

STRUTTURE RETICOLARI

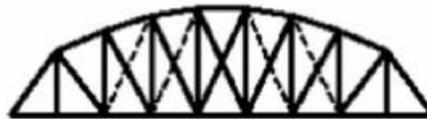
La **travatura reticolare** (o *struttura reticolare*) è una struttura composta da un insieme di aste (travi) complanari, vincolate ai nodi in modo da costituire un elemento resistente e indeformabile

La travatura reticolare ha tratto la propria origine dalla necessità di impiegare strutture sempre più leggere per superare luci sempre più grandi

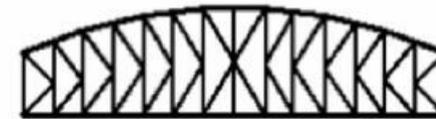
TIPOLOGIE DI RETICOLARI



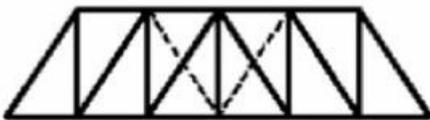
Pratt



Parker



K-Truss



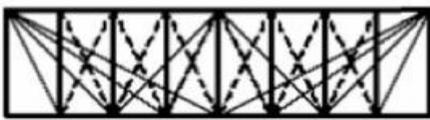
Howe



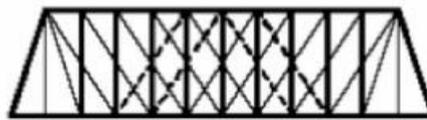
Camelback



Warren



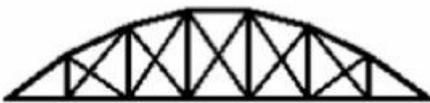
Fink



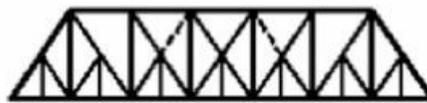
Double Intersection Pratt



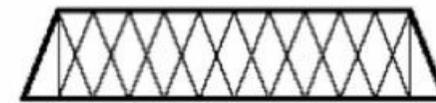
Warren (with Verticals)



Bowstring



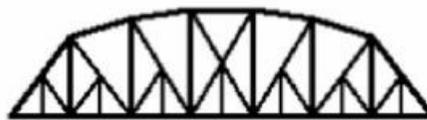
Baltimore



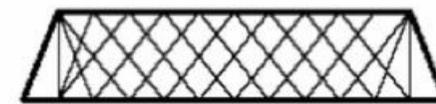
Double Intersection Warren



Waddell "A" Truss

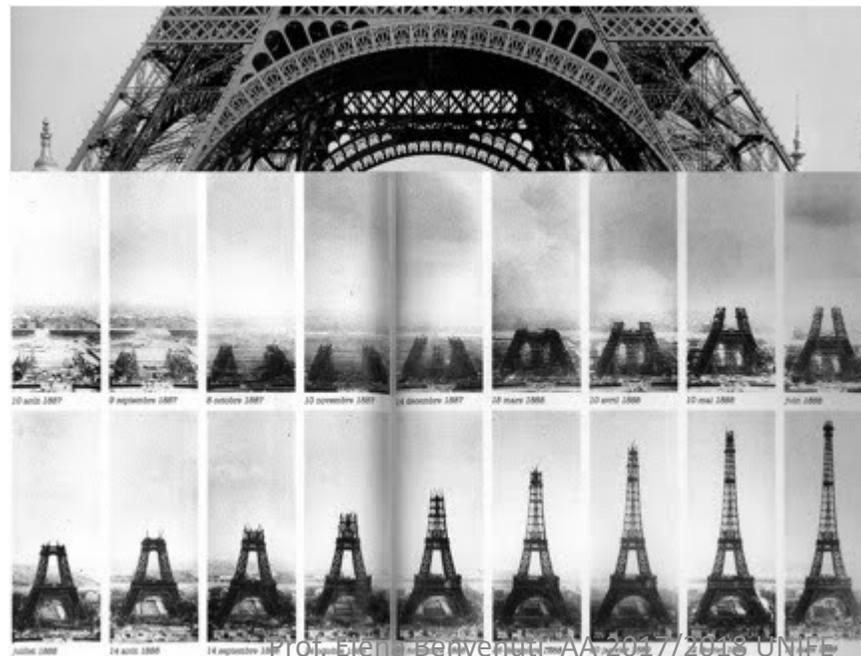
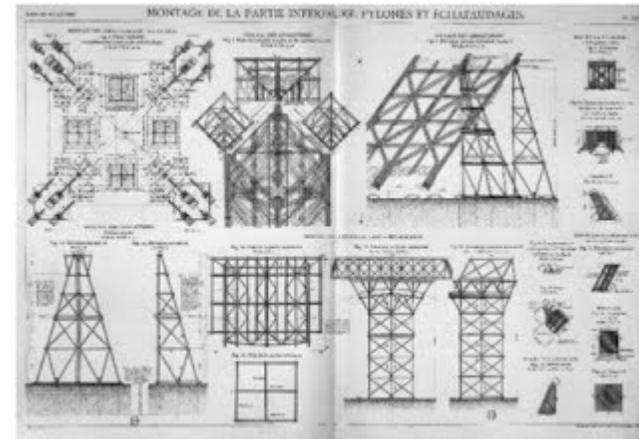
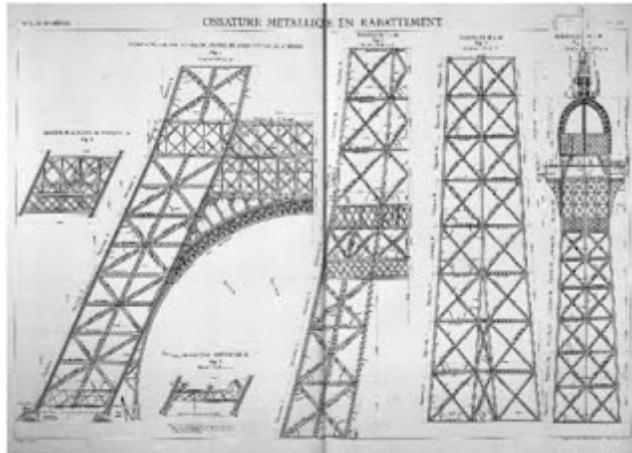


