



Considerazioni sulla risposta delle strutture nel terremoto del centro Italia

24 gennaio 2017



Prof. Ing. Andrea Prota

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura (DiST)

Email: aprota@unina.it



REte dei Laboratori **U**niversitari di Ingegneria **S**ismica

1. TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

2. TERREMOTO 30 OTTOBRE 2016 - Mw6.5

3. TERREMOTO 18 GENNAIO 2017 –

Mw 5.1 ore 10.25;

Mw 5.5 ore 11.14;

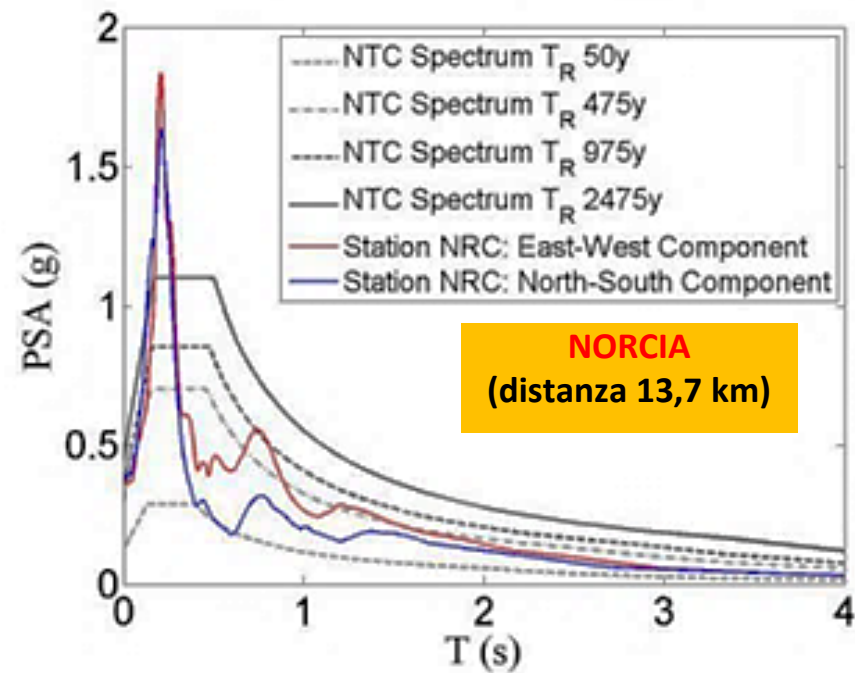
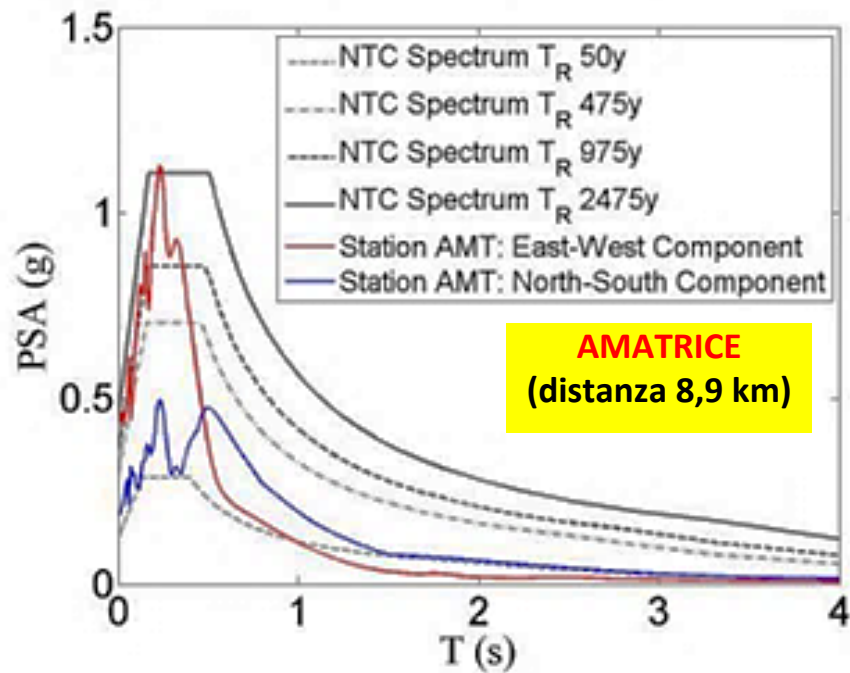
Mw 5.4 ore 11.25;

Mw 5.0 ore 14.33.



