Sprickor i betonggolv ur ett ingenjörsperspektiv

Johan Silfwerbrand, KTH

KTH, Sthlm, 16 okt. 2017

Innehåll

- Industrigolv
- Sprickor i industrigolv
- Att undvika sprickor i industrigolv
- Sprickbredder i industrigolv
- Slutord

Industrigolv

Fraktarna, Stockholm, 2001. Foto J Hedebratt.

Det finns många industrigolv

Indelning efter användning	Indelning efter material	Indelning efter statik
Industribyggnad	Oarmerad betong	**Platta på mark**
Lagerlokal (höglager, lager med måttlig höjd)	Slakarmerad betong	**Pålunderstödd platta**
Affärslokal	Fiberbetong	Fribärande bjälklag
Garage	Fiberbetong + slakarmering	Pelardäck
	Spännbetong	Pågjutning

”Beställare har oftast bara två huvudkrav på en industrilokal: ett tätt tak och ett sprickfritt golv. Och att taket är otätt märker man bara när det regnar”.

Key-note speaker, 5th International Colloquium on Industrial Floors, Ostfildern, Germany, January 21, 2003

Skador intill hörn

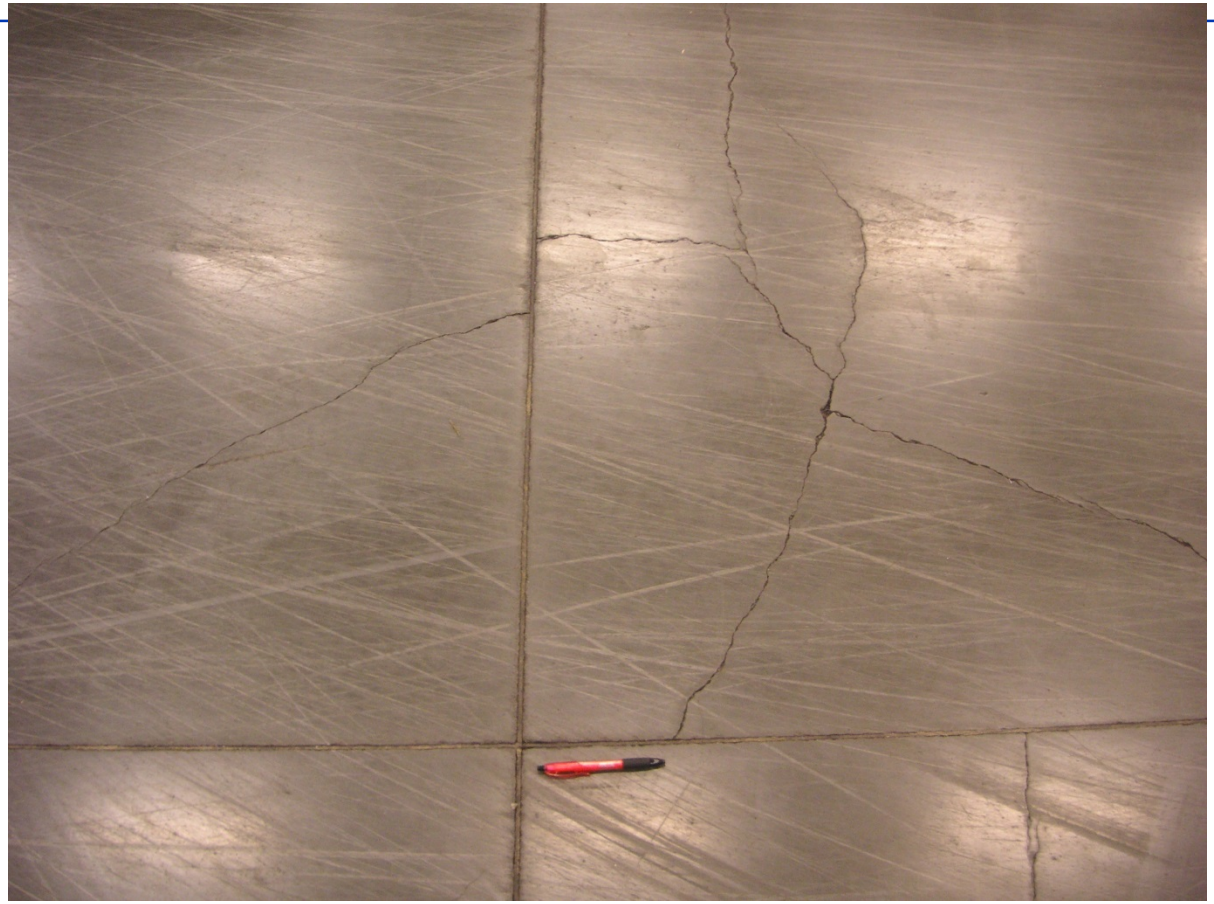


Foto: J Hedebratt

Skador pga fastlåsning

Foto: J Hedebratt

Kantresning & skada

Foto: J Hedebratt

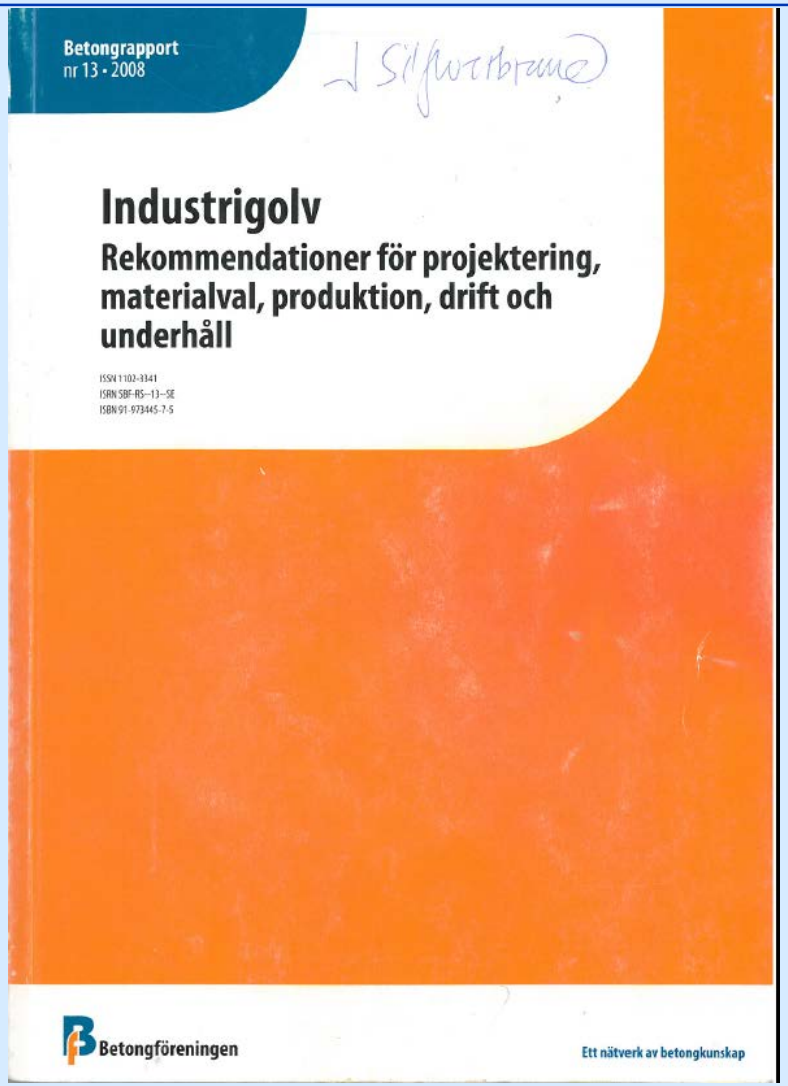
Otillräcklig sågning ⇒ skada

Foto: J Hedebratt

Fel dymling nära ytan ⇒ skada

Foto: J Hedebratt

Industrigolv (2008)



SBF:s golvkommitté införde sprickbreddsklasser

I. Mycket höga krav på säkerhet mot uppsprickning. Säkrast med spännarmering.

II. Sprickbredder som normalt erhålls vid minimiarmering enligt BBK 04.

III. Krav på begränsning ej nödvändigt annat än för viss tvärkraftsöverföring.

IV. Konsekvensen av sprickor är försumbar.

Vad krävs för att nå en viss spricksäkerhetsklass?

