



Convegno Nazionale di  
Presentazione delle



**NUOVE NORME TECNICHE  
PER LE COSTRUZIONI 2018**



*Consiglio Superiore  
dei Lavori Pubblici*

 POLITECNICO DI MILANO

23-24 Febbraio 2018  
Teatro Augusteo  
Piazza G. Amendola  
Salerno

 ORDINE  
DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI SALERNO



## Interazione tra Normativa e concettualità progettuale nelle costruzioni di grande altezza

Prof. Franco Mola

*Professore Ordinario - Reinforced and Prestressed Concrete Structures*

*Dipartimento ABC - Politecnico di Milano*



- Nella concezione strutturale, specificatamente per edifici alti, il progettista è portato a risolvere problemi indotti da scelte formali, di natura prettamente architettonica, che possono condizionare fortemente la sua operatività
- Queste limitazioni alla concettualità progettuale sono generalmente condivise con le altre professionalità incaricate di particolari aspetti della progettazione tecnica, quali impiantisti, geotecnici, specialisti di elementi non strutturali, in special modo le facciate
- Le problematiche connesse alla progettazione architettonica ed ingegneristica di organismi strutturali complessi, quali gli edifici alti, hanno assunto negli ultimi anni aspetto sempre più frequente e pongono sfide sempre maggiori ai professionisti
- Tuttavia, la vastità, peculiarità e complessità intrinseca di tali problematiche, che per di più non hanno carattere di ripetitività, non possono trovare soluzione schematica entro semplici e canoniche soluzioni progettuali, tipiche dell'approccio normativo



# EDIFICI ALTI: EVOLUZIONE ARCHITETTONICA



**EMPIRE STATE BUILDING**



**CHRYSLER BUILDING**



**ROCKFELLER CENTER, NY**



**PUERTA DE EUROPA**

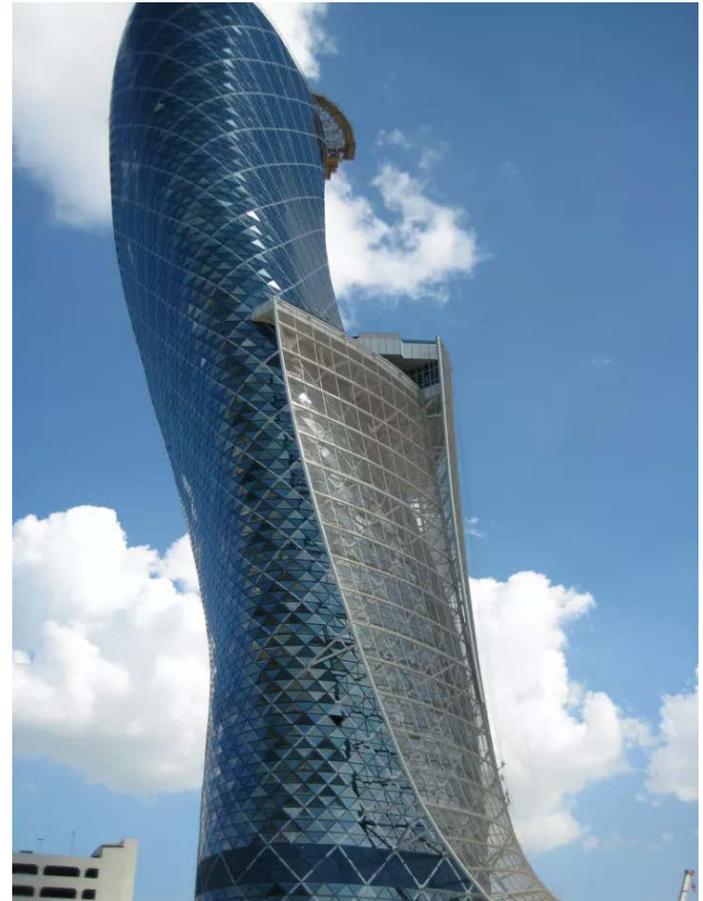
**TURNING TORSO  
TOWER**





**ABSOLUTE TOWERS,  
ONTARIO**

**CAPITAL GATE, ABU  
DHABI**





# EDIFICI ALTI: EVOLUZIONE ARCHITETTONICA



**BURJ KHALIFA**



**KINGDOM TOWER**



**LE SFIDE FUTURE...**



- Le Norme, nella loro forma generale, definiscono da un lato i livelli di sicurezza e di rischio accettati, dall'altro forniscono regole e modalità di verifica delle disequaglianze che sono alla base della misura della sicurezza
- Per quanto riguarda la misura della sicurezza, le Norme, informandosi alle modalità espresse in EN 1990, procedono adottando il metodo di Primo Livello, o Metodo Semiprobabilistico agli Stati Limite, rimandando per i Livelli 2 e 3, di maggiore raffinatezza, ai documenti di comprovata affidabilità di cui al Cap.12
- All'interno di questo metodo, nella definizione di tutte le azioni e di tutte le caratteristiche riguardanti la sicurezza e le prestazioni attese, nel documento normativo vengono introdotti fattori e modalità tipici del nostro Paese, decisore primo dei livelli di sicurezza assunti al suo interno
- Queste prerogative, indipendentemente dagli aspetti connessi alla concezione ed all'approccio progettuale, hanno valore intrinseco e rappresentano aspetto regolamentante ed inderogabile, al quale il Progettista deve uniformarsi