Distanza Amatrice-Norcia in linea retta è 25.5 km; Norcia-Camerino è

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0



Source: Preliminary study of Rieti Earthquake ground data V5, DIST, INGV, CNR/ITC, Reluis

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

PECULIARITA' DEL COMUNE DI AMATRICE



TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- **DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE**



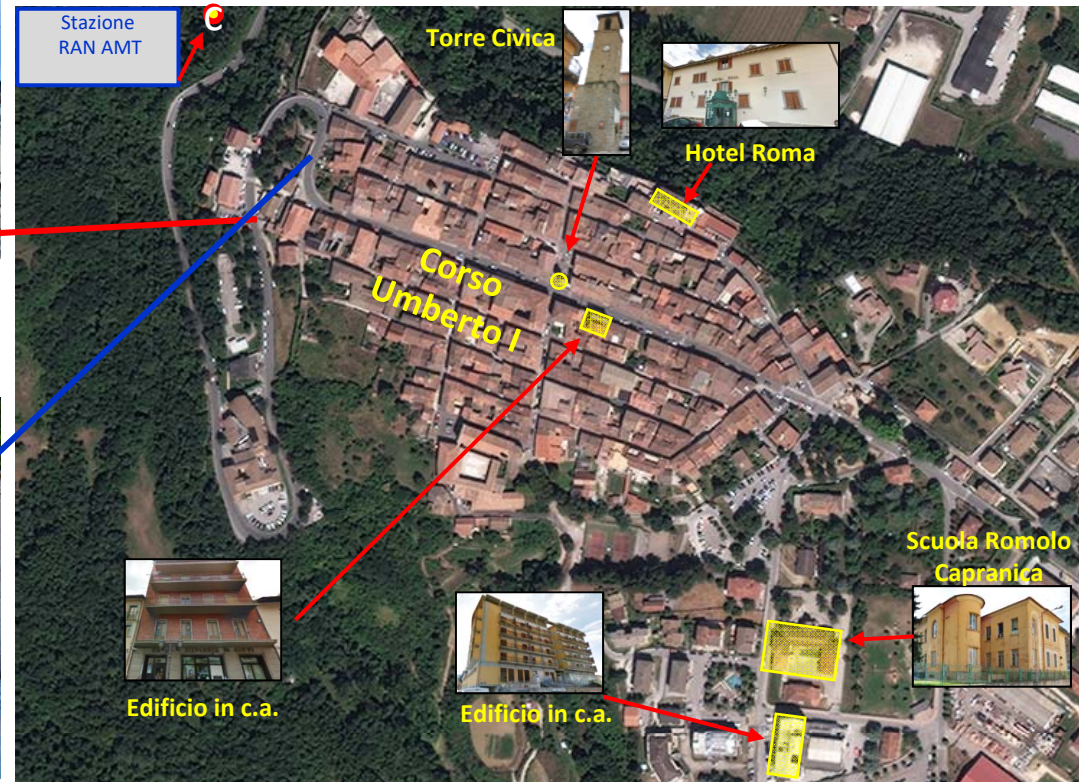
TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE**



Danni alla cinta muraria

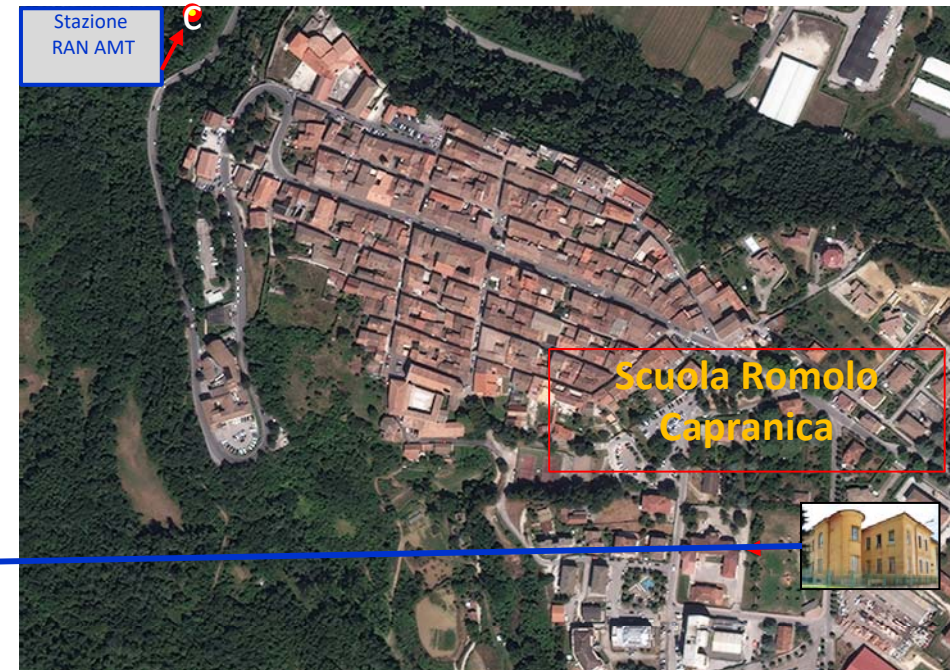
Danni alla strada



TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



• PRIMA

Amatrice (2016)

