3.2 Tilslag

Af Christian Munch-Petersen, Emcon A/S

Beton er en kunstig sten, bestående af tilslag limet sammen med cementpasta.

Tilslag udgør den største del af betonen - normalt mellem 65 og 75 procent af betonens volumen.

Tilslag i almindelig beton er sand og sten, men letklinker og andre naturlige eller kunstige materialer kan også anvendes som tilslag.



Figur 1. I en grusgrav bearbejdes og sorteres tilslagene

Traditionelle tilslag består af naturlige sand- og stenmaterialer, samt nedknust klippe. Med disse tilslag fås en beton med en densitet på over 2000 kg/m^3.

Naturlige sand- og stenmaterialer er af meget varierende type og kvalitet – og de kan alle anvendes til beton med meget varierende kvalitet af betonen som resultat. Det er derfor nødvendigt at kende og vurdere et givet tilslags egenskaber, for at vurdere om det er egnet til en beton til et konkret formål.

3.2.1 Naturlige, danske tilslag

I Danmark er der store mængder af naturlige tilslag i undergrunden, langs kysterne og på havbunden. Disse materialer kaldes almindeligvis sand og sten – den finkornede del sand og den grovere del sten. Disse betegnelser anvendes også indenfor betonteknologien, hvor grænsen mellem sand og sten er sat til 4 mm. De største sten i beton er normalt 16, 25 eller 32 mm.

De danske tilslag stammer på land fra istidsaflejringer, hvor isen selv - eller smeltevandet fra isen - har ophobet og sorteret materialerne i forskellig grad. Landmaterialer kaldes i betonbranchen for ”bakkematerialer”.

Kvaliteten af bakkematerialer afhænger på grund af isens bevægelser og afsmeltning meget af, hvor man er i landet. De bedste bakkematerialer til beton med stor holdbarhed findes typisk i Jylland vest for isens hovedstilstandslinje og de ringeste omkring København, men der er store lokale afvigelser alle steder.

De danske tilslag til havs er i nogle tilfælde bakkematerialer, der på grund af havstigninger ligger under havoverfalden, og de ligner derfor bakkematerialer på land. I mange tilfælde er materialerne dog flyttet og bearbejdet af havets strømme og bølger, hvilket typisk er gunstigt, fordi de bløde og svage partikler herved nedbrydes. Tilslag indvundet på havet kaldes i betonbranchen for ”sømaterialer”.



Figur 2. Opsugning af sømaterialer på Nordsøen

Sømaterialer er således generelt af højere kvalitet end bakkematerialer, men produceres i langt mindre mængder.

Tilslagsmaterialer indvundet ved kystlinjen kan være af særlig høj kvalitet, fordi kystmaterialer har fået en kraftig bearbejdning af bølgerne. Tidligere blev der anvendt store mængder tilslag (ofte runde flintesten) gravet ved kysterne. Dette fremragende materiale kaldes ”ral”, men udvinding langs kysterne er næsten stoppet; dels af naturbeskyttelseshensyn, dels af hensyn til kystbeskyttelse, fordi fjernelse af rallen øger nedbrydningen af kysten.

Ved gamle kyststrækninger (kaldet rev), der nu er under vand fx i Vesterhavet eller Skagerak, kan der stadig udvindes ral.

På Bornholm fremstilles også tilslag fra klippe, der sprænges og knuses. Dette granitmateriale har en god holdbarhed selv under de hårdeste forhold, og er blandt andet anvendt til dele af Storebæltsforbindelsen.



Figur 3. Rønne Granit på Bornholm set fra luften i 2006

Der importeres dog store mængder knust klippe til Danmark fra især Sverige og Norge, men også ind i mellem fra andre lande (fx Skotland). Disse materialer har typisk god kvalitet.

Tilslag fremstilles i Danmark typisk ved blot at grave i en naturlig aflejring og herefter foretage en sortering ved sigtning i de forskellige størrelser. Sigtning kaldes også harpning – stammende fra sigtning på riste med parallelle tråde eller stænger.

Nogle steder kan tilslaget anvendes uden sortering. Tilslag kan også sorteres efter vægtfylde ved en opadgående vandstrøm (jigning) eller ved en tungvæskeseparation, hvor de lette korn flyder oven på den tunge væske.

Bakkematerialer udgraves i grusgrave, hvor overjorden (mulden) øverst fjernes, hvorefter materialet er frit tilgængeligt. Nogle steder kan hele aflejringen anvendes, andre steder frasorteres de værdifulde dele, hvorefter de øvrige dele lægges tilbage.

Bakkematerialer produceres typisk i 4 fraktioner: 1 sandfraktion og 3 stenfraktioner, Sandet er oftest i kornstørrelsen 0/4 og sten i 4/8, 8/16 og 16/32.

Oven på tilslagsforekomsten er der altid et lag overjord, som skal fjernes, inden tilslaget kan udvindes. Overjorden gemmes i store bunker nær grusgraven for senere at kunne anvendes, når arealet skal retableres. I dag er en udvindingstilladelse til grus og tilslag altid betinget af, at området efter udvindingen retableres som fx naturområde efter en af myndighederne godkendt plan.

