

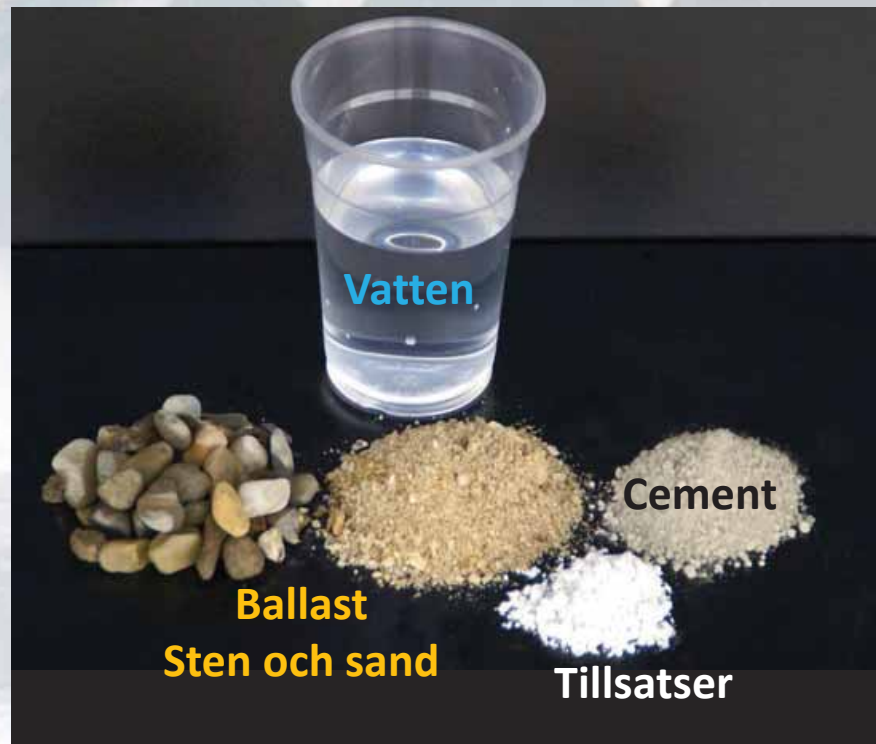
Grafen i betongtillämpningar

Prof Tang Luping, *Forskningsgrupp för byggnadsmaterial*

Prof Johan Liu, *Labb för elektroniska material och system*

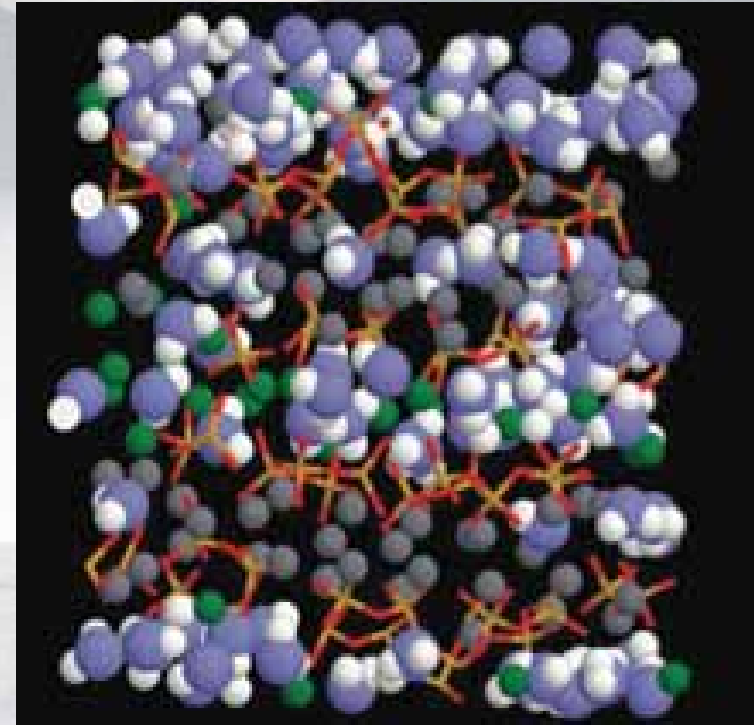
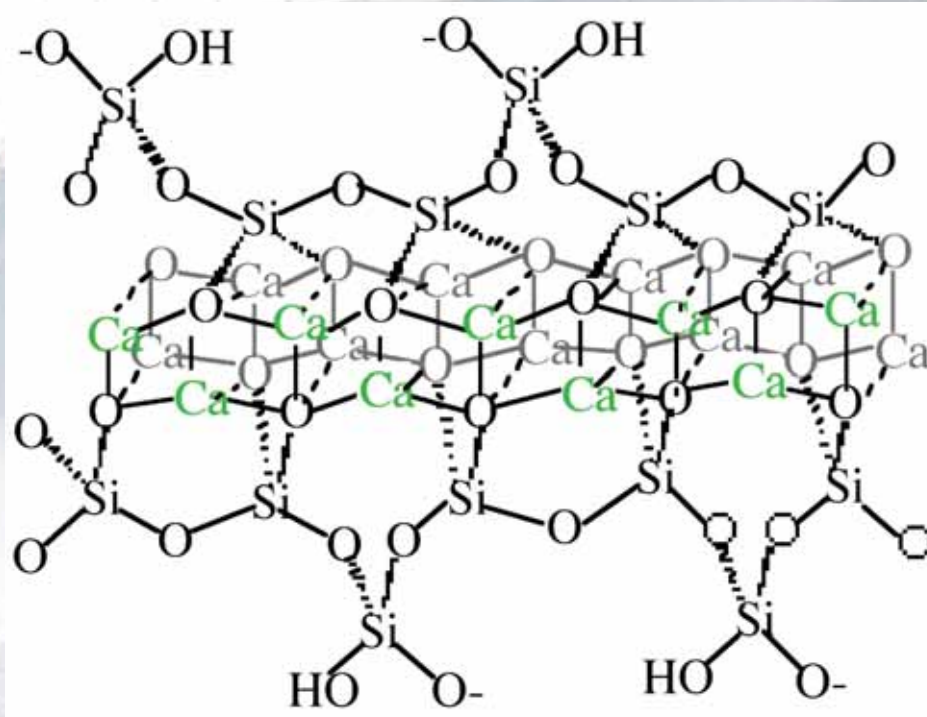
Chalmers Tekniska Högskola