Pennsylvania



Lattice

RETICOLARI – LEGA FE-C

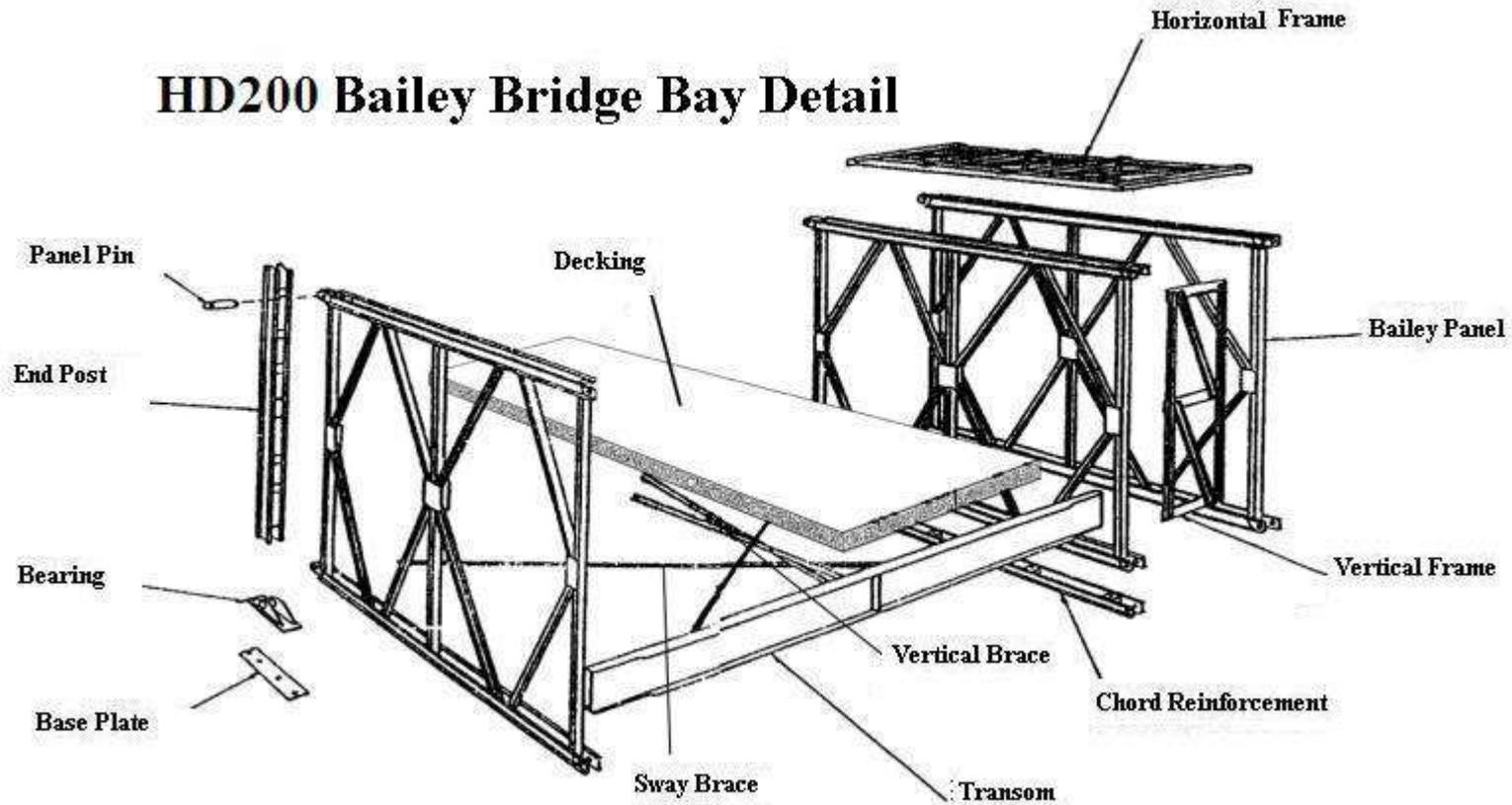


ESEMPIO: PONTE BAILEY



PONTE BAILAY

HD200 Bailey Bridge Bay Detail



ESEMPI DI RETICOLARI IN ACCIAIO

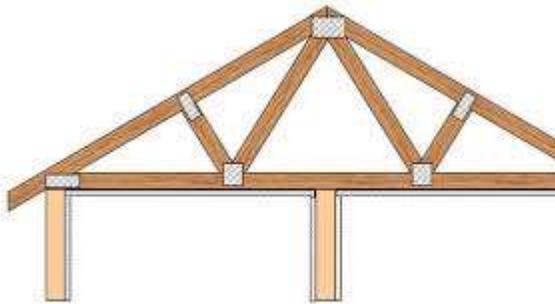


La passerella Expo – Cascina Merlata si inserisce in un contesto di importanti trasformazioni in occasione di Expo 2015 e rappresenta un elemento di congiunzione di due progetti: l'area espositiva e l'intervento di Cascina Merlata, poco più a Sud.

