

Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

INTRODUZIONE ALLE ANALISI NON LINEARI



CONFRONTO TRA LE NTC 2008 E LA BOZZA DELLE NUOVE NORME SISMICHE: EDIFICI ESISTENTI

NTC 2008...**NTC 2015(?)**

Ing. Gianluca Fagotti

Servizio Controllo Costruzioni e Protezione Civile - Provincia di Perugia



Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

INTRODUZIONE ALLE ANALISI NON LINEARI



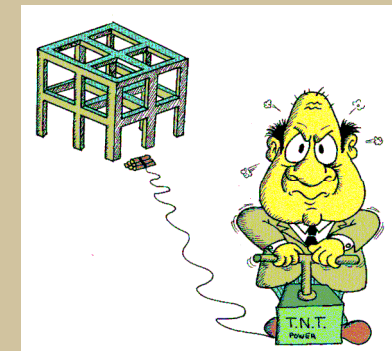
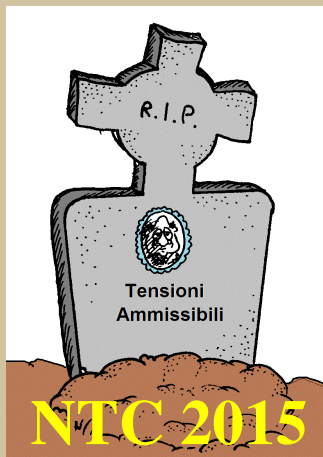
D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008

(NTC 2008)

+

Circolare 02 Febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP.

(a carattere esplicativo)





Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

INTRODUZIONE ALLE ANALISI NON LINEARI



Le **NTC 2008** (DM 14/01/2008)

rappresentano il “**Testo Unico**” per la **Progettazione Strutturale**

SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE (Cap. 2) *Stati Limite, Vita Nominale, Classi d’Uso, Vita di Riferimento*

AZIONI SULLE COSTRUZIONI (Cap. 2) *Classificazione delle Azioni G₁, G₂, Q..., Combinazione delle Azioni*

DEFINIZIONE DELLE AZIONI SULLE COSTRUZIONI (Cap.3) *Permanenti, Variabili, Sisma, Neve, Vento...*

COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI (Cap. 4) → *Materiali, Struttura, Analisi Strutturale, Verifiche*

PONTI (Cap. 5) → *Ponti Stradali e Ponti Ferroviari*

PROGETTAZIONE GEOTECNICA (Cap.6) *Indagini, Caratterizzazione Geotecnica, Fondazioni, Verifiche*

PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE (Cap.7) → *Metodi di Analisi, Ver. Sismiche, Dettagli*

COSTRUZIONI ESISTENTI (Cap.8) → *Valutazione della Sicurezza, Classificazione Interventi, Specifiche di Calcolo*

COLLAUDO STATICO (Cap.9) *Prescrizioni Generali, Prove di Carico*

REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO (Cap. 10)

MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE (Cap. 11) → **Par. 11.10.** *Prove, Resistenze Meccaniche*

RIFERIMENTI TECNICI (Cap. 12) → *Se mancano indicazioni sulle NTC, altri codici o linee guida non in contrasto*



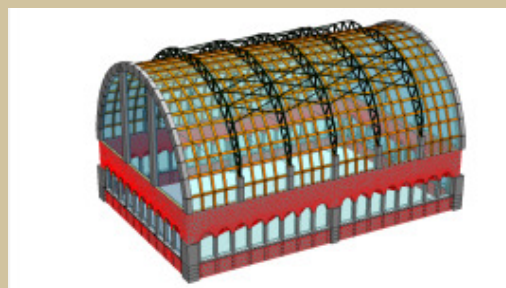
Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

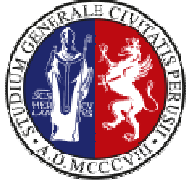
INTRODUZIONE ALLE ANALISI NON LINEARI



COSTRUZIONI ESISTENTI (Cap.8)

Valutazione della Sicurezza, Classificazione Interventi, Specifiche di Calcolo





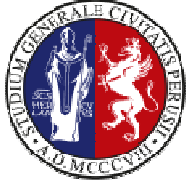
CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

- **Interventi di Adeguamento** atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle presenti norme;
- **Interventi di Miglioramento** atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;
- **Riparazioni o Interventi Locali** che interessino elementi isolati, e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico



CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

- a) **Sopraelevare la costruzione;**
- b) **Ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;**
- c) **Apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione 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 organismo edilizio diverso dal precedente.**

[...]

Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d).



CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1. (n.d.r. quelle dell'Adeguamento Sismico).

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



CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

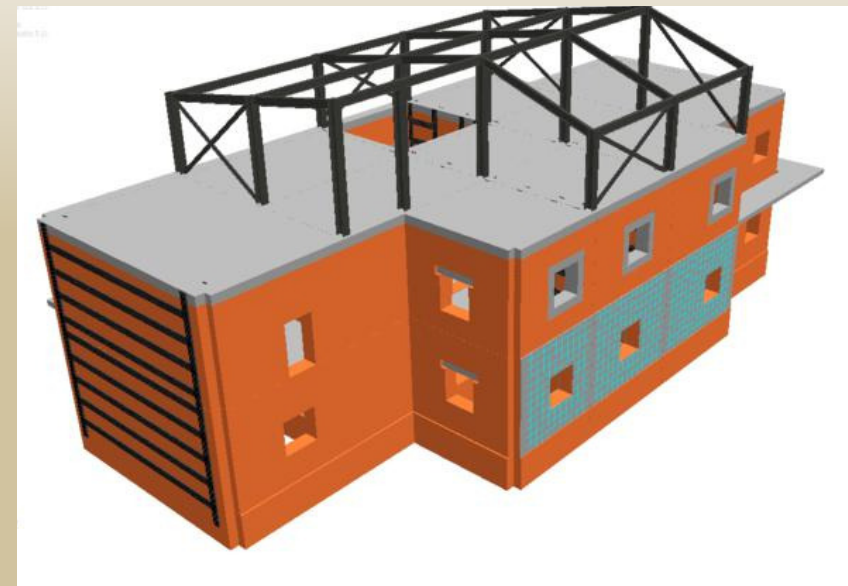
In generale, **gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione**. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, **non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti**.

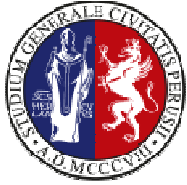


CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

a) Sopraelevare la costruzione;





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

b) Ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;



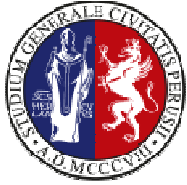


CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

c) Apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%;





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

d) Effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente;





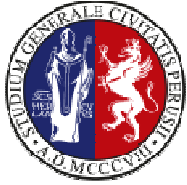
CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

~~8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO~~

[...]

Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d).





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1. (n.d.r. quelle dell'Adeguamento Sismico).





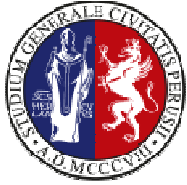
CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere la capacità di resistenza delle strutture esistenti alle azioni considerate.

È possibile eseguire interventi di miglioramento nei casi in cui non ricorrano le condizioni specificate al paragrafo 8.4.1. (n.d.r. quelle dell'Adeguamento Sismico).





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI

ESISTENTI (NTC 2008)

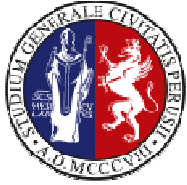
8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

In generale, **gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione.**

[...]

non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI

ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

In generale, gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione.

[...] non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti .





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2008)

8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

In generale, **gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione.**

[...] non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti .





CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2015)

8.4.3 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO (*l'intervento di adeguamento sarà il terzo dell'ordine della classificazione*)

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 organismo edilizio 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**;

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere almeno $\zeta_E = 1,0$. Nel caso c) si può assumere $\zeta_E = 0,80$.

[...]

Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali o a variazioni della copertura che non comportino incrementi di superficie abitabile, non è considerato ampliamento, ai sensi della condizione a). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni di cui agli altri precedenti punti.



CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2015)

8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

Rientrano negli interventi di miglioramento tutti gli interventi che siano comunque finalizzati ad accrescere il livello di sicurezza della costruzione.

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, mentre per le costruzioni di classe III e II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,1. Interventi mediante i quali si ottengono valori di ζ_E inferiori a tali minimi sono classificati come interventi di riparazione o locali di cui al § precedente.

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



CLASSIFICAZIONE INTERVENTI COSTRUZIONI ESISTENTI (NTC 2015)

8.4.1 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE *(l'intervento locale sarà il primo dell'ordine della classificazione)*

Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;**
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;**
- impedire meccanismi di collasso locale;**
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura;**

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

La relazione di cui al § 8.3 che, in questi casi, potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento e a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte e/o persistenti, ed indicare le eventuali conseguenti limitazioni all'uso della costruzione.

