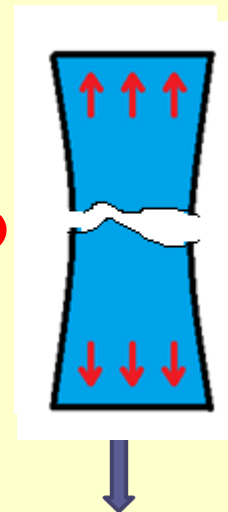
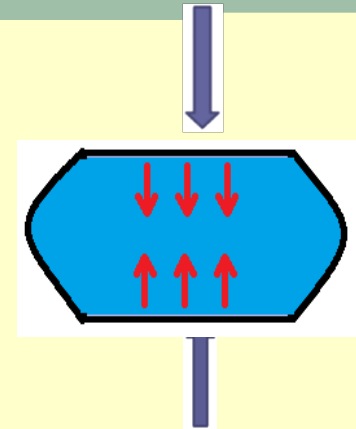


Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Ουρανία Τσιούλου

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

➤ ΙΣΧΥΡ'Ο ΣΤΗ ΘΛΙΨΗ



➤ ΑΔΥΝΑΜΟ ΣΤΟΝ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

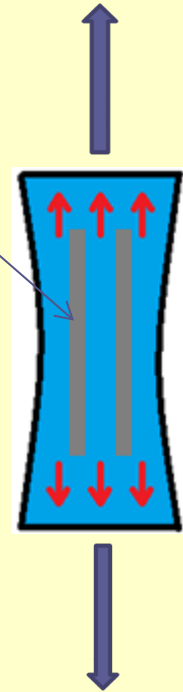
REINFORCEMENT
Bars

Σύνθετο υλικό

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ + ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Χαμηλή αντοχή
σε εφελκυσμό

Υψηλή αντοχή
σε εφελκυσμό



ΕΝΙΣΧΥΣΗ

ΜΠΑΡΕΣ (Κυρίως Χάλυβας – υπάρχουν εφαρμογές με ράβδους FRP)
ΙΝΕΣ

Θεμελίωση



M & D foundations

http://www.mdmidlands.com/reinforced_concrete.html

Τοίχοι



Mgould -

http://www.mgould.co.uk/reinforced_concrete_construction.html

Θεμελιώσεις & ειδικές κατασκευές – πάσσαλοι



Δοκός για γέφυρα

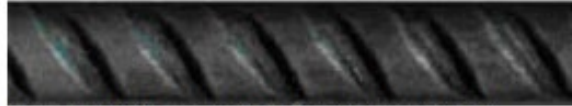


Ράβδοι οπλισμού **Sagrada Familia's** στέγη (2009)



http://en.wikipedia.org/wiki/Reinforced_concrete

Ράβδοι Οπλισμού



Grade B500A and B500B Reinforcement



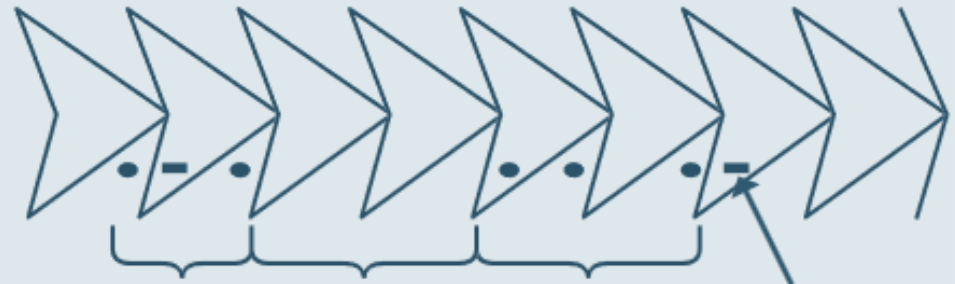
Grade B500C Reinforcement

➤ ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΡΑΒΔΟΙ

<http://www.celsauk.com/Products.mvc/ReinforcingBar?=&Reassure>

Bar Size (mm)

