån hur de fungerar i praktiken, inte bara på sammansättning. Eftersom olika cementtyper är framtagna för olika syften, bör man kontrollera att det man väljer är lätt att få tag på lokalt och att det passar projektet.

Vatten

När man gör skumbetong blandas vatten med cement för att skapa en flytande massa, och vatten används också för att skapa skummet. Det är viktigt att använda rent, drickbart vatten eftersom dåligt vatten kan göra att blandningen misslyckas.

Om man måste använda annat än dricksvatten bör man först testa blandningen i laboratorium med det aktuella vattnet.

Luft

Luften som blåses in i skumbetong är den största delen av dess volym. Temperaturen på luften kan påverka hur snabbt betongen härdar, och smutsig luft kan förstöra skummet. När luften i bubblorna värms upp under härdningen kan blandningen svälla.

Man använder oftast vanlig utomhusluft, men det är viktigt att luften är ren och håller jämn temperatur. Om luftkompressorn läcker olja kan det också orsaka ojämn densitet i blandningen.

Skummande medel

Skummedel är ett kemiskt ämne som används för att skapa och hålla kvar luftbubblor i skumbetong. De vanligaste typerna är baserade på protein eller syntetiska ämnen. Skummedel måste uppfylla vissa kvalitetskrav enligt standarden ASTM C869.

Innan man använder ett visst skummedel bör man testa det tillsammans med blandningen för att säkerställa att man får rätt egenskaper. Det är smart att samarbeta med tillverkaren för att allt ska fungera som det ska i projektet.

Förhållande mellan vatten och cement

W/c-förhållande betyder förhållandet mellan mängden vatten och cement i blandningen (i vikt). Ett högre w/c-förhållande gör blandningen mer flytande men svagare. Ett lägre w/c-förhållande ger en tjockare och starkare blandning.

Skumbetong blandas oftast med ett w/c-förhållande mellan 0,45 och 0,80. För mycket vatten kan göra att blandningen delar sig och släpper ut överflödigt vatten. Allt vatten i blandningen räknas – det som tillsätts direkt, det som finns i skummet, i fuktig ballast och i tillsatser.

Exempel på mix

För att skapa en blandning av skumbetong börjar man med kända mål – hur tung den ska vara (densitet) och hur mycket vatten man ska ha i förhållande till cement (w/c-förhållande). Detta styrs oftast av geoteknikern eller enligt projektets ritningar.

När man justerar mängden av en ingrediens (till exempel vatten, cement eller skum), måste man minska mängden av något annat för att hålla densiteten konstant. Det är alltså proportionerna mellan ingredienserna som ändras, inte måldensiteten.

Innan man gör en blandningsdesign måste man känna till:

- Mål för densitet

- w/c-förhållande
- Densitet (eller specifik vikt) för alla ingredienser (vatten, cement, skum osv.)
-

Exempel på typiska värden:

- Vatten: 1 000 kg/m³ (SG 1,0)
- Portlandcement: 3 148 kg/m³ (SG 3,15)
- Förskummat skum: 32–64 kg/m³ (SG 0,032–0,064)

I ett vanligt prov med 481 kg/m³ i densitet är 70–75 % luft. Det betyder att bara 25–30 % av volymen är vatten och cement, som står för nästan all vikt.

Mål:

Du ska blanda skumbetong med en måldensitet på 481 kg/m³ och ett vatten/cement-förhållande (w/c) på 0,55.

Steg 1: Räkna ut hur mycket cement och vatten som behövs

Eftersom cement och vatten står för 25–30 % av blandningens vikt börjar vi med hela vikten (481 kg) och delar upp den:

Cement:

- Formeln:

$$\text{Cement} = \text{Total vikt} \div (1 + w/c)$$

$$= 481 \div (1 + 0,55) = 310 \text{ kg}$$

Vatten:

- $$\text{Vatten} = \text{Total vikt} - \text{Cement}$$

$$= 481 - 310 = 171 \text{ kg}$$

Steg 2: Lägg till skum

Eftersom cirka 70–75 % av blandningens volym är luft via skum, och skummet väger 48 kg/m³:

Skumvikt:

- $$\text{Skum} = 0,75 \text{ m}^3 \times 48 \text{ kg/m}^3 = 36 \text{ kg}$$

Steg 3: Räkna ut volym för varje ingrediens

Volym cement:

- Formeln:
$$\text{Volym} = \text{Vikt} \div (\text{Specifik vikt} \times \text{Vattnets densitet})$$
$$= 310 \div (3,15 \times 1\,000) = 0,098 \text{ m}^3$$

Volym vatten:

- $171 \div (1 \times 1\,000) = 0,171 \text{ m}^3$

Nu vet du volymen varje ingrediens tar upp i 1 m³ av den färdiga produkten.

När du blandar skumbetong vill du uppnå två saker i detta försök:

- En specifik densitet (t.ex. 481 kg/m³)
- En total volym (t.ex. 1,0 m³)

För att lyckas justeras mängden cement, vatten och skum. Detta sker stegvis – genom flera **exempel** – tills resultatet är så nära målvärdena som möjligt.

Exempel i korthet:

Första exempel:

- Cement: 310 kg
- Vatten: 171 kg
- Skum: 36 kg
- Totalt: **517 kg** (för mycket)
- Volym: **1,019 m³** (för mycket)

☐ Resultat: Vikt och volym blev lite för höga.

Andra exempel:

- Cement: 294 kg
- Vatten: 162 kg
- Skum: 36 kg
- Totalt: **492 kg**
- Volym: **1,005 m³**

☐ Bättre, men fortfarande något högt.

Tredje exempel

(träffar målet):

- Cement: 287 kg
- Vatten: 158 kg
- Skum: 36 kg
- Totalt: **481 kg**
- Volym: **0,999 m³**

Nu är både vikt och volym helt rätt!

Slutsats:

Genom att finjustera mängden cement och vatten, men hålla vatten/cement-förhållandet konstant, når man exakt den blandning som uppfyller målen.

Förberedelse inför labbprov

När du har tagit fram rätt blandningsdesign bör du blanda provmaterial i labb med rätt utrustning. Det är viktigt att blandningen liknar den som ska användas ute i fält – annars riskerar du att resultaten inte stämmer. Om det inte går att blanda exakt likadant, kan man göra en mindre testblandning som liknar den riktiga så mycket som möjligt.

Hur mycket blandningen blandas (energin som tillförs) påverkar också resultatet, och därför blir labbtester aldrig exakt som prover gjorda på plats.

Det kan vara minst lika svårt att blanda rätt som att räkna ut rätt mängder, särskilt för små prov. Den största utmaningen är att mäta skummet, eftersom det väger så lite att det inte går att väga exakt. Ett smart sätt är att använda en hink på 19 liter (5 gallon) som blandningskärl.

Så här gör du:

1. Fyll hinken med exakt 19 liter vatten och markera nivån – nu vet du hinkens volym.
2. Räkna om blandningen till en sats som motsvarar hinkens volym (0,019 m³).
3. Multiplicera mängderna av cement, vatten och skum i receptet med 0,019 – då får du rätt mängder för din testsats.

Steg-för-steg-blandning:

1. Använd en hink eller behållare med känd volym.
2. Räkna ut hur mycket av varje ingrediens du behöver.
3. Häll i rätt mängd vatten.
4. Tillsätt cement och rör om försiktigt (rör inte för mycket – det kan påverka resultatet).
5. Skapa skummet med en skumgenerator (se figur 4.1).
6. Blanda i skummet tills hinken är fylld till markeringen.
7. Kontrollera att nivån är korrekt – fyll på mer skum om det behövs.

När blandningen är klar:

- Väg hela hinken och dra bort vikten för den tomma hinken.
- Då kan du räkna ut den färdiga blandningens densitet.
- Häll över i provformar för testning och härdning.

Viktigt om testning:

Proverna ska testas enligt standarden ASTM C495. Vanliga betonglabbs kan hjälpa till, men de behöver veta att denna metod är annorlunda än vanlig betongtestning – och att känsligare utrustning behövs.