Betong – det mest använda materialet i bygg- och anläggningskonstruktioner



- Cementproduktion står för 5 % av världens totala CO₂-utsläpp
- Betong är porös och aggressiva ämne kan tränga in i betong
- Armeringsstål i betong kan vara utsatt för korrosion
- Underhåll av betongkonstruktioner kräver stora resurser
- Det finns behov för mer hållbara material!

Betong är spröd och har låg draghållfasthet



Atomisk och molekylär modell för cementhydrater (C-S-H) med kovalent och van der Waals bindningar

Si-O = 443 kJ/mol; Ca-O = 134 kJ/mol

Förstärka betong på olika nivåer

Makro

Meso/Mikro

Nano



Armeringsstål

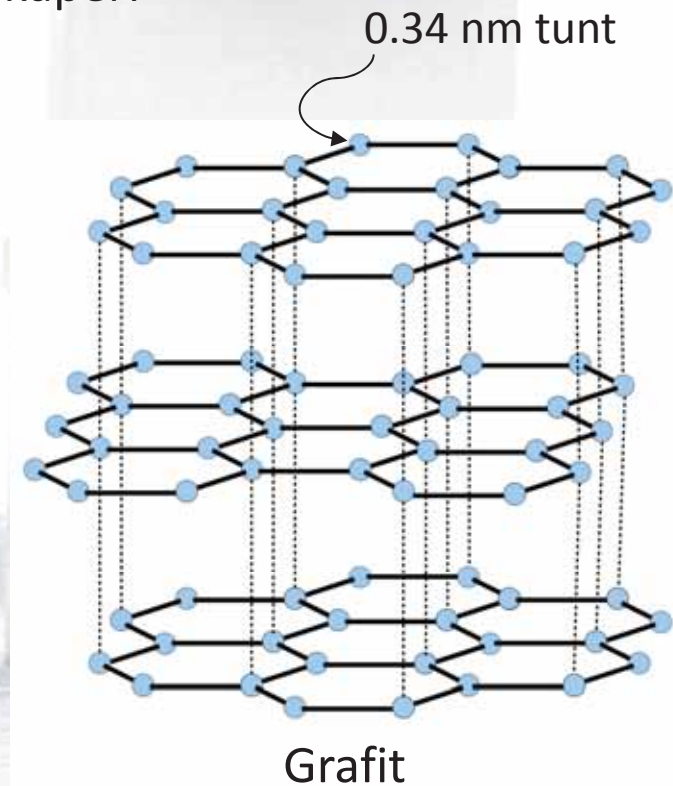


Stål-, glas-, basalt-, karbonfiber, m. fl.

?

