

# Combinazioni

## Guida alle combinazioni di carico

### Questa guida

Questa guida si riferisce alle metodologie di Combinazione delle Azioni (comunemente dette "dei carichi") comuni a tutti i post processori (con qualche variazione indicata) di EasyWorld della Softing srl e ne descrive le funzioni principali. Tutti i diritti su questo manuale sono di proprietà della Softing srl.

© 2004 - 2011 Softing srl. Tutti i diritti riservati.

Ultima revisione: 29 Gennaio 2011.

### Combinazioni di carico

Il progetto o la verifica delle membrature strutturali deve avvenire per tutte le combinazioni delle azioni (comunemente dette "di carico") necessarie che vengono effettuate impiegando le condizioni di carico base. Nel caso del metodo delle tensioni ammissibili devono essere considerate tutte le combinazioni possibili delle azioni accidentali con le azioni permanenti presenti in tutte le combinazioni tenendo presente che alcune condizioni eccezionali (vento, sisma) possono essere considerate non contemporaneamente presenti. Nel caso del metodo degli stati limite le combinazioni sono effettuate secondo criteri probabilistici che prevedono dei moltiplicatori per ogni condizione e per ogni tipo di combinazione. Per entrambi i metodi, il tipo delle condizioni di carico deve essere definito in modo da poter formare le combinazioni in modo corretto. Le combinazioni di carico vengono formate automaticamente prima del progetto o della verifica. L'operatore può però sia verificare subito a dialogo le combinazioni proposte dal programma sia modificarle e aggiungerne di proprie (vedere "[Controllo sulle combinazioni di progetto](#)"). Può anche definire un suo insieme di combinazioni. Vedere anche [Combinazioni con il metodo delle tensioni ammissibili](#) e [Combinazioni di progetto con il metodo degli stati limite](#).

### Combinazioni dei blocchi e di progetto

È utile specificare la differenza tra le Combinazioni di Progetto (di Esercizio o di Danno), qui descritte, che sono combinazioni "volatili" usate solo per il progetto delle armature o per le verifiche ed eseguite, se in automatico, secondo i requisiti di normativa, e le funzioni invece di combinazione dei blocchi (o stream) che generano dei NUOVI blocchi di risultati assolutamente paritetici con quelli generanti e come questi "permanenti" nel senso che (a meno di una cancellazione volontaria) restano archiviati sul documento al contrario delle Combinazioni di Progetto, qui descritte, che vengono invece generate solo all'atto del progetto. Per le combinazioni che generano nuovi stream di risultati, vedere il relativo capitolo nel manuale di Nòlian.

### Nòlian e le combinazioni di verifica

Questa sezione del manuale descrive le combinazioni di normativa dedicate a ottenere le combinazioni degli effetti delle azioni. Tali combinazioni, per nostra scelta progettuale del software, avvengono, con metodi automatici, esclusivamente nei post processori. Questo perché le combinazioni possono essere facilmente centinaia e quindi del tutto ingestibili se non per via automatica al momento che occorrono per il progetto e per la verifica.

In Nòlian si possono associare alla denominazione delle condizioni di carico i tipi di carico. In Nòlian tale associazione non viene direttamente impiegata, è solo una assegnazione che può risultare più agevole da farsi al momento che si definiscono nomi delle condizioni di carico. Nòlian però trasferisce questa tipizzazione agli stream di risultati e pertanto questa tipizzazione viene automaticamente trasferita ai post-processori che ne fanno uso per la combinazione automatica degli effetti delle azioni per il progetto o la verifica delle membrature strutturali. Questa sezione del manuale è presente anche

nella documentazione di Nòlian per completezza di informazione ma le funzionalità qui descritte sono riferite solo ai post processori di Nòlian.

In Nòlian, come più volte detto, è possibile fare delle combinazioni permanenti, cioè che generano nuovi stream di risultati del tutto autonomi e gestibili come gli stream di risultati che li hanno generati. Ma tale funzionalità ha altri scopi, ben diversi da quelli della formazione delle combinazioni degli effetti delle azioni ai fini di verifica o di progetto delle membrature strutturali.

