

Publikasjon nr. 26

Materialgjenvinning av betong og murverk for betongproduksjon

Norsk Betongforenings publikasjoner er utarbeidet av fagpersoner utnevnt av Norsk Betongforenings styre. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunktet redaksjonen ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

Norsk Betongforening, forfattere eller fagkomiteen har intet ansvar for feil eller mangler i publikasjonen og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes av publikasjonen benyttes av kompetente, fagkyndige ingeniører med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

Forord

Bygningsindustrien er en av de store brukere av materialer. Den er også tradisjonelt blant samfunnets store bidragsyttere til et stadig voksende avfallsproblem.

For å få til en "bærekraftig utvikling", er det ønskelig at alle materialer har en total livssyklus, dvs. at teknologi og marked må åpne for materialgjenvinning.

Rivemasser av tegl og betong har i noen land blitt benyttet som verdifulle råmaterialer ved nybygging. I Norge har dette til nå hatt begrenset anvendelse, blant annet på grunn av manglende teknisk regelverk.

Ved utarbeidelsen av de nye felleseuropeiske tilslags- og betongstandardene, EN 12620 og EN 206, hadde man ambisjoner om å integrere bruken av disse råstoffene. I slutfasen av arbeidet (1998) måtte man imidlertid oppgi dette. Disse standardene vil i stedet få referanser til "nasjonale bestemmelser" på dette området. For resirkulert tilslag ble det likevel nedsatt en arbeidsgruppe, *CEN/TC 154 ad hoc group for recycled materials*, som utga "*techn. report N 484 E*", med forslag til terminologi, krav og spesifikasjoner. Det er i denne publikasjon lagt vekt på å harmonisere med CEN-standardene når det gjelder terminologi og oppbygning.

Flere europeiske land som bl.a. Nederland, Danmark, Sverige og Tyskland har nasjonale regelverk for bruk av resirkulert tilslag i betong. Disse regelverkene er imidlertid ikke koordinert, hverken med hensyn til terminologi eller krav.

Dagens norske standarder NS 3420 kapittel "L – Betongkonstruksjoner", NS 3473 "Prosjektering av betongkonstruksjoner" og NS-ENV 206 "Betong - Egenskaper, fremstilling, støping og samsvarskriterier", utelukker formelt ikke bruk av slikt tilslag i sine bestemmelser, men de gir heller ingen anvisninger for dette. De spesifikt forskjellige egenskapene for resirkulert tilslag sammenlignet med tradisjonelt tilslag var heller ikke en del av de overveielser som ligger bak disse standardene.

Det er Norsk Betongforenings ønske at denne publikasjonen vil bli brukt som supplerende bestemmelser for dagens norske standarder, samt til de kommende felleseuropeiske bestemmelsene.

Publikasjonen består av to deler :

Spesifikasjon

Den første delen er en spesifikasjonstekst som er tenkt benyttet som et direkte supplement til standardene.

Kommentarer

Den siste delen er en kommentardel som gir en orientering om grunnlaget for komiteens valg. Inndelingen i kommentardelen følger spesifikasjonsdelens inndeling, og er skrevet i *kursiv*. Ikke alle punkter i publikasjonen er kommentert.

Komiteen har hatt følgende sammensetning:

Jan Erik Carlsen	Selmer ASA	sekretær
Svein Hegseth	Spenncon AS	
Steinar Helland	Selmer ASA	formann
Kolbjørn Høyland	Dr. techn. Olav Olsen as	
Kåre Johansen	SINTEF Bygg og miljøteknikk	
Berit Laanke	Franzefoss Bruk as	
Gordana Petkovic	Statens vegvesen	
Gro Markeset	Forsvarets bygningstjeneste	
Arne Vatnar	Norcem as	

Arbeidet har mottatt støtte fra Norges Forskningsråd gjennom en rammebevilgning til Franzefoss Bruk as.

Revisjonen 2003

Publikasjonen ble oppdatert sommeren 2003 som følge av at NS-EN 206-1:2003 med nasjonalt tillegg, NS 3465:2003 og NS 3473:2003 erstattet NS 3420:1999 og NS 3473:1998

Oppdateringen har begrenset seg til en tilpassning til de nye klassebetegnelsene etc og omfatter ikke tekniske endringer av betydning.

Arbeidet ble utført av Steinar Helland, Selmer Skanska AS

INNHold

Side

SPESIFIKASJON :

1	INNLEDNING	
1.1	Generelt	1
1.2	Definisjoner	2
1.3	Spesielle forhold	3
1.3.1	Restbetong fra betongblandeverk, betongvare- og betongelementfabrikker	
1.3.2	Konstruksjoner med tetthets- eller bestandighetskrav	
1.3.3	Alkali-reaktivitet	
1.3.4	Utmattingspåkjennte konstruksjoner	
1.3.5	Spennarmerte konstruksjoner	
2	MATERIALER	
2.1	Klassifisering av resirkulert tilslag	4
2.2	Grenseverdier for prosjektering og anvendelse av resirkulert tilslag	5
3	PRODUKSJON AV RESIRKULERT TILSLAG	
3.1	Generelt	6
3.2	Kontroll og dokumentasjon av forurensninger i riveobjekter	6
3.2.1	Miljøfarlige stoffer	
3.2.2	Betongteknologisk ugunstige stoffer	
3.3	Mottakskontroll og kvalitetssikring	7
3.4	Produksjon og lagring	7
3.5	Dokumentasjon av tilslag	7
4	PRODUKSJON AV BETONG MED RESIRKULERT TILSLAG	
4.1	Generelt	8
4.2	Produksjon og kontroll	8
4.3	Dokumentasjon	8
5	PROSJEKTERING VED HØY INNBLANDING AV RESIRKULERT TILSLAG	
5.1	Beregning i henhold til NS 3473	9
5.2	Spesielle beregningsregler	9
5.2.1	Krav til materialer og utførelse	
5.2.2	Last og lastvirkning	
5.2.3	Grunnlag for dimensjonering ved beregning	
5.2.4	Bruddgrensetilstanden	