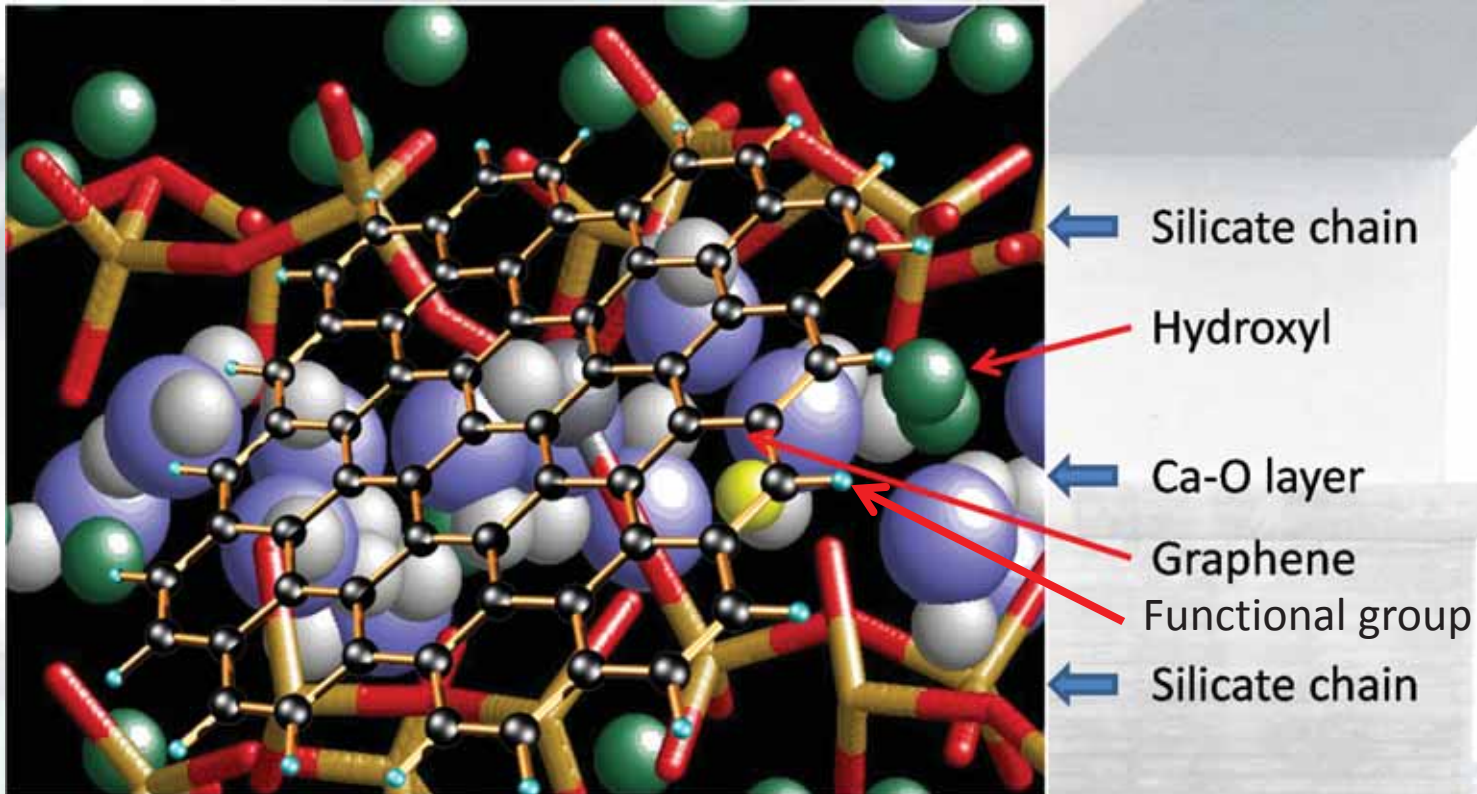
Nobelprismaterialet grafen

- Råmaterial: Grafit
- Nobelpriset i Fysik 2009
- 2D-material med många extraordinära egenskaper:
 - **Hög styrka (200 ggr högre än stål)**
 - **Effektiv värme- och elektrisk ledare**
 - **Böjbart**
 - Genomskinligt
 - Ogenomträngligt



