

Placering och orientering av stålfibrer i sprutbetong kartlagd genom tomografiundersökning av prov från tunnlar



Anders Ansell

KTH Byggvetenskap, Avd. Betongbyggnad

Stockholm, 2024

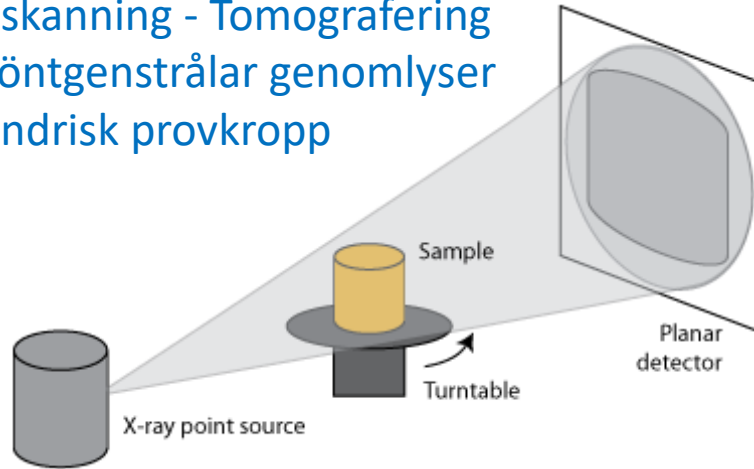
Projektbeskrivning

- ❑ Effektivitet hos stålfibrer i sprutbetong - antalet stålfibrer i draget snitt - och orientering!
- ❑ Tillämpning av tidigare utvecklad undersökningsmetod - baserad på tomografering (CT-skanning) med efterföljande, särskilt anpassad numerisk bearbetning.
- ❑ Här undersöks prov från sprutbetong från tunnelväggar och provlådor sprutade i fält.
- ❑ Numerisk analys ger totalt fiberinnehåll och fiberorienteringsfaktorer.
- ❑ En särskilt framtagen beräkningsrutin ger residualhållfastheter, dvs. böjdraghållfastheter.
- ❑ Syftet - att nå en effektivare användning av stålfibrer i sprutbetong!!

Rätt mängd stålfibrer, på rätt plats och anbringad med rätt metodik!

