

10 okt. 2007.

Arbejds miljøforbedringer.
Ved anvendelse af
selvkomprimerende beton.

Min baggrund.

- Jeg har været i anlægsbranchen siden 1973.
- Anlægs mæssigt deltaget i 2 stål værks byggerier og 2 større bro byggerier.
- Der er i denne forbindelse støbt store mængder beton.
- Jeg har deltaget i SCC konsortiet der nu har afsluttet sit arbejde.

- Hvad er selvkompakterende beton.?
- Nogle gange kaldet SCC (Self compacting concrete)
- Leverandører kan benytte betegnelser som f.eks. "Lavabeton".
- Der er en beton der er designet til at flyde ud i forme, herunder omslutte armering, uden brug af vibrationsudstyr.

Fordele contra ulemper.

Lodrette støbninger (vægge m.m.)

- | • Fordele | • Ulemper |
|--|---|
| • Ingen vibrationsudstyr (-leje) | • Tættere forme |
| • Hurtigere støbning og færre mandtimer. | • Større støbetryk |
| • Arbejds miljøforbedrende. | • Dyrere beton i kr./leveret m3 |
| • Inden for | • Hertil for nærværende forskellige tekniske problemer der forhåbentligt kan afhjælpes. |
| • - støj | |
| • - vibrationer | |
| • - løft | |

Fordele contra ulemper.

Vandrette støbninger (gulve og dæk.)

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Fordele • Ingen vibrationsudstyr (-leje) • Hurtigere støbning og færre mandtimer. • Arbejds miljøforbedrende. • Inden for <ul style="list-style-type: none"> • - støj • - vibrationer • - løft | <ul style="list-style-type: none"> • Ulemper • Tættere forme • Ved støbning på/mod isolering skal opdrift af denne sikres. • Dyrere beton i kr./leveret m³ • Hertil for nærværende forskellige tekniske problemer der forhåbentligt kan afhjælpes. • Overflader skal i visse tilfælde slibes efterfølgende. • Vanskeligere at udføre effektiv udtørningsbeskyttelse. • Tolerancer vanskeligere. |
|---|---|

Arbejde	Aktivitet(er)	Sted	Direkte arbejdsmiljømæssig effekt	Indirekte
Forberedelser	Armerings- og forskallingsarbejde	Byggeplads Elementfabrik	-	Kraftigere formsystemer Nye slipmidler Tættere armeringsarrangement
Betonblanding	Mix design Blanding af delmaterialerne Prøvning af friskbetonegenskaber	Færdigbetonfabrik Elementfabrikkens blandehal	Støvgener pga. øget fillerindhold Flere tilsætningsstoffer Ammoniakdampe fra flyveaske	-
Udstøbning	Udfyldning af form. Kompaktering og afretning.	Byggeplads Elementfabrikkens støbehal	Reduktion af støj og vibrationer Færre løft og bedre arbejdsstillinger Ammoniakdampe.	Støjreduktioner vil lette kommunikationen og øge koncentrationsevnen og dermed reducere antallet af arbejdsulykker.
Efterbehandling og curing	Kostning/afrivning. Glitning Udtørnings- og afkølingsbeskyttelse	Byggeplads Elementfabrikkens støbehal	Større krav pga. SCC's større følsomhed og mindre robusthed overfor udførelsesmæssige variationer.	
Afsluttende arbejder	Afforskalling. Slibning af overflader. Skæring af fuger Montage Reparationer Maling/belægning	Byggeplads	Støv- og støvgener i forbindelse med øget krav til slibning (gummihud)	

Test og målesteder.