REFERANSER

KOMMENTARER

SJEKKLISTE

S P E S I F I K A S J O N

1 INNLEDNING

1.1 Generelt

Denne publikasjonen angir krav for bruk av nedknuste konstruksjonsmaterialer som tilslag ved produksjon av ny betong.

De nedknuste materialene kan komme fra murte konstruksjoner, betongkonstruksjoner, restbetong fra betongblandeverk, betongvare- eller betongelementfabrikk.

I produksjon av ny betong kan nedknuste masser benyttes i varierende andel sammen med naturlig tilslag, avhengig av kvaliteten på de nedknuste masser og anvendelsesområdet for den nye betongen.

Resirkulert tilslag som omhandles i denne publikasjon forutsettes å komme fra konstruksjoner eller objekter som før riving og nedknusing er vurdert eller kontrollert.

Angivelse av % i denne publikasjon refererer til masse - % dersom ikke annet er angitt.

Andel resirkulert tilslag i betong skal angis separat for fraksjon 0-4 mm og fraksjon 4-32 mm. Andelen angis i hver fraksjon som % resirkulert tilslag i forhold til betongens tilslagsmengde i den aktuelle fraksjon.

1.2 Definisjoner

Resirkulert tilslag:

- Resirkulert tilslag fra tidligere konstruksjon :
 - nedknust betong eller murverk
- Resirkulert tilslag fra restbetong :
 - tilslag fra nedknust, herdet restbetong fra betongblandeverk
 - tilslag fra nedknuste, herdete betongvarer fra betongvarefabrikk.
 - tilslag fra nedknuste, herdete betongelementer fra betongelementfabrikk

Naturlig tilslag:

Pukk, singel, sand, fingerus eller nedknust bergart fra naturlig, ikke resirkulert forekomst.

Blandingstilslag:

Blanding av resirkulert tilslag og naturlig tilslag.

1.3 Spesielle forhold

1.3.1 Restbetong fra betongblandeverk, betongvare- og betongelementfabrikker

Resirkulert tilslag fra restbetong kan inngå med opptil 5 % i hver av fraksjonene 0-4 mm og 4-32 mm i produksjon av ny betong uten noen av de begrensninger som ligger i denne publikasjon. Dersom kun resirkulert tilslag fra restbetong i fraksjon 4-32 mm benyttes, kan andelen av denne inngå med 5 % av betongens totale tilslagsmengde. Dette kan gjøres fordi den nye betongen anses å få tilnærmet samme egenskaper som betong med naturlig tilslag.

1.3.2 Konstruksjoner med tetthets- eller bestandighetskrav

For konstruksjoner med krav til vanntetthet, frostbestandighet eller motstand mot kloridinntrenging må egnetheten av det resirkulerte tilslaget dokumenteres spesielt. Denne publikasjon gir ikke anvisning for en slik dokumentasjon.

1.3.3 Alkali-reaktivitet

Resirkulert tilslag skal generelt anses å være alkalireaktivt dersom annet ikke blir spesielt dokumentert.

1.3.4 Utmattingspåkjente konstruksjoner

Denne publikasjon gir ikke anvisning for bruk av resirkulert tilslag i utmattingspåkjente konstruksjoner.

1.3.5 Spennarmerte konstruksjoner

Resirkulert tilslag kan anvendes til spennarmerte konstruksjoner dersom innholdet av resirkulerte masser ikke overstiger verdiene gitt i tabell 2.2 og 2.3.

2 MATERIALER

2.1 Klassifisering av resirkulert tilslag

Resirkulert tilslag som skal inngå i ny betongproduksjon klassifiseres i henhold til tabell 2.1.

Tabell 2.1: Klassifisering av resirkulert tilslag

EMNE	Type I	Type II
Mineralsk innhold: Betong og/eller stein : Betong, stein, murverk og/eller tegl : Ikke-mineralsk innhold: (som treverk, papir, metall, isolasjonsmaterialer *, plast, gummi, planterester**), samt glass : * Isolasjonsmaterialer : * * Planterester :	 > 95 % < 5 % < 0,5 v.% ¹⁾ < 0,5 v.%	 > 99 % < 1 % < 0,1 v.% < 0,1 v.%
Densitet: ovnstørr ²⁾ : vannmettet overflatetørr ²⁾ :	> 1500 kg/m ³ > 1800 kg/m ³	> 2000 kg/m ³ > 2100 kg/m ³
Vannabsorpsjon:	< 20%	< 10%

¹⁾ v.% betyr % av volum

²⁾ Utføres i h.h.t. NS-EN 1097-6
 Kravet skal oppfylles for minst én av metodene.