ESEMPI DI RETICOLARI IN ACCIAIO

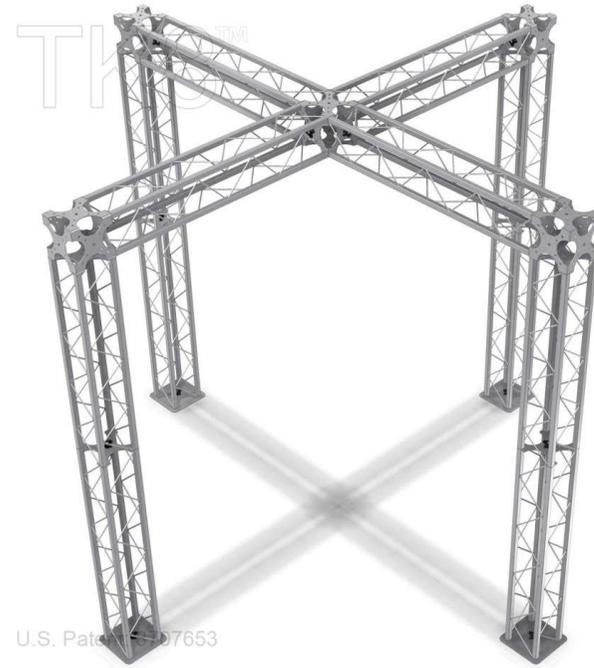


ESEMPI DI RETICOLARI IN LEGNO

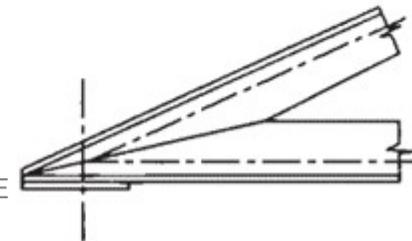
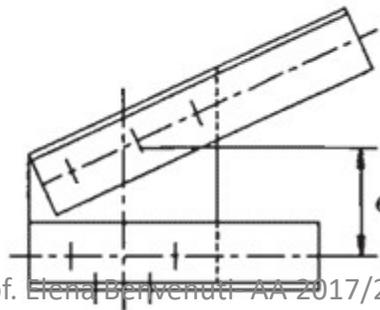
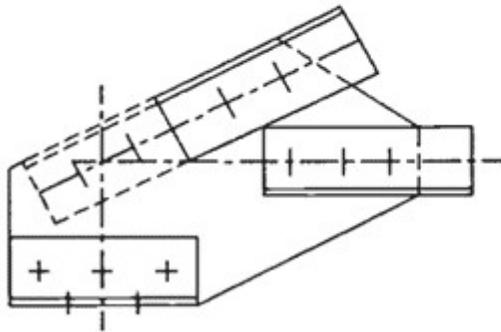
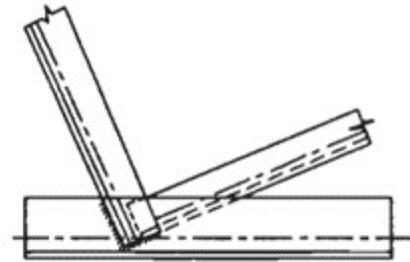
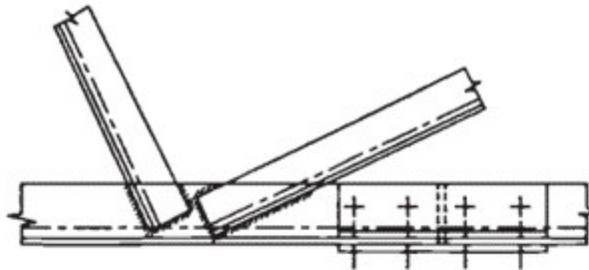
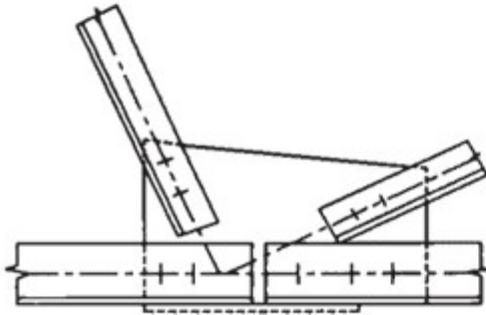
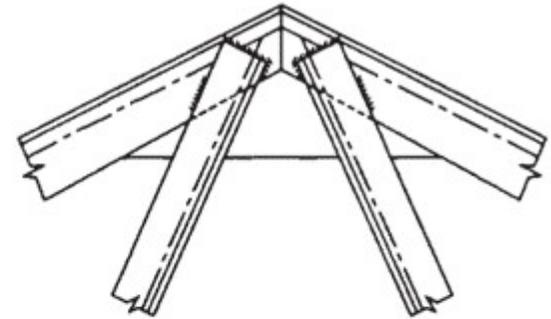
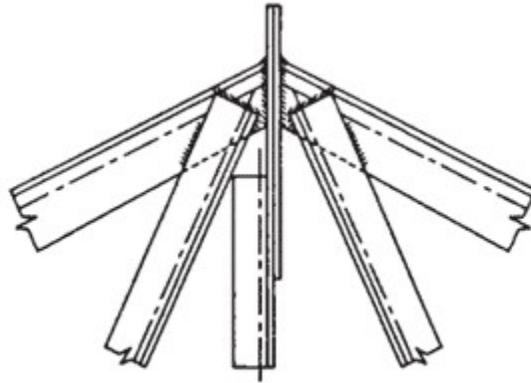
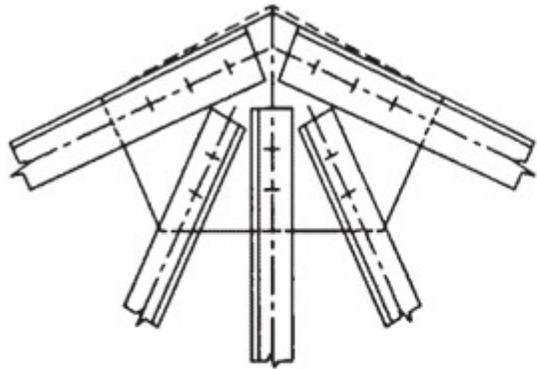