Nel caso di interventi di rafforzamento locale, volti a migliorare le caratteristiche meccaniche di elementi strutturali o a limitare la possibilità di meccanismi di collasso locale, è necessario valutare l'incremento del livello di sicurezza locale.



8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU; nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni), situazioni di funzionamento ed uso anomalo, deformazioni significative imposte da cedimenti del terreno di fondazione;
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.



VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA - Punto 8.3 NTC 2008

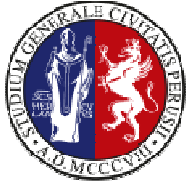
In questo documento, **OBBLIGATORIO** per gli Interventi sugli Edifici Esistenti, il Progettista dovrà riportare l'esito delle sue verifiche e **DICHIARARE** il **FUTURO DEL FABBRICATO**

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4, e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.

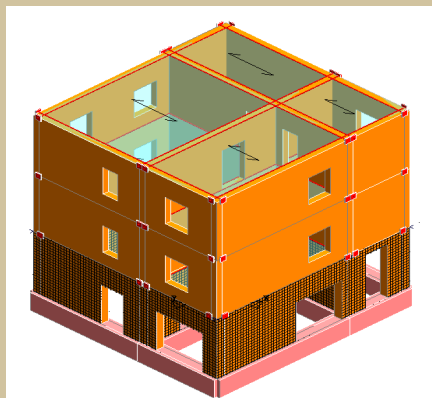
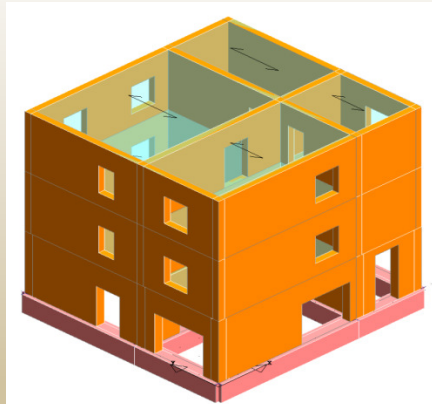
Il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.



VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA - Punto 8.3 NTC 2008

In questo documento, **OBBLIGATORIO** per gli Interventi sugli Edifici Esistenti, il Progettista dovrà riportare l'esito delle sue verifiche e **DICHIARARE** il **FUTURO DEL FABBRICATO**

(Esempio di valutazione per intervento di Miglioramento Sismico)



8.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguiti con riferimento ai soli SLU; nel caso in cui si effettui la verifica anche nei confronti degli SLE i relativi livelli di prestazione possono essere stabiliti dal Progettista di concerto con il Committente.

Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorra anche una delle seguenti situazioni:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni), situazioni di funzionamento ed uso anomalo, deformazioni significative imposte da cedimenti del terreno di fondazione;
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità.

Qualora le circostanze di cui ai punti precedenti riguardino porzioni limitate della costruzione, la valutazione della sicurezza potrà essere limitata agli elementi interessati e a quelli con essi interagenti, tenendo presente la loro funzione nel complesso strutturale.

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4, e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.

Il Progettista dovrà esplicitare, in un apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione.

Indicatore di Rischio Carichi Verticali

$IR_{Verticali_POST} = 1,3 > 1 > IR_{Verticali_ANTE} = 0,85$

Indicatore di Rischio Sismico Globale

$IR_{Glob_POST} = 0,673 > IR_{Glob_ANTE} = 0,513$

Indicatore di Rischio Sisma Ortogonale

$IR_{Orto_POST} = 1,32 > IR_{Orto_ANTE} = 0,210$

Indicatore di Rischio Sismico Meccanismi Locali

$IR_{Loc_POST} = 2,29 > IR_{Loc_ANTE} = 0,06$

Indicatore di Rischio Verifiche Geotecniche

$IR_{Fond_POST} = 1,446 > IR_{Fond_ANTE} = 0,826$

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

ESITO POSITIVO → LIVELLI DI SICUREZZA

sono tutti **AUMENTATI** tra l'ante ed il post operam



VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA **Punto 8.3 NTC 2015**

NOVITÀ IMPORTANTE

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al § 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti.

Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al § 7.3.6

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; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi sull'uso e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione sull'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'*i*-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto $\zeta_{v,i}$ tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione.



Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale

INTRODUZIONE ALLE ANALISI NON LINEARI



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!!