2.2 Grenseverdier for prosjektering og anvendelse av resirkulert tilslag

Dersom ikke noen av punktene i kapittel 1.3 "Spesielle forhold" kommer til anvendelse gjelder følgende:

Dimensjonering kan utføres uinnskrenket etter NS 3473 dersom:

- fasthetsklasse,
 - bestandighetsklasse og
 - andel med resirkulert tilslag i fraksjonene 0-4 mm og 4-32 mm
- tilfredsstiller tabell 2.2 og 2.3.

Dersom andelen av resirkulert tilslag overstiger verdiene i tabell 2.2 eller 2.3, må dimensjonering foretas i henhold til kapittel 5 i denne publikasjonen.

Tabell 2.2 : Største andel av tilslag i fraksjon 0-4 mm som kan erstattes med resirkulert tilslag uten at kap. 5 må anvendes

Begrenset til:	Andel resirkulert tilslag		
	Type I	Type II	Sum Type I + II
Fasthetsklasse B20 og Bestandighetsklasse M90	5 %	10 %	10 % ^{*)}

^{*)} Dersom begge typer benyttes gjelder også begrensningen på 5 % av Type I.

Tabell 2.3 : Største andel av tilslag i fraksjon 4-32 mm som kan erstattes med resirkulert tilslag uten at kap. 5 må anvendes

Begrenset til:	Andel resirkulert tilslag		
	Type I	Type II	Sum Type I + II
Fasthetsklasse B20 og Bestandighetsklasse M90	10 %	30 %	30 % ^{**)}
Fasthetsklasse opp til og med B45 og Bestandighetsklasse M90 og M60	0 %	20 %	-

^{**)} Dersom begge typer benyttes gjelder også begrensningen på 10 % av Type I.

3 PRODUKSJON AV RESIRKULERT TILSLAG

3.1 Generelt

Dette kapittel kommer til anvendelse ved produksjon av resirkulert tilslag til betongformål, og dokumentasjon av slike masser.

3.2 Kontroll og dokumentasjon av forurensninger i riveobjekter

For å kunne utføre en tidlig materialvurdering mot resirkulering til betongformål, skal riveobjekter vurderes før riving.

Vurderingen skal utføres av en person med betongteknologisk kompetanse tilsvarende det som etter gjeldende betongstandard kreves for å fungere som Produksjonsansvarlig for betongproduksjon i kontrollklasse Normal kontroll/NS3473.

Publikasjonen skiller mellom miljøfarlige stoffer og betongteknologisk ugunstige stoffer siden håndtering av miljøfarlige stoffer dekkes av annet lovverk og offentlige forskrifter.

3.2.1 Miljøfarlige stoffer

Dette er stoffer og materialer som representerer en fare for mennesker og miljøet.

Det skal foreligge nødvendig dokumentasjon på at rivingsmaterialer som skal benyttes til produksjon av resirkulert tilslag til betongformål ikke inneholder uakseptable mengder av miljøfarlige stoffer.

Byggherren er gjennom offentlige forskrifter som f.eks. "Byggherreforskriften" og "Spesialavfallsforskriften" pålagt å håndtere sitt avfall etter bestemte retningslinjer. Avfallshåndteringen skal planlegges, og miljøfarlige stoffer skal sorteres på en slik måte at de ikke forurensrer annet avfall.

Krav til behandling av miljøfarlige stoffer omfattes ikke av denne publikasjonen.

3.2.2 Betongteknologisk ugunstige stoffer

Dette er stoffer eller materialer som er ugunstige m.h.t. betongens egenskaper, enten i fersk eller herdet tilstand. Det skal foreligge nødvendig dokumentasjon på at rivingsmaterialer som skal benyttes til produksjon av resirkulert tilslag til betongformål ikke inneholder slike stoffer i skadelige mengder.

3.3 Mottakskontroll og kvalitetssikring

Ved ankomst til mottak skal det utføres en visuell kontroll av materialet for å bekrefte at selektering er utført i h.h.t. forhåndsvurdering av riveobjektet, og at materialet ikke inneholder forurensninger ut over dette. Materialet klassifiseres samtidig etter tabell 2.1.

Tilslagsprodusenten skal besørge tilfredsstillende lagring av mottatte masser for å forhindre sammenblanding av lagerhauger, samt forurensning fra ytre kilder.

3.4 Produksjon og lagring

Produksjon og lagring av resirkulert tilslag skal utføres etter samme regelverk som for produksjon av naturlig tilslag. Under prosessering skal det foretas en visuell vurdering av materialsammensetning etter tabell 2.1.

3.5 Dokumentasjon av tilslag

Prøvemeter og prøvehypighet for resirkulert tilslag er de samme som benyttes for naturlig tilslag, dog med modifikasjoner i h.h.t. tabell 3.

Tabell 3: Testing av tilslag

Testparametere	Testfrekvens Type I og II (Det strengeste av :)
Siktekurve	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Densitet	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Vannabsorpsjon	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Kloridinnhold ^{*)}	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Sulfater ^{**)}	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn
Materialsammensetning ^{***)} (se tabell 2.1)	Hver 10. produksjonsdag / 2000 tonn

^{*)} Kloridinnholdet kan måles som vannoppløselige klorider på hele tilslagskorn, dvs. at de nedknuste og sorterte fraksjoner ikke skal knuses videre til pulver.