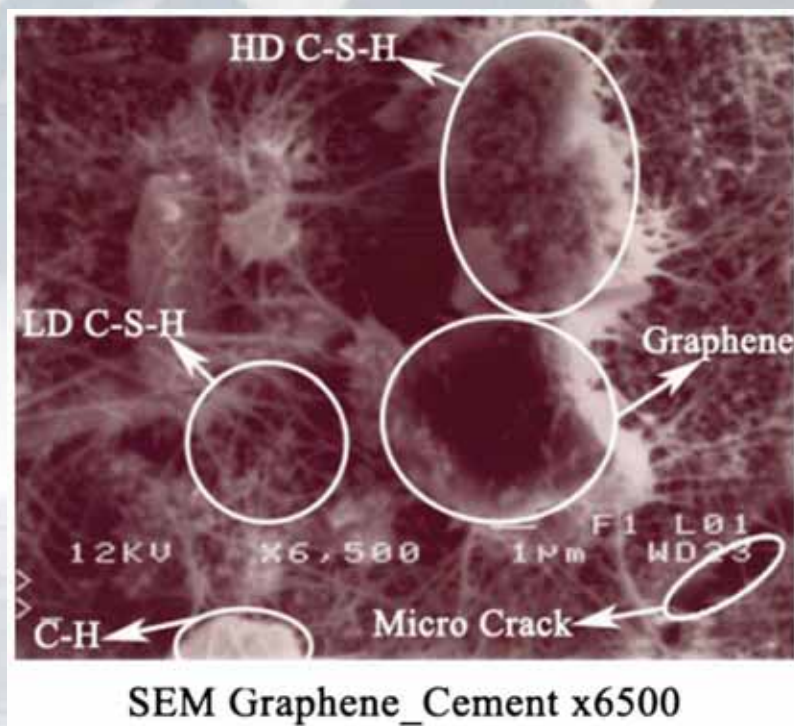
Grafenförstärka betong

- Möjlig molekylär modell

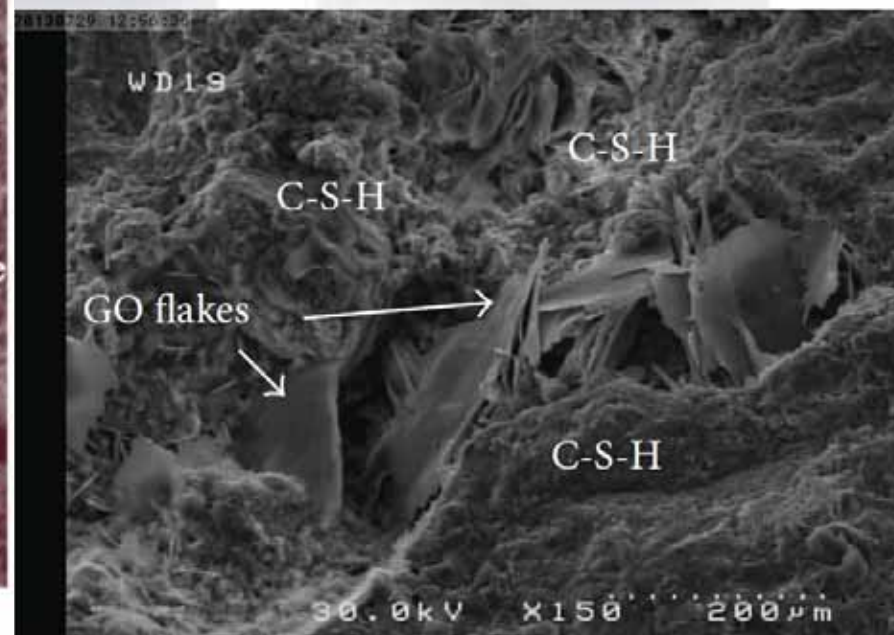


- C–O (= 346 kJ/mol) och C–Si (= 318 kJ/mol) är starkare än Ca–O (= 134 kJ/mol)
- Grafenflingor med funktioniserade grupper kopplar kiselskedjor över de svaga Ca–O skikten så att en förstärkning av C–S–H-gelen skapas.

Globala intresse i grafen- cementkompositer

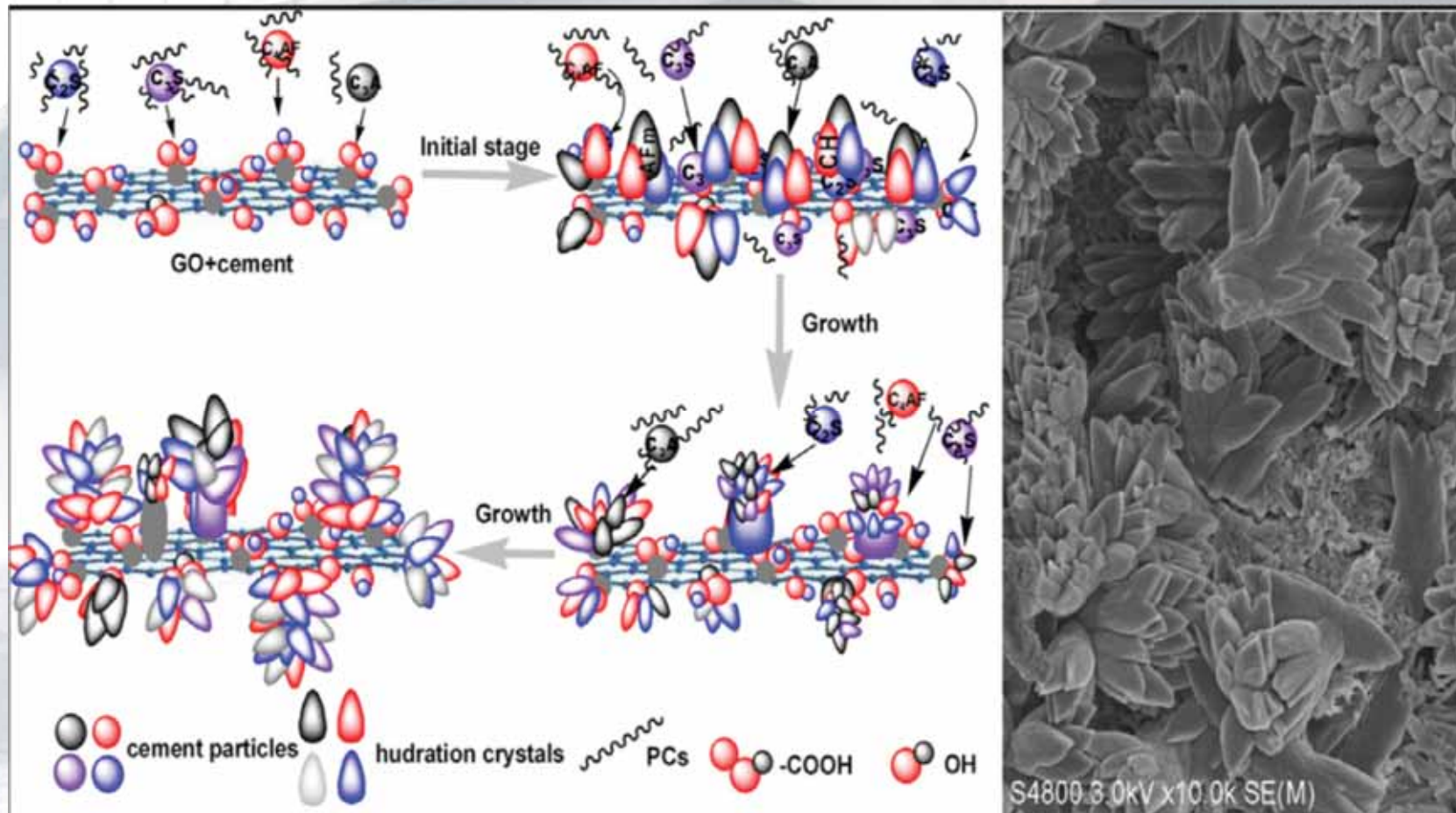


(Alkhateb et al. 2013)