Sømaterialer hentes på havbunden – normalt pumpet med en mammutpumpe op i et skib. De store vandmængder fra oppumpningen løber tilbage i havet og medbringer store mængder fint materiale. Ved at styre pumpningen henover en sigte (sold) kan yderlige sortering foretages allerede på havet.

Knust granit fremstilles ved sprængning af klippe, der herefter nedknuses og sorteres primært som sten. Der fremkommer desuden en del fint materiale – stenmel – som ikke er hensigtsmæssigt til fremstilling af beton da stenmel har stort vandbehov.

Som regel sker der en sortering af de større eller halvstore blokke før nedknusning for at undgå bløde klippepartier.

Naturlige kornstørrelser i bakkematerialer kan suppleres med nedknuste større sten, der findes i aflejringen. Hvis dette er flint (ofte i decimeter store knolde), kan resultatet blive flade og tynde flager, der ikke er så velegnede til beton. Ved en styret ekstra knusningsproces, kan dette problem reduceres.

3.2.2 Tilslagets kvalitet

Da tilslag udgør en stor del af beton, har tilslagets kvalitet væsentlig betydning for betonens kvalitet.

Kvalitetsparametre for tilslag kan opdeles i:

- Geometriske parametre
- Fysiske parametre
- Kemiske parametre

3.2.2.1 Geometriske parametre

De geometriske parametre omfatter kornform og kornstørrelse.

Kornform

De enkelte korn kan være afrundede eller kantede. Sømaterialer er ofte afrundede, mens knuste materialer er kantede.

Desuden kan kornene være kubiske, lange eller flade – eller både lange og flade. Der anvendes forskellige målemetoder til bestemmelse af kornformen. I EN 12620 henvises til EN 933-3 (Flisethedsindeks, UK: Flakiness) og EN 933-4 (Formindeks, UK: Shape). Den sidste metode definerer et givet tilslagsmateriales formindeks, som den vægtprocentdel af kornene, det har et længde/tykkelses–forhold større end 3.

Kornformen har betydning for betonens egenskaber. Afrundede korn kan gøre betonen lettere udstøbelig og kan give cementbesparelser. Skarpkantede korn kan

være en fordel i betoner, der skal være stabile i frisk tilstand - umiddelbart efter udstøbning.

Kornstørrelse

I praksis er en tilslags-mængde altid en blanding af korn i forskellig størrelse. Man beskriver derfor tilslag ved en kornstørrelsesfordeling. Til at bestemme kornstørrelsesfordelingen foretages en sigteanalyse. Ved optegning i et koordinatsystem af sigtestørrelser contra gennemfaldet på de enkelte sigter fås en kornkurve.

Et tilslag betegnes med to sigtestørrelser, hvorimellem de fleste korn befinder sig. Da sigternes størrelse er standardiseret i basissigtesæt – en serie med 0, 1, 2, 4, 8, 16 og 31,5 mm sigter og tillægssigter på fx 5,6, 11,2 og 22,4 mm sigter – vil betegnelserne være fx 2/8, 4/16 eller 8/22. Der tillades dog både større og mindre korn end de to sigter angiver. Typisk fx op til 10 % større korn (kaldet overkorn) og tilsvarende fx 10 % mindre korn (kaldet underkorn). Disse underkorn er ofte – også i stenmaterialer - helt ned til mikroskopiske sandpartikler.

3.2.2.2 Sigteanalyser

Ved en sigteanalyse kan man analysere, hvilke kornstørrelser der er i et tilslagsmateriale. Den europæiske fremgangsmåde er beskrevet i EN 933-1.

Analysen foretages ved først at udvaske finstoffet mindre end 0,063 mm. Herefter tørres tilslagsprøven og rystes igennem en serie af sigter, der er placeret ovenpå hinanden, således at der sigtes på finere og finere sigter. Sigterne har kvadratiske åbninger. Herved sorteres tilslaget i såkaldte fraktioner, som er større end den sigte de ligger på, men mindre end den ovenfor liggende sigte.

Maskevidden på standard-sigterne er: 0 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 - 31,5 og 63 mm. De store sigter bruges kun, hvis materialet indeholder sådanne partikler. Desuden anvendes i EN 12620 en sigte på 0,063 mm til at måle indholdet af finmateriale, og også ofte sigter med størrelser på 0,075 – 0,125 – 0,250 – 0,500 for at have styr på det fine materiales kornstørrelsesfordeling.

Efter færdigsigtning bestemmes de enkelte fraktioners masse. Mængden, der tilbageholdes på sigterne, vejes og skrives ind i en tabel.