^{**) Enkle metoder kan benyttes, f.eks. måling v.h.a. QUANTAB-strips.}

^{***)} Sulfatinholdet kan måles med en enkel metode, som f.eks. MERCK 1.10019

^{***)} Visuell vurdering av representativ uttatt prøve

4 PRODUKSJON AV BETONG MED RESIRKULERT TILSLAG

4.1 Generelt

Betong med resirkulert tilslag skal produseres etter gjeldende standard for betongproduksjon med naturlig tilslag.

Dersom andelen av resirkulert tilslag er høyere enn grensene i tabell 2.2 og 2.3 skal betongprodusenten varsle brukeren av betongen om at bestemmelsene i kap. 5 må komme til anvendelse.

4.2 Produksjon og kontroll

Nødvendig blandetid fastsettes etter prøveblandinger.

Resirkulert tilslag skal kontrolleres hos betongprodusenten etter gjeldende standarder for betongproduksjon med naturlig tilslag.

4.3 Dokumentasjon

Betongprodusenten er ansvarlig for at bruk av resirkulert tilslag i hvert betonglass er sporbart m.h.t. tilslagsprodusent, innblandingsmengde, fraksjon og type.

5 PROSJEKTERING VED HØY INNBLANDING AV RESIRKULERT TILSLAG

5.1 Beregning i henhold til NS 3473

Dersom andelen av resirkulert tilslag ikke overstiger verdier gitt i tabellene 2.2 og 2.3 kan beregninger utføres uinnskrenket etter NS 3473.

Det åpnes for å gå utover begrensningene av andel resirkulert tilslag av Type II, satt i tabellene 2.2 og 2.3. I så fall skal tilleggskravene i kapittel 5.2 oppfylles.

5.2 Spesielle beregningsregler

5.2.1 Krav til materialer og utførelse [til pkt. 7, NS 3473]

For betong med resirkulert tilslag skal kontrollklasse Utvidet Kontroll benyttes for kontroll av utførelse for de delene av en konstruksjon som prosjekteres med betong i fasthetsklasse med karakteristisk sylinderfasthet

$$f_{ck} > f_{ck1} (\rho/\rho_1)^2 \text{ hvor } f_{ck1} = 45 \text{ N/mm}^2 \text{ og } \rho_1 = 2200 \text{ kg/m}^3 \text{ (ovnstørr densitet)}$$

$$\rho \leq 2200 \text{ kg/m}^3$$

5.2.2 Last og lastvirkning [til pkt. 9, NS 3473]

5.2.2.1 Elastisitetsmodul [til pkt. 9.2.2, NS 3473]

For betong med resirkulert tilslag reduseres elastisitetsmodulen, dersom den ikke er fastlagt ved forsøk, ved å multiplisere med en faktor $(\rho/\rho_1)^2$ hvor $\rho_1 = 2200 \text{ kg/m}^3$
 $\rho \leq 2200 \text{ kg/m}^3$

5.2.2.2 Kryp [til pkt. 9.3.2, NS 3473]

For betong med resirkulert tilslag kan kryptallet settes lik verdien for normalbetong uten resirkulert tilslag, multiplisert med faktoren $(\rho/\rho_1)^2$ for $\rho \geq 1800 \text{ kg/m}^3$. For $\rho \leq 1500 \text{ kg/m}^3$ multipliseres med faktoren 1,3 $(\rho/\rho_1)^2$. For mellomliggende verdier av ρ interpoleres lineært. $\rho_1 = 2200 \text{ kg/m}^3$ $\rho \leq 2200 \text{ kg/m}^3$.

5.2.3 Grunnlag for dimensjonering ved beregning [til pkt. 11, NS 3473]

5.2.3.1 Fasthetsklasser og konstruksjonsfasthet for betong [til pkt. 11.1, NS 3473]

Dokumentasjon av oppnådd fasthetsklasse utføres enten med terninger eller sylindere, mot de verdier som er gitt i Tabell 5 / NS 3473. Dersom det kan dokumenteres en annen relasjon mellom terning og sylinderfasthet enn de som er gitt i tabell 5 for den aktuelle betongsammensetningen, kan denne benyttes i den løpende kontrollen av betongproduksjonen for å dokumentere oppnådd karakteristisk sylinderfasthet.

Fasthetsverdiene i tabell 5 i NS 3473 gjelder for betong med resirkulert tilslag med følgende begrensninger og endringer :

fasthetsklasse $\leq$ B45

Dersom konstruksjonsfastheten for strekk ikke fastsettes ved prøving kan den finnes ved å multiplisere f_{tm} med faktoren $(0,15 + 0,85 \rho/\rho_1)$. $\rho_1 = 2200 \text{ kg/m}^3$
 $\rho \leq 2200 \text{ kg/m}^3$

Dersom det benyttes resirkulert tilslag også i 0-4-fraksjonen skal beregnet f_{tm} reduseres ytterligere med 15 %.

5.2.3.2 Spenning og tøying ved beregning av kapasiteter [til pkt. 11.3, NS 3473]

Betong med resirkulert tilslag kan antas å ha en spennings-tøyningsssammenheng som gitt i pkt. 11.3.1 i NS 3473. E_{cn} og ϵ_{co} må bestemmes ved prøving av den aktuelle betongtype.

I fasthetsklasse opp til og med B35 kan det forenklet regnes med en bilineær sammenheng som gitt i pkt. 11.3.3 NS 3473. Proporsjonalitetsgrensen settes lik $\epsilon_{co} = -2\%$ og tøyningsgrensen :

$$\epsilon_{cu} = \epsilon_1(0,15 + 0,85\rho/\rho_1)$$

hvor $\epsilon_1 = -3,5\%$ og $\rho_1 = 2200 \text{ kg/m}^3$, $\rho \leq 2200 \text{ kg/m}^3$.