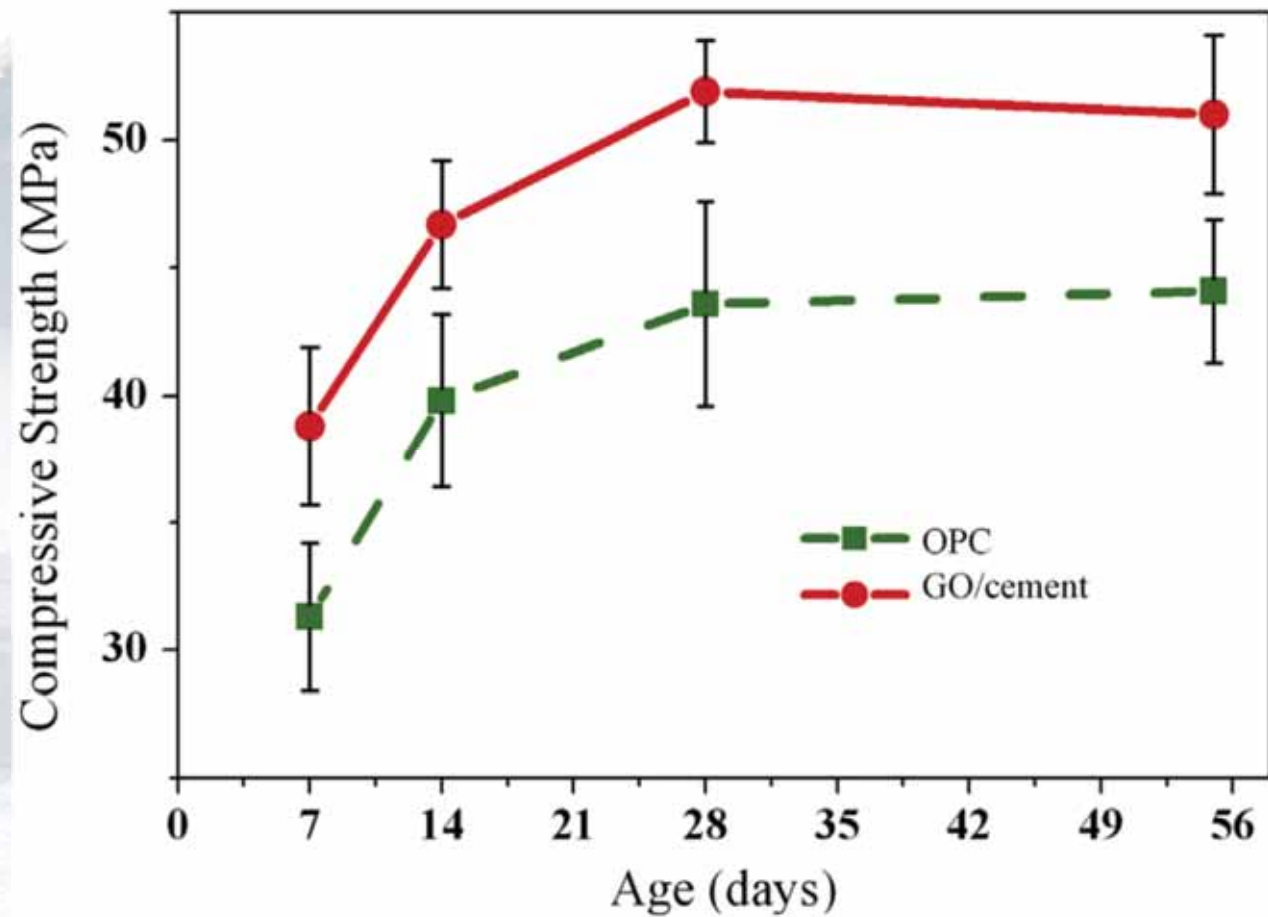
(Babak et al. 2014)