Il Padiglione del Cile per Expo Milano 2015, progettato dall'architetto Cristiàn Undurraga, ingegnerizzato da F&M Ingegneria e realizzato da Albertani Spa sorge sul lotto S34 all'interno dell'area Expo. Il piano terra è progettato per esser il luogo di accoglienza per i visitatori con un open-space con cucine, shop e servizi di vario genere.

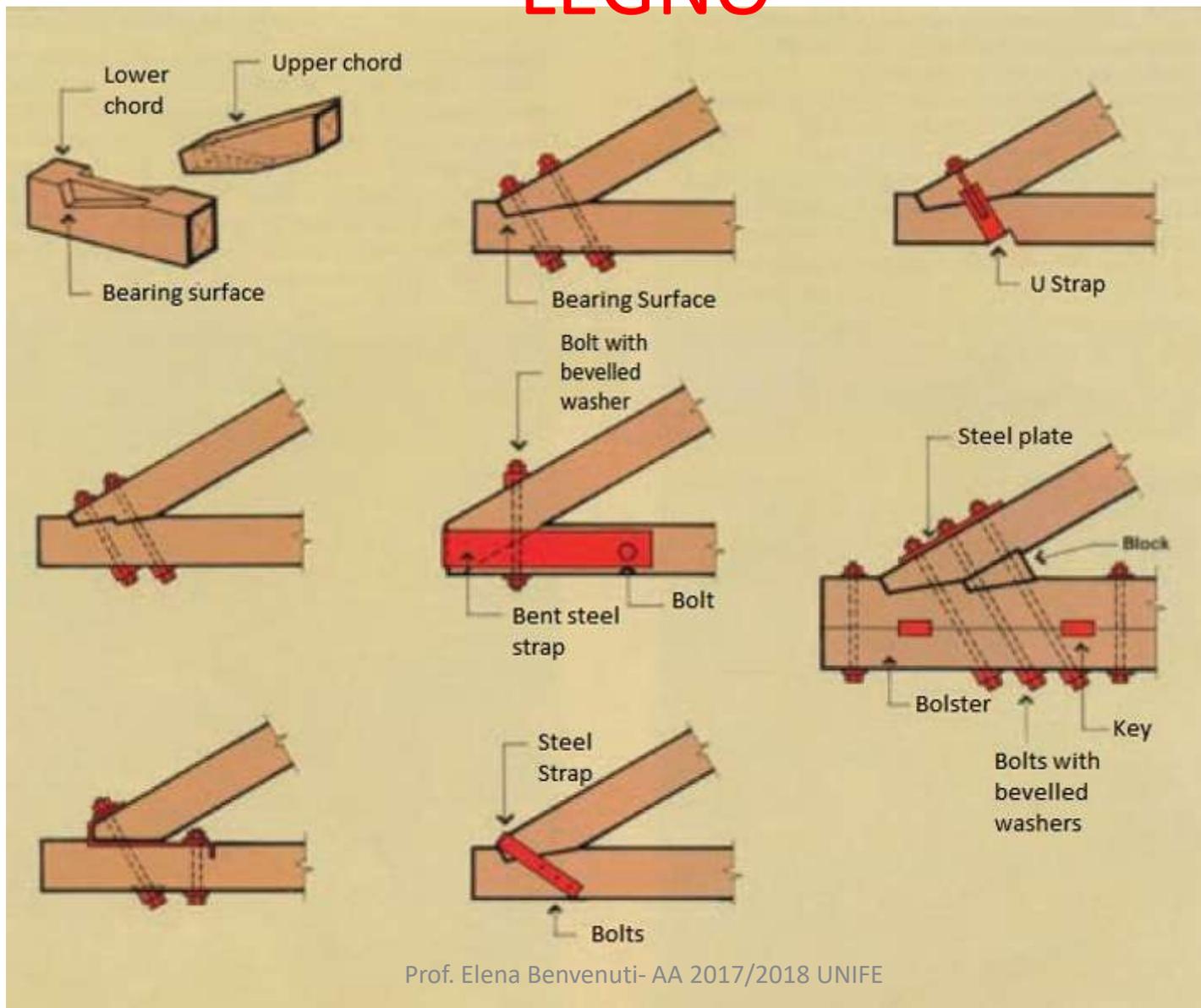
ESEMPI DI RETICOLARI IN ALLUMINIO



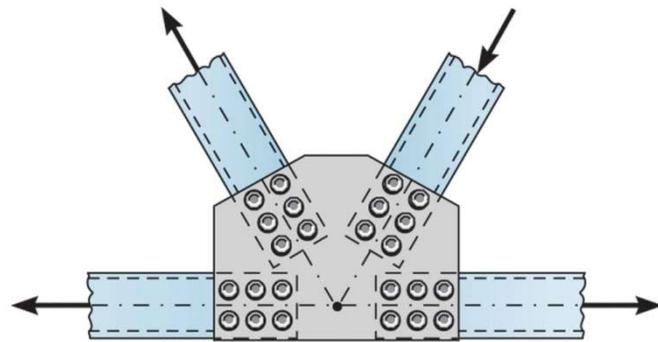
NODI



COLLEGAMENTI IN RETICOLARI IN LEGNO



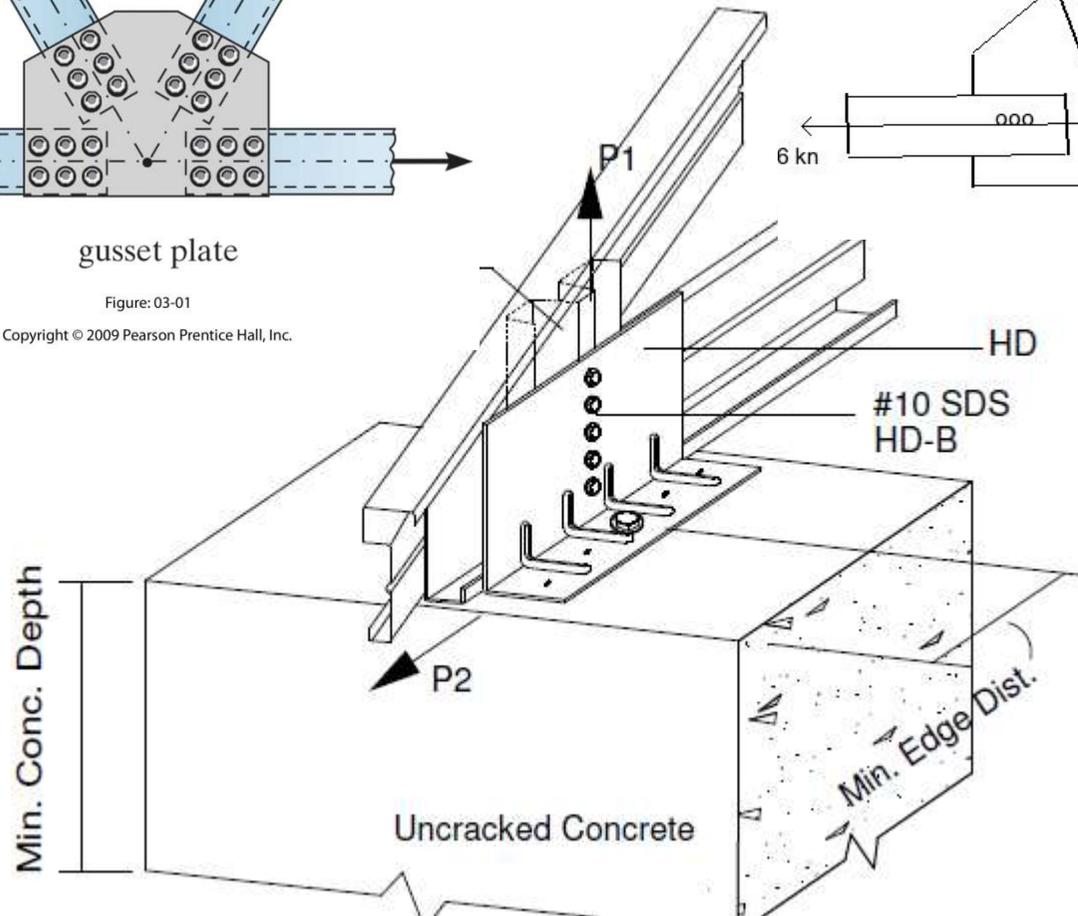
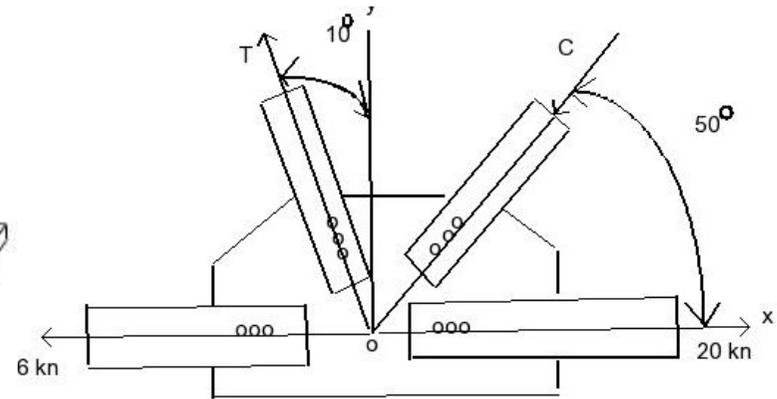
COLLEGAMENTI NODI ACCIAIO