- Per quanto riguarda le modalità di verifica ed i modelli di calcolo da utilizzare, la Norma fornisce indicazioni per la misura della sicurezza relativamente a specifici stati limite di esercizio ed ultimi
- Per alcuni stati limite, la Norma prescrive in dettaglio le relazioni da utilizzarsi, mentre per altri demanda a documenti specifici il dettaglio delle modalità operative da seguire per le verifiche
- Per altri, meno usuali, stati limite, mancano invece i riferimenti operativi
- Questa circostanza non costituisce intrinseca limitazione della Norma, costituendo gli stati limite lista aperta, implementabile per trattare svariati problemi strutturali



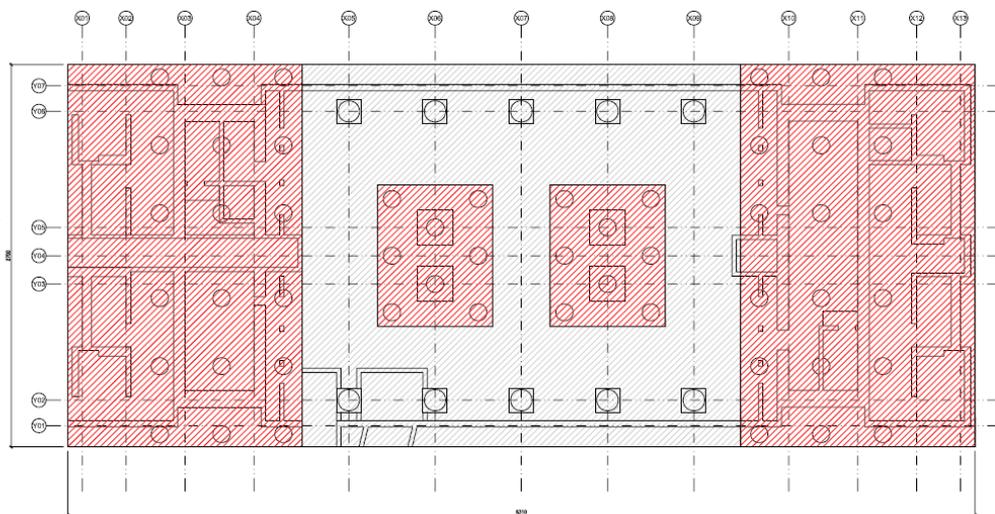
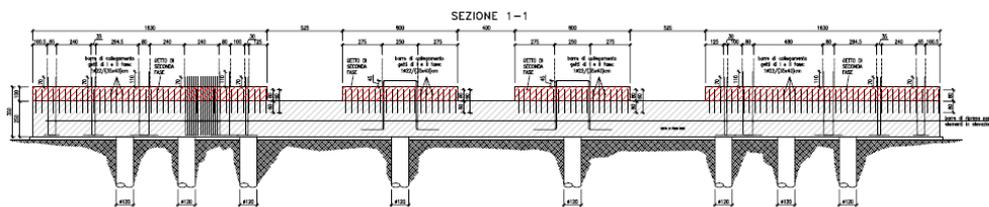
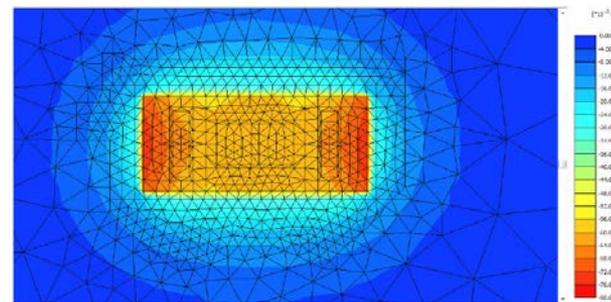
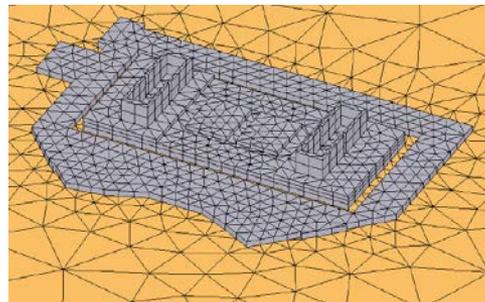
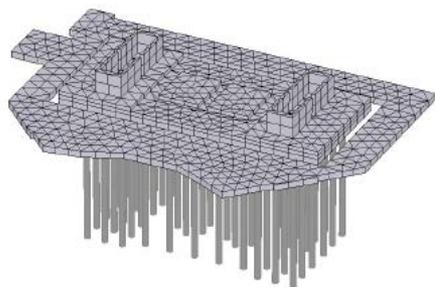
# NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI E APPROCCIO ALLA CONCETTUALITA' PROGETTUALE DI COSTRUZIONI DI GRANDE ALTEZZA

- Per le strutture di edifici alti, si evincono alcuni aspetti per i quali la Norma fissa i limiti di prestazionalità, lasciando al progettista piena libertà per quanto riguarda le modalità di analisi e verifica. Tra questi, si ricordano:
  - La misura della sicurezza delle fondazioni dirette con pali riduttori di cedimento
  - La possibilità di incorporare nell'analisi strutturale gli effetti dipendenti dal tempo, indotti dal ritiro del calcestruzzo
  - Le specifiche riguardanti gli effetti locali di punzonamento
  - Le modalità di verifica ed i livelli di accettabilità per lo stato limite di vibrazione
- Non si evincono indicazioni, anche a livello enunciativo, circa i problemi riguardanti:
  - Gli effetti delle modalità costruttive per fasi e le loro interazioni con le deformazioni di origine viscosa del calcestruzzo
  - La misura della sicurezza per stati piani di tensione di tipo membranale negli elementi taglio-resistenti in calcestruzzo armato
  - I problemi di origine termica nei getti massivi di calcestruzzo