## Tipi di carico

Per effettuare le combinazioni degli effetti delle azioni (normalmente e impropriamente dette “combinazioni dei carichi”) la natura della azione deve essere definita. A esempio, le combinazioni sono diverse per azioni variabili, sismiche o permanenti. Nel caso poi del metodo semi-probabilistico delle combinazioni previsto dal metodo degli stati limite, vi sono anche due parametri che vanno impiegati: il fattore di sicurezza parziale  $\gamma$  e il moltiplicatore probabilistico  $\psi$ . Tali due valori sono quindi associati alla natura del carico dal quale discende l'effetto che si desidera combinare.

Pertanto ogni “condizione di carico” dalla quale scaturiscono degli effetti è caratterizzata da una natura dell'azione (sismica, permanente, variabile etc.) e da moltiplicatori opportuni.

Per la assegnazione dei moltiplicatori per i "tipi di carico" si è impiegata una tabella di lunghezza indefinita, personalizzabile, la quale consente di generare e definire un “tipo di carico” con un nome mnemonico assegnato dall'utente e di associarvi tutte le alte informazioni necessarie per effettuare le combinazioni. Pertanto per l'uso di una condizione nelle combinazioni, sarà sufficiente associarvi il nome dato al tipo di carico già definito dall'operatore.

Al primo avvio del programma sono disponibili un certo numero di tipi basati sul DM 14 aprile 2008. Tali tipi possono essere ampliati o modificati. Possono anche essere ripristinati (cancellando tutti gli altri tipi eventualmente generati) tramite il bottone Factory del dialogo.

Nome	Tipo	Grav	SL	Gf	Gs	GSs	P0	P1	P2	P2S	Phi
Permanente	permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	1.00	1.30	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Permanente non strutt.	permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	0.00	1.50	1.00	nd	nd	nd	nd	nd
Sismico SLU	sismico	<input type="checkbox"/>	U	nd	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Sismico SLD	sismico	<input type="checkbox"/>	D	nd	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Torcente SLV	sismico correlato	<input type="checkbox"/>	U	nd	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Torcente SLD	sismico correlato	<input type="checkbox"/>	D	nd	1.00	0.00	nd	nd	nd	nd	nd
Cat. A: Residenziale	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. B: Uffici	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. C: Affollamento	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. D: Commerciale	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. E: Magazzini	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	1.00	0.90	0.80	0.80	1.00
Cat. F: Rimesse (<30kN)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.70	0.60	0.60	1.00
Cat. G: Rimesse (>30kN)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.50	0.30	0.30	1.00
Cat. H: Copertura	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.00
Neve (q<1000)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.50	0.20	0.00	0.00	1.00
Neve (q>1000)	variabile	<input checked="" type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	1.00	0.70	0.50	0.20	0.00	1.00
Vento	variabile non contemporaneo	<input type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	0.00	0.60	0.20	0.00	0.00	1.00
Temperatura	variabile non contemporaneo	<input type="checkbox"/>	nd	nd	1.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	1.00

Gs: gamma sfavorevole    P0: psi zero    P2S: psi due sismico  
 Gf: gamma favorevole    P1: psi uno    Phi: coeff. di correlazione  
 GSs: gamma sismico    P2: psi due    SLU: Tipo stato limite ultimo dinamica

Aggiungi    Factory  
 Elimina    Elimina tutti    Continua

I parametri associati a ogni tipo di carico sono principalmente impiegati per le [combinazioni di progetto con il metodo degli stati limite](#). E sono descritti qui di seguito.

## Tipo

Con "tipo" si intende la natura dell'azione del tipo.

I tipi assegnabili sono i seguenti:

- Permanente
- Variabile
- Variabile non contemporaneo
- Sismico
- Sismico correlato
- Combinazione

**Permanente**, **Variabile** e **Sismico** hanno significato evidente.

Il tipo **Variabile non contemporaneo** determina l'appartenenza di un carico variabile a un gruppo (uno solo) di azioni che non sono mai tra loro contemporanee.

Il tipo **Sismico correlato** è un'azione associata all'azione sismica, tipicamente il Torcente di piano.

Questi ultimi tipi entrano solo nelle combinazioni allo stato limite impiegando il parametro Gs come moltiplicatore dell'azione.