3.2.2.3 Kornkurver

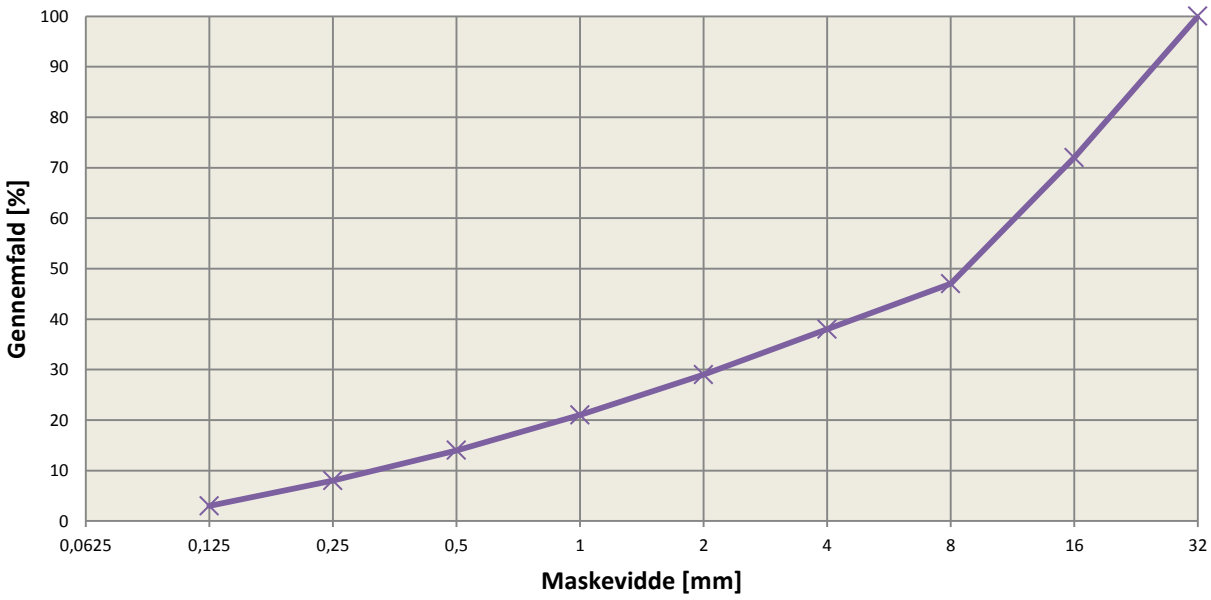
Resultaterne fra sigteanalysen bearbejdes i en tabel.

1	2	3	4	5	6
Sigte maskevidde **mm**	**Sigterest** **gram pr fraktion**	**Korrektion** **gram pr fraktion**	**Korrigeret sigterest** **gram pr fraktion**	**Sumkurve** **gram gennemfald**	**Kornkurve** **gennemfald i %**
32	0	0	0	4559	100
16	1270	12	1282	3277	72
8	1133	11	1144	2134	47
4	408	4	412	1722	38
2	392	4	396	1326	29
1	363	3	366	960	21
0.5	317	3	320	640	14
0,25	272	3	275	365	8
0,125	227	2	229	136	3
0 (Bund)	135	1	136	0	0
Masse efter sigtning	4050				
Masse før sigtning	4092		4092		
Sigterest	42				

Tabel 1. I tabellen ses som eksempel anført tal fra en konkret prøvning Bemærk at prøvningen er udført med et antal ekstra sigtestørrelser for at få bedre styr på fordelingen af de mindre korn

Kolonne 2 viser massen af de enkelte fraktioner efter sigtningen. Værdierne skal korrigeres for den forskel, der ofte er mellem massen før og efter sigtningen som følge af, at noget materiale trods omhu er mistet. Normalt fordeler man fejlen i forhold til størrelsen af sigteresten af de enkelte fraktioner, selvom rimeligheden af dette kan diskuteres, da sandsynligheden for at smide en 16 mm sten væk, er væsentlig lavere end sandsynligheden for at miste materiale i de finere fraktioner. Korrektionen er angivet i kolonne 3. I kolonne 4 adderes sigteresten og korrektionen, og man har nu den korrigerede sigterest. I kolonne 5 beregnes sumkurven. Den findes ved at tage den akkumulerede værdi, startende med den mindste sigte – dvs. nedefra og op. Endelig beregnes gennemfaldsprocenten i kolonne 6:

$$\text{Gennemfald i \%} = \frac{\text{Gram gennemfald}}{\text{Samlet masse}} * 100$$