# SOLUZIONI PROGETTUALI PER PROBLEMI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

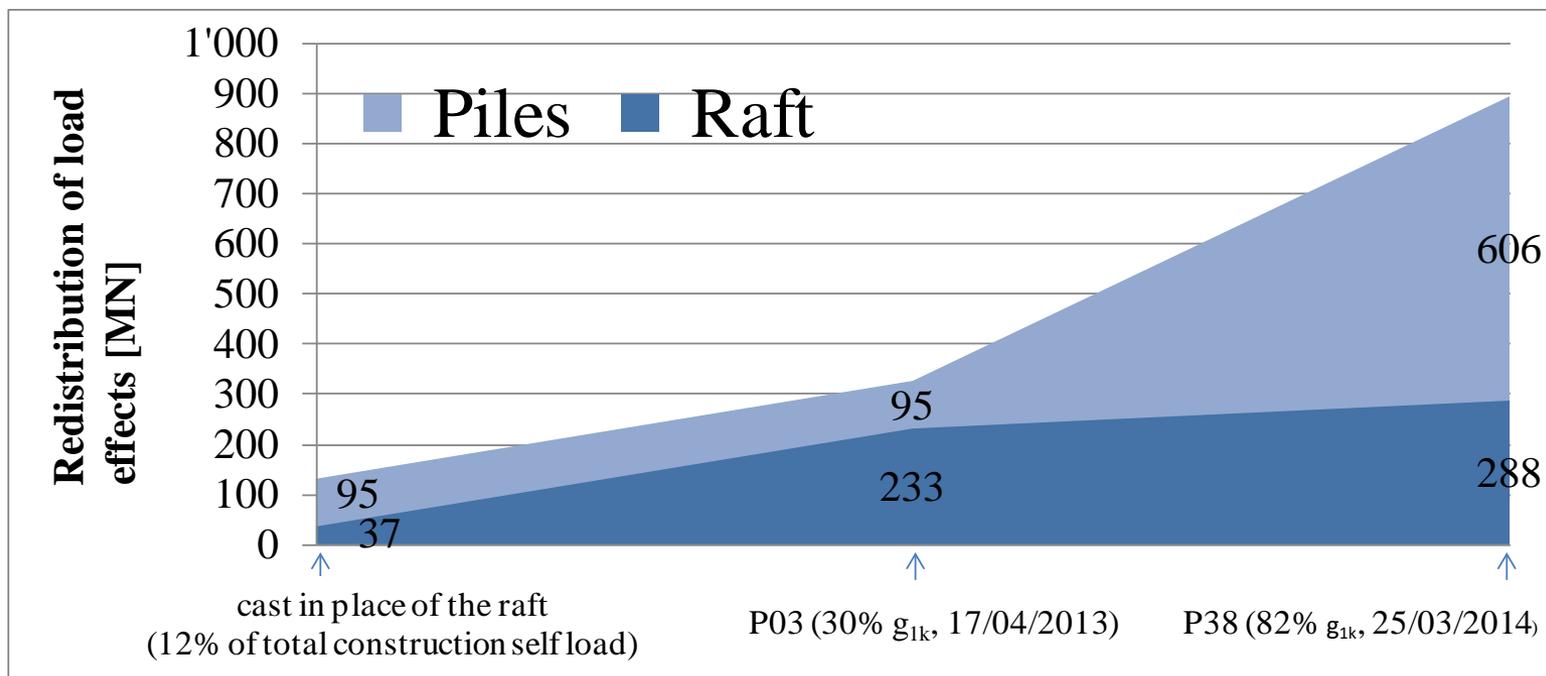
La misura della sicurezza delle fondazioni dirette con pali riduttori di cedimento: Torre Allianz, Milano





# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

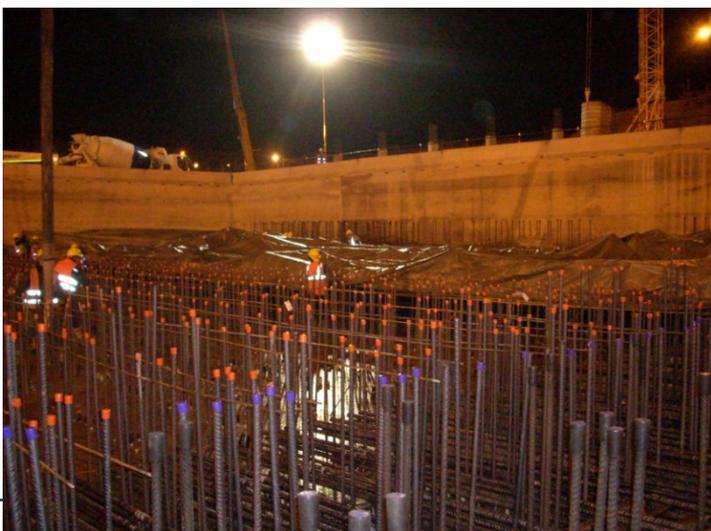
La misura della sicurezza delle fondazioni dirette con pali riduttori di cedimento: Torre Allianz, Milano





# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

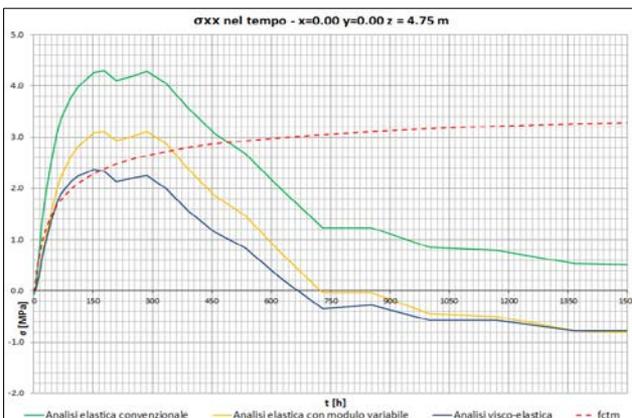
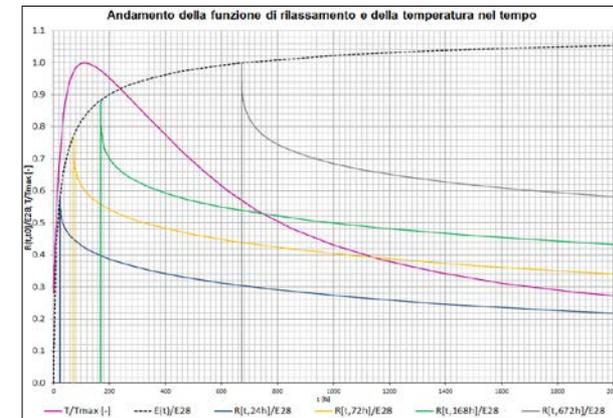
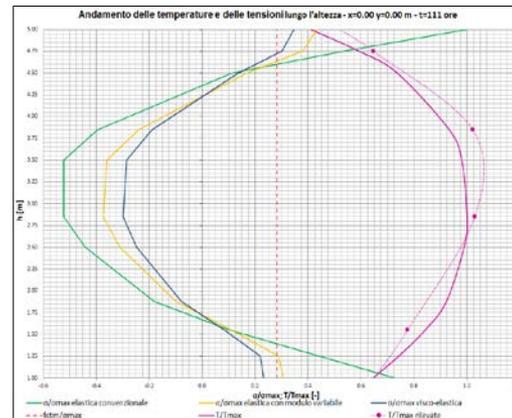
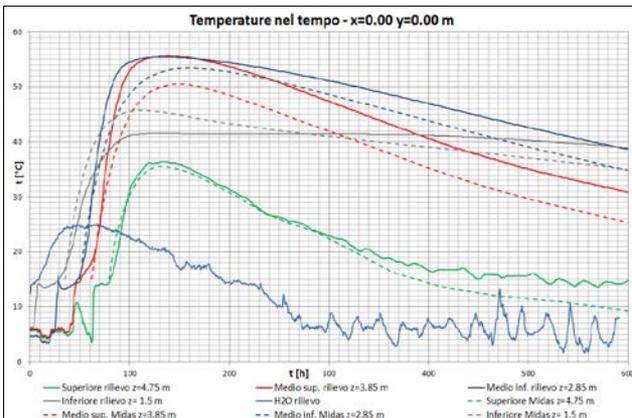
I problemi termici indotti dall'esecuzione di getti massivi: Torre Regione Piemonte, Torino





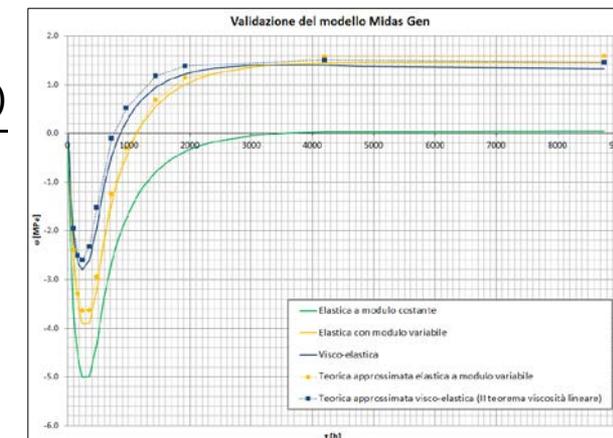
# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

I problemi termici indotti dall'esecuzione di getti massivi: Torre Regione Piemonte, Torino



$$\underline{\sigma}(x_i, t) = \int_0^t d\underline{\sigma}_e^0(x_i, t') \cdot \frac{R(t, t')}{E}$$