Kärnbildningsmodell för cementshydratisering



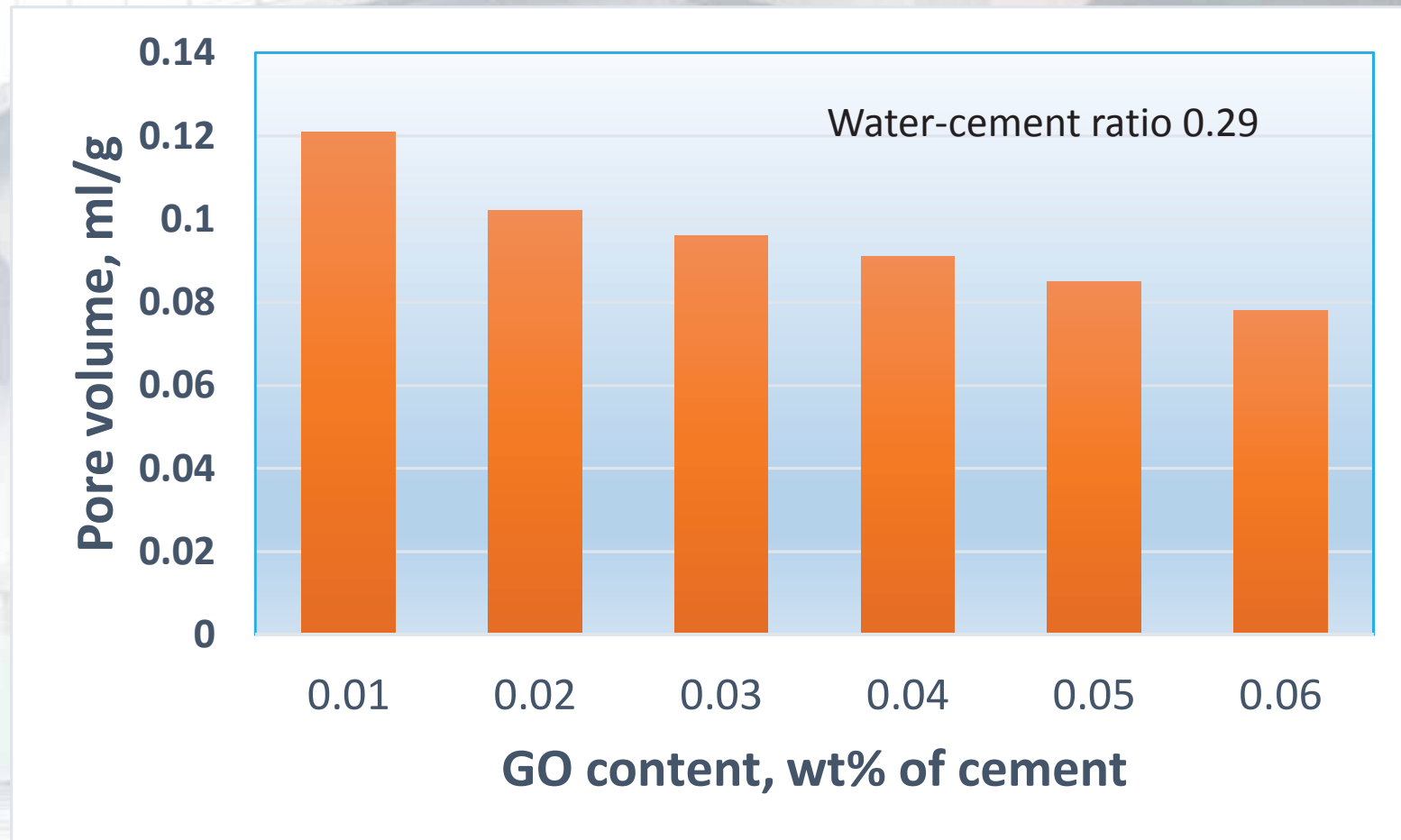
(Shenghua Lv et al. 2013)

Ökande tryckhållfasthet



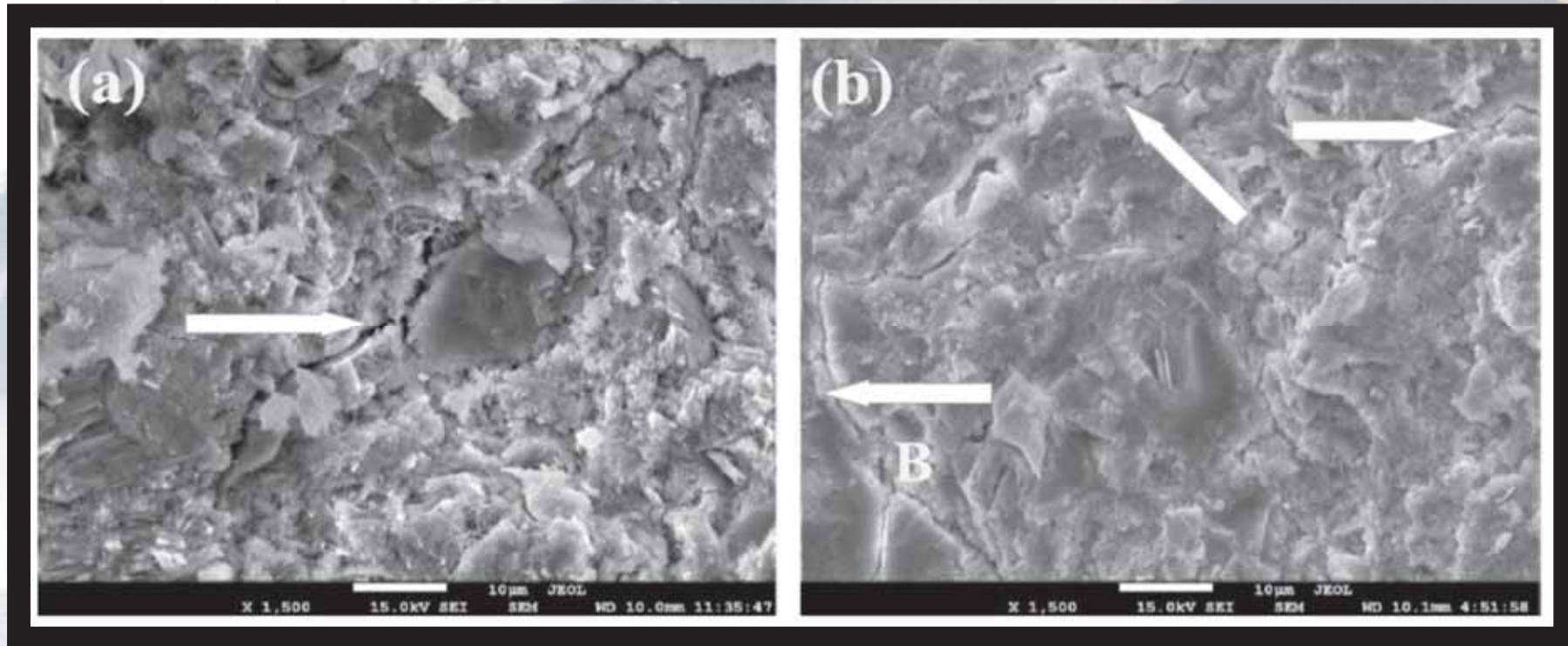
(Zhu Pan et al. 2015)