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- **DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE**

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



• **DOPO**

Amatrice (2016)

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- **DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE**

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA



• DOPO



Amatrice (2016)

TERREMOTO 24 AGOSTO 2016 - Mw6.0

- DANNI OSSERVATI NEL COMUNE DI AMATRICE

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA

- PRIMA DI *Amatrice (2016)*



PORZIONE EDIFICIO IN C.A.

- AFTER *Amatrice (2016)*



PORZIONE EDIFICIO IN MURATURA

TERREMOTO 30 AGOSTO 2016 - Mw6.5

SCUOLA ROMOLO CAPRANICA

• BEFORE



• AFTER

24/08/2016



• AFTER

25/10/2016



• AFTER

30/10/2016



TERREMOTO 30 AGOSTO 2016 - Mw6.5

L'investimento in sicurezza, dove è stato realizzato, ha dato un ottimo r

Alcune immagini da Amatrice



RAPPORTO FOTOGRAFICO RELATIVO AI DANNI SUBITI DA ALCUNI EDIFICI A SEGUITO DEL SISMA DEL CENTRO ITALIA DEL 2016

**C. Menna*, R. Frascadore*, C. Moroni, G.P. Lignola*, G. De Martino*, A.
Salzano*, M. Di Ludovico*, A. Prota*, G. Manfredi*, E. Cosenza***

**Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università di Napoli Federico II*

Alcune immagini da Amatrice



Edificio in muratura - Amatrice
Evidente fuori piombo e disgregazione della parete muraria.

Alcune immagini da Amatrice



Edificio in muratura (scuola Romolo Capranica) - Amatrice
Collasso delle pareti portanti e conseguente perdita di appoggio dei solai.



Edificio in muratura - Amatrice
Parete muraria e messa in luce della sezione trasversale della muratura (doppio parallelismo delle pareti scarsamente ammassate trasversalmente).

Alcune immagini da Amatrice



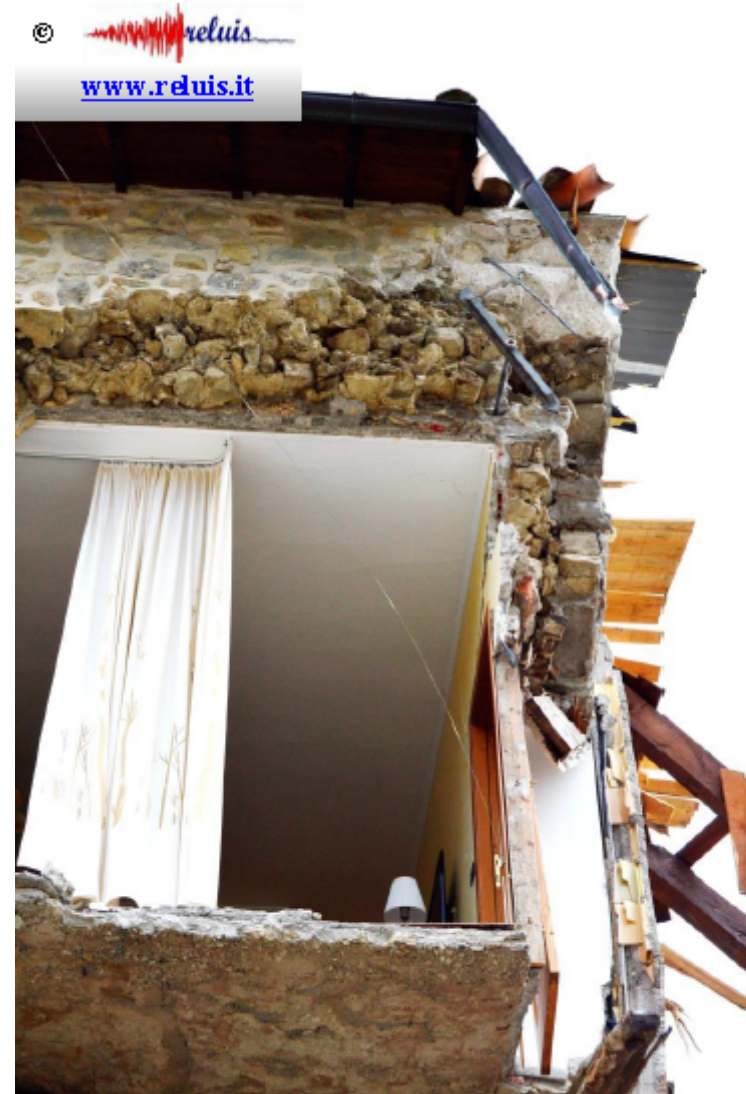
Edificio in muratura - Accumoli

collasso parziale della parete sommitale seppure in presenza di cordolo ammortato con barre metalliche