Byggnation

Specifikationer för skumbetong

Krav och regler för skumbetong varierar mycket i olika delar av landet. Ofta är det projektingenjörer och entreprenörer som har kunskap om materialen och hjälper till att ta fram rätt krav för varje enskilt projekt.

Vissa delstater som **Kalifornien, Florida, Illinois, Iowa, New York och Texas** har tagit fram egna, formella standarder eller särskilda regler för hur skumbetong ska användas. Ofta hittar man dessa krav under rubriker som ”flytbar fyllning” eller *CLSM (Controlled Low Strength Material)* i byggspecifikationerna.

En uppsättning exempel på specifikationer som kan användas och anpassas för olika projekt med skumbetong finns som bilaga i den här guiden.

Krav på materialet

En vanlig utmaning vid användning av skumbetong är att säkerställa att rätt materialkrav finns med i projektets tekniska specifikationer. Det är viktigt att en professionell konstruktör kopplar önskade egenskaper – som hållfasthet och vikt – till rätt densitet på skumbetongen.

Till exempel är det inte rimligt att förvänta sig att en skumbetong med låg densitet, som 30 lb/ft³ (481 kg/m³), ska klara mycket höga belastningar, som 1 000 lb/in² (6,89 MPa).

Det rekommenderas att man skriver in ett intervall av godkända egenskaper i specifikationerna, enligt exempel som tidigare visats i tabell 2.1. Den tabellen visar typiska värden för olika densiteter och kan användas som vägledning.

Om inga tydliga krav finns från början är det viktigt att projektbeställaren samarbetar med den lokala entreprenören för att ta fram en blandning med rätt densitet, styrka och andra egenskaper som passar projektets mål.

Förberedelse av mark och bärlager

Hur man förbereder marken under skumbetongen beror på hur stor belastning som ska läggas på ytan och hur tjockt skumbetonglagret ska vara. Marken ska alltid förberedas enligt projektets krav (se figur 5.1).

Skumbetong fungerar som ett *styvt* material som kan fördela laster över ett större område – till skillnad från ett flexibelt material som exempelvis grus. Det betyder att om skumbetongen belastas för mycket, kan den gå sönder.

Ibland är marken under så mjuk att det inte går att packa den ordentligt. Då bör en geotekniker bedöma om marken ändå kan bära den vikt som skumbetongen och framtida belastning kommer att ge upphov till.

Eftersom skumbetong fördelar lasten jämnt nedåt, blir trycket mot marken under ofta mindre än vid traditionell fyllning. Men det är ändå viktigt att kontrollera att skumbetongen inte "trycks ner" av tunga punktlaster, särskilt om marken under är mycket mjuk, till exempel torv eller lera. Om marken är för mjuk för att grävas ut eller packas ordentligt, kan det ibland vara bättre att låta den vara orörd. Då kan man lägga skumbetongen direkt ovanpå, eventuellt med ett geotextilduk mellan för att förhindra att vissa partier sätter sig mer än andra.

Vid grävning i dessa förhållanden måste man vara extra försiktig så att man inte råkar förstöra den känsliga jord som ska ligga kvar

Vad man ska hålla koll på vid arbete med skumbetong på byggarbetsplatsen

När man arbetar med att lägga skumbetong på ett bygge är det viktigt att både entreprenören och personalen på plats vet vad de ska titta efter för att säkerställa att blandningen är korrekt och att arbetet utförs rätt. Här är en lista på saker som bör kontrolleras:

1. Hur mycket cement som faktiskt blandas in, eller vilken takt det flödar i.
2. Hur mycket vatten som används, eller flödes hastigheten.
3. Densiteten (tätheten) på blandningen av cement och vatten.
4. Densiteten på det skum som tillsätts.
5. Densiteten på den färdiga skumbetongen.
6. Hur lång sträcka materialet pumpas.
7. Trycket i pumpen under placeringen.
8. Hur lång tid det tar att fylla området.
9. Om materialet delar upp sig, till exempel om skum eller cement samlas för sig.
10. Hur tjockt skikt man lägger varje dag.
11. Om vatten kan samlas så att det finns risk för att materialet lyfts upp (flytkraft).
12. Om temperaturen är för varm eller kall för god härdning.
13. Om det finns klumpar av cement i blandningen.
14. Om det finns läckor i formen.
15. Om temperaturen i materialet blir för hög när det härdar.
16. Om det uppstår vatten som måste ledas bort efter härdningen.