Minskande porvolym



Data based on Shenghua Lv et al. (2014)

Finare porstrukturer

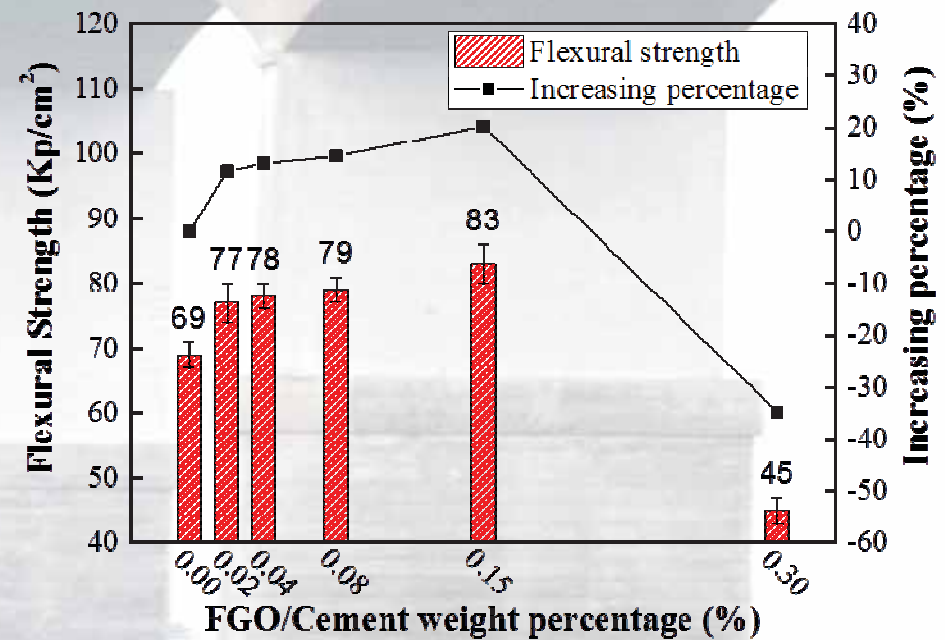
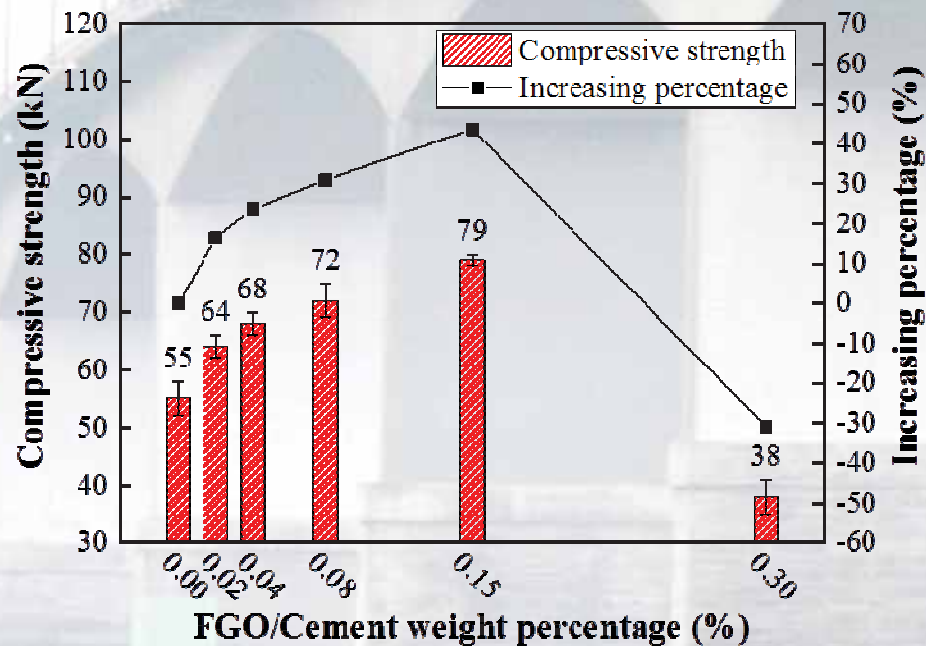