Betonarbejde	Tid og sted	Observationer	Reference
Prøveopstilling med stavvibrator	Maj 2005 MT Højgaards materielplads, Avedøre Holme	Vibrationsmålinger på stavvibratoren frit hængende fra stillads.	Bilag A
Vægstøbning i konventionel beton	2. juni 2005 DR-byen, Ørestaden	Støjmålinger Arbejdsstillinger og løft (videoptagelse)	Bilag A
Vandret støbning i konventionel beton	20. september 2005 Københavns Vand, Skt. Annæ Plads	Arbejdsstillinger og løft (videoptagelse)	Bilag B
Prøveopstilling med stavvibrator med håndtag	December 2005 MT Højgaards materielplads, Brøndby	Vibrationsmålinger på stavvibrator nedsænket i 300 mm beton.	Bilag B
Vandret gulvstøbning i SCC	18. oktober 2005 Pihl & Søn, Sluseholmen	Arbejdsstillinger (videoptagelse)	Bilag B

Støj.

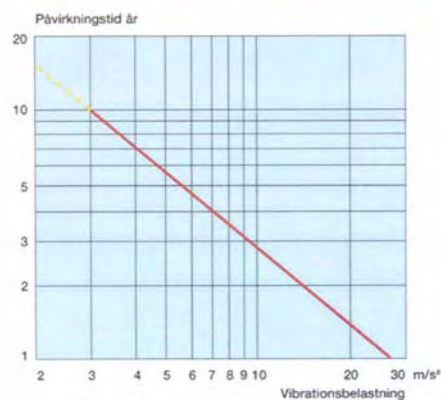


Faktuelle støjmålinger

- Delresultater fra vægstøbning.
- Værdierne er så høje at værn skal benyttes. (vedvarende over 85 dB(A) medf. risiko for alvorlige høreskader).

Måleresultater fra stavvibrator og påfyldning af beton			
Maskine og proces		Måletid	Støjniveau
Wacker, 45 mm, 5 m lang slange	Første vibrening. Operatøren vibrerer mellem armeringsnet midt i formen.	3 ½ min.	83,7 dB(A) Max peak 107 dB(C)
Wacker, 45 mm, 5 m lang slange	Eftervibrening. Næste mand vibrerer med staven mellem armeringsnet og formside. Stavvibrator rammer i højere grad form og armeringsjern.	3 ½ min.	90,9 dB(A) Max peak 107 dB(C)
Betonpumpe	Påfyldning af beton i formen med pumpe.	1 min.	86,5 dB(A).

Vibrationer.



- Grafen tv. viser risikoen for at 10 % får hvide fingre i forhold til belastning og antallet af år.
- En påvirkning på maksimalt 3 m/s² anses af arbejdstilsynet for at være den øvre grænse.

Målte værdier på vibrator/slange.

3.3 Resultater af BA's vibrationsmålinger

Måleresultater for Wacker 45 mm i diameter med en slange på ca. 5 meter			
	X Y Z m/s ²	Gennemsnit m/s ²	Anbefalede maximale daglige udsættelsestid ved det givne vibrationsniveau
0,30 m fra flaske	9,6 10,3 8,9	16,7	Ca. 18 minutters daglig brug
1,0 m fra flaske	6,5 5,3 7,5	11,3	Ca. 40 minutters daglig brug
2,0 m fra flaske	2,88 / 2,9 1,8 / 1,6 2,9 / 2,7	4,4	Ca. 4 timers daglig brug

Vægtning af værdier. Fra den aktuelle støbning.

$$A(8) = \sqrt{\frac{2/3 \text{ time}}{8 \text{ timer}} (16,7^2 + 11,3^2 + 4,4^2)} \approx 6 \text{ m/sek}^2$$

En vibrationsbelastning på 6 m/s² svarer til en maximal anbefalet tid på ca. 2 timer og 20 minutter som én operatør max. må vibrere dagligt med en stavvibrator af typen Wacker 45 mm. (jf. At - Vejledning, D.6.2., Nov. 2002, Hånd- amvibrationer).