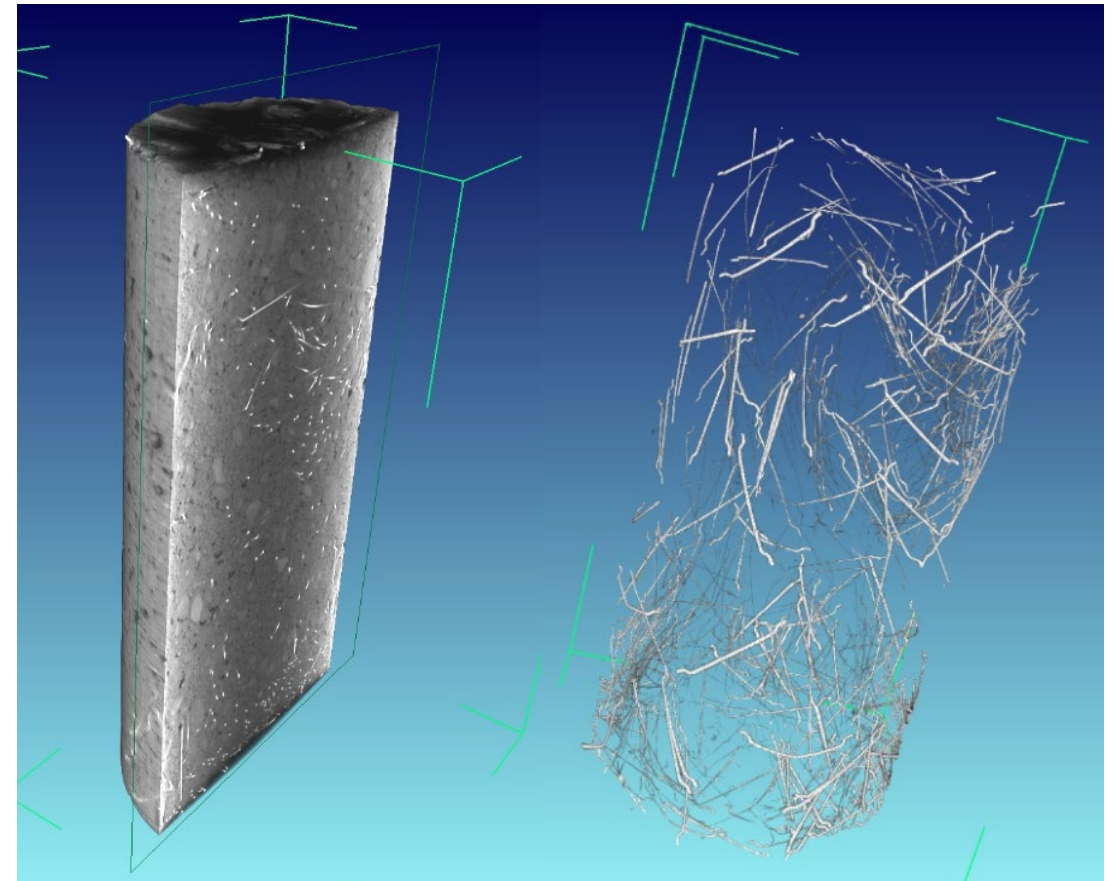
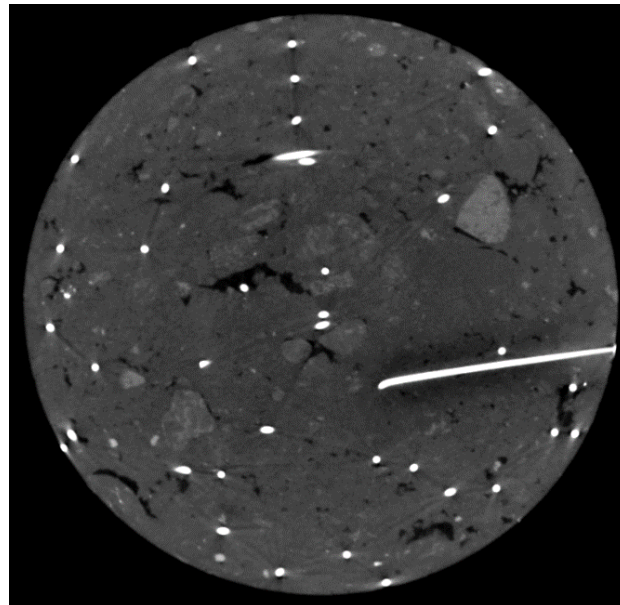
Undersökningsmetodik