Klass	I	II	III	IV
Fri krympning	0,5 ‰	0,6 ‰	0,8 ‰	Inga krav
Armering enl	”Skärpt” BBK	BBK	½ BBK	Inga krav
Utförandeklass	I	II	II	III
Härdningsklass (% f_{cck}(28 d))	4 (70)	3 (50)	3 (50)	2 (35)

Att undvika okontrollerad sprickbildning

Problem: Krympsprickor

Lösningar:

- Eliminera orsakerna
  - Minska krymp-ningen
  - Minska tvånget
- Begränsa konsekvenserna
  - Armera
  - Lägg in fogar

Eliminera orsakerna!

Eliminera orsakerna.

$$\sigma_{\mathrm{t}} = \psi \cdot \frac{\varepsilon_{\mathrm{cs}} \cdot E_{\mathrm{c}}}{1+\varphi} < f_{\mathrm{ct}}$$

$$\text{spänning} = \text{tvång} \times \frac{\text{krympning} \times \text{styvhet}}{1 + \text{kryptal}}$$

$$\text{dragspänning} < \text{draghållfasthet}$$

Analysera ekvationen

Eliminera orsakerna.

$$\sigma_t = \psi \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_c}{1+\varphi} < f_{ct}$$

- **Minska** tvånget.
- **Minska** krympningen.
- **Minska** styvheten.
- **Öka** krypningen.
- **Öka** draghållfastheten.

Starkt kopplade, svårt att kombinera.

Minska tvånget

Eliminera orsakerna.

- **Isolera** mot anslutande pelare, väggar, fundament & tidigare etapper.
- **Undvik kantbalkar** & voter.
- **Undvik språng** i tjockleken.
- Åstadkom ett **jämnt underlag**.
- Säkerställ **rörelsefrihet** i båda riktningarna.

Reducera krympningen

Eliminera orsakerna.

- Minska **vatten**mängden.
- Minska cement**pasta**innehållet.
- Öka **sten**innehållet.
- Öka **max**imal **stenstorlek**.
- Höj relativa **luftfuktigheten**.
- Förbättra och förläng **härdningen**.

Andra sätt att minska krympningen

Eliminera orsakerna.

- Krympreducerare
- Vakuumbehandling
- Krympningskompenserande betong
- Stenfyllnadsbetong

Begränsa konsekvenserna av krympningen

Begränsa konsekvenserna.

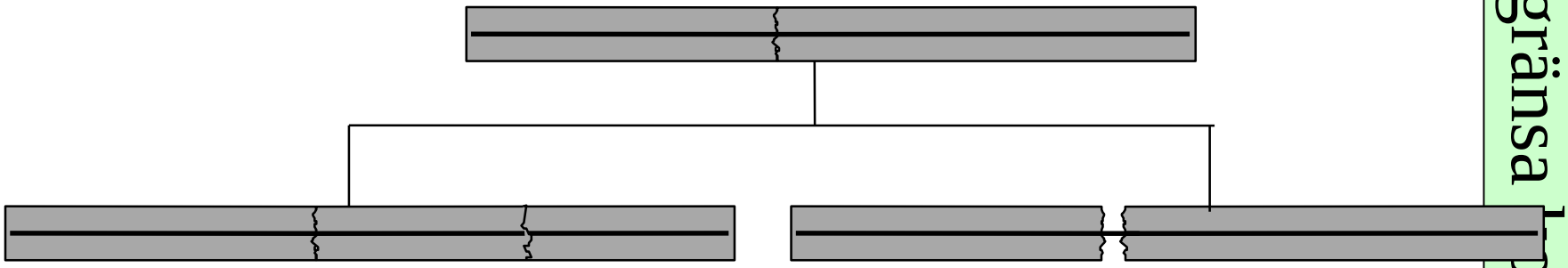
- Lägg in fogar.
- Armera med lösa stänger eller nät.
- Använd fiberbetong.