5.2.4 Bruddgrensetilstanden [til pkt. 12, NS 3473]

5.2.4.1 Søyler med spiralarmering [til pkt. 12.1.5, NS 3473]

Forenklet beregning av kapasitet for søyler med spiralarmering kommer ikke til anvendelse.

5.2.4.2 Skjærkraft i bjelker og plater [til pkt. 12.3.3.3, NS 3473]

Ved kontroll av trykkbruddkapasitet etter fagverksmetoden i punkt 12.3.3. i NS3473 begrenses utnyttbar trykkfasthet f_{c2d} til $0,5 f_{cd}$ ved samtidig aksialstrekk.

5.2.4.3 Forankring og skjøting av armering [til pkt. 12.8.2, NS 3473]

Ved omfarskjøt av buntet armering med ekvivalent diameter større enn 32 mm skal stengene omfares enkeltvis og skjøtene forskyves minst kraftinnføringslengden l_b .

5.2.4.4 Partielt belastede flater [til pkt. 12.9 i NS 3473]

Trykkraftkapasiteten kan for betong med resirkulert tilslag antas til :

$$F_{cd} = A_1 f_{cd} (A_2/A_1)^{1/4}; \quad [\text{til pkt. 12.9.2 i NS 3473}]$$

Dersom forholdet mellom belastningsflatens største og minste tverrmål er mindre enn 2, og fordelingsflaten A_2 antas geometrisk likedannet med belastningsflaten A_1 , kan kapasiteten for betong med resirkulert tilslag antas til :

$$F_{cd} = A_1 f_{cd} (A_2/A_1)^{1/3} \leq 2 A_1 f_{cd} \quad [\text{til pkt. 12.9.3 i NS 3473}]$$

For å begrense kontakttrykket i en armeringsbøy skal armeringen ikke bøyes om dor med mindre diameter enn bestemt av formelen :

$$D = 1,5 \phi (\phi/s)^{1/2} \sigma_s / f_{cd} \quad [\text{til pkt. 12.9.5 i NS 3473}]$$

REFERANSER

Hovedreferanser ved utarbeidelse av denne publikasjonen har vært:

- 1 Norsk Standard NS 3473 (2003),
"Prosjektering av betongkonstruksjoner, beregnings- og konstruksjonsregler"
- 2 NS-EN 206-1 "Betong Del 1: Spesifikasjon, egenskaper, fremstilling og samsvar"
inklusive nasjonalt tillegg til samme
- 3 NS-EN 1097-6 " Prøvingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag -
Del 6: Bestemmelse av korndensitet og vannabsorpsjon"
- 4 Danish Concrete Association, Publication No. 34:
"Recommendations for the use of recycled aggregates for concrete in passive
environmental class" (1990)
- 5 Danish Concrete Association:
Tillæg til ovenstående (1995)
- 6 Boverket (Sverige), BBKÅ 98:
Boverkets handbok om återvunnen ballast till betong.
- 7 Nederlandsk NORM, NEN 5905:
Tilslagsmaterialer for betong. Materialer med densitet større enn 2000 kg/m³
- 8 Nederlandske retningslinjer, CUR VB, ANBEFALING 5:
Murverksgranulat som tilslagsmateriale for betong.
- 9 Tysk betongforening:
Deutscher BetonVerein, DafStb-Richlinie:
"Beton mit rezykliertem Zuschlag" (1998) Beuth Verlag GmbH, vertriebs-Nr 65028
- 10 Brite EuRam III:
"Use of Recycled Materials as Aggregates in the Construction Industry",
State of the art in Europe. CUR, Nederland (1997)
- 11 RILEM Report 6
"Recycling of Demolished Concrete and Masonry" E&FN Spon, London
- 12 NS-EN 12620 "Tilslag for betong"
- 13 CEN/TC 154, Document N 484 E:
Final technical report from the appointed ad hoc group for recycled aggregates,
sept. 1998.

- 14 CEN/TC-154, TG2-346 (+347)/TG3, Document N 107:
Proposed Amendments to prEN 12620 to Incorporate Clauses for Recycled Aggregates
- 15 RILEM, TC 121-DRG
"Specifications for concrete with recycled aggregates",
Materials and Structures, 1994, Volume 27, p.557-559.

K O M M E N T A R E R

I denne kommentardelen er kun enkelte av publikasjonens punkter kommentert. Inndelingen i kommentardelen følger spesifikasjonens inndeling.

1 INNLEDNING

1.3.1 Restbetong fra betongblandeverk, betongvare- og betongelementfabrikker

Betongblandeverk, betongvare- og betongelementfabrikker har en del restbetong etter produksjonen (returlass, kapp, vrak etc). Dette er "ren" betong som oftest deponeres på fylling og/eller samles i hauger. Det tillates uten videre å blande inn opptil 5 % av resirkulert tilslag fra denne restbetongen i produksjon av ny betong. Innblanding kan utføres uten ytterligere dokumentasjon p.g.a den lave innblandingmengden, samt at denne resirkulerte restbetongen er tilstrekkelig dokumentert i opprinnelig produksjon, og antas å gi tilnærmet samme egenskaper som betong med naturlig tilslag.