Det kan finnas fler saker att observera, men den här listan täcker de flesta problem som kan uppstå vid arbete med skumbetong.

Förstärkning av skumbetong

Skumbetong är en typ av betong med lägre hållfasthet, men den kan förstärkas på liknande sätt som vanlig betong.

Man kan använda armering i form av stål eller andra material med låg belastning – så länge de inte skadas eller påverkas negativt när skumbetongen hålls i och härddar (se figur 5.2). Armeringen kommer inte att få särskilt starkt fäste i skumbetongen, så man måste räkna med det i beräkningarna.

Det är mycket viktigt att räkna på hur mycket kraft som krävs för att dra ut armeringen ur den härddade skumbetongen, och att använda rätt säkerhetsmarginaler. Detta kallas utdragshållfasthet.

Det vanligaste sättet att mäta styrkan är att testa hur mycket kraft som krävs för att dra ut armeringen. När det går sönder är det oftast själva skumbetongen som krossas framför armeringen.

Armeringsnät är ett bra val eftersom det har många svetsade skärningspunkter, vilket gör det svårt att dra igenom utan att skumbetongen går sönder. Geonät kan också fungera, men måste testas eftersom skumbetong har högt pH-värde som kan påverka vissa material.

Fibrer används ofta i skumbetong för att förbättra hållfastheten. Alla fibrer som klarar av värmen och den kemiska miljön vid härdning kan användas. Det är viktigt att testa hur mycket fibrerna förbättrar styrkan innan man använder dem. Både fibertillverkaren och tillverkaren av skummedel bör rådfrågas för att säkerställa att materialen fungerar tillsammans.

Transport

Även om det är vanligt att leverera cement och vattenblandning till en byggarbetsplats, bör färdigblandad skumbetong **inte** transporteras långa sträckor. Skakningar under transporten kan trycka ut luften som finns innesluten i betongen, vilket gör att densiteten förändras – och det påverkar kvaliteten.

Om skumbetong står länge i en roterande betongbil kan dess egenskaper också förändras. Därför är det viktigt att kontrollera materialet noggrant innan det används, om det har transporterats på detta sätt.

Utläggning

Skumbetong pumpas vanligtvis på plats genom slang (se figur 5.3). Den är så pass flytande att den jämnar ut sig själv utan att man behöver vibrera den. Skumbetong ska inte få börja stelna och sedan blandas om – den ska hållas flytande tills den stelnar där den är placerad. Om man flyttar den efter att den börjat härda, kan den separera och skadas.

För att undvika problem bör man fylla varje område helt klart inom 2 till 4 timmar innan man går vidare till nästa. Installatören kan minska risken för att materialet separerar genom att regelbundet blanda skumbetongen som kommer ut ur slangen.

Om skumbetongen placeras under markytan bör man också tänka på att den är så lätt att den kan flyta upp vid kraftigt regn. Allt som placeras i fyllningen bör därför förankras ordentligt så att det inte rör sig.

Efterbehandling

Skumbetong används oftast under marken, så man behöver sällan efterbehandla ytan. När den pumpas ut genom slang blir ytan ganska jämn men får ett lätt stänkmönster (se figur 5.4).

Om man vill ha en slät och plan yta krävs det mer arbete och viss erfarenhet. Det är extra svårt att få en helt jämn yta på stora ytor eftersom skumbetongen fortfarande rör sig lite medan den stelnar.

Om ytan behöver ha en lutning, till exempel för avrinning, går det bra att skapa en lutning på upp till 3 %. Det är bara det översta lagret som behöver vara lutande – de undre lagren kan vara plana.

Ytbehandlingar

Ytskikt ovanpå skumbetong kan läggas när den har uppnått största delen av sin hållfasthet, oftast inom 3 till 7 dagar.

Vanlig betong kan läggas tidigare om man är försiktig så att ytan inte skadas. Asfaltbeläggningar kan behöva vänta lite längre, eftersom de kräver tunga vältar som annars kan trycka sönder skumbetongen. Paddor bör användas med stor försiktighet – deras stötar kan skada lagret under.