Alcune immagini da Amatrice



Edificio in muratura – Arquata del Tronto
si disgregazione del paramento esterno della muratura. Notare la presenza delle catene, probabilmente evitato i meccanismi fuori piano



Edificio in muratura – Arquata del Tronto
verimetrali seppure in presenza di catene (inefficaci per disgregazione del paramento).

Alcune immagini da Amatrice



a)



b)

Edificio in muratura – Arquata del Tronto

a) Lesioni in piano della parete muraria; b) particolare della porzione di muratura danneggiata

Alcune immagini da Amatrice



REPORT FOTOGRAFICO RELATIVO AD ALCUNI EDIFICI DELLE FRAZIONI DI AMATRICE
SITUATI LUNGO LA SP20

C. Del Vecchio*, **A. Prota***, **F. Da Porto****, **C. Modena****

**Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura
Università di Napoli Federico II*

***Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile, Ambientale, Università di Padova*

Alcune immagini da Amatrice



SP20-Cascello: Secondo gruppo di edifici adiacenti la SP20: presenza di catene sugli edifici 6, 7, 8, 10.

Alcune immagini da Amatrice



SP20-Cascello: Danneggiamento (Edificio 4); Lievi fessure diagonali (Edificio 5).

Alcune immagini da Amatrice



Alcune immagini da Amatrice

La conoscenza dei materiali, dei dettagli e dell'organizzazione strutturale è indispensabile per fare prevenzione

Anche interventi concettualmente validi possono non bastare se ci sono carenze che non si conoscono

Alcune immagini da Amatrice



ANALISI DEL DANNEGGIAMENTO DI EDIFICI SITUATI NELLA ZONA SUD DEL COMUNE DI AMATRICE (RI): CONFRONTO PRE E POST SISMA DEL 24/08/2016 (Versione V2)

G. Santarsiero, L. Chiauzzi, A. Masi
*Università degli Studi della Basilicata – Scuola di Ingegneria
Consorzio Interuniversitario ReLUIS*

Alcune immagini da Amatrice

Edificio C1: cemento armato, 4 impalcati



Situazione pre sisma

Alcune immagini da Amatrice



Danneggiamento diffuso alle tamponature del I e II livello

Alcune immagini da Amatrice



Incipiente collasso del camino

Alcune immagini da Amatrice



Fodera di tamponatura completamente esterna alla maglia strutturale - Danno al nodo trave-pilastro

Alcune immagini da Amatrice

Edificio C5: cemento armato, 4 impalcati



Situazione pre sisma

Alcune immagini da Amatrice



Danno alle tamponature

Alcune immagini da Amatrice



Danno alle tamponature

Alcune immagini da Amatrice



Particolare del danno ad un nodo trave-pilastro

Alcune immagini da Amatrice

Edifici C2 e C2A : cemento armato, 4 impalcati



Alcune immagini da Amatrice



Collasso totale

Alcune immagini da Amatrice



Particolare del collasso di un nodo trave-pilastro del III impalcato

Alcune immagini da Amatrice

Non si può dire a priori se è più sicuro un edificio in muratura o un edificio in cemento armato

L'osservazione post-sisma conferma che il cemento armato di buona qualità, anche se non progettato con norme moderne, resiste bene al terremoto. Il grande problema è il danneggiamento che ha costi diretti ed indiretti molto rilevanti

Una struttura in cemento armato può essere molto vulnerabile se ha un calcestruzzo molto scadente o se ha peculiari difetti costruttivi, solo con un minimo di indagini ciò si può valutare

Integrazione Sismica-energetica

SPUNTI PER LA PREVENZIONE

Illica (frazione di Accumoli)



Integrazione Sismica-energetica

SPUNTI PER LA PREVENZIONE



www.reluis.it



Edificio in muratura – Illica (frazione di Accumoli)
Particolare del distacco di elemento non strutturale (cappotto termico).