CT-skanning - Tomografering
– Röntgenstrålar genomlyser
cylindrisk provkropp

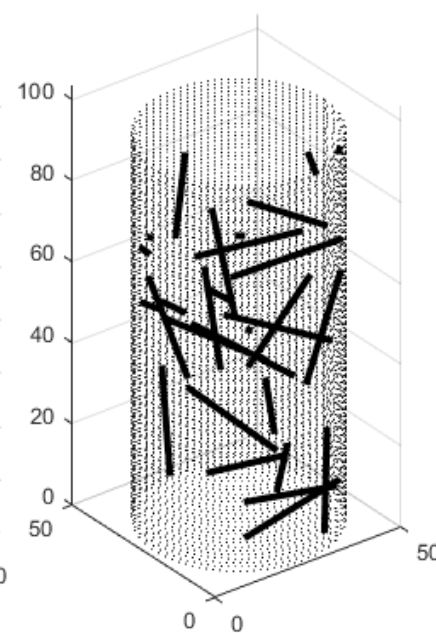
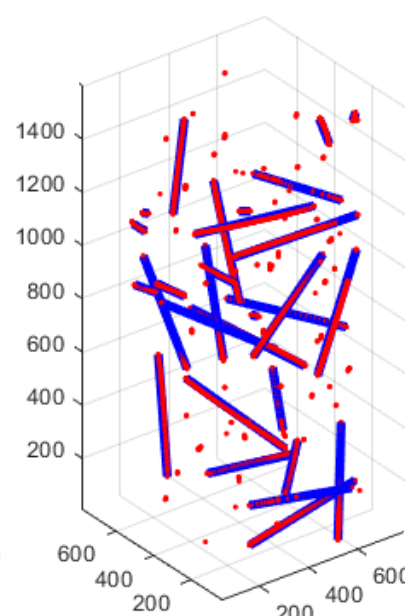
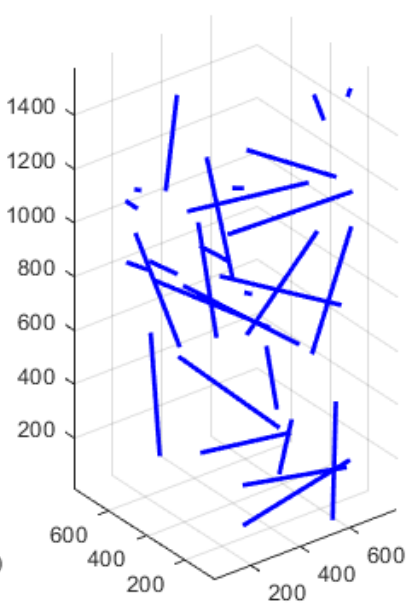
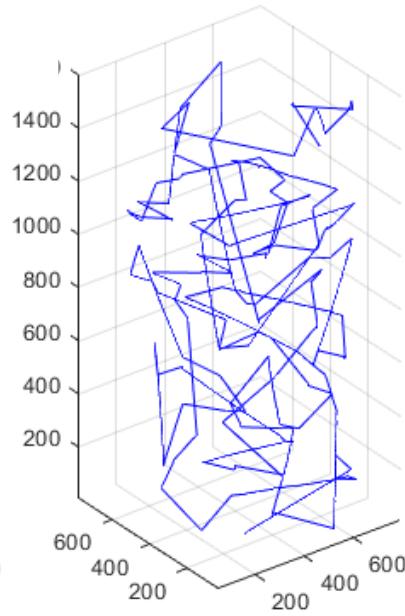
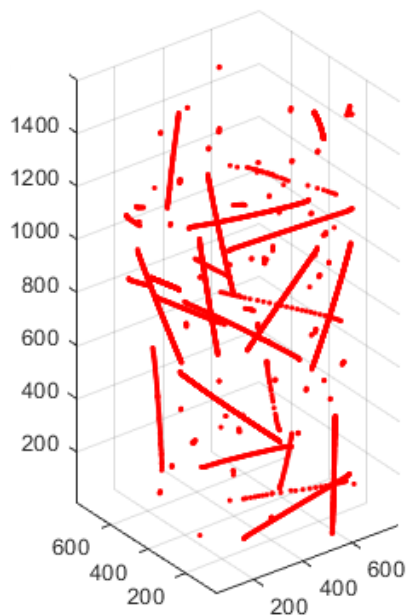
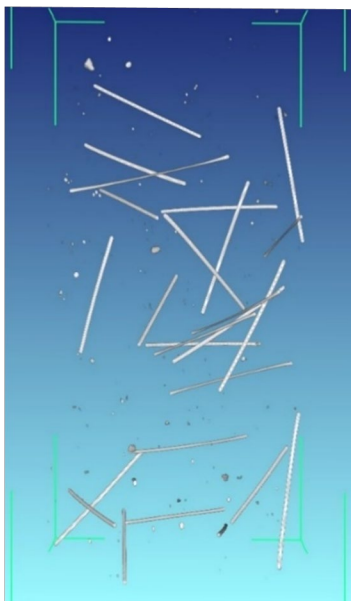


Sprutbetongcylinder – Med
mittsnitt och med enbart
stålfibrerna visade

Tvärsnitt av
sprutbetongcylinder –
Skärande stålfibrer visas
som vita områden.