Il tipo **Combinazione** genera una unica combinazione e non entra mai in combinazione con altre azioni. Si assegna alle combinazioni degli stream precedentemente generate in Nòlian. Usa il parametro Gs come moltiplicatore, valore tipicamente unitario

## Azioni gravitazionali

Per la verifica per azioni sismiche tendente a evitare cedimenti anelatici nelle travi, si devono definire quali carichi danno un contributo gravitazionale come previsto per questa verifica. Questa indicazione è data in questo dialogo. L'assegnazione non è necessaria se non si deve eseguire tale tipo di verifica che è richiesto solo per progetti in alta duttilità.

## Tipo di stato limite

Questa colonna (SL) consente di definire il tipo di stato limite relativo alla azione sismica indicata. Ciò consente di attuare combinazioni nelle quali le differenti eventuali azioni afferenti a stati limite diversi non vengano combinati tra loro.

A esempio, se si sono effettuate contemporaneamente due analisi allo stato limite ultimo e di danno, esse verranno automaticamente impiegate nelle combinazioni richieste. Pertanto esse sono distinte tramite l'impiego del parametro SL che definisce il tipo di stato limite:

- U ultimo
- D danno
- C collasso
- O operativo

Il parametro gamma non sismico (Gs) è impiegato per tali combinazioni.

## Fattori di sicurezza parziale

Sono i fattori che appaiono nelle combinazioni di normativa per il metodo semi-probabilistico agli stati limite e in tale contesto vengono definiti con la lettera  $\gamma$ . Si hanno due fattori per ogni natura del tipo di carico: favorevole e sfavorevole alla sicurezza. La normativa prevede due fattori diversi se la combinazione è delle azioni sismiche con le altre azioni o meno.

Quindi si hanno due valori di  $\gamma$  definiti nella tabella del dialogo con i simboli Gs e GSs (Gamma Sfavorevole e Gamma Sismico

Sfavorevole). Per le combinazioni delle azioni sismiche nelle combinazioni allo stato limite di danno (SLD), i coefficienti GS e GSs hanno particolare impiego.

Per il tipo **Combinazione** questi due coefficienti sono impiegati nelle combinazioni SLU il primo e SLD il secondo. Si veda [Combinazioni di progetto con il metodo degli stati limite](#).

### **Fattori di probabilità**

Sono i fattori che definiscono la probabilità che le azioni siano attive insieme all'azione fondamentale della combinazione e nella normativa vengono definite con la lettera  $\psi$ . La normativa prevede tre valori per le combinazioni frequenti, rare e quasi permanenti. Questi tre valori vengono tutti usati nelle combinazioni di esercizio. Il terzo valore, indicato con  $\psi_2$  viene anche usato nelle combinazioni di progetto. Nelle combinazioni delle azioni sismiche questo valore per alcune normative (DM96) NON è lo stesso che il valore impiegato per le combinazioni delle azioni non sismiche quindi nella tabella impiegata si sono usate due colonne, la colonna contrassegnata con P2S indica il coefficiente che sarà adottato nelle combinazioni delle azioni sismiche.

### **Fattore di importanza**

Il cosiddetto "fattore di importanza" della normativa è un moltiplicatore delle azioni sismiche e quindi deve essere assegnato come fattore della colonna GS per i tipi definiti Sismico e naturalmente, per le convenzioni per le combinazioni allo stato limite di danno (SLD) (si veda: [Combinazioni di progetto con il metodo degli stati limite](#)) si deve invece assegnare il coefficiente di importanza alla colonna GSs per le condizioni di tipo Sismico da includere nelle combinazioni SLD.