6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 32, 40, 50



CARES
Approval
Mark

Country
5 ribs = UK

Manufacturer
1 rib between 2 dots,
then 2 ribs = no. 12
10+2=Celsa Manufacturing

Dash indicates
500 grade



United Kingdom = 5 ribs



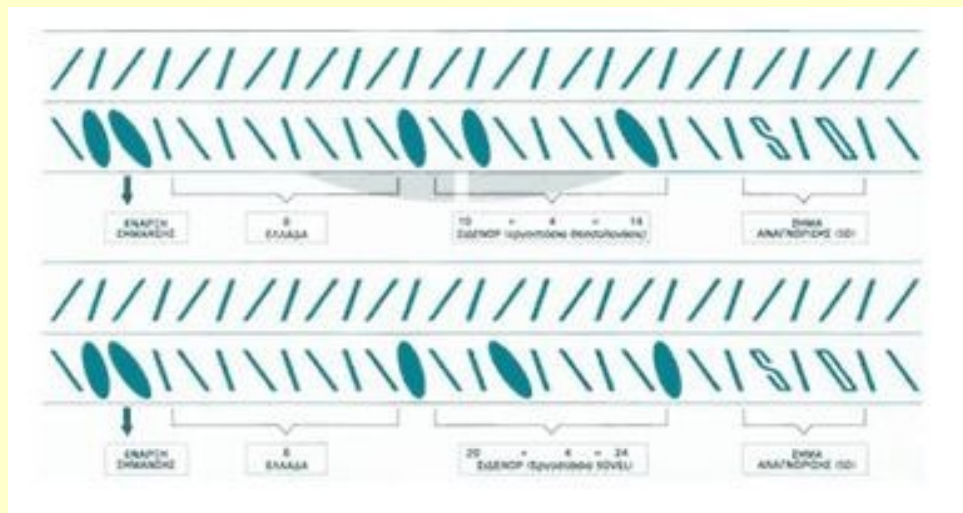
Germany = 1 rib



China = 9 ribs

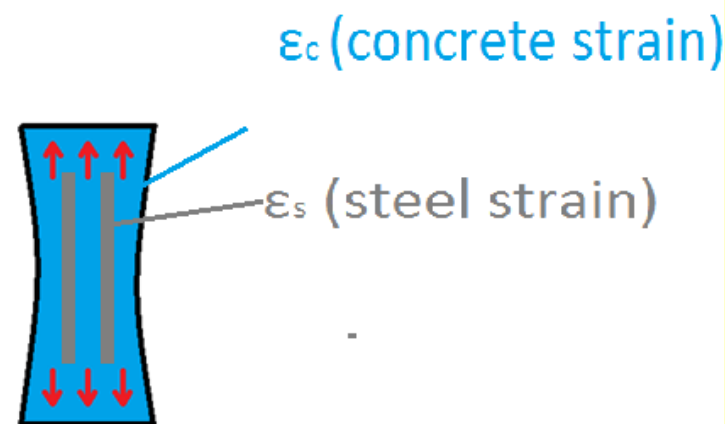


France = 3 ribs



ΔΕΣΜΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΡΑΒΔΩΝ ΚΑΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η σύνδεση μεταξύ χάλυβα και περιβάλλοντος
σκυροδέματος εξασφαλίζει **Συμβατότητα**
παραμορφώσεων



- Τέλεια (Πολύ καλή) σύνδεση μεταξύ χαλύβδινων ράβδων και σκυροδέματος

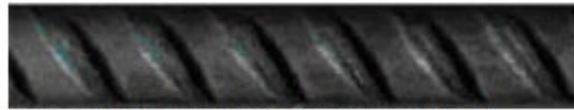
$$\text{Concrete strain } (\epsilon_c) = \text{steel strain } (\epsilon_s)$$

- Κακή σύνδεση μεταξύ χαλύβδινων ράβδων και σκυροδέματος
 $\text{steel strain } (\epsilon_s) < \text{Concrete strain } (\epsilon_c)$

- Συντελεστής θερμικής διαστολής σκυροδέματος:
 $8-13 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Συντελεστής θερμικής διαστολής χάλυβα: $12 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