Identifiering av inskannade stålfibrer



Stålfibrer –
bild från
tomografering



Motsvarande
bildpunkter i
3D (voxlar)



Samman-
Bindning av
samtliga
punkter



Identifiering
av räta linjer
= fibrer



Jämförelse:
Punkter och
Vektorer =
fibrer

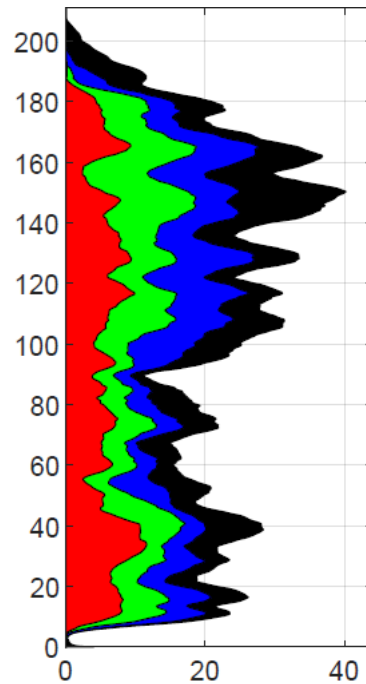
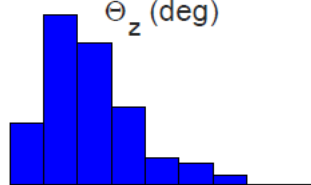
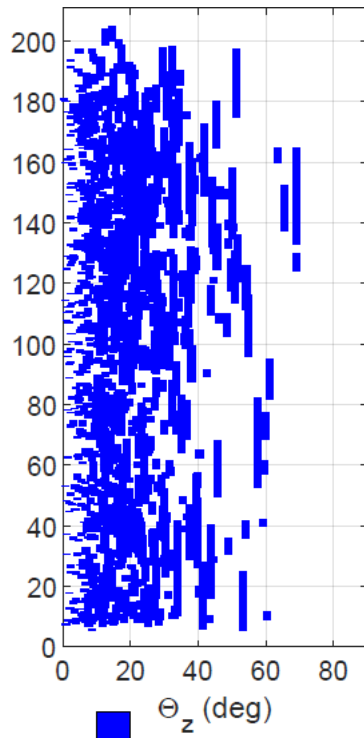
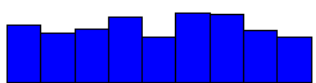
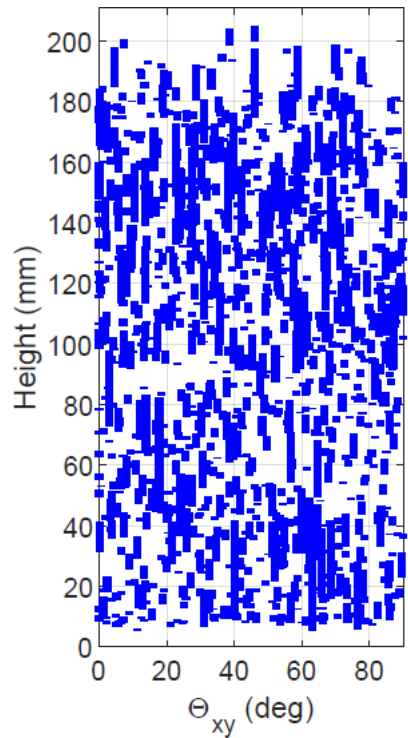


3D modell
av skannad
provcylander

Tomografiundersökning/skanning ger bildinformation i form av punkter (pixlar/voxlar).

Särskild numerisk beräkningsrutin identifierar stålfibrer som linjer/vektorer med riktning.