Golv med eller utan fogar?

- Fogar med små avstånd & lämplig fogindelning kan förhindra okontrollerade sprickor.
- Fogen utgör dock en svaghetszon i betonggolvet & kostar pengar.
- Fogindelning i 4×4 m^2 stora fält ger 4800 m fog per 10 000 m^2.

Begränsa konsekvenserna.

Armera för fleruppsprickning



Begränsa konsekvenserna.

Tillräcklig arm.

$$D_{\text{stål}} > D_{\text{betong}}$$

$$A_s \cdot f_{st} > A_c \cdot f_{ct}$$

Otillräcklig arm.

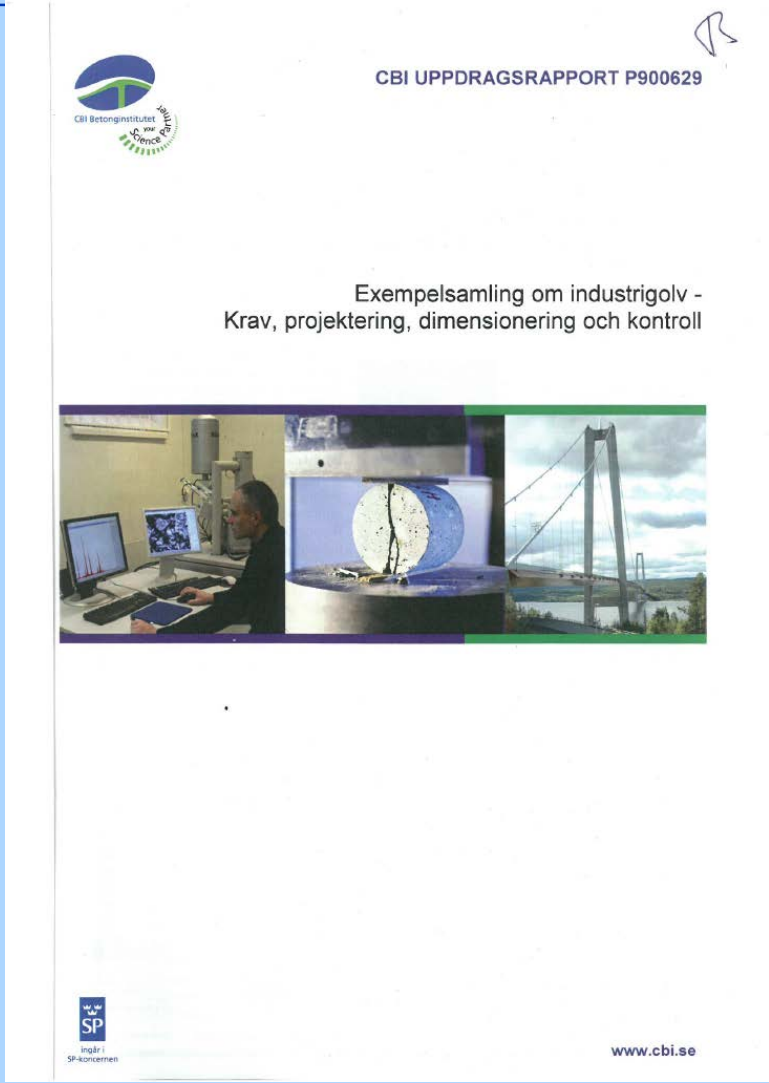
$$D_{\text{stål}} < D_{\text{betong}}$$

$$A_s \cdot f_{st} < A_c \cdot f_{ct}$$

Att beräkna sprickbredder i golv

- Beräkning enligt EK 2, avsnitt 7.3.4
- Beräkning enligt SS 812310, avsnitt 7.3.4 (fiberbetong)
- Betongrapport nr 13 ”Industrigolv”, bilaga D
- Beräkning med approximativ metod enligt ”Exempelsamling om industrigolv”