1.3.3 Alkali-reaktivitet

Dersom annet ikke er dokumentert antas resirkulert tilslag generelt å være alkalireaktivt. Dette gjøres for å forenkle dokumentasjon av tilslagets egenskaper. Forenklingen medfører at betongsammensetningen må tilfredsstille gjeldende regelverk for å forhindre alkalireaksjoner.

1.3.4 Utmattingspåkjente konstruksjoner

Det foreligger ikke tilstrekkelig dokumentasjon av levetid for utmattingspåkjente konstruksjoner med resirkulert tilslag til å etablere generelle kriterier. Det er imidlertid ikke noe i veien for å anvende resirkulert tilslag i utmattingspåkjente konstruksjoner dersom egenskapene blir tilstrekkelig dokumentert for det aktuelle tilfellet.

2 MATERIALER

2.1 Klassifisering av resirkulert tilslag

Klassifiseringskriteriene i tabell 2.1 gjelder for tilslagsfraksjoner i området 0-32 mm.

2.2 Grenseverdier for prosjektering og anvendelse av resirkulert tilslag

Resirkulert tilslag i denne publikasjonen deles i fraksjonene:

0-4 mm : resirkulert sand

4-32 mm : resirkulert pukk

ad Tabell 2.2 :

Det tillates innblanding av resirkulert sand kun i betongkvaliteten B20 og Bestandighetsklasse M90 p.g.a. at fraksjonen kan medvirke til at betongen får forringede egenskaper i både fersk og herdet tilstand (f.eks. støpelighet, trykkfasthet).

Av samme grunn tillates det kun innblanding av relativt små mengder resirkulert sand før spesielle beregninger må utføres.

Ved innblanding av både Type I og Type II tillates det ikke at summen av disse overskrider summen i tabellen.

Dersom sandfraksjon 0-8 mm benyttes må andelen av 0-4 mm vurderes fra den totale siktekurven for betongen.

ad Tabell 2.3 :

Resirkulert pukk i fraksjonen 4-32 mm tillates innblandet i henhold til tabell 2.3 for betongkvalitet opp til og med B45 og i Bestandighetsklasse M90 og M60, uten at spesielle beregninger må utføres. Dette kan gjøres fordi både utenlandske og norske undersøkelser / rapporter viser at en begrenset innblanding av denne fraksjonen ikke har signifikant påvirkning på den herdnete betongens egenskaper.

Ved innblanding av både Type I og Type II tillates det ikke at summen av disse overskrider summen i tabellen.

3 PRODUKSJON AV RESIRKULERT TILSLAG

3.2.1 Miljøfarlige stoffer

Enkelte kommuner har krav om at avfallsplan utarbeides i forbindelse med riving av konstruksjoner. Avfallsplaner kan være til hjelp ved dokumentasjon av forurensninger i konstruksjonen. De kan si noe om materialer og mengder og hvor disse skal sendes, men ikke nødvendigvis noe om kvaliteten på de ulike materialer.

Miljøfarlige stoffer kan kontrolleres v.h.a. miljøsanering.

Miljøsanering innebærer kartlegging og fjerning av miljøfarlige stoffer og komponenter, f.eks. termometre, kondensatorer o.l. Miljøsanering inkluderer også kartlegging av forurensninger i betong og murverk. Eksempler på slik forurensning kan være PCB fra fugemasser, PAH fra sot i skorsteiner o.l. og ulike kjemiske forbindelser fra produksjon og bearbeidingsindustri.

Publikasjonen går ikke videre inn på de stoffer som omfattes av lover og offentlige forskrifter som byggherren er pålagt å følge.

3.2.2 Betongteknologisk ugunstige stoffer

Stoffer og materialer som kan ha en ugunstig betongteknologisk effekt, kan f.eks. være: gips, humus, olje, sot, klorider, sulfater, lette materialer som vil flyte opp ved utstøping (f.eks. papir, isolasjonsmaterialer, plast).

Ved besiktigelse av riveobjekt før riving, kan vedlagte sjekkliste brukes som eksempel.

3.5 Dokumentasjon av tilslag

Det prøveomfang og -hyppighet som er angitt i tabell 3 er basert på at det er utført en forhåndsvurdering av riveobjektet før massene ankommer tilslagsprodusenten.

Dersom forhåndsvurderingen ikke var blitt utført, ville det vært behov for å utføre flere typer tester på de nedknuste masser, og med større hyppighet enn angitt i tabell 3.

Publikasjonen åpner ikke for produksjon av resirkulerte masser uten at en forhåndsvurdering er gjennomført.

ad Tabell 3:

Kloridinnhold: Enkle metoder kan benyttes, f.eks. måling v.h.a. QUANTAB-strips. Det er nødvendig for betongprodusenten å vite kloridinnholdet i det resirkulerte tilslaget for å kunne overholde krav til betongens totale innhold av klorider.

Sulfater: Enkle metoder kan benyttes, som f.eks. måling v.h.a. MERCK 1.10019 Sulfattest. Maks. tillatt sulfatinnhold skal tilfredsstille gjeldende tilslagsstandard.

Materialsammensetning: Materialet kan vurderes visuelt ved måling på prøve uttatt i h.h.t. "Kontrollrådet for betongprodukter Klasse P: Metoder for prøving av tilslag." eller tilsvarende metode.