εξαλείφει τις μεγάλες εσωτερικές καταπονήσεις
λόγω διαφορών στη θερμική διαστολή

Provide adequate Bond



Grade B500A and B500B Reinforcement

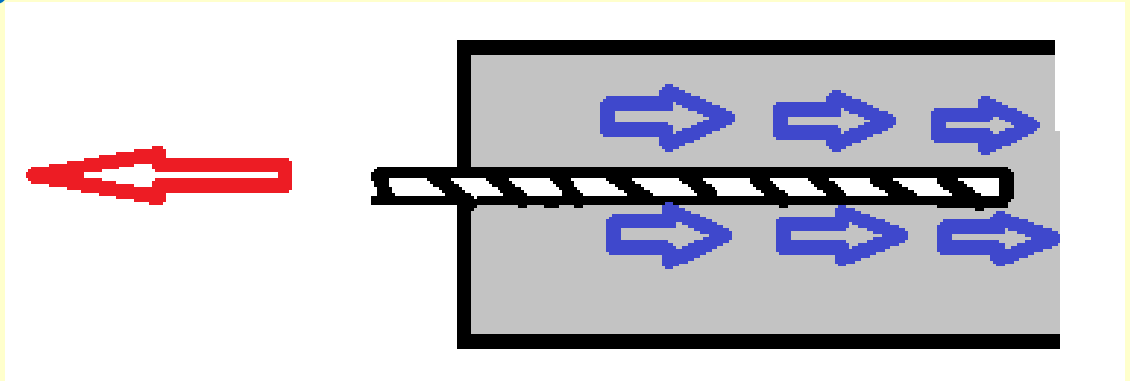


Grade B500C Reinforcement

<http://www.celsauk.com/Products.mvc/ReinforcingBar?=Reassure>

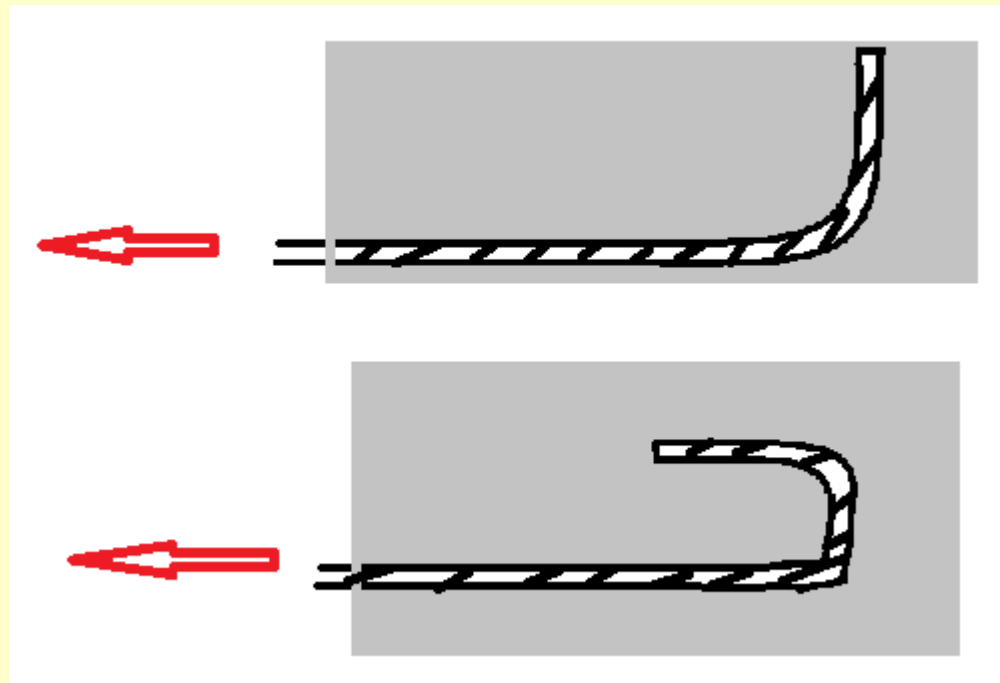
➤ Νευρώσεις στις χαλύβδινες ράβδους

➤ Επέκταση του μήκους της ράβδου πέρα από το σημείο όπου ο χάλυβας απαιτείται να αναπτύξει την τάση διαρροής του

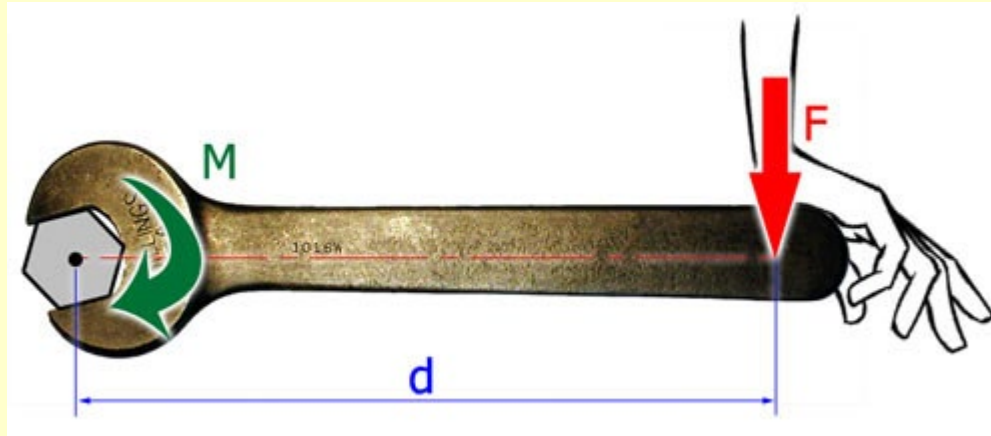


http://en.wikipedia.org/wiki/Reinforced_concrete

➤ Εάν το πραγματικό διαθέσιμο μήκος δεν επαρκεί για πλήρη ανάπτυξη, πρέπει να προβλέπονται ειδικές αγκυρώσεις, όπως γρανάζια ή άγκιστρα ή μηχανικές ακραίες πλάκες



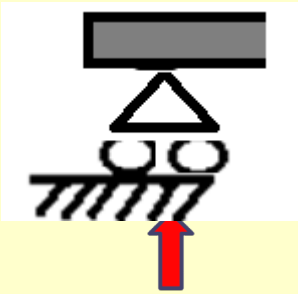
Moment the turning effect about a pivot point