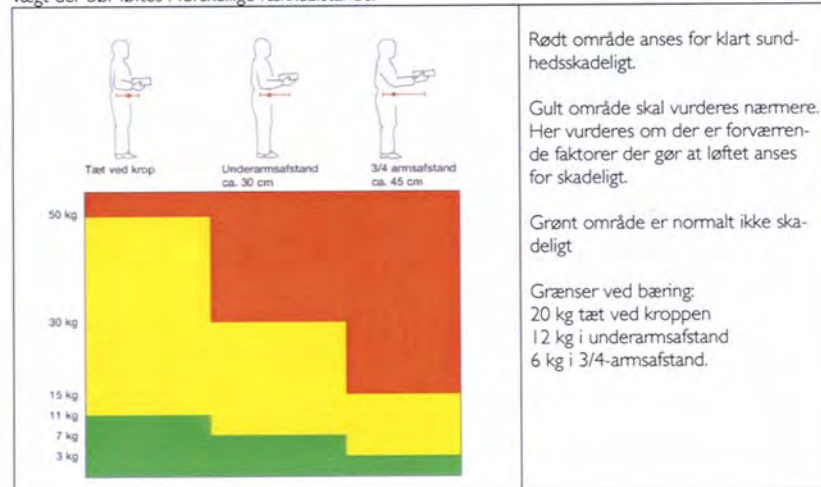
I dette tilfælde var der 2-3 operatører om et arbejde, som strækker sig over sammenlagt ca. 2 timer, hvor de reelt udsættes for belastende hånd- amvibrationer på den højre hånd. (Den tid hvor der reelt holdes fast om slangen.)

Det vil sige, at hvis én operatør havde haft alt vibreringsarbejdet ved denne vægstøbning havde det stadig været indenfor vejledningens acceptable grænseværdi. Almindeligvis vil der imidlertid være mindst to til vibreringsarbejde.

Løft.

4.1 Arbejdstilsynets grænseværdier for løft

I Arbejdstilsynets vejledning D.3.1. juni 2002. findes nedenstående skema, som angiver den maximale vægt der bør løftes i forskellige rækkeafstande.



Fysisk påvirkning.

- 2 billeder for at illustrere hvad det er der udføres.
- Aktuell vægt vibratorstav ca. 11 kg.



Billede 3
Det tager mellem 5-10 sekunder



Billede 4
Slangen er nu næsten oppe

Resultat løft.

- **Overraskende.!!**

4.3 Konklusion om belastning af lænderyg.

Arbejdet med løft/træk og bæring af stavvibrator ved udstøbning af beton til lodrette vægge består af omkring 86 sundhedsskadelige løft og 86 sundhedsskadelige bæringer i timen. Afhængigt af dimensionen på vibratorstaven varierer belastningen med løft fra 11 - 22 kg, arbejdsstillingerne er foroverbøjede, statiske og med vrid i ryggen, hvilket medfører en høj belastning af lænden.

Økonomi.

- Den økonomiske side af sagen ved vægstøbninger..
- Besparelse på udstøbningsstedet andrager ca. 85 kr./m³ i form af sparet arbejdstid.
- Leje vibrationsgrej modsvares af kraftigere formstag samt bygning af stærkere endebegrænsninger.
- Betonprisen leveret er/vil være højere men er afhængig af hvilken betontype der skal "konverteres". Normalt vil tillæg dog ikke være højere end de ovenfor nævnte 85 kr./m³.
- Hvorfor benyttes SCC så ikke overalt til vægstøbninger når arbejdsmiljøgevinsten er åbenlys ?

Kilder anvendt.

Arbejds miljø og SCC SCC-Konsortiet, Delprojekt D12

Udført for:
Innovationskonsortiet for Selvkompakterende Beton

Titel: Arbejds miljø og SCC

Forfatter: Claus V. Nielsen

Reproduktion af dele af rapporten er tilladt, hvis kilde angives.

Curing.

Hvornår.

Hvor længe.

Hvordan.

Hvornår

- Max tilladelig fordampning.