Resultat - Fiberinnehåll och fiberorientering

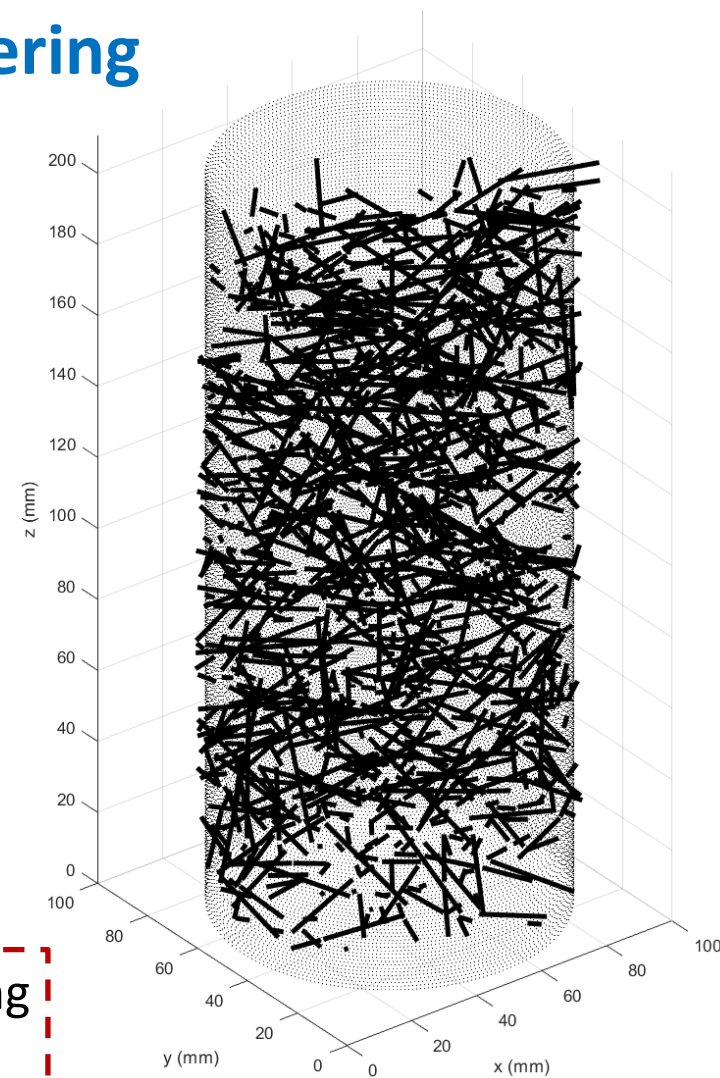


☐ Stålfibrer i prov-cylinder – höjdläge och två orienteringsvinklar.

☐ Antal skärande stålfibrer per höjdsnitt.

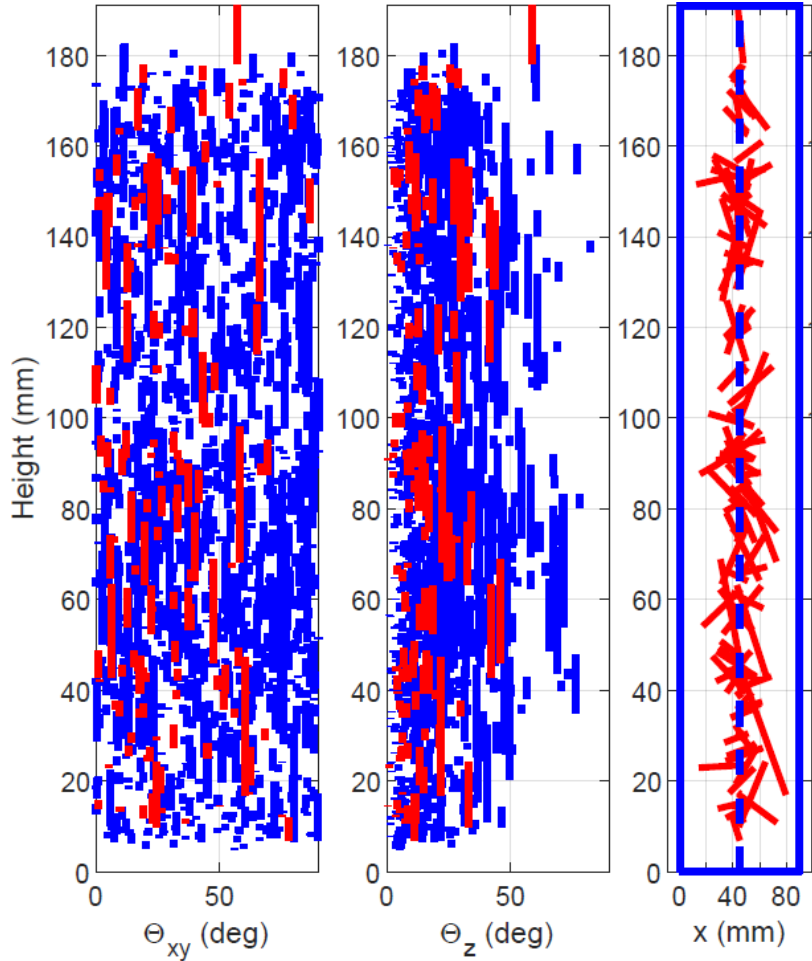
☐ Fiberorienteringsfaktorer i 3D: η_x η_y η_z