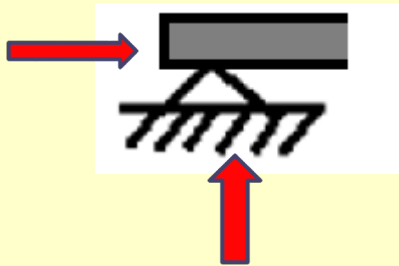
Moment = Force x Perpendicular Distance

$$M = F \cdot d$$

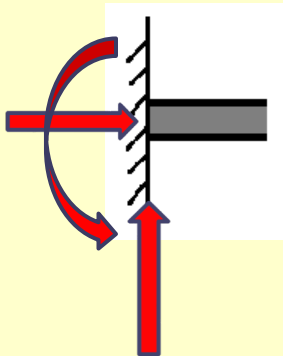
Supports



Roller Support: Resists vertical forces only

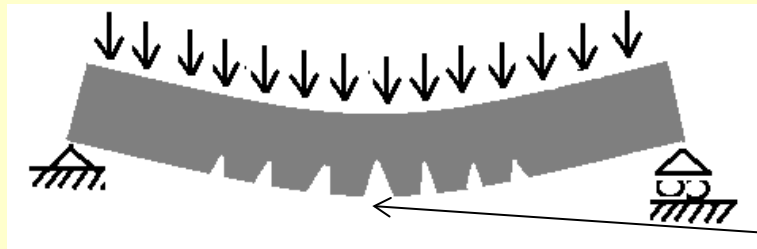
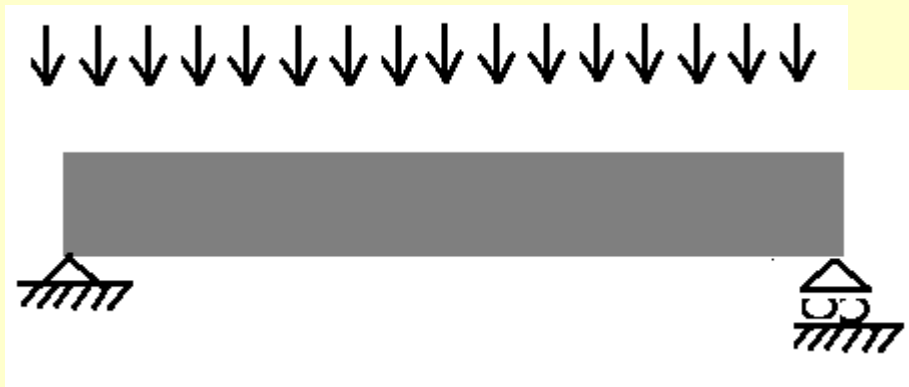


Pinned Support: Resists vertical and horizontal load



Fixed Support: Resists vertical and horizontal forces and moment

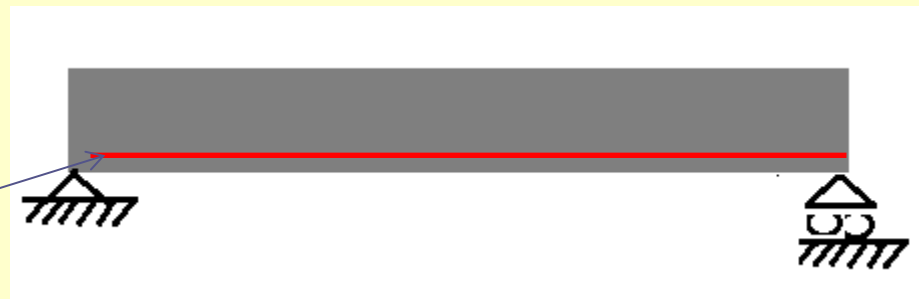
Concrete beams

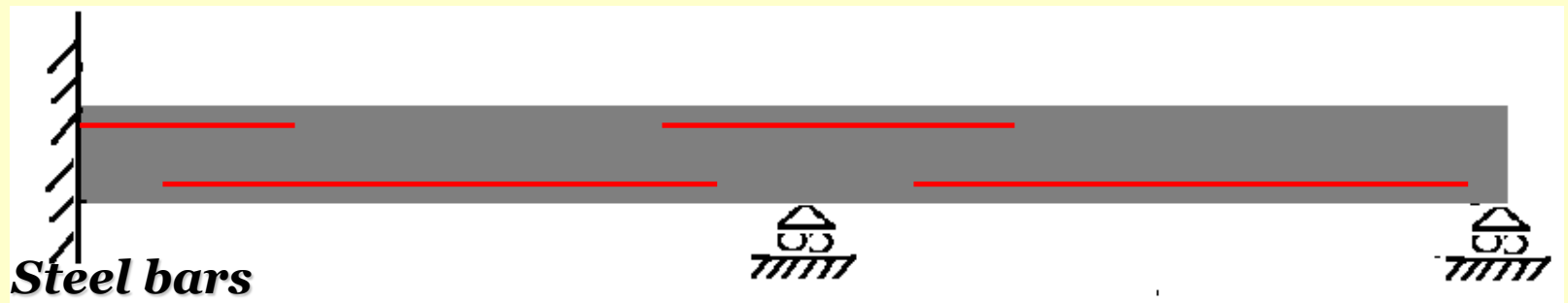
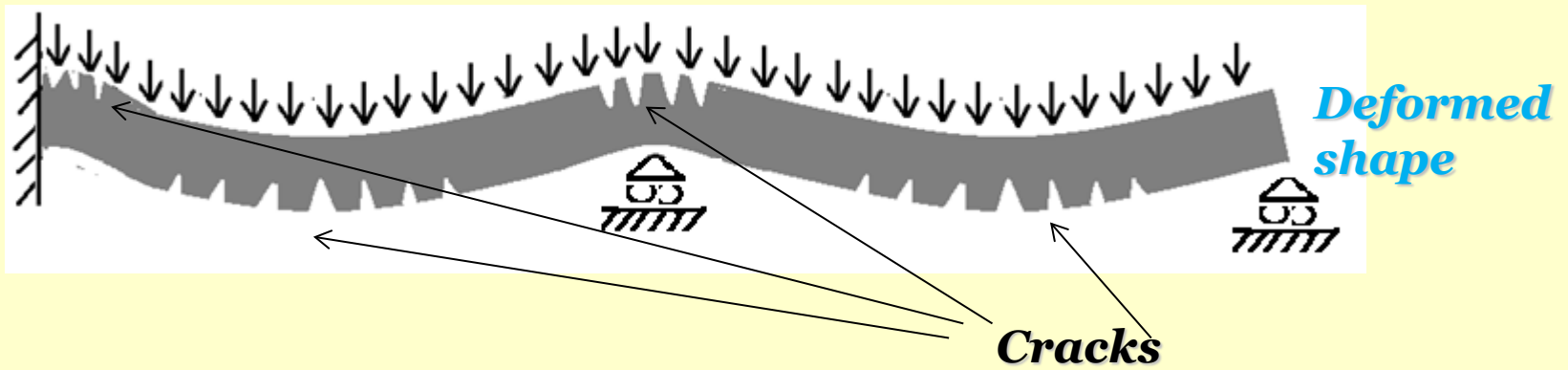
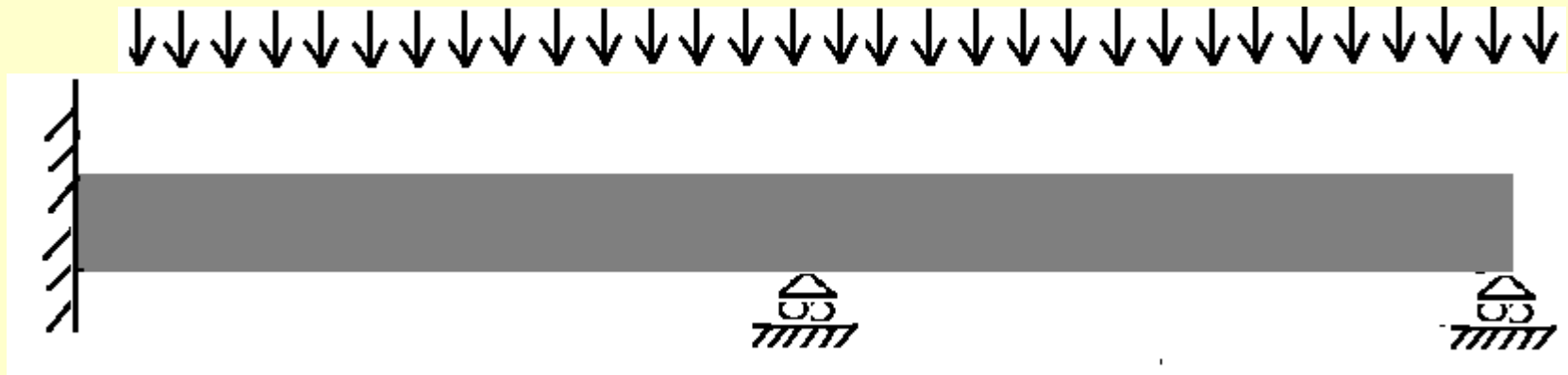