4 PRODUKSJON AV BETONG MED RESIRKULERT TILSLAG

4.2 Produksjon og kontroll

Resirkulerte materialer kan ha stor variasjon i fuktinnhold, og det bør derfor legges vekt på økt kontroll av fuktinnholdet. Dette kan bety større hyppighet enn normal kontroll av tilslagets fuktighet dersom betongprodusenten finner dette nødvendig.

Innblanding av resirkulert sand fører ofte til høyere luft-% i betongen.

4.3 Dokumentasjon

Betongprodusenten er ansvarlig for sporbarhet til produsenten av resirkulert tilslag, men det er ikke nødvendig å angi på kjøreseddelen at betongen inneholder resirkulert tilslag.

5 PROSJEKTERING VED HØY INNBLANDING AV RESIRKULERT TILSLAG

Generelt:

Disse beregningsreglene reflekterer dagens kjennskap til og erfaring med anvendelse av resirkulert betong som tilslag ved ny betongproduksjon. Begrensninger som er lagt på tilslagets renhet, densitet og kornstørrelse gjenspeiler også dette.

I utgangspunktet kan betong produsert med resirkulert tilslag beregnes etter de samme regler som gjelder for vanlig betong. Det må imidlertid tas tilbørlig hensyn til eventuell effekt av tilslagets avvikende densitet på betongens styrke og deformasjonsegenskaper.

I mangel av tilstrekkelig eksperimentelt grunnlag og erfaring med innblanding av ulike typer og mengder resirkulert tilslag, er det i denne publikasjonen valgt å ta utgangspunkt i beregningsregler for lettbetong. Dette innebærer korreksjon av stivhet og styrke som funksjon av densitet.

Med de krav publikasjonen stiller til det resirkulerte tilslaget forventes det at betongen vil ha egenskaper som ligger mellom lett- og normalbetong. Vi mener således at de foreslåtte modifikasjoner for bruk av NS 3473 er konservative.

5.1 Beregning i henhold til NS 3473

Reglene i denne publikasjonen kan fravikes dersom mer nøyaktig dokumentasjon fremskaffes f.eks. ved utvidet testing, dimensjonering ved prøving el.

5.2 Spesielle beregningsregler

5.2.1 Krav til materialer og utførelse [til pkt. 7, NS 3473]

Ved innblanding i h.h.t. tabell 2.2 trenger man normalt ikke å foreskrive Utvidet Kontroll. Ved 100 % innblanding av tilslag Type II vil Utvidet Kontroll bli krevet først ved høyere karakteristisk sylindrefasthet enn $[45 \text{ N/mm}^2 (\rho/\rho_1)^2]$. Utvidet Kontroll vil således kun unntaksvis være påkrevet.

Dette er i samsvar med tilsvarende regel for lettbetong i NS 3473.

Utvidet Kontroll medfører bl.a. at arbeidet skal kontrolleres av uavhengig kontrollør som skal ha tilstrekkelig kjennskap til betongteknologi (NS 3473 pkt. 7.2.3). Dette forutsetter at kontrolløren må ha kjennskap til betong med resirkulert tilslag og dennes egenskaper.

Grensene for Utvidet Kontroll overstyres, som for normal- og lettbetong, av spesielle forhold som bruk av spennarmering, pålitelighetsklasse etc.

Merk spesielle tilleggskrav for betong med resirkulert tilslag gitt i kap. 1.3.

5.2.2 Last og lastvirkning [til pkt. 9, NS 3473]

5.2.2.1 Elastisitetsmodul [til pkt. 9.2.2, NS 3473]

Forsøk viser at betong med resirkulert tilslag gjennomgående har lavere E-modul enn normalbetong. Den angitte korreksjonen tilsvare standardens krav til lettbetong.

Dersom elastisitetsmodulen har stor praktisk eller økonomisk betydning, kan den bestemmes ved prøving av sylindere som angitt i pkt 9.2.1 i NS 3473.

5.2.2.2 Kryp [til pkt. 9.3.2, NS 3473]

Avhengig av beskaffenheten til tilslaget forventes betong med resirkulert tilslag å kripe mer enn normalbetong. Den foreskrevne reduksjonen av kryptallet mer enn oppveies av reduksjonen i E-modul foretatt i henhold til pkt. 5.2.2.1.

Det er ikke vanlig å skille mellom normalbetong og lettbetong ved beregning av svinn. Siden lettbetong, og trolig også betong med resirkulert tilslag, vil ha større svinn enn normalbetong, legger nye regler i Eurocode-2 opp til dette i tilfeller hvor svinn vil være kritisk. Siden svinnet er en funksjon av betongens vanninnhold, vil et evt. større vannbehov for betong med resirkulert tilslag ut over de 155 til 175 l/m³ som ligger til grunn for verdiene i tabell A3 i NS 3473, måtte tas hensyn til. På tross av begrenset tilgang på dokumentasjon mener komiteen at dette er dekkende.

5.2.3 Grunnlag for dimensjonering ved beregning [til pkt. 11, NS 3473]

De angitte materialkoeffisienter for normalbetong benyttes også for betong med resirkulert tilslag. I arbeidet med ny Eurocode-2 vurderes det å øke materialkoeffisienten for lettbetong med høy fasthet og lav densitet. Grunnen til dette er for å dekke opp for større sprøhet enn forutsatt i gjeldende dimensjoneringsmodeller og kriterier.