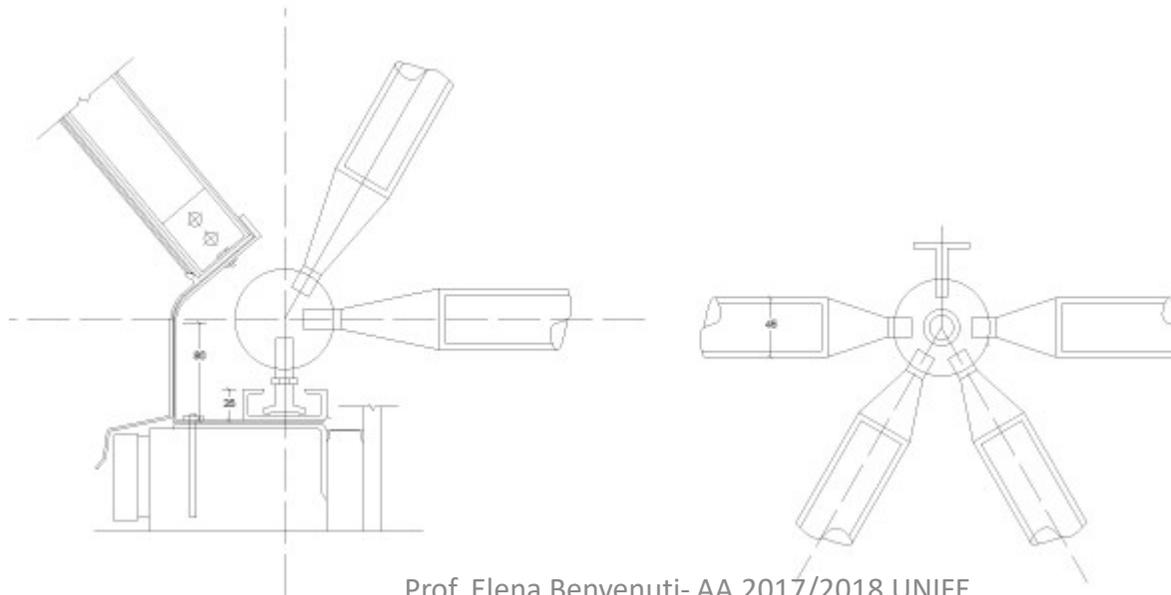
gusset plate

Figure: 03-01

Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

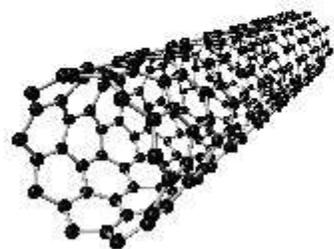


RETICOLARI NODI ALLUMINIO

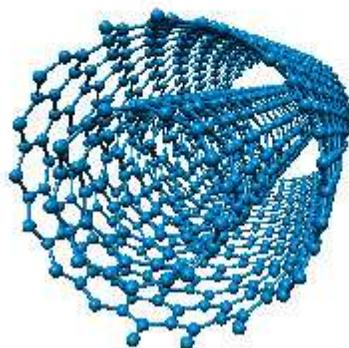


UNA RETICOLARE NANO.... IL CARBON NANOTUBE

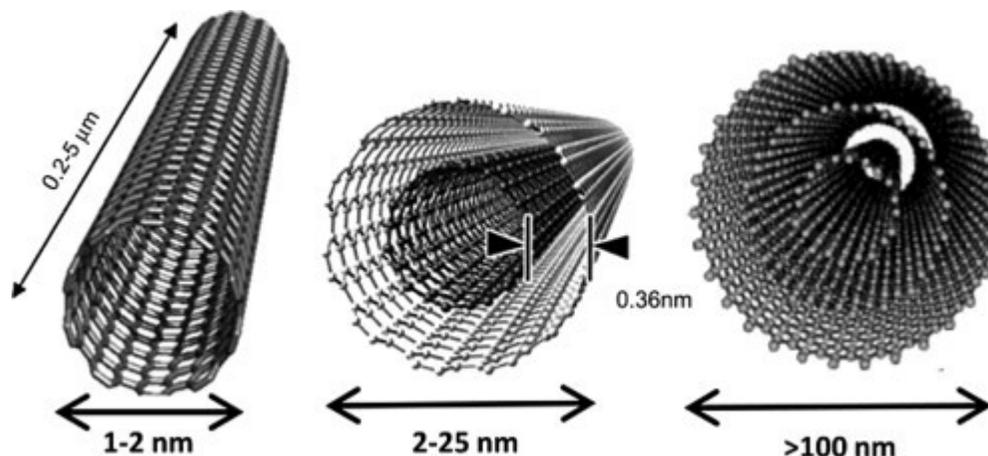
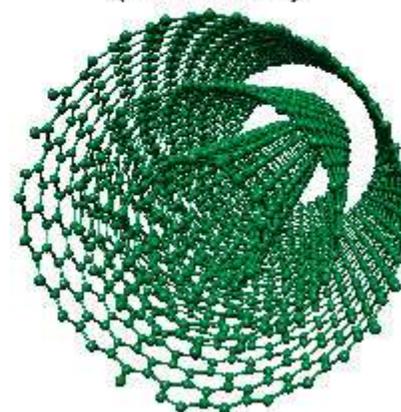
single-walled
carbon nanotube
(SWCNT)