Deformed shape

Cracks

Steel bars







FIBRE REINFORCED CONCRETE



Ινοπλισμένο σκυρόδεμα

Επομένως, το κανονικό σκυρόδεμα είναι συνήθως ενισχυμένο με χαλύβδινες ράβδους οπλισμού



➤ Για πολλές εφαρμογές, γίνεται όλο και πιο δημοφιλής η ενίσχυση του σκυροδέματος με μικρές, τυχαία κατανεμημένες ίνες

➤ Αύξηση της απορρόφησης ενέργειας και της σκληρότητας του υλικού, αλλά και αύξηση της αντοχής σε εφελκυσμό και κάμψη του σκυροδέματος.

Εφαρμογές Ινοπλισμένου Σκυροδέματος

➤ Λεπτά στοιχεία Πλάκες



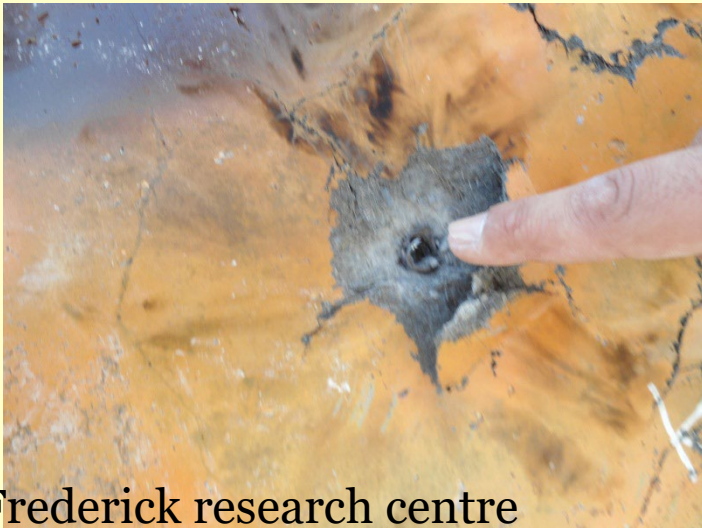
➤ Προκατασκευασμένα στοιχεία (σύμμικτα καταστρώματα, σωλήνες κ.λπ.)