Härdning och skydd

Eftersom skumbetong oftast inte är en yta som man går på eller belastar direkt, behövs ingen särskild efterbehandling. Även om det kan uppstå små ytsprickor påverkar de inte funktionen. Det bästa skyddet är att täcka skumbetongen med det slutgiltiga ytlagret så snart som möjligt.

Om ytan behöver skyddas innan dess kan man täcka med plast för att hålla kvar fukten, vilket hjälper till med härdning och minskar risken för sprickor. Om det finns risk att ytan skadas av byggtrafik kan man använda skyddsskivor eller lägga på ett tillfälligt täckmaterial.

Väderförhållanden

Vädret bör kontrolleras innan man börjar lägga skumbetong. Lätt regn gör ingen skada eftersom blandningen redan innehåller mycket vatten. Men kraftigt regn kan trycka ner cementen och göra att blandningen delar upp sig – därför ska man undvika att gjuta i ösregn.

Om kraftigt regn ändå skadar ytan, går det att skära bort det översta lagret och gjuta nytt ovanpå, utan att hela massan behöver bytas ut.

Vid mycket varmt eller kallt väder krävs extra skydd. Värme kan få vattnet i betongen att dunsta för snabbt, och kyla kan bromsa härdningen. Täck då med plast eller isolerfältar, men var noga med att inte skada ytan.

Härdningstid

Skumbetong som gjuts i normalt väder (16°C till 27°C) stelnar och börjar härda inom 10 till 14 timmar. En bra tumregel är att du kan fortsätta med nästa arbetsmoment när du kan gå på ytan utan att sjunka ner mer än 25 mm. Det motsvarar ett tryck som ett vanligt fotsteg orsakar – ungefär 0,11 MPa (16 lb/in²).

Om det är kallare kan det ta upp till 20 timmar innan ytan är redo.

Maskiner och utrustning på byggplatsen

Olika entreprenörer använder olika utrustning för att tillverka skumbetong. Blandningen består av cement, vatten och skum – och hur man blandar påverkar slutresultatet. Hur mycket rörelse (skjuvning) som tillförs blandningen påverkar egenskaperna.

Två vanliga typer av blandningssystem är:

- **Batchblandning** – blandningen görs i omgångar
- **Skruvblandning** – blandningen görs kontinuerligt medan materialet rör sig genom utrustningen

Blandning i satser

Att blanda skumbetong i satser är en vanlig metod som liknar hur man blandar vanlig betong. Alla ingredienser (cement, vatten och skum) doseras och blandas till en jämn och enhetlig massa. Det är viktigt att blandningen sker tillräckligt kraftigt så att inget skum eller cementklumpar ligger kvar ofördelade.

Systemet gör det möjligt att snabbt blanda flera satser efter varandra, vilket är praktiskt på arbetsplatser. Blandningskvaliteten är ofta hög, och produktionstakten för en vanlig anläggning är cirka 23–38 m³ per timme.

Satser med hög skjuvning

Vissa blandare är konstruerade för att ge extra hög blandningskraft, så kallade **högsjuvningsblandare**. De blandar snabbt och intensivt, vilket kan ge en skumbetong med högre hållfasthet – utan att man behöver tillsätta mer cement.

Sådana blandare kan producera upp till 115 m³ skumbetong per timme beroende på modell och materialtillförsel.

Skruvblandare och volymetriska system

En annan vanlig metod är **skruvblandning**, som ofta sker i mobila betongbilar. Där matas ingredienserna in i en roterande skruv som blandar materialet medan det transporteras genom maskinen, vanligtvis över ett avstånd på cirka 3 meter.

Det här systemet är enkelt och snabbt, men blandningen blir inte lika kraftig som med satsblandare. Det är därför viktigt att operatören noggrant kontrollerar flödet och kvaliteten i början av blandningen.

Volymetriska system passar bra när man behöver tillverka stora mängder skumbetong snabbt – upp till 382 m³ per timme med de största systemen.

En del företag som installerar skumbetong har tagit fram egna blandar- och pumpsystem anpassade efter sina lokala behov.