Exempelsamlingen
(Silfwerbrand, 2014)



CBI UPPDRAGSRAPPORT P900629

Exempelsamling om industrigolv -
Krav, projektering, dimensionering och kontroll

www.cbi.se

- Kan laddas ned gratis från SBUF.
- https://www.sbuf.se/Projektsida/?id=bd8df6ab-f3f5-456d-a96f-ff8ec0e08b25

Principer för beräkningen 1 (2)

- Utgångspunkt från erfarenheterna sammanställda i sprickbreddsklasserna i Betongrapport nr 13
- Orsak till sprickorna: förhindrad krympning
- Totalt rörelsebehov = $L \cdot \varepsilon_{cs}$
- L = golvets längd eller fogavstånd
- ε_{cs} = fri krympning i betonggolvet

Principer för beräkningen 2 (2)

- Sprickbredd $w = a \cdot \varepsilon_{cs}$
- Sprickavstånd $a = L/(n + 1)$
- n = antalet sprickor längs L
- Fiberbetong: Sprickavståndet sjunker gm multiplikation med faktorn $(1 - R/100)$

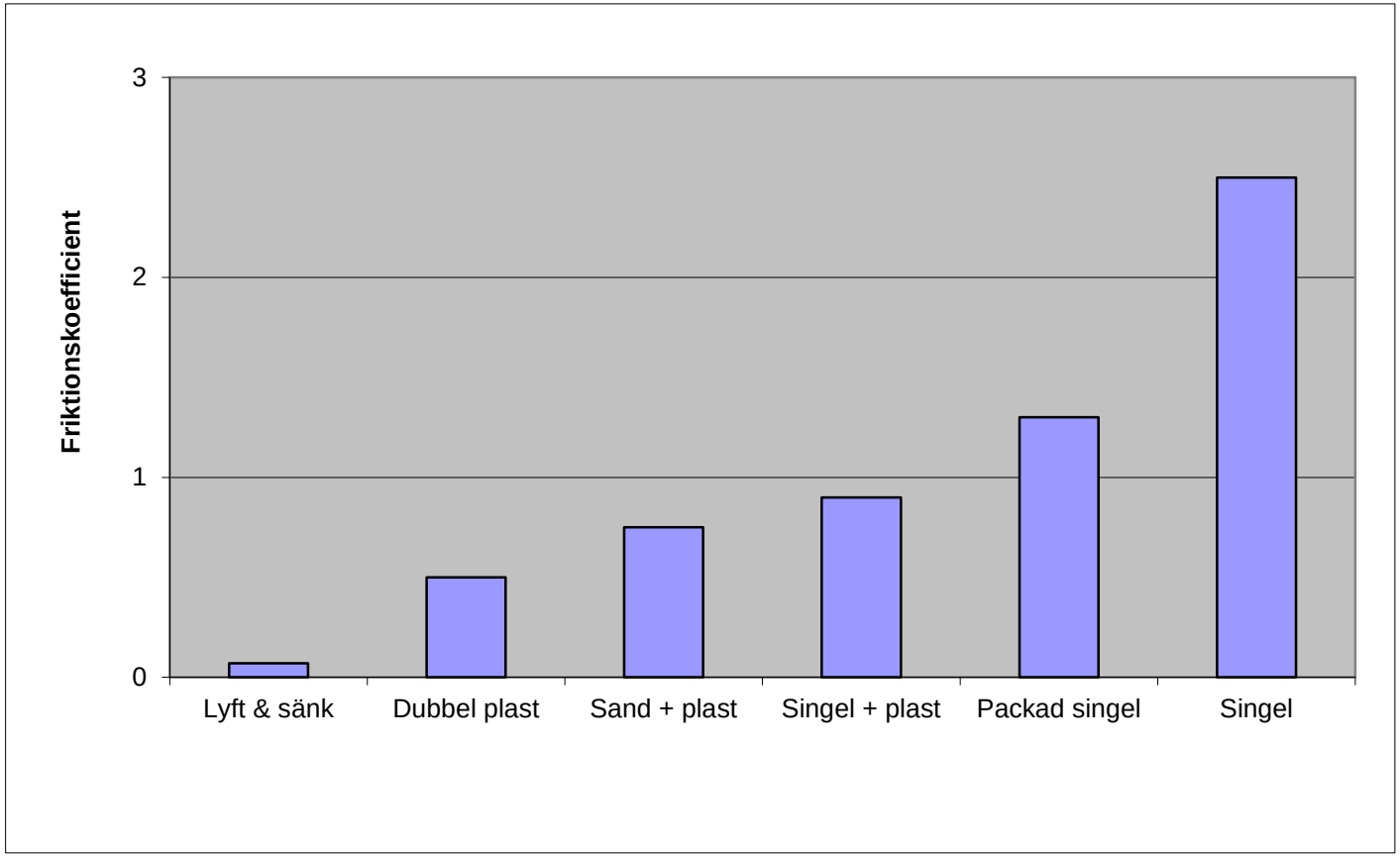
Spricksäkerhetsklasserna

Klass	I	II	III
Sprickbredd vid ytan	< 0,3 mm	< 1,0 mm	$w = f(\text{geom}, \varepsilon_{cs})$
Fri krympning	0,5 ‰	0,6 ‰	0,8 ‰
Armering enl	”Skärpt” BBK	BBK	½ BBK
Fiberbetong	(Kompl. m. arm.)	$R_{10,20} > 70$ %	$R_{10,20} > 40$ %

Ex 2 i Exempelsamlingen

- Höglager i Mälardalen med tunga laster
- Platta på mark
- Golvyta = 108×27 m^2
- Sprickbreddsklass II
- Fogavstånd L = 13,5 m
- Fiberbetong (alt B), $R_{10,20}$ = 70 % ($\approx$ 55 kg/m^3)