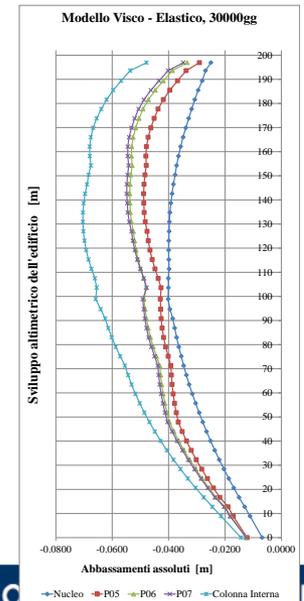
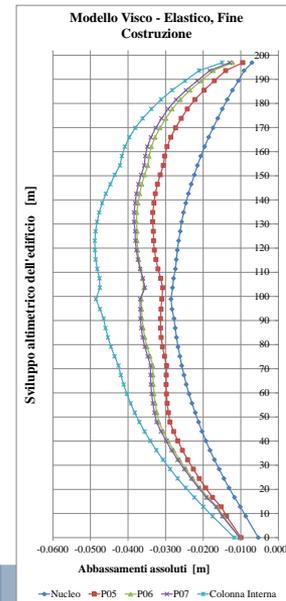
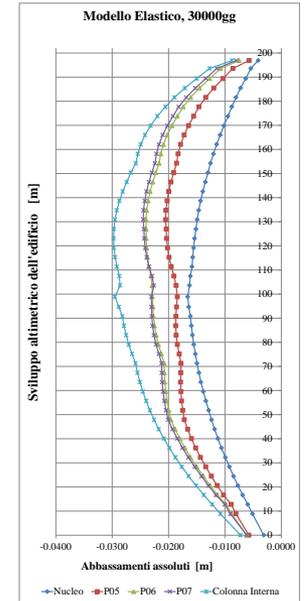
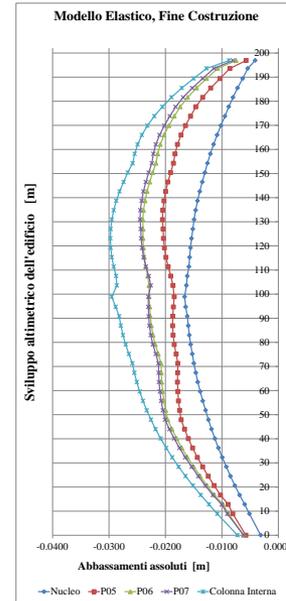
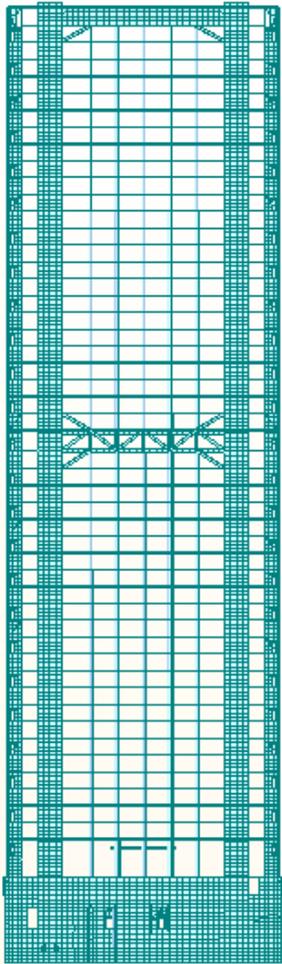
$$\int_0^t \frac{\partial R(\tau, t')}{\partial \tau} \cdot J(t, \tau) \cdot d\tau = 1$$





# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

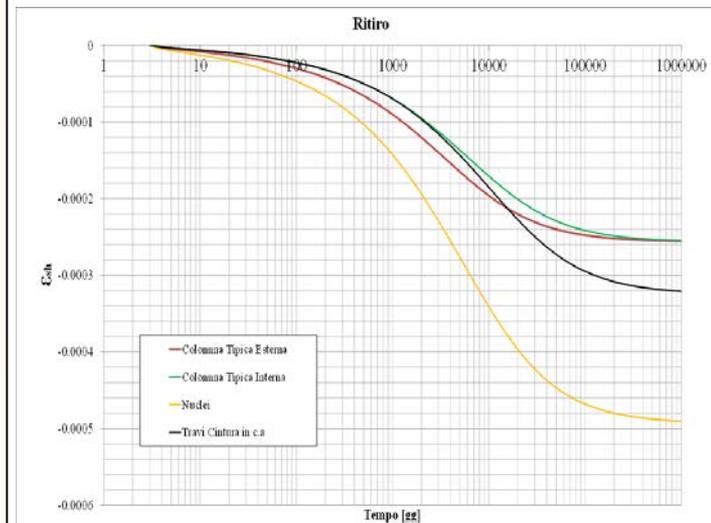
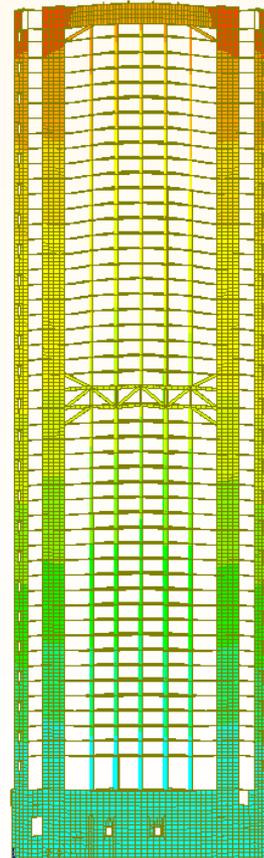
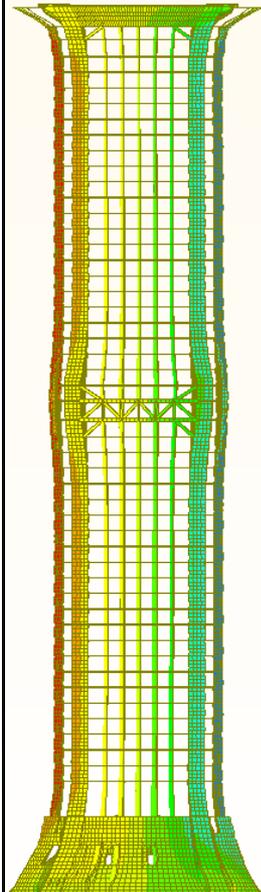
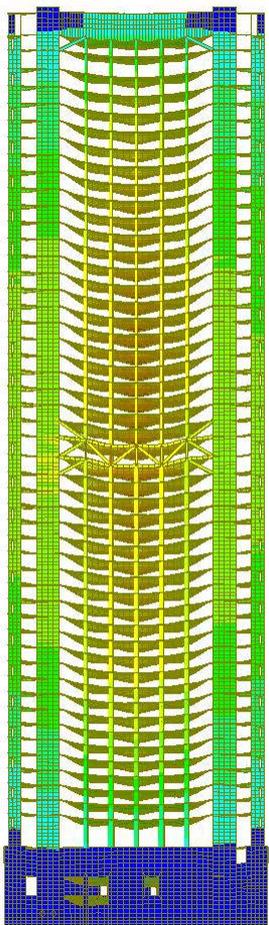
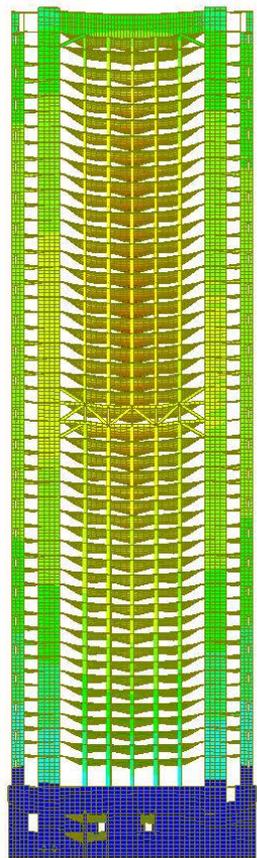
Le non-omogeneità di materiale e di risposta strutturale:  
Torre Allianz, Milano





# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

Gli effetti strutturali indotti dal ritiro: Torre Allianz, Milano



Modello Visco-Elastico: G+0.3Q  
Spostamenti verticali

Modello Elastico:  
G+0.3Q  
Spostamenti verticali

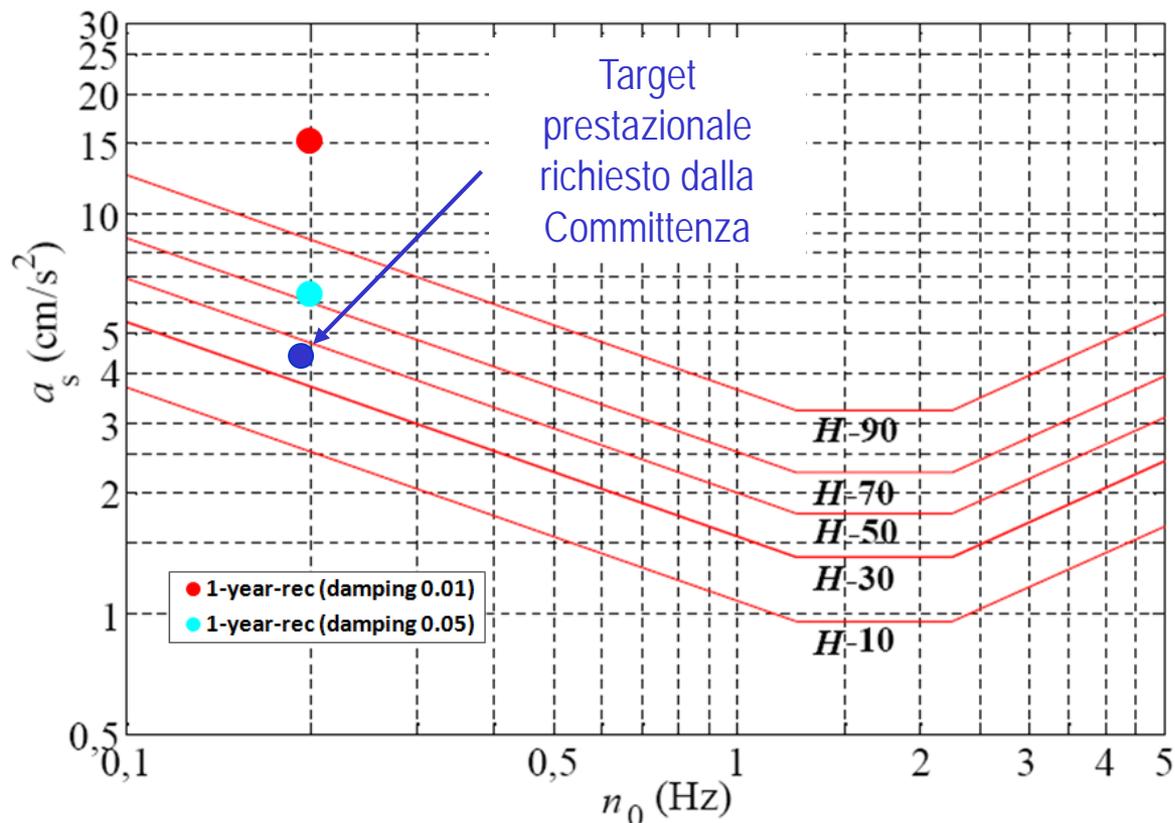
Modello Visco-Elastico:  
Ritiro,  
spostamenti orizzontali

Modello Visco-Elastico:  
Ritiro,  
spostamenti verticali



# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

Le modalità di verifica ed i livelli di accettabilità per lo stato limite di vibrazione: Torre Allianz, Milano