- Ειτοξευόμενο σκυρόδεμα
- (ψεκασμός σκυροδέματος)



- Κατασκευές ανθεκτικές στις κρούσεις



Frederick research centre
<http://concrete-impact.com/gallery/>

Παράγοντες που επηρεάζουν τις ιδιότητες του FRC

- Τύπος ινών
- Όγκος ινών
- Αναλογία διαστάσεων ινών
- Προσανατολισμός ινών
- Μέγεθος χονδροκοκκων αδρανών
- Μίξη
- Εργασιμότητα

Ινοπλισμένο σκυρόδεμα με ίνες χάλυβα

Ευθεία



Αγκιστρωμένα άκρα



Πτυχωτό



Επίπεδα άκρα



Τύπος ινών

Χάλυβας, πολυπροπυλένιο, γυαλί, αραμίδιο κ.λπ.



polypropylene



Aramid



Steel

Οι ίνες χάλυβα είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη από όλες τις ίνες (Steel Fibre Reinforced Concrete – SFRC)



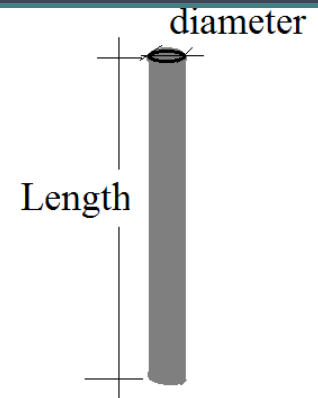
Re-use of steel cord from tyres as reinforcement

<https://cee.sheffield.ac.uk/people/prof-kypros-pilakoutas>

Steel Fibre reinforced concrete

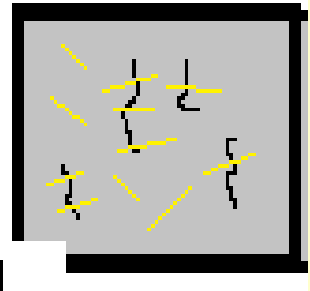
➤ Ίνες μικρού μήκους και διαμέτρου:

Αναλογία διαστάσεων ινών = Length/Diameter : **30-150**



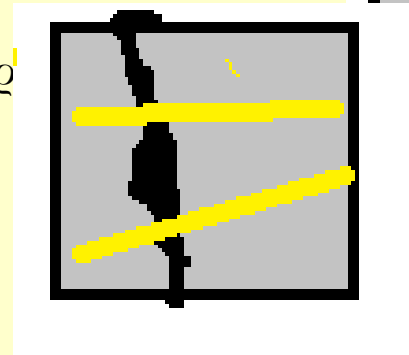
Κοντές ίνες

Γεφύρωση μεγάλου αριθμού μικρορωγμών (αποτελεσματικό σε μικρορωγμέ



Μακριές ίνες

Γεφύρωση μακρορωγμών (αποτελεσματική σε μακρορ



Η αντοχή και η σκληρότητα επηρεάζονται από:

➤ Αριθμός ινών στη ζώνη ρωγμών

➤ Προσανατολισμός των ινών στη ζώνη ρηγμάτωσης

Όγκος ινών

➤ Κλάσμα χαμηλού όγκου (<1%)

Οι ίνες χρησιμοποιούνται για τη μείωση της **συστολής ξήρανσης**

➤ Μέτριο κλάσμα όγκου (1-2%)

Fibre reinforced concrete

-ελαφρώς αυξημένη αντοχή
-Η σκληρότητα αυξάνεται σημαντικά

➤ Κλάσμα υψηλού όγκου (>2%)

Special applications:

Ultra high performance Fibre Reinforced concrete

Οι περισσότερες εφαρμογές ινοπλισμένου σκυροδέματος **1-2% volume**

Properties enhancements - toughness

<https://www.bing.com/videos/search?q=fibres+reinforced+polymers&&view=detail&mid=CAD8DDB9A891A11D7EEFCAD8DDB9A891A11D7EEF&&FORM=VRDGAR>

Fibre Reinforced Concrete Jack Hammer test V3...

Πώς να υπολογίσετε το βάρος των χαλύβδινων ινών στο μείγμα

όγκος 2% χαλύβδινες ίνες– πόσα kg από χαλύβδινες ίνες ανά m³

Πυκνότητα χάλυβα: 7850 kg/m³

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \cdot V = 7850 \frac{kg}{m^3} * 0.02m^3 = 157 kg$$

Μέγιστο μέγεθος αδρανών: 10-20 mm
(depending on the steel fibre length)

Ακολουθία ανάμειξης

➤ Οι ίνες προστίθενται στο τέλος στον αναμικτήρα αφού όλα τα άλλα συστατικά, συμπεριλαμβανομένου του νερού, έχουν ήδη αναμειχθεί

➤ Κανονική κατανομή των χαλύβδινων ινών στο μείγμα

Οι χαλύβδινες ίνες πρέπει να προστίθενται στη χοάνη του αναδευτήρα με ρυθμό περίπου 45 kg ανά λεπτό, με τον αναμικτήρα να περιστρέφεται σε πλήρη ταχύτητα