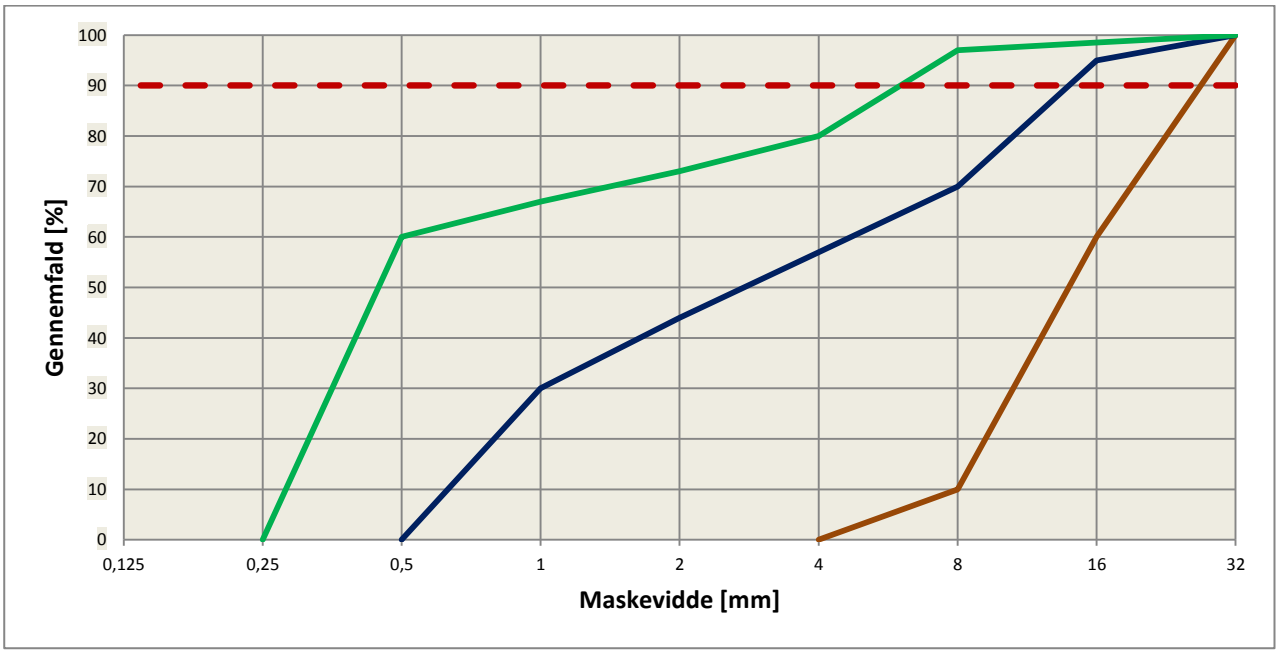
Figur 4. Optegnet kornkurve for sigteanalysen i tabel 1. Bemærk x-aksen er logaritmisk

3.2.2.4 Maksimal kornstørrelse

På sigtekurven kan man aflæse den faktiske maksimale kornstørrelse, som er den mindste maskevidde, der lader 100 % af materialet passere.

Normalt anvender man den nominelle (effektive) maksimal kornstørrelse, D_{maks}, som er den mindste maskevidde der lader mindst 90 % af materialet passere.

På figur 4 ses forskellen mellem den faktiske maksimale kornstørrelse og den nominelle maksimale kornstørrelse, d_{max}.



Figur 5. Den nominelle maksimale kornstørrelse D_{maks} kan aflæses af kornkurven

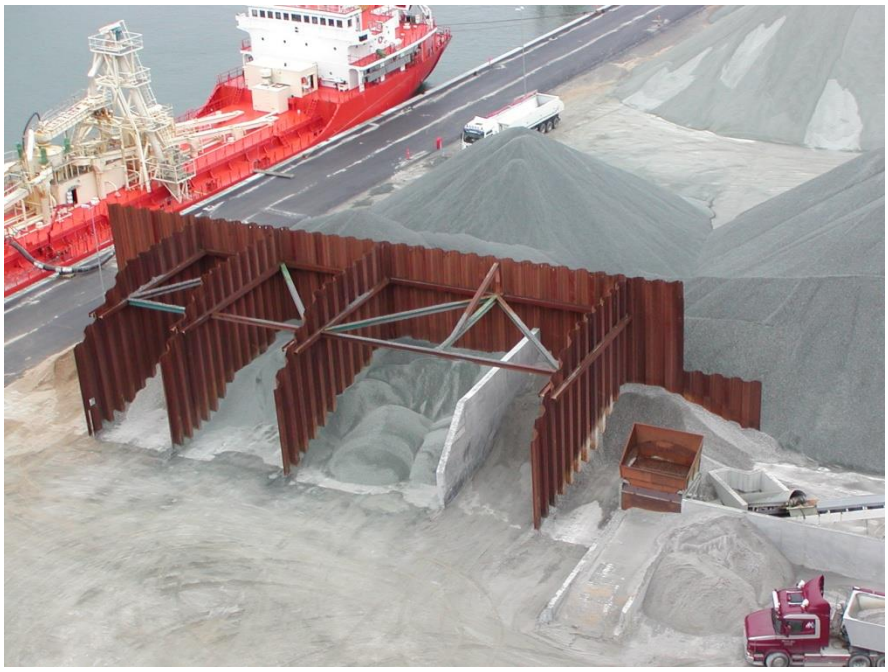
Alle materialerne har en faktisk maksimal kornstørrelse på 32 mm.