Vanlig cementpasta

GO-cementpasta

Innebärande bättre beständighet

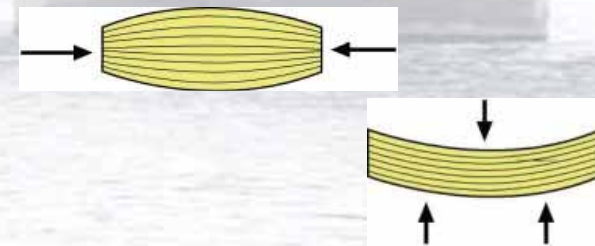
Våra positiva preliminära resultat



- Tillsatts av 0,15 % modifierad grafenoxid resulterade i

— 44 % ökning av tryckhållfasthet

— 20 % ökning av böjhållfasthet

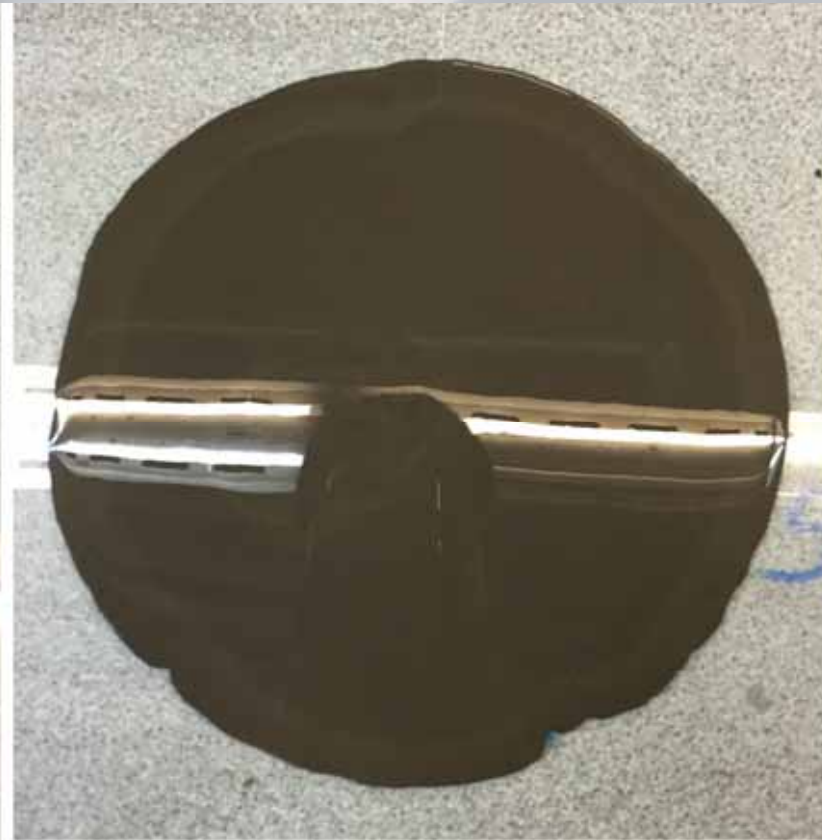


Bra kompatibilitet med flytmedel



Cement:Limestone:Water:SP
= 100:16.7:40:1.2

Flytspänning = 1.3 Pa



Cement:Limestone:Water:FGO:SP
= 100:16.7:40:0.3:1.2

Flytspänning = 1.1 Pa

Vinnova SIO Grafen

Grafenförstärkta betongpålar

- industrialisering av funktionaliserat grafen i betong

2016-05 – 2017-11



Ny generation av cementbaserad betong

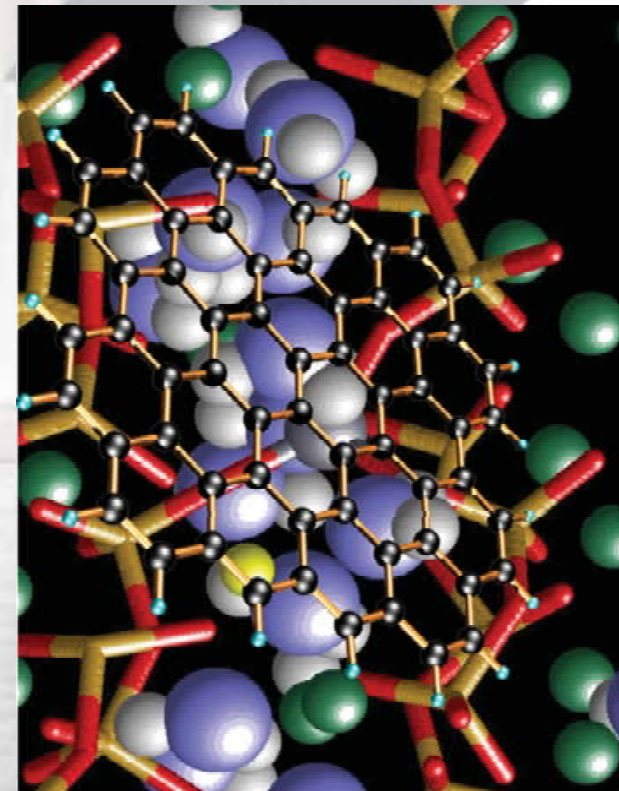
– kombination av avancerad nanoteknik med traditionell cementmaterial

Kännetecken

- ✓ FGO utökad C-S-H som ny bindemedel
- ✓ Hög hållfasthet tack vare den starka nano-armeringen
- ✓ Bättre beständighet p g a den finare mikrostrukturen

En ökning i hållfasthet med 50 % kan leda till en minskad användning av cement med 25-30 % innebärande en mindre CO₂ utsläpp med 25-30 %!

Leda till revolutionär förbättring av fundamentala material – betong för framtidens bygg- och anläggning



Global potential

- Minskad miljöbelastning
 - 11 miljarder m³ betong tillverkas årligen i världen – här finns obegränsad potential till miljövinster av framförallt minskade koldioxidutsläpp
- Nya konstruktionsmöjligheter
 - Längre broar
 - Högre hus
- Nya användningsområden
 - Altantrall i betong?
 - Isfria väg?
 - Vind- /vågkraftanläggningar?
 - etc.





CHALMERS