$\eta = 1,00 \Rightarrow$ 1D orientering
 $\eta = 0,64 \Rightarrow$ 2D
 $\eta = 0,50 \Rightarrow$ 3D



$\eta_x = 0,65$ $\eta_y = 0,62$
 $\eta_z = 0,31$ (35 kg/m³ fibrer)

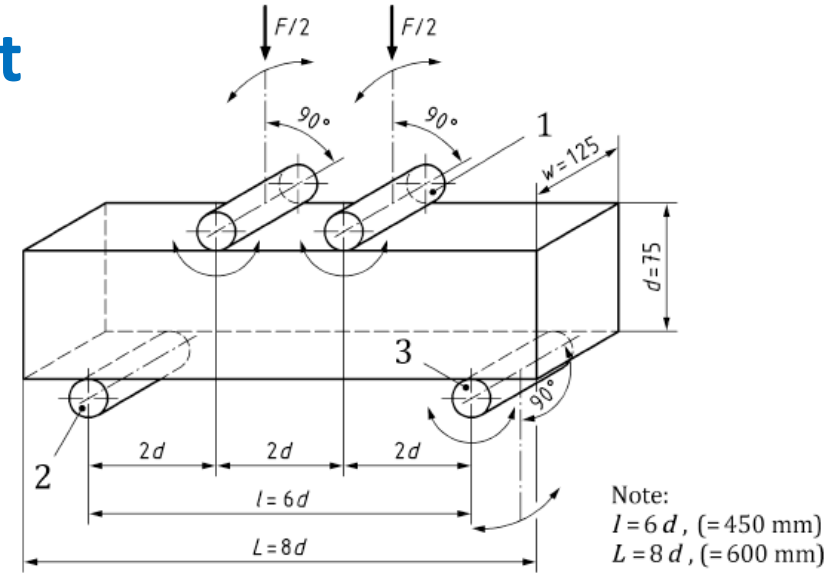
Resultat - Residualhållfasthet



□ Provcylindern tänks komma från en böjprovad standard provningsbalk.

□ Fibrer som skär cylinderns mittsnitt, i dragriktningen, identifieras (röda).

□ Jämviktsekvationer över böjdragbelastat mittsnitt (blått) ger (residual)böjdraghållfastheten.



$$f_{R1} = f_{ftd,R1} / 0,45 = f_{ft,R1} / 0,45$$

$$f_{R3} = f_{ftd,R3} / 0,37 = f_{ft,R3} / 0,37$$

$$f_{ftd,R1} = (2F_c - F_{f1}) / (b(h - x))$$

$$f_{ftd,R3} = - 2F_{f2} / (b(h - x)) + f_{ftd,R1}$$