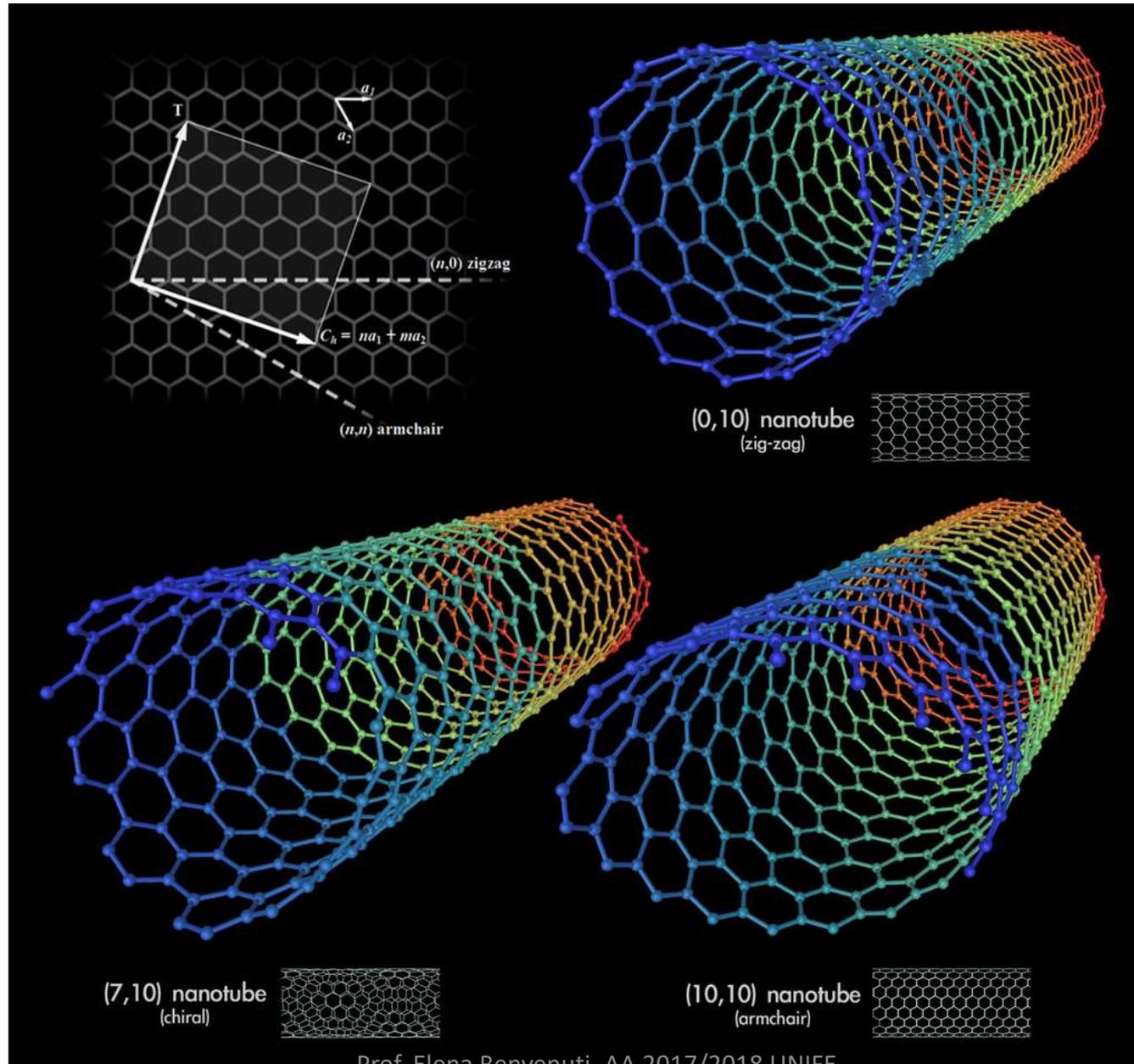
double-walled
carbon nanotube
(DWCNT)



triple-walled
carbon nanotube
(TWCNT)



CARBON NANOTUBES



CARBON NANOTUBES: RESISTENZA MECCANICA

Comparison of mechanical properties			
Material	<u>Young's modulus</u> (TPa)	<u>Tensile strength</u> (GPa)	Elongation at break (%)
SWNT ^E	≈1 (from 1 to 5)	13–53	16
Armchair SWNT ^T	0.94	126.2	23.1
Zigzag SWNT ^T	0.94	94.5	15.6–17.5
Chiral SWNT	0.92		
MWNT ^E	0.2–0.8–0.95	11–63–150	
<u>Stainless steel</u> ^E	0.186–0.214	0.38–1.55	15–50
<u>Kevlar</u>	0.06–0.18	3.6–3.8	≈2

^EExperimental observation; ^TTheoretical prediction

CARBON NANOTUBES: RESISTENZA MECCANICA

La resistenza meccanica di un CNT dipende da numerosi fattori, tra i quali la forza dei legami atomo-atomo del materiale e l'assenza di difetti strutturali nel reticolo

La presenza di difetti gioca un ruolo fondamentale nei processi di rottura per trazione, dato che per rompere un corpo completamente privo di difetti sarebbe necessario vincere nello stesso istante tutte le forze di coesione di tutta la superficie perpendicolare alla direzione di trazione

Nella realtà la presenza di difetti diminuisce enormemente la forza necessaria a rompere l'oggetto. Per portare a rottura un nanotubo privo di difetti occorre quindi spezzare tutti i legami ibridizzati carbonio-carbonio che lo compongono.

La tensione di rottura di un nanotubo a singola parete privo di difetti è quindi paragonabile al valore teorico corrispondente al legame carbonio-carbonio in un anello benzenico; questa caratteristica lo rende il materiale organico più resistente, in grado di rivaleggiare con materiali inorganici monocristallini (i cosiddetti *whiskers*)

Una fibra sintetica costituita da nanotubi di carbonio sarebbe quindi la più resistente mai realizzata. È stato calcolato che un nanotubo ideale avrebbe una resistenza alla trazione 100 volte più grande di quella di una barretta d'acciaio ma con un peso 6 volte minore.

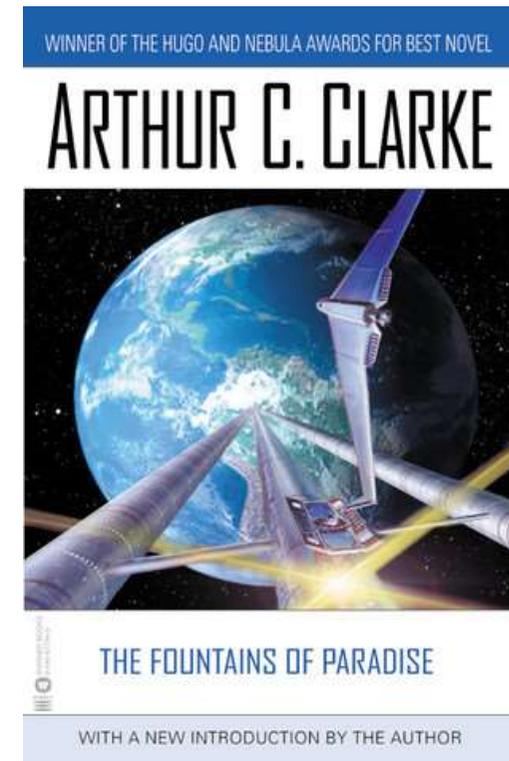
CARBON NANOTUBES: RESISTENZA MECCANICA

Se le proprietà di resistenza vengono rapportate alla densità del materiale (la cosiddetta resistenza specifica), allora possiamo affermare che il nanotubo è il miglior materiale che l'ingegneria abbia prodotto. Inoltre va ricordato che i nanotubi non sono solamente resistenti alla rottura per trazione, ma sono anche molto flessibili, e possono essere piegati ripetitivamente fino a circa 90° senza rompersi o danneggiarsi