Alcune immagini da Amatrice

Non si può più prescindere dall'integrazione tra sicurezza strutturale ed efficientamento energetico

- **Norcia e dintorni (Val Nerina) - Immagini prof. Antonio Borri**



una casetta di recente costruzione in blocchi poroton

- **Norcia e dintorni (Val Nerina) - Immagini prof. Antonio Borri**



In pendio

- **Norcia e dintorni (Val Nerina) - Immagini prof. Antonio Borri**



Cosa ha di particolare questa casetta ?

- **Norcia e dintorni (Val Nerina) - Immagini prof. Antonio Borri**



Si trova a poche centinaia di metri dall'epicentro del 30 ottobre 2016. E non si è minimamente danneggiata!



TESTO COORDINATO DEL DECRETO-LEGGE 17 ottobre 2016, n. 189

Testo del decreto-legge 17 ottobre 2016, n. 189 (in Gazzetta Ufficiale - Serie generale - n. 244 del 18 ottobre 2016), coordinato con la legge di conversione 15 dicembre 2016, n. 229 (in questa stessa Gazzetta Ufficiale - alla pag. 1), recante: "Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016". (16A08716) (GU Serie Generale n.294 del 17-12-2016)

b) riparare, ripristinare o ricostruire gli immobili ((«di interesse strategico», di cui al decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile della Presidenza)) del Consiglio dei ministri 21 ottobre 2003, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 252 del 29 ottobre 2003 e quelli ad uso scolastico danneggiati o distrutti dall'evento sismico. Per tali immobili, l'intervento deve conseguire l'adeguamento sismico ai sensi delle vigenti norme tecniche per le costruzioni;

c) riparare, o ripristinare gli immobili soggetti alla tutela del codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, e successive modificazioni, danneggiati dall'evento sismico. Per tali immobili, l'intervento di miglioramento sismico deve conseguire il massimo livello di sicurezza compatibile con le concomitanti esigenze di tutela e conservazione dell'identita' culturale del bene stesso.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni

- **Revisione Novembre 2014**

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere estesi a tutte le parti della struttura potenzialmente interessate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo insieme.

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali, per le costruzioni di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,4

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento, per la verifica del sistema di isolamento, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$.

Edifici classe d'uso IV $\zeta_E \geq 0,4$

Isolamento $\zeta_E = 1$

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;
- c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione, valutati secondo la combinazione caratteristica per carichi gravitazionali di cui alla Equazione 2.5.2, superiori al 10%. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani.

Casi a) b) e d) $\zeta_E \geq 1$

Caso c) $\zeta_E \geq 0,8$

Le Norme Tecniche per le Costruzioni

- **Revisione Dicembre 2016 (dopo esame Conferenza Stato-Regioni)**

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

La valutazione della sicurezza e il progetto di intervento dovranno essere teresate da modifiche di comportamento, nonché alla struttura nel suo in

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere mino
beni culturali, per le costruzioni di classe IV il valore di ζ_E , a seguito de
non minore di 0,4

Nel caso di interventi che prevedano l'impiego di sistemi di isolamento,
almeno $\zeta_E = 1,0$.

Edifici classe d'uso III e IV $\zeta_E \geq 0,6$

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si i

- a) sopraelevare la costruzione;
- b) ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente sta;
- c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che com
zione, valutati secondo la combinazione caratteristica per caric
10%. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica
che se interessano porzioni limitate della costruzione;
- d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzion
ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli
sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravi-
tazionali complessivi riferiti ai singoli piani.

Casi a) b) e d) $\zeta_E \geq 1$

I CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI

esecutivi già affidati prima dell'entrata in vigore delle nuove norme, purché la
consegna dei lavori avvenga entro 5 anni da detta data.

Per i lavori privati possono essere applicate le NTC 2008 nel caso dei
lavori in corso e per quelle per le quali sia già stato depositato il progetto
esecutivo delle strutture.


Allo stato dei fatti, quindi, al completamento dell'iter legislativo, prima
dell'approvazione del relativo decreto ministeriale, manca solo la verifica di
compatibilità con la normativa europea.

È presumibile che le nuove norme siano pubblicate in gazzetta
ufficiale nel mese di marzo 2017, entrando in vigore 30 gg dopo la
pubblicazione.

Infine, il lavoro della specifica commissione nominata per la revisione
della Circolare esplicativa della nuova norma, in cui è presente anche il CNI,
sta per giungere a conclusione; il traguardo è quello di avere la
contemporaneità nell'uscita dei due testi (Norma, Circolare), come
raccomandato anche dalla Conferenza delle Regioni.

Cordiali saluti

IL CONSIGLIERE SEGRETARIO
(Ing. Angelo Valsecchi)



IL PRESIDENTE
(Ing. Armando Zambrano)



Caso c) $\zeta_E \geq 0,8$