Tabel 9.7.1.1a – Maksimalt tilladelig vandfordampning for etablering af udtørningsbeskyttelse

Betonens indhold, X af FA+MS i vægt-% af C+FA+MS	Betonens indhold, Y af MS i vægt-% af C+FA+MS	Maks. fordampet vandmængde fra overflade
X > 15 %	Y > 5 %	1,5 kg/m ²
15 % ≥ X > 5 %	5 % ≥ Y > 0 %	3,0 kg/m ²
5 % ≥ X	Y = 0 %	6,0 kg/m ²

De i tabel 9.7.1.1a angivne vandmængder svarer til lagtykkelse større end eller lig med 0,2 m. For tykkelser mindre end 0,2 m skal vandmængderne reduceres proportionalt. Dog skal udtørningsbeskyttelse senest være etableret ved afbindingens start.

E 40		
Cement	370 kg	
Flyveaske	56 kg	
Microsilica	19 kg	
	445 kg	
FA + MS	16,9 %	
MS	4,3 %	

Hvornår

- Vindfaktor.

NOTE: Tabel 9.7.1.1b – Seneste tidspunkt for etablering af udtørningsbeskyttelse for vindhastighed på maksimalt 5 m/sek.

Betonens indhold, X af FA+MS i vægt-% af C+FA+MS	Betonens indhold, Y af MS i vægt-% af C+FA+MS	Udenders arbejder	Indenders arbejder		
			Betontemperatur		
			> 30 °C	15-30 °C	< 15 °C
X > 15 %	Y > 5 %	1 time	1 time	1,5 timer	2 timer
15 % ≥ X > 5 %	5 % ≥ Y > 0 %	2 timer	2 timer	3 timer	4 timer
5 % ≥ X	Y = 0 %	4 timer	4 timer	6 timer	8 timer

De i tabel 9.7.1.2a angivne tider svarer til lagtykkelse større end eller lig med 0,2 m. For tykkelser mindre end 0,2 m skal tiden reduceres proportionalt.

Hvor længe.

- Vandcementtalt og miljøklasse.

NOTE: Tabel 9.7.1.2b – Mindste varighed af udtøringsbeskyttelse
Betonens alder¹⁾ målt i modenbedstimer²⁾ ved tidligste fjernelse af tildækning

Miljøklasse:	P	M	A	E
$v/c > 0,55$	15	–	–	–
$0,55 \geq v/c > 0,45$	15	36	–	–
$0,45 \geq v/c > 0,40$	12	24	120	–
$0,40 \geq v/c$	12	24	96	120

V/C	0,36
------------	-------------

Problemstillinger.

- Ved gulv-dækstøbninger der er "problematisk" i forhold til vægge har forskellige teststøbninger i SCC regi vist at der går fra 4 til 6 timer før overfladen er trædebar.
- Andre test har vist at SCC ikke er "selvcurende" som vi havde forventet at den ville være i et vist omfang.
- Som det fremgik af foranstående bilag vil der ofte kun være 1 til 2 timer efter udstøbningen til afdækningen skal være effektiv. (enten på grund af vind eller betonens temperatur)
- Foranstående medfører at der "kun" er en påsprøjtet membran tilbage som mulighed. (NB. Vandtåge-damp kan i specielle situationer være muligt).
- For SCC er der dog et punkt man skal være opmærksom på. DER BØR IKKE GÅS I DEN UDLAGTE BETON.

Vandrette støbninger.

- Traditionelt udført curing ved hjælp af "håndholdte Gloria sprøjter" medfører mindst 2 kvalitetsproblemer.
- 1. Personen der skal påsprøjte curing vil ofte gå i den færdige overflade. Det medfører separation (pasta samles hvor foden trækkes op).
- 2. På grund af vanskeligheden med at bevæge sig bliver curingen ikke påført i ensartet dækkende lag.

Curing.

- Mit bedste forslag til løsning !!



Mangelfuld udtørningsbeskyttelse



Kerneboring fra foranstående gulv.



Huskepunkter for SCC.

- Sten har en større rumvægt end beton !!
- Overfladespændingen holder bedre små sten "oppe".
- Bevæg SCC så lidt som muligt når den først er placeret. (specielt gulve).
- **Gennemfør en effektiv modtagekontrol.**
- "jo længere SCC kan flyde jo mindre bør den gøre det".
- Planlæg curing før støbning påbegyndes.