L'estrema resistenza, unita alla loro flessibilità, li rende ideali per l'uso come fibre di rinforzo nei materiali compositi ad alte prestazioni, in sostituzione delle normali fibre di carbonio, del kevlar o delle fibre di vetro

Alcune applicazioni che per il momento potrebbero apparire fantascientifiche sono l'uso dei nanotubi per la costruzione di nanomacchine (addirittura di pinze per “afferrare” gli atomi), oppure la realizzazione di una fune chilometrica, la cui resistenza consentirebbe di costruire un ascensore per lo spazio (dall'idea di Arthur C. Clarke descritta nel romanzo *Le fontane del Paradiso*)

Prof. Elena Benvenuti- AA 2017/2018 UNIFE

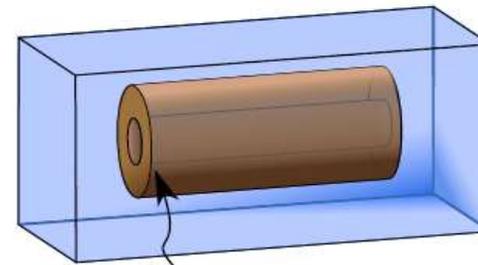
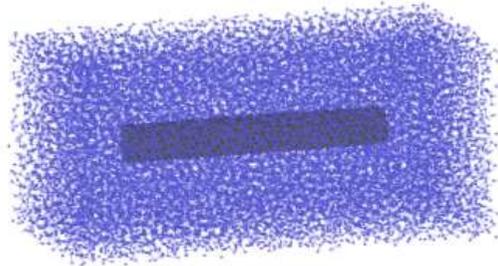


CARBON NANOTUBES: INNOVAZIONI

- L'azienda inglese Surrey NanoSystems ha prodotto un rivestimento formato da nanotubi di carbonio riconosciuto come il materiale più nero esistente. Esso riflette lo 0.035% della luce visibile assorbendone il resto.
- Alla Case Western Reserve University si sta lavorando alla creazione di nanotubi autoassemblanti.
- All'Università della California cercano di impiantare neuroni di topo (prelevati dall'ippocampo) su uno strato di nanotubi a parete multipla con lo scopo di sperimentare interfacce neuro-informatiche
- Al Massachusetts Institute of Technology stanno sviluppando batterie innovative basate su nanotubi.
- Un progetto (NaPhoD) nato dalla collaborazione di alcune università europee sta lavorando all'inserimento di molecole organiche fotoattive all'interno di nanotubi di carbonio.
- Il dipartimento di chimica e scienze ambientali del New Jersey Institute of Technology (USA) ha annunciato risultati che fanno intravedere la possibilità di creare celle fotovoltaiche molto economiche basate su nanotubi di carbonio (2007).
- I ricercatori di IBM hanno realizzato un transistor in nanotubi di carbonio delle dimensioni di 9 nanometri, dimostrando come sia possibile, pur scendendo al di sotto della barriera dei 10 nanometri, realizzare un dispositivo in grado di mostrare migliori proprietà di qualunque altro transistor di queste dimensioni, compresi quelli tradizionalmente costruiti in silicio.[4]

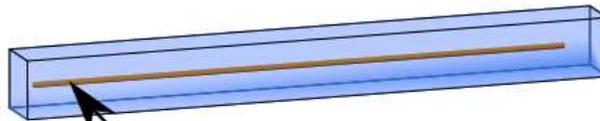
CARBON NANOTUBES: ANALISI MULTISCALE

At nanoscale: $l/d \simeq 10$

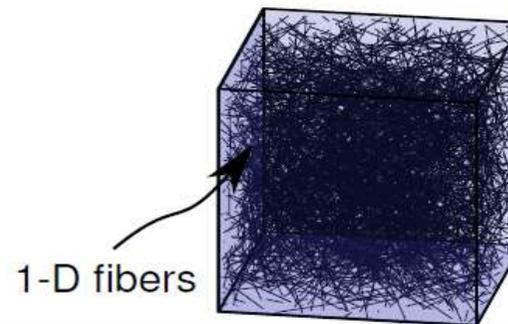


3-D equivalent fiber

At microscale: $l/d \simeq 1000$



3-D (\simeq 1-D) equivalent fiber



1-D fibers

M.Malagù, A.Lyulin, E.Benvenuti, A.Simone (2016), A Molecular-Dynamics Study of Size and Chirality Effects on Glass-Transition Temperature and Ordering in Carbon Nanotube-Polymer Composites. *Macromol. Theory Simul.*, 25: 571–581

Diameter-dependent elastic properties of carbon nanotube-polymer composites: Emergence of size effects from atomistic-scale simulations (2017) M Malagù, M Goudarzi, A Lyulin, E Benvenuti, A Simone, *Composites Part B: Engineering* 131, 260-281

Prof. Elena Benvenuti- AA 2017/2018 UNIFE