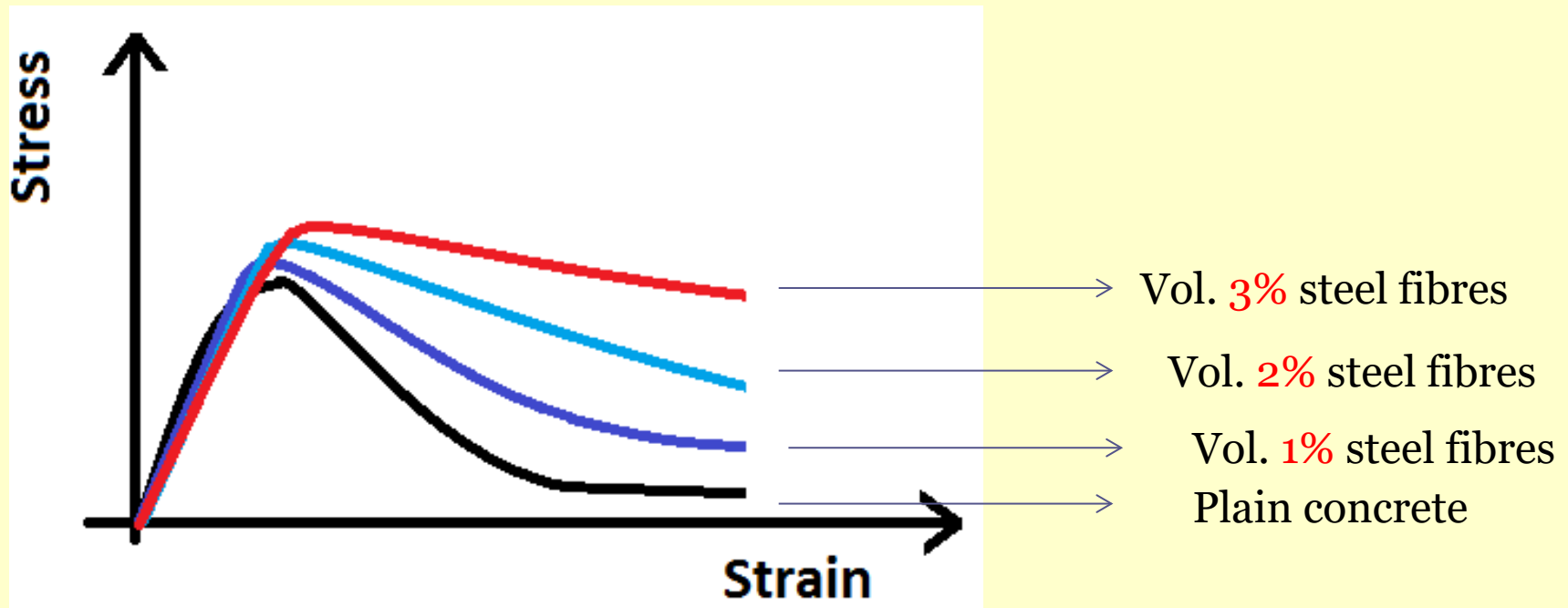
Θέματα Ανάμειξης & Εργασιμότητας

- Reduced Consistence
- Fibre balling



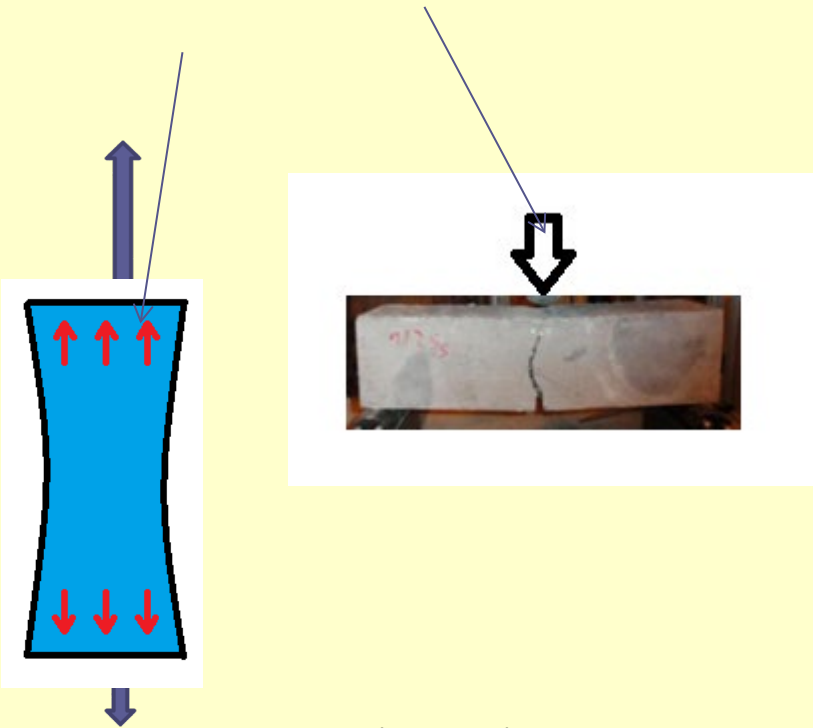
Ιδιότητες υλικού

Πολύ μικρή αύξηση της θλιπτικής αντοχής



Οπλισμένο σκυρόδεμα από ίνες χάλυβα

Η αντοχή σε εφελκυσμό και κάμψη αυξάνεται



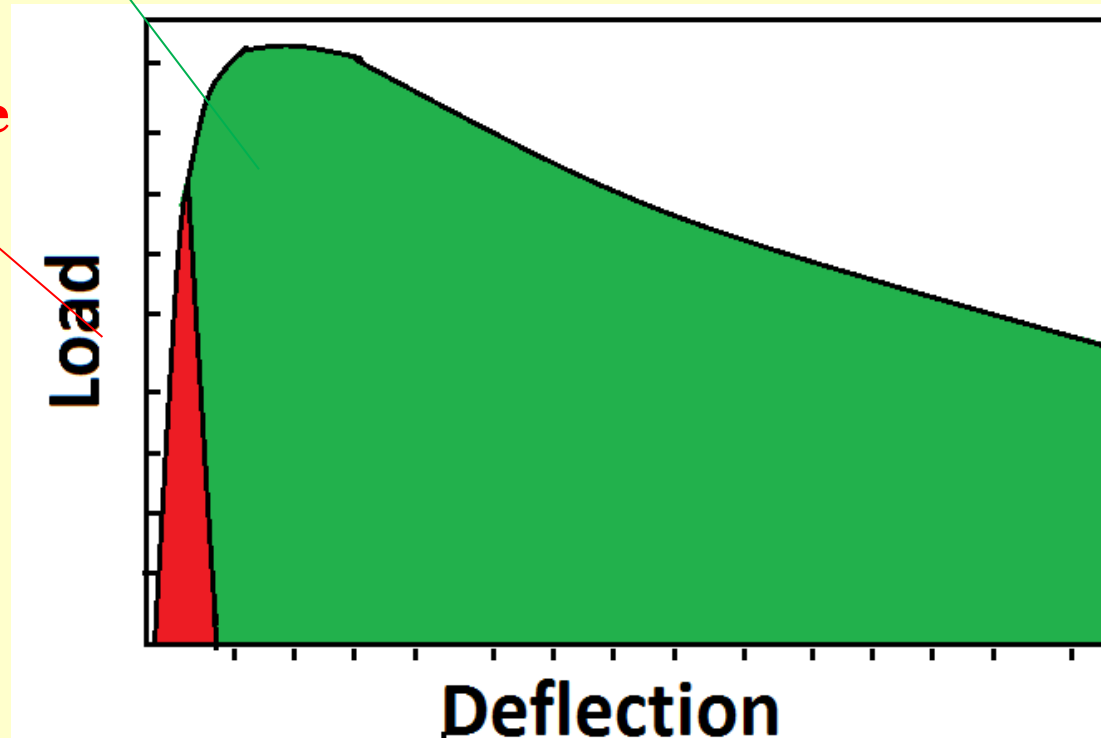
αλλά η κύρια συμβολή των χαλύβδινων ινών είναι η σημαντική αύξηση της

Εφελκυστικής και καμπτικής δυσθραυστότητας
(toughness)

Steel fibre reinforced concrete

Συμπεριφορά εφελκυσμού και κάμψης

Steel fibre reinforced concrete



Η δυσθραυστότητα είναι σημαντικά αυξημένη

Ινοπλισμένο Σκυρόδεμα
Υπερυψηλής Επιτελεστικότητας

Ultra High Performance Fibre
Reinforced Concrete (UHPFRC)

Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC)

- Πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε τσιμέντο και σκυρμία (GGBS) content ($>1000\text{kg/m}^3$)
- Πολύ χαμηλή αναλογία τσιμέντου νερού (<0.2)
- Υπερρευστοποιητής
- Πυριτική άμμος ($200\text{ }\mu\text{m}$)
- Ίνες χάλυβα (υψηλό ποσοστό έως 6%)
 - Προϊόν: Πλακάκια δαπέδου πρόσβασης (λεπτά στοιχεία) με υψηλή αντοχή και χαμηλό βάρος

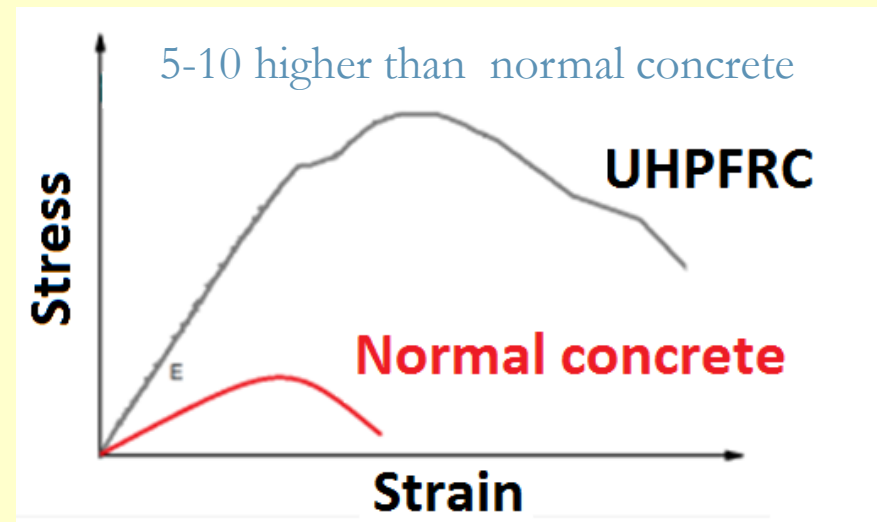


Απαιτήσεις UHPFRC

➤ Θερμική σκλήρυνση

➤ Χωρίς χονδρόκοικα αδρανή

➤ Υψηλό ποσοστό χαλύβδινων ινών $2-6\%$



Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC)

Αντοχή σε θλίψη: **150-200 Mpa**
Αντοχή σε εφελκυσμό: **10-15 Mpa**

Compressive strength test watch @ 0'46" & Tensile splitting @ 3'10" :
<https://www.youtube.com/watch?v=FW-XexRiStE>