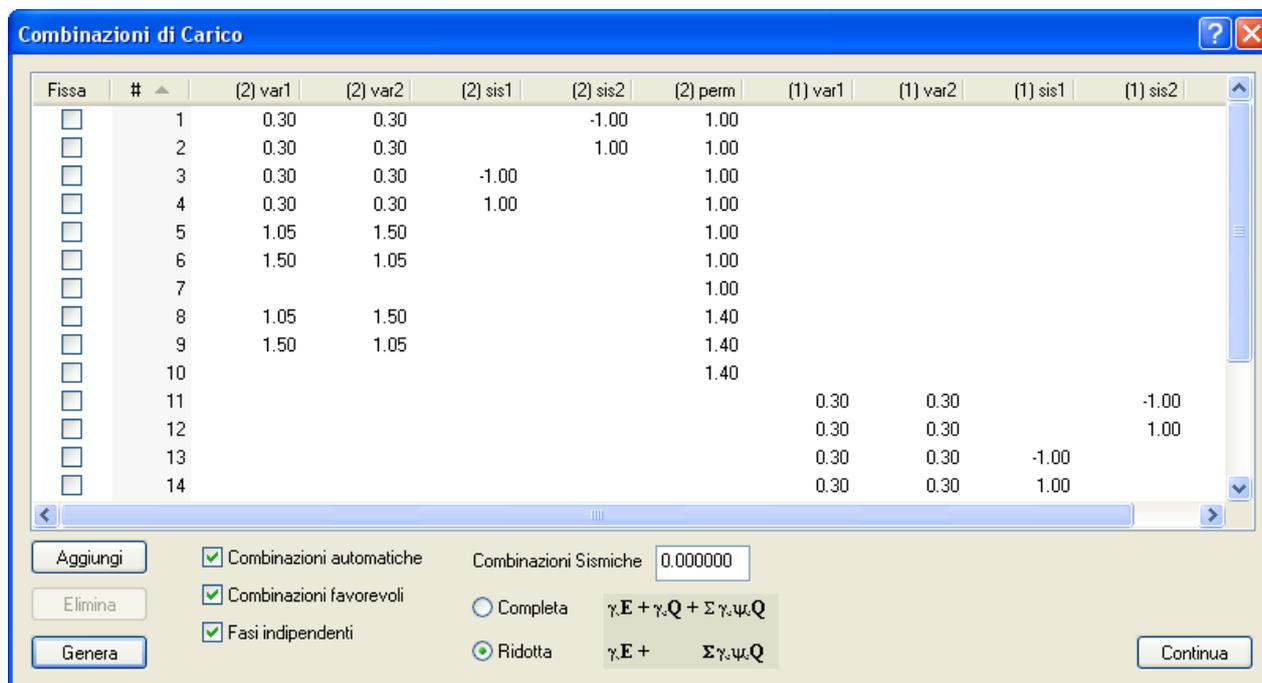
### **Fattore di conversione delle masse**

Queste indicazioni sono utili nell'uso di Nòlian. Per l'analisi dinamica occorre che siano definite le masse agenti sulla struttura. Tali masse sono generalmente legate ai carichi gravitazionali agenti sulla struttura. La normativa prevede che tali carichi possano essere presenti sulla struttura durante il sisma secondo dei fattori di probabilità definiti. Pertanto le masse da considerarsi associate alla struttura per l'evento sismico possono essere soltanto una parte di quelle che determinano i carichi gravitazionali. Il coefficiente di probabilità è dato dalle norme ed indicato in genere con il simbolo  $\psi_2$ . Inoltre alcune normative prevedono un moltiplicatore di tale coefficiente probabilistico per un altro coefficiente, generalmente indicato con il simbolo  $f$  nella normativa, che tiene conto della probabilità che tali carichi siano tra loro correlati. Pertanto il coefficiente  $\psi_2$  deve essere moltiplicato per il coefficiente  $f$ . Nòlian può convertire i carichi in masse corrispondenti usando un coefficiente moltiplicativo assegnato. Se si desidera che questi coefficienti vengano automaticamente dedotti dalla tabella dei tipi di carico, ciò è possibile tramite un apposito check box nel dialogo di assegnazione delle masse. Il coefficiente associato in questo modo alle condizioni di carico è quello definito "psi2 sismico" nella tabella dei tipi di carico moltiplicato per il coefficiente  $j$  di correlazione. Vengono assegnati solo i coefficienti dei tipi di carico dichiarati "gravitazionali". I coefficienti moltiplicativi possono essere modificati dopo l'assegnazione o agendo sulla colonna del coefficiente  $j$  dei tipi di carico. L'assegnazione avviene all'atto di attivare il check-box e, se il check-box è contrassegnato e si richiede la conversione prima dell'analisi, anche in questo caso e ciò riassegnando i coefficienti eventualmente modificato a mano nel dialogo. Quindi, per un uso speditivo per il quale i coefficienti nella tabella dei tipi siano stati assegnati in modo appropriato, basta attivare i check box "Usa moltiplicatori dei tipi" e "Forma prima dell'analisi" perché le masse vengano assegnate tutte le volte che si esegue un'analisi anche se i carichi sono stati modificati. Si ricorda che questa procedura è un'automazione. Le masse possono essere assegnate indipendentemente da questa procedura a nodi ed elementi, o controllate, con gli appositi comandi destinati alla gestione delle masse.