Systemen är byggda utifrån vilken typ och mängd skumbetong som vanligtvis används, samt var i landet de verkar. När man designar en mobil mixer för skumbetong tar man hänsyn till bland annat:

- hur blandningen ska se ut,
- hur mycket man behöver kunna producera per timme,
- hur cement ska lagras,
- damm- och spillhantering,
- blandningskvalitet,
- rengöring,
- användarvänlighet,
- väderförhållanden och automation.
-

De här mobila systemen bygger oftast på någon av två huvudprinciper:

1. **Batchblandning**, där allt blandas i satser.
2. **Skruvblandning**, där ingredienserna blandas kontinuerligt under transporten.
- 3.

Skummet kan blandas in direkt i mixern eller efter pumpen – beroende på utrustningens utformning (se figur 5.7).

Mobil blandning är särskilt praktisk eftersom den gör att skumbetongen kan levereras direkt från blandning till plats utan dröjsmål. Det är viktigt eftersom skumbetongens egenskaper snabbt kan förändras efter blandning – redan inom de första minuterna till timmarna.

Leverans av cement

Vid en mobil skumbetongblandning levereras vanligtvis torr, finmald portlandcement i tryckluftsdrivna lastbilar från ett cementverk. Cementen blåses från lastbilen till en silo eller behållare på byggarbetsplatsen. En enda last på 27 ton (24,5 ton) cement räcker för att tillverka ungefär 130 kubikyard (99,4 m³) skumbetong med densiteten 481 kg/m³. Den exakta mängden cement per kubikmeter beror på blandningens densitet och recept.

En fördel med att blanda på plats är att bara cementlastbilen behöver köra till byggsplatsen. Det minskar antalet tunga transporter och därmed också energiförbrukning, utsläpp, bränsleanvändning och påverkan på vägarna.

Pumpanordningar

När skumbetong har blandats färdigt behöver den pumpas till sin slutliga plats på arbetsplatsen. Vid användning av en skruvbaserad volymetrisk blandare hamnar materialet direkt där det ska vara. Vid andra metoder pumpas skumbetongen vanligtvis från blandaren till läggsplatsen.

Att pumpa skumbetong är ibland utmanande. Inledningsvis går det lätt att flytta det lätta materialet, men senare kan cementpastan börja fastna på insidan av slangar och pumpar, vilket kan störa flödet. Regelbunden rengöring och noggrann kontroll av flödet är därför viktigt för att undvika stopp.

Pumptrycket är också kritiskt eftersom skummet i skumbetong är känsligt för höga tryck. Skummet bör uppfylla kraven i ASTM C869, och testas enligt ASTM C796. Fältkontroller, till exempel densitet enligt ASTM D6023, bör göras före och efter pumpning. Om densiteten ökar efter pumpning kan det betyda att luftbubblor har gått sönder.

Vanliga pumpsystem för skumbetong:

Progressiv kavitetpump

En mycket stabil och pulsfri pump som håller sig ren under drift. Rekommenderas för skumbetong, men den är känslig för stenar och fasta material. Trycket ligger oftast mellan 0,69 och 2,07 MPa (100–300 psi).

Peristaltisk pump

Kallas också klämpump. Den isolerar blandningen från pumpens rörliga delar och är bra för klibbiga material. Den används ofta till skumbetong, men kan generera höga tryck och måste övervakas noggrant.

Kolvpump

Extremt kraftfull och används för många vätskor, inklusive betong. Den kan dock generera mycket högt tryck snabbt, vilket gör den mindre lämplig för skumbetong. För högt tryck kan orsaka slangbrott, rörsprängningar och andra skador.

Testning av kvalitetskontroll på fältet

Kvalitetskontroll utförs av installatören och kan vara enkel eller mer avancerad. Många installatörer har egna lösningar för att kunna leverera stora volymer skumbetong, men det finns också enkla metoder att använda. En av de viktigaste sakerna är att mäta densiteten – både för cement- och vattenblandningen (innan skum tillsätts) och för den färdiga skumbetongen (se figur 6.1).