- Fri krympning ε_{cs} = 0,6 ‰
- Betongtjocklek h = 0,26 m
- Underlag: 150 mm makadam

Friktionskoefficienten μ



Samband mellan friktion μ & grad av tvång ψ

	$L/h = 10$	$L/h = 30$	$L/h = 50$
$\mu = 0{,}5$	0,05	0,25	0,5
$\mu = 1{,}0$	0,1	0,5	1
$\mu = 2{,}0$	0,2	1	1

Sv Betongföreningens rapport nr 4 (1997)

Åter till exemplet 1 (2)

- Makadam $\rightarrow \mu = 2$
- Fullt tvång ifall $L > 30 \cdot h$
- Här: $L = 13{,}5$ m
- Här: $30 \cdot h = 30 \cdot 0{,}26 = 7{,}8$ m
- $L > 30 \cdot h \rightarrow$ minst en spricka, $n = 1$

Åter till exemplet 1 (2)

- Sprickavstånd, oarmerad betong $a < L/(n + 1) = 13{,}5/2 = 6{,}75$ m
- Sprickavstånd, fiberbetong $a_f = a \cdot (1 - R/100) = 6{,}75 \cdot (1 - 0{,}7) = 2{,}0$ m
- Sprickbredd $w = a_f \cdot \varepsilon_{cs} = 2{,}0 \cdot 0{,}6 = 1{,}2$ mm ≈ 1 mm $\rightarrow$ OK för sprickbreddsklass II.

Slutord

- Att styra & begränsa sprickbildningen i industrigolv nästan alltid största utmaningen.
- Välj en strategi för sprickstyrning & håll fast vid den gm hela processen (projektering, materialleverans, utförande, drift).
- Alltid gynnsamt att begränsa betongens fria krympning (lägre sprickrisk, finare sprickor & mindre kantresning).
- Approximativ beräkning av sprickbredder från fri krympning, geometri & tvång enkelt verktyg för bedömning.