Den nominelle maksimale kornstørrelse, d_{max} for materialerne er:
a: 32 mm
b: 16 mm
c: 8 mm

Der skal være sammenhæng mellem den største nominelle maksimale kornstørrelse og støbeformens størrelse, armeringsdiameteren og afstanden mellem armerings-stængerne.

3.2.2.5 Sammensætning af tilslagsmaterialer

Når man proportionerer en betonrecept (sammensætter en betonblanding), er man normalt nødt til at anvende flere forskellige tilslagsstørrelser, fx en blanding af et 0/2 sand, et 4/8 stenmateriale og et 8/16 stenmateriale. Når mængderne af de forskellige delmaterialer er fastsat i recepten, kan man ud fra de enkelte materialers kornkurve, beregne den samlede tilslagsmængdes kornkurve, kaldet den sammensatte kornkurve.



Figur 6. Til en betonproduktion anvendes tilslag i forskellige størrelser, der skal holdes adskilt indtil blanding

Den optimale sammensatte kornkurve er en blanding af forskellige kornstørrelser fra de mindste sandkorn til de største sten, således at mindre partikler kan pakke sig i hulrummene mellem de større. Jo bedre materialet kan pakke sig, jo mindre cementpasta (lim) skal der anvendes, og jo billigere bliver derfor betonen. Der findes computerprogrammer, fx 4C-Packing, til at gennemføre sådanne pakningsanalyser.

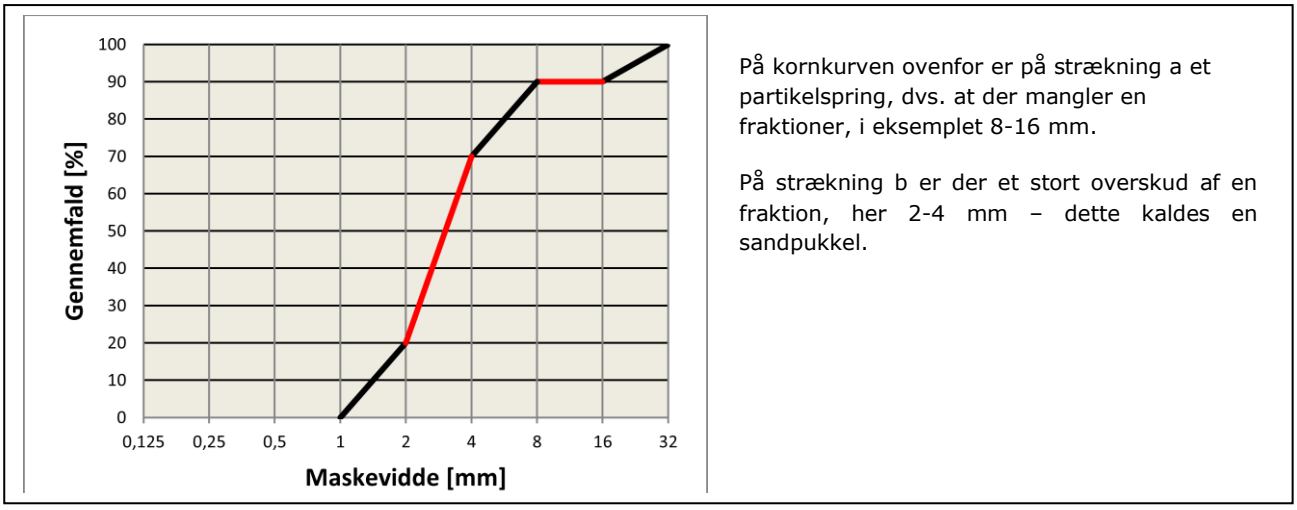
Med danske, naturlige materialer vil blandinger med ca. 700 kg sand og ca. 1100 kg sten (fordelt nogenlunde ligeligt på små og store sten) ofte give en god pakning. Det

præcise blandingsforhold bestemmes mest korrekt ud fra en pakningsanalyse eller man kan sammenligne den sammensatte kornkurve med en reference kornkurve (fx en Fuller-kurve).

Det er ikke en god ide, at anvende et grusmateriale indeholdende korn af for forskellig størrelse (kaldet en "lang kornkurve" – eller "all-in aggregate", engelsk betegnelse). Et sådant materiale kan let afblandes under håndtering. Afblandingen består i, at de forskellige kornstørrelser lægger sig mere eller mindre hver for sig i siloer eller lagerbunker.

3.2.2.6 Partikelspring og partikelinterferens

Et tilslagsmateriale kan mangle korn i et størrelsesinterval (svarende til en vandret stykke på kornkurven), hvilket kaldes et partikelspring, eller tilslagsmaterialet kan indeholde mange korn i en bestemt størrelse (svarende til et næsten lodret stykke på kornkurven), hvilket kaldes partikelinterferens



Figur 7. Partikelspring og sandpukkel kan ses på kornkurven

I praksis optræder partikelspring og partikelinterferens aldrig i ren form, og vil normalt optræde sammen, hvis man ser på et givet kornstørrelsesinterval. I praksis (i betonproduktionen) anvendes primært begrebet partikelspring. En partikelinterferens i sandfraktionen kaldes populært en sandpukkel.