### **Registrazione delle assegnazioni dei tipi di carico**

I tipi di carico vengono associati in Nòlian alle condizioni di carico e poi – solo dopo l'analisi – vengono associati agli stream di risultati. Tale associazione vengono registrate nel documento della struttura. Se, dopo aver salvato un documento da un post-processore si apre in Nòlian e lo si analizza di nuovo, i tipi di carico dominanti sono quelli associati alle condizioni in Nòlian e non quelli associati nel post processore che pertanto vengono sovrascritti.

## Controllo sulle combinazioni di progetto



Le combinazioni formate automaticamente possono essere verificate ed eventualmente modificate dal dialogo cui si accede dal menu "Carichi" alla voce "Combinazioni", "progetto", "esercizio" o "danno".

Per le combinazioni di progetto, si può accedere al dialogo anche con un doppio clic sull'icona dei carichi.

Da questo dialogo è possibile formare nuove combinazioni tramite il comando Aggiungi oppure eliminarle tramite il comando Togli.

Le combinazioni dichiarate Fisse non vengono cancellate durante la formazione delle combinazioni prima di ogni progetto, tutte le altre vengono cancellate. Se quindi si vuole aggiungere alle combinazioni una combinazione personalizzata, occorre dichiararla fissa.

Le combinazioni vengono formate automaticamente prima del progetto. Se invece si vuole che vengano impiegate nel progetto solo le combinazioni personalizzate, disabilitare l'opzione Combinazioni automatiche del dialogo.

Le singole combinazioni sono esibite in forma tabellare. Per modificare i contenuti della tabella, selezionare la riga voluta e quindi il campo da modificare.

Le combinazioni automatiche vengono formate impiegando i coefficienti assegnati per ciascun [tipi di carico](#) associato a ogni condizione di carico.

È possibile, da questo dialogo scegliere se formare le combinazioni delle azioni sismiche con un contributo percentuale tra le varie azioni assegnando un valore diverso da zero al campo Combinazioni Sismiche. Tipicamente questo valore è 0.3 (30%). Se il valore è nullo, si ha una combinazione semplicemente con esclusione.

È possibile considerare le azioni Permanente e Variabile con il loro contributo sia sfavorevole che favorevole alla sicurezza. Si considerano le due ipotesi, le combinazioni aumentano. Questa possibilità viene attivata tramite il check-box Combinazioni favorevoli.

Il bottone Genera forza la generazione automatica sul momento per consentire di controllarla.

Si veda anche [Combinazioni di progetto con il metodo degli stati limite](#).

Inoltre è possibile formare combinazioni indipendenti per ogni Fase oppure combinazioni tra le azioni di diverse Fasi.

## Combinazioni con il metodo delle tensioni ammissibili

I tipi **Permanente** sono considerati in tutte le combinazioni.

Con i tipi **Variabile** vengono formate tutte le combinazioni possibili.

Con i tipi **Sismico** vengono formate tutte le combinazioni possibili ma senza che due tipi Sismico siano mai presenti contemporaneamente nella stessa combinazione.

Il tipo **Sismico** viene considerato due volte: una con il suo segno algebrico e una con segno inverso.

Vengono formate tutte le combinazioni possibili delle azioni permanenti, variabili e sismiche.

Le azioni definite di tipo **Variabile non contemporaneo** non appaiono mai insieme nella stessa combinazione né insieme alle azioni definite di tipo **Sismico**.

Le variabili **Sismico correlate** e **Combinazione** vengono ignorate.