Att mäta densiteten ute på arbetsplatsen är avgörande för att säkerställa att blandningen uppfyller kraven i projektet. Även om slutlig densitet kan bekräfta att skumbetongen är rätt blandad, säger den inte om rätt mängd vatten, cement och skum används. Därför måste även densiteten på cementslurryn mätas innan skummet tillsätts. Tillsammans ger dessa två mätningar en god bild av kvaliteten – utan att man behöver kontrollera maskinens funktion.

Cement och vatten har kända egenskaper, och densiteten på deras blandning kan enkelt testas i fält med hjälp av en formel (se kapitel 4). Blandningen testas separat innan skummet tillsätts för att förenkla processen. Mätningen görs enligt ASTM D4380, en standardmetod för att mäta densitet i vätskor.

Om flödesmätarna på maskinen inte är rätt inställda kan avvikelser upptäckas genom regelbundna täthetskontroller. När skummet väl är tillsatt ska även den slutliga densiteten kontrolleras. Normalt ligger cementslurry-densiteten mellan 1 682 och 1 842 kg/m³. En erfaren operatör känner ofta igen rätt blandning genom syn och känsla.

För en bra kvalitetskontroll bör entreprenören löpande göra två tester under hela arbetet:

1. Densitet på cement- och vattenblandningen
2. Slutlig densitet på skumbetongen

Densiteten på cement- och vattenblandningen bör mätas minst varannan timme. Slutlig densitet för den färdiga skumbetongen bör kontrolleras minst var 30:e minut – helst oftare – eller direkt när man ser en förändring i materialet från maskinen.

Att följa detta testschema är viktigt för att försäkra sig om att rätt produkt tillverkas. Det gör också arbetet enklare för projektinspektören, som då slipper kontrollera avancerad utrustning i detalj. Installatörer behöver inte heller bevisa att deras mätare är exakta varje dag. Istället kan man använda mängden råmaterial, enhetsvikter, fältprover och mätningar på arbetsplatsen för att bestämma hur mycket skumbetong som lagts ut.

Inspektion och testning efter konstruktion

Skumbetong bör inspekteras dagen efter placering. Den ska då vara tillräckligt stabil för att kunna beträdas, med endast små avtryck i ytan (högst 25 mm). Undantag kan gälla om blandningen innehåller retarderande tillsatser, kompletterande cementmaterial eller har placerats vid låg temperatur.

Skumbetong kan fortfarande vara varm och ångande på grund av värmen som frigörs under härdningen (hydrering), och ytan ska vara jämn och i samma höjd som vid placering.

Sammanfattningsvis: om skumbetongen klarar sig igenom natten och uppfyllde densitetstesterna under placeringen, är den generellt godkänd i väntan på kommande testresultat.

Provning av tryckhållfasthet

Efter att skumbetong har placerats testas man i första hand dess obegränsade tryckhållfasthet (se figur 6.3).

Laboratorietestning bör ske enligt standarden ASTM C495. Denna metod har bevisats ge pålitliga resultat, särskilt enligt erfarenheter från Kalifornienstudien (Siebold och Tootle 2016) som nämns i kapitel 2. Avvikelser från metoden, som t.ex. felaktig härdning eller torkning, kan påverka resultaten kraftigt.

Andra egenskaper än tryckhållfasthet bör testas med förståelse för att olika testmetoder kan ge olika resultat.

Underhåll

Skumbetong kräver inget särskilt underhåll när den väl har placerats. Däremot bör den skyddas med ett täcklager, t.ex. jord, betong eller dräneringsmatta.

Direkt gång- eller fordonstrafik på ytan bör undvikas då det kan skada materialet. Eftersom skumbetong har isolerande egenskaper kan stora temperaturskillnader orsaka ytsprickor. Även snabb uttorkning kan ge upphov till krympning.

Ytsprickor påverkar sällan funktionen, men för att minimera dem bör fuktförlust efter placering undvikas. När skumbetongen är nedgrävd och skyddad behövs inget ytterligare underhåll, förutom eventuell övervakning av täckmaterialet och dräneringen.

Detta dokument är översatt och redigerat. Önskas den fullständiga rapporten går det att fås genom att maila info@isozero.se, så kommer den med vändande post.