Beton med tilslagsmaterialer med partikelspring har større risiko for at separere, og er derfor svære at pumpe. Partikelspring kan udnyttes til at gøre betonerne formstabile umiddelbart efter udstøbning.

Det var fx tilfældet for betonen til elementerne på Storebæltstunnelen, der blev støbt uden permanent overform med en maksimal hældning på 30° – svarende til, at 1/6-del af rørets omkreds blev støbt vandret form.



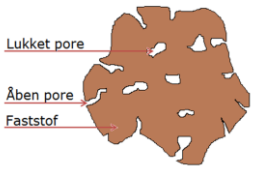
Figur 8. Storebæltselementerne blev støbt i en opadvendt form uden en permanent overform

3.2.2.7 Fysiske parametre

En vigtig fysisk parameter er korndensiteten. Den skal kendes for, at man kan beregne, hvor mange kg tilslag, der skal indgå i betonen og dermed betonens densitet.

Typiske danske tilslag af god kvalitet har en korndensitet på ca. 2.400 – 2.700 kg/m^3 – tæt, sort flint og granit ligger over 2.500 kg/m^3. Med sådanne tilslag får betonen en densitet på ca. 2.300 kg/m^3. Man kan anvende tungere tilslag som fx magnetit og få højere densiteter.

Densitet og absorption

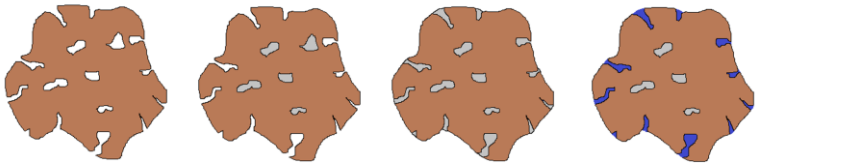


Tilslagsmaterialer består i praksis altid af et faststof med porer. Porerne kan være åbne eller lukkede. Porøsiteten, *p*, bestemmes som: $p = \frac{V_p}{V}$

Hvor V_p = Volumen af åbne og lukkede porer

V = Total volumen – volumenet af det faste stof, de åbne og lukkede porer

På grund af tilslagsmaterialernes porøsitet, er der flere forskellige måder at fastsætte densiteten på, afhængig af hvor stort en del af faststoffet man medregner, og afhængig af hvilket volumen man bruger.



a) Faststofdensiteten, ρ_f, er forholdet mellem tørmassen, m_o, og den absolutte faststofvolumen, V_f.:

$$\rho_f = \frac{m_o}{V_f}$$

b) Den tilsyneladende faststofdensitet, ρ_{tf}, er forholdet mellem tørmassen, m_o, og det totale tilsyneladende volumen, V_{tf} (volumenet af faststof inkl. lukkede porer): $\rho_{tf} = \frac{m_o}{V_{tf}}$

c) Den tilsyneladende tørdensitet, ρ_d, er forholdet mellem tørmassen, m_o, og det totale volumen, V.:

$$\rho_d = \frac{m_o}{V}$$

d) Korndensiteten i vandmættet overfladetør tilstand, ρ_{vot}, er forholdet mellem tørmassen, m_o, samt massen af vandet i de åbne porer ($V_{å} * \rho_w$), og det totale volumen, V.: $\rho_{vot} = \frac{m_o + V_{å} * \rho_w}{V}$

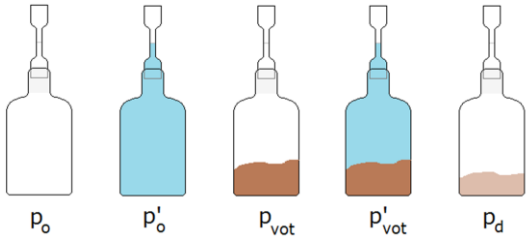
Korndensiteten i vandmættet overfladetør tilstand kan anses at svarer til kornenes tilstand i den friske beton , hvorfor det er denne densitet, der anvendes i betonproportionering. Absorptionen beregnes som forholdet mellem den mængde vand der kan være i de åbne porer, divideret med densiteten i tør tilstand: $w_a = \frac{m_{vot} - m_o}{m_o}$

Korndensiteten og absorptionen kan bestemmes med et pyknometer.

Figur 9. Beskrivelse af begreberne densitet og absorption

Tilslagets absorption er en vigtig fysisk parameter. Hermed forstås den vandmængde, som tilslaget er i stand til at suge til sig – uden at være vådt. Et tilslagskorn, der har absorberet vand i porer og sprækker siges at være i Vandmættet-Overfladetør-Tilstand, også kaldet VOT. Den vandmængde, der er absorberet, skal ikke medregnes i vandmængden i betonen ved beregning af vand/cement forholdet.