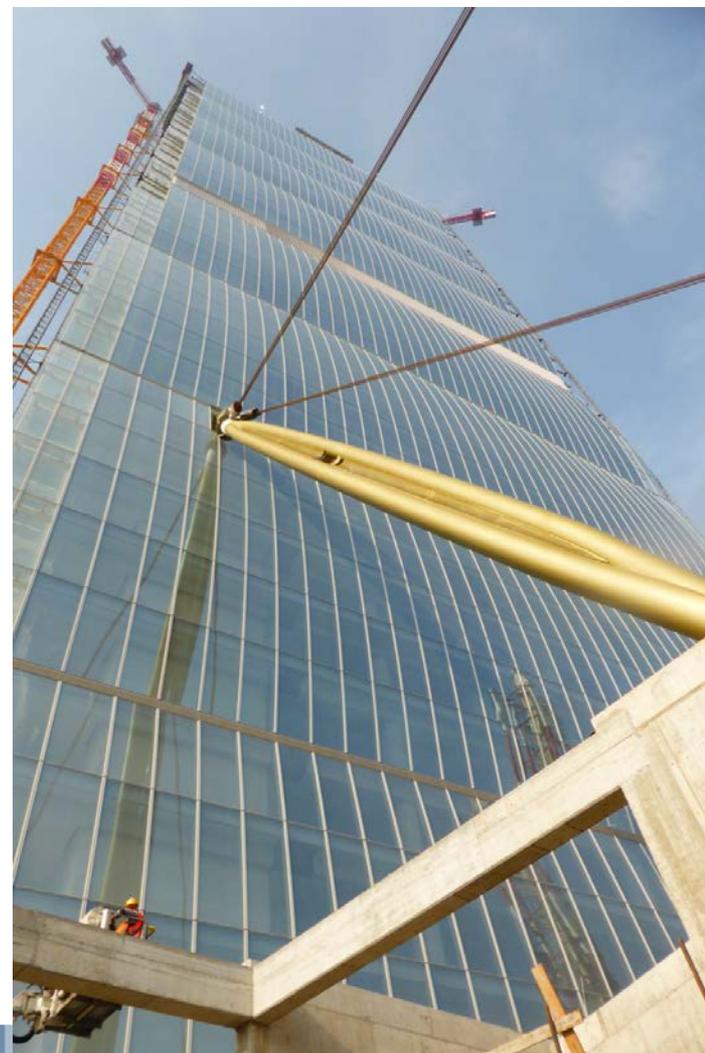
Alongwind acceleration response for wind blowing in y direction, estimated according to EC1 for Return Period equal to 1 year and structural damping equal to 1% and 5% (frequency of vibration equal to 0.198 Hz). Comparison with the perception thresholds of CNR dt 207 2008

An increase in damping from 1% (structural damping) to 5% (in presence of auxiliary damping devices) corresponds to a significant enhancement of the building performances related to occupants comfort



# SOLUZIONI PROGETTUALI PER ASPETTI NON COMPIUTAMENTE NORMALI: ALCUNI ESEMPI

I dettagli costruttivi e l'inserimento delle apparecchiature

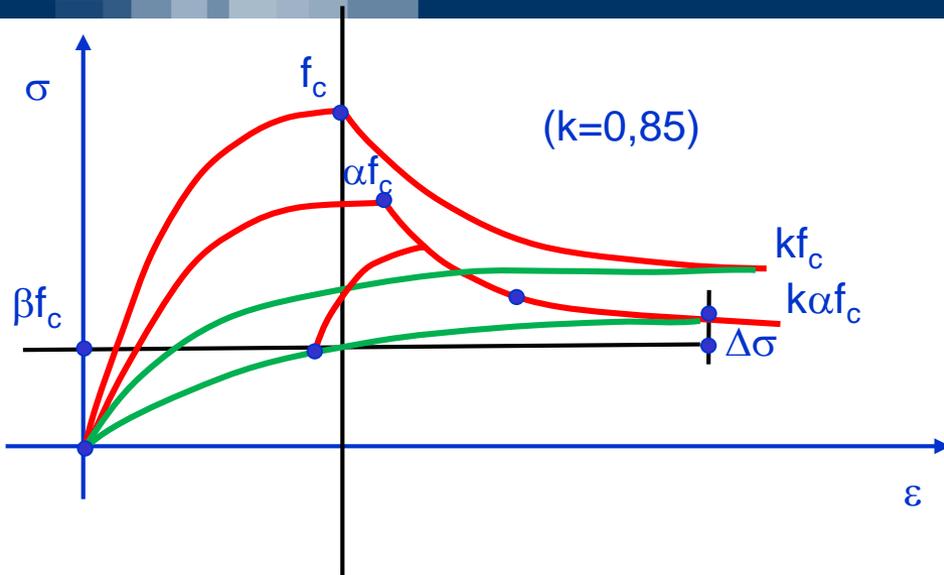




- Le NTC 2018 evidenziano una impronta 'sismo-dipendente', conseguenza delle caratteristiche del territorio sul quale operano
- Tali caratteristiche associate alla possibilità di eventi catastrofici per una significativa parte del tessuto urbano oggi presente nella Nazione, pongono il Cap.8 – Costruzioni Esistenti, quale fondamentale nell'impianto del documento normativo
- Riconosciuta la possibilità di migliorare, anche parzialmente, la risposta delle costruzioni all'evento sismico, valutata globalmente attraverso il fattore  $\xi_E$ , calibrato in modo da conseguire una generalizzata riduzione dei rischi all'interno di un affrontabile quadro economico, tale fattore assume carattere centrale, verso cui convergono le prescrizioni e le modalità operative contenute nella Norma
- Ma è proprio il carattere globale di  $\xi_E$  e la relativa determinazione quantitativa che permette al progettista, attraverso la sua sensibilità e profondità culturale, di esplorare situazioni e scelte che permettano di riguardare  $\xi_E$  non quale mero indicatore di stato accettabile, bensì di estenderne, a parità di valore, il carattere di garante di un comportamento strutturale affidabile e robusto