Med de begrensninger denne publikasjonen legger på fasthet og densitet for betong med resirkulert tilslag, er gjeldende materialkoeffisienter i NS 3473 dekkende. Dersom man går utover denne publikasjonens gyldighetsområde, må det vurderes å innføre høyere materialkoeffisienter.

5.2.3.1 Fasthetsklasser og konstruksjonsfasthet for betong [til pkt. 11.1, NS 3473]

Fasthetsområdet for betong med resirkulert tilslag er begrenset til B45. Som for normalbetong vil ikke NS 3473 gjelde for betong med lavere fasthetsklasse enn B20.

For lavere fastheter må dimensjoneringen baseres på prøving, eller på f.eks. NS-EN 1520, som dekker lettklinkerbetong i fasthetsområdet 2-25 N/mm².

Prosjekteringsstandarden NS 3473 benytter karakteristisk sylinderfasthet som grunnlag for sine bestemmelser. Tabell 5 gir muligheten for å dokumentere oppnådd fasthetskrav også ved å benytte terninger. Forholdet terningfasthet / sylinderfasthet vil variere med betongsammensetning. Verdiene som er gitt for terningfastheter i tabellen er derfor ment å være "konservative". For betong med lett tilslag er dette forholdet generelt vesentlig høyere enn for normaltilslag. Dette er bakgrunnen for at standarden krever at dette forholdet derfor må dokumenteres for lettbetong om en velger å benytte terningfasthet i den løpende dokumentasjonen av oppnådd karakteristisk sylinderfasthet.

Betong med resirkulert tilslag vil ha egenskaper som ligger mellom normaltilslag og lett-tilslag, dog vanligvis nærmest normaltilslag. Dette er bakgrunnen for at denne publikasjonen åpner muligheten for benytte en mer nøyaktig relasjon mellom karakteristisk terningfasthet og sylinderfasthet der en baserer seg på en løpende kontroll med terningfastheter. Dette krever at dette forholdet er fastlagt ved prøving for den aktuelle betongsammensetningen.

Reduksjonen av konstruksjonsfastheten for strekk tilsvare standardens korreksjon for lettbetong. Denne korreksjonen er ofte noe konservativ i forhold til sentrisk strekk, spaltestrekk og bøyning. Reduksjonen foretas imidlertid for at formelapparatet i NS 3473 for beregning av skjærkraft, forankring o.l., som opprinnelig er utviklet for normalbetong, kan anvendes uten videre tilpasning.

5.2.3.2 Spenning og tøyning ved beregning av kapasiteter [til pkt. 11.3, NS 3473]

Dette tilsvare standardens krav til lettbetong.

5.2.4 Bruddgrensetilstanden [til pkt. 12, NS 3473]

5.2.4.1 Søyler med spiralarmering [til pkt. 12.1.5, NS 3473]

Pkt 12.1.5 i NS 3473 tar hensyn til at trykkfastheten øker som funksjon av sidetrykk. Denne økningen er ikke like stor for lettbetong og betong med resirkulert tilslag, hvilket bl.a. skyldes at lavere stivhet og strekkfasthet for tilslaget resulterer i lavere tverrutvidelseskoeffisient for betongen.

5.2.4.2 Skjærkraft i bjelker og plater [til pkt. 12.3.3.3, NS 3473]

Korreksjonen skyldes at utnyttbar trykkfasthet ved samtidig strekk på tvers antas å reduseres mer for betong med resirkulert tilslag enn for normalbetong; 0,5 mot 0,6 f_{cd} . Dette tilsvare korreksjonen for lettbetong.

5.2.4.3 Forankring og skjøting av armering [til pkt. 12.8.2, NS 3473]

Dette tilsvarer standardens krav til lettbetong.

5.2.4.4 Partielt belastede flater [til pkt. 12.9, NS 3473]

Dette tilsvarer standardens krav til lettbetong og skyldes at trykkfastheten antas å øke mindre ved sidetrykk enn for normalbetong.

For å begrense trykket i en armeringsbøy setter NS 3473 strengere krav til lettbetong enn for normalbetong. Dette gjøres i praksis ved at standarden foreskriver 50% større dordiameter for lettbetong [til pkt. 12.9.5 i NS 3473]. P.g.a. av manglende dokumentasjon er det valgt å legge samme begrensning på tillatt dordiameter for betong med resirkulert tilslag. Dersom dette skaper problemer kan armeringsmengden økes, evt. armeringen forankres på annen måte, f.eks. ved bruk av endeplateforankring.

SJEKKLISTE

Vurdering av bygg før riving m.h.t. materialgjenvinning for betongproduksjon

Vurdering utført av:

Riveadresse:		Byggear:	
Bruksområde:		Rehabiliteringsår:	
Byggherre:			
Entreprenør:			
Vurdering av byggets materialsammensetning:		Volumanslag delmaterialer:	
Vurdering av:		Anbefalt forhåndstesting:	
Kloridinnhold:			
Sulfater:			
Alkalireaktivitet:			
Materialstyrke:			
Forekomst av gipsplater:			
Observerte forurensninger: (humus/jord, olje, sot etc.)			
Vurdering av renhetsgrad:			
Anbefalinger vedr. selektiv rivningsprosess:			
Anbefaling vedr. senere bruk som betongtilslag:			
Merknader:			

Dato: _____

Sign.: _____

NB norsk
betongforening er en forening tilknyttet  **Tekna**
Postboks 2312 Solli, 0201 Oslo • Telefon: 22 94 75 00