Pyknometermetoden:



1. Prøven bringes i vot-tilstand iht. EN 1097-6
2. Et tørt pyknometerglas med glasprop vejes tomt, p_o*[kg]*
3. Pyknometerglasset fyldes med vand op til afmærkningen i halsen af proppen og vejes sammen med glasproppen, p'_o *[kg]*
4. Pyknometerglasset tørres og fyldes med prøven (i vot-tilstand)og vejes sammen med glasproppen, p_{vot} *[kg]*
5. Pyknometerglasset med prøven i vot-tilstand fyldes med vand op til afmærkningen i halsen af proppen og vejes sammen med glasproppen, p'_{vot} *[kg]*
6. Prøven tørres ved 105°C til vægten er konstant, og vejes i det tørre pyknometerglas, sammen med glasproppen, p_d *[kg]*
7. Korndensiteten i vandmættet overfladetør tilstand bestemmes

$$\rho_{vot} = \frac{m_o + V_{å} * \rho_w}{V} = \frac{p'_{vot} - p_o}{(p'_o - p_o) - (p'_{vot} - p_{vot})} * \rho_w \qquad \left[kg/m^3\right]$$

$V_{å}$ = Volumen af åbne porer
ρ_w = Densiteten af vand

8. Absorptionen bestemmes

$$w_a = \frac{V_{å} * \rho_w}{m_o} = \frac{p'_{vot} - p_d}{p_d - p_o}$$

Udover korndensiteten i vandmættet overfladetør tilstand og absorption, kan man også bruge afvejningerne til at bestemme den tilsyneladende faststofdensitet:

$$\rho_{tf} = \frac{m_o}{V - V_{å}} = \frac{P_d - P_o}{(P'_o - P_o) - (P'_{vot} - P_{vot})} \qquad \left[kg/m^3\right]$$

Figur 10. Stenenes densitet og absorption kan bestemmes med et pyknometer

Det er klart, at hvis absorptionen er stor, er tør-densiteten også reduceret, fordi stor absorption skyldes porer og revner i tilslaget.

Tilslagets kornstyrke er også vigtig, hvis betonen skal have en meget høj styrke, eller hvis betonen udsættes for slid. Hvis betonen udsættes for store lokale

trykpåvirkninger – fx fra stålhjul på et betongulv – er det vigtigt at samtlige større korn i betonen er stærke.

I danske materialer er de sorte flinter langt de hårdeste og stærkeste. Granit er svagere – noget afhængigt af granittens oprindelse. Danske kalksten er normalt bløde sten. I letbeton bruges ofte lette, porøse og ret svage korn (fx leca-korn). Men selv med sådanne korn, kan laves beton med betydelig styrke, hvis blot cementpastaen har en stor styrke. EN 206-1 indeholder trykstyrkeklasser for letbeton med cylinderstyrke på op til 80 MPa.

Frostbestandighed er en vigtig parameter for sten-korn. Forholdene i betonen er komplicerede, fordi en stens mulighed for at blive vandmættet (og dermed frostfarlig) i beton afhænger af porestørrelserne i stenen og i den omkringliggende pasta. Den del (sten eller pasta) med mindst porer vil suge vandet til sig. Mange af de såkaldte "frostspringere" (afskalninger over en enkelt (typisk) hvid sten) er reelt en afskalning forårsaget af en alkali-kisel-reaktion – se nedenfor.

3.2.2.8 Kemiske parametre

Alkalikiselreaktivitet

Den væsentligste kemiske parameter for tilslag er tilslagskornenes stabilitet i cementpasta.

Hærdnet cement pasta er stærkt basisk med et pH på ca. 13-14, hvilket betyder, at nogle mineraler – især amorf kisel – er opløselige. Et stenkorn kan således have været kemisk stabilt i tusinder af år ude i naturen, men begynde at blive opløst, så snart det bliver indstøbt i beton.

For at denne proces skal kunne ske, skal der være reaktivt kisel, der skal være vand og pH skal være højt, det vil sige en høj koncentration af hydroxid-ioner (OH^-). I praksis sker dette i beton ved, at der også er en høj koncentration af alkalier (Na^+ og K^+).

Processen hedder derfor Alkali-Kisel-Reaktion – forkortet AKR.

Ved AKR dannes en tyktflydende gel, der er hygroskopisk og under vandoptagelse bliver ekspansiv og kan forårsage skader i form af revner i betonen.

Sten, der indeholder kisel, men ikke er porøse (fx sort flint), vil normalt ikke kunne udvikle AKR.

I danske materialer ses AKR især i beton udført med bakkematerialer, hvor de reaktive korn typisk er hvide (opalflint) og porøse – og derfor lette med en korndensitet fra ca. 1.900 til 2.200 kg/m^3. Lette, hvide korn bør derfor mane til forsigtighed, hvis betonen skal befinde sig i et miljø, hvor AKR kan optræde, det vil sige i vådt miljø.

I indendørs tørt miljø kan AKR ikke optræde, hvorfor også reaktive tilslag kan anvendes i tørt miljø.

Humus

Et særligt problem kan være humus, der stammer fra muld (ved en fejl) indblandet i tilslagene. For meget humus i tilslaget – typisk i sandet - kan reducere cementens styrkeudvikling.