# QUALCHE CONSIDERAZIONE SUL FATTORE $\xi_E$ ED IL SUO CONSEGUIMENTO



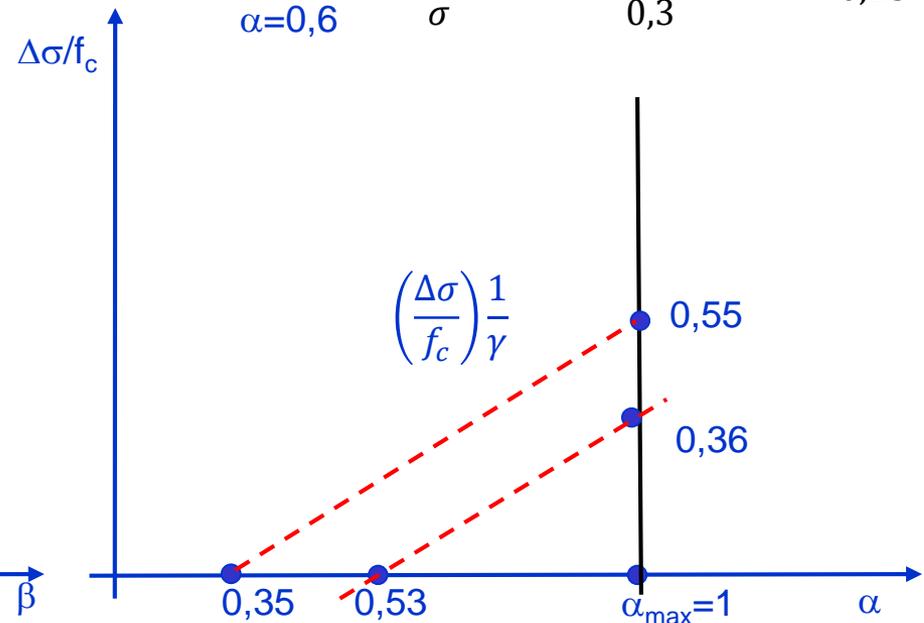
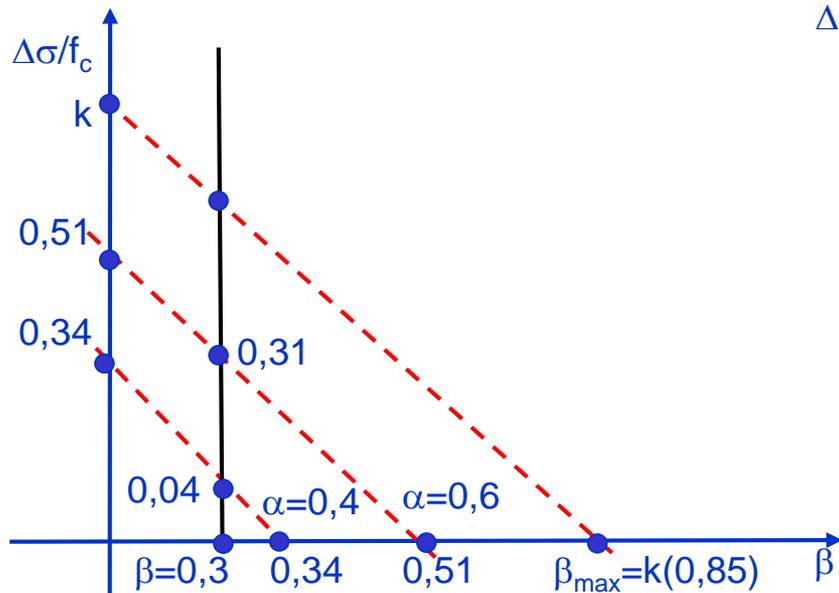
$$\sigma = \beta f_c$$

$$\Delta \sigma = f_c (k\alpha - \beta)$$

$$\beta = 0,3$$

$$\alpha = 0,6$$

$$\frac{\Delta \sigma}{\sigma} = \frac{\left(\frac{0,85 \cdot 0,6}{1,5} - 0,3\right)}{0,3} = 0,13$$





# QUALCHE CONSIDERAZIONE CONCLUSIVA SUL FATTORE $\zeta_E$ ED IL SUO CONSEGUIMENTO

EDIFICIO ILLUSORIAMENTE MIGLIORATO

1

$$\zeta_E - \Delta\zeta_E$$

EDIFICIO NORMATIVAMENTE MIGLIORATO

2

$$\zeta_E$$

$\zeta_E =$  EDIFICIO MIGLIORATO

*Shangri-La*

EDIFICIO VIRTUOSAMENTE MIGLIORATO

3

$$\zeta_E + \Delta\zeta_E$$



EDIFICIO DA MIGLIORARE

*L'intervento 3., se ben calibrato, da meditato approccio concettuale, puo' ottenersi con le stesse risorse degli interventi 1. e 2.*