Chlorider

Sømaterialer indeholder chlorider fra havvandet, og disse chlorider kan bidrage til et højt chloridindhold i betonen, hvilket kan medføre risiko for armeringskorrosion. Hvis tilslagsmaterialet lægges op i en bunke, og saltvandet drænes naturligt væk, vil chloridindholdet normalt være så lille, at det ikke giver anledning til problemer.

3.2.3 Normer og standarder

Den europæiske Tilslagsstandard EN 12620 og standarden for Vurdering af tilslags overensstemmelse EN 16236 er gældende – også i Danmark.

EN 12620 er en harmoniseret standard, hvorfor tilslag bragt på markedet skal CE-mærkes, og der er krav om ekstern overvågning af produktionsstyringen.

EN 12620 og de mange underliggende prøvningsstandarder er bredt accepteret og anvendes stort set uændrede i de fleste lande inklusive Danmark.

EN 12620 giver imidlertid på området vedrørende AKR de enkelte lande mulighed for at lave nationale regler, hvilket Danmark også har gjort. Disse regler fremgår af DS 2426 (den danske implementeringsstandard til EN 206-1 vedr. Beton-Materialer).

De danske standardiseringskrav vedr. AKR er omfattende. Det skyldes, at Danmark geologisk befinder sig i et område, hvor dette problem er særligt stort. I Danmark er der derfor i standardernes krav meget stor forskel på tilslags krav til beton indendørs, beton udendørs, og beton udsat for chlorider fra tøsalt eller havvand.

Beton, der både udsættes for salt og vand, og anvendes i opvarmede konstruktioner – fx i en svømmehal – skal indeholde tilslag af en særlig høj kvalitet.

3.2.4 Prøvning

Prøvninger udføres efter de europæiske metoder, der knytter sig til EN 12620. Disse europæiske metoder minder dog i stor grad om de tidligere danske metoder.

EN 933 serien omhandler geometriske parametre, og EN 1097 de mekaniske og fysiske parametre.

En oversigt over standarder kan ses i EN 12620 afsnit 2, Normative referencer, men fra disse henvises der til yderligere et antal standarder.

Vigtigst er måske EN 932-1, som omhandler prøveudtagning. Det er ikke ganske let – men meget vigtigt – at udtage en repræsentativ prøve af tilslag, fordi tilslag under

transport let afblander – om ikke andet i den overflade, hvorfra en prøve typisk udtages fra. Standarden er på 24 sider.

EN 932-5 beskriver hvilket udstyr man skal have i sit tilslagslaboratorium og hvordan det kalibreres.

3.2.5 Status for tilslag i Danmark

Danmark har meget store mængder tilgængelige tilslag, hvoraf mange dog kun kan anvendes til betoner, der ikke er udsat for frost, vand og især ikke saltvand.

Disse forhold har betydet, at Danmark har udviklet et klassifikationssystem, hvor der skelnes mellem tilslag afhængigt af den miljøklasse betonen befinder sig i.

Disse klasser for tilslag er navngivet svarende til miljøklasserne for beton, det vil sige med P, M, A og E.

3.2.6 Status for tilslag i udlandet

De forskellige europæiske lande har hver sine egne forudsætninger og muligheder vedrørende tilslag.

I Sverige og Norge er der store mængder bjerg at nedknuse. Naturgrus 0/8 findes som bakkematerialer. Miljøhensyn begrænser dog udnyttelsen af disse bakkematerialer. Derfor anvendes også knuste materialer som sand, hvilket kræver mere cement og gør betonen dyrere.

I Holland er der begrænsede mængder tilslag på land, hvorfor der anvendes en del sømaterialer og importerede materialer.

Tyskland har forhold som Danmark i nord og som Sverige og Norge i syd.

I stort set alle lande i EU har man nationale regler for at undgå alkali-kisel-reaktioner afhængigt af dels geologiske forhold, dels traditioner og omfanget af erkendte skader.

De færreste lande har dog så opdelte krav som i Danmark med en holdbarhedsklassificering i 4 klasser. I flere lande har man (i praksis) ét sæt krav til tilslag, der derfor er for skrappe til nogle anvendelser og for lempelige til andre.

3.2.7 Litteratur

[1] EN 12620, Tilslag til beton

[2] EN 16236, Vurdering af tilslags overensstemmelse

[3] EN 932-1, Prøveudtagning

[4] EN 932-5, Alment udstyr og kalibrering

[5] EN 933-1, Bestemmelse af kornstørrelsesfordeling - Sigteanalyse

[6] EN 933-3, Bestemmelse af kornform - Flisethedsindeks

[7] EN 933-4, Bestemmelse af kornform - Formindeks

[8] EN 1097-6, Bestemmelse af korndensitet og vandabsorption.

[9] Sten og sand til beton, Beton-Teknik 1/05/1982, rev. 1987, Aalborg Portland

3.2.8 Links

http://www.danskeraastoffer.dk/