### Combinazioni per la verifica degli spostamenti

Se si impiega il metodo delle tensioni ammissibili, la verifica degli spostamenti non ha significato specifico di verifica per lo "stato limite di danno" ma di fatto viene eseguita con modalità analoghe. Le combinazioni vengono formate con i criteri noti ma con una differenza: le azioni sismiche definite SLD saranno affette dal coefficiente assegnato come GSs e le azioni variabili saranno sempre affette dal coefficiente fisso (non assegnabile) di 0.33.

## Combinazioni di progetto con il metodo degli stati limite

Le combinazioni semi-probabilistiche degli effetti delle azioni ("carichi"), usate per il metodo degli stati limite sostanzialmente sono effettuate con diverse modalità tra le diverse normative e possono essere definite in questa forma convenzionale:

$$F_d = \sum_j \gamma_{G,j} G_j + \gamma_{Q,f} Q_f + \sum_{i=1n, i \neq f} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_i$$

$$F_d = \sum_j \gamma_{G,j} G_j + \sum_{i=1n} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_i$$

La prima forma, detta nel dialogo di EasyBeam "completa" prevede una combinazione delle azioni sismiche per ogni azione variabile in quanto la azione variabile è fuori del segno di sommatoria. Questo metodo è previsto dal DM 1996. Il secondo invece per ogni azione sismica prevede la sommatoria di tutte le azioni variabili ed è previsto dalla normativa antisismica successiva (DM08).

Si noti che vi sono due tipi di coefficienti con significato diverso: coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$  e coefficienti probabilistici di combinazione  $\psi$ .

Sono in genere indicati con la lettera G i carichi permanenti, ivi compresi quelli da precompressione e da distorsioni, e con Q carichi variabili. Per ora non parliamo di effetti delle azioni sismiche.

Notiamo che quanto abbiamo esposto è nella forma più generale, proposta dagli Eurocodici, dove i coefficienti di sicurezza dei carichi variabili possono essere diversi per ogni tipo di azione variabile, cosa che appare piuttosto logica. In alcune normative invece (a esempio il DM 96) si ha un coefficiente di sicurezza parziale unico per tutte le azioni variabili e quindi l'espressione relativa alla combinazione delle azioni variabili si semplifica in quanto si può mettere a fattore comune il coefficiente di sicurezza comune a tutti i carichi variabili. Va da sé che, assegnando un unico coefficiente di sicurezza eguale per tutti i carichi variabili, la più generale espressione degli Eurocodici comprende anche quella più semplice.

Notiamo che i coefficienti probabilistici di combinazione  $\psi$  riguardano solo le condizioni variabili in quanto ne indicano la probabilità di essere presenti. Generalmente vi sono tre diversi coefficienti per ogni azione variabile distinto per pedice 0, 1 e 2. Il coefficiente  $\psi_0$  viene usato per i valori in combinazione, gli altri due  $\psi_1$  e  $\psi_2$ , nelle combinazioni di valori rispettivamente

frequenti e quasi permanenti. Questi due ultimi fattori quindi vengono impiegati nelle combinazioni allo stato limite di esercizio.

L'unica nota significativa alla formula che abbiamo riportato, per altro molto semplice, riguarda la combinazione delle azioni variabili che prevede che si consideri una azione variabile con la certezza del suo contributo (valore di probabilità unitario) sommata a tutte le altre affette dai loro rispettivi fattori probabilistici.

Per le combinazioni delle azioni sismiche (con le altre azioni) il concetto è lo stesso. Si considera l'azione sismica sempre presente (come fosse un carico permanente ma non certo per la durata temporale) e si valuta la concomitanza probabilistica delle azioni variabili esattamente come detto sopra per le azioni non sismiche. Ovviamente in questo caso i carichi permanenti si considerano sempre agenti.

Va però notato che i fattori di sicurezza parziali per le azioni sia permanenti che variabili nelle combinazioni delle azioni sismiche possono essere diversi dai fattori per le combinazioni non sismiche. E così anche il coefficiente  $\psi_2$  che viene usato sia nelle combinazioni sismiche al posto di  $\psi_0$ , può essere diverso, e in alcune normative lo è, dal coefficiente  $\psi_2$  riportato nelle tabelle per le combinazioni quasi-permanenti.

Si noti che qualora vi fossero azioni variabili che non sono mai contemporanee a quelle sismiche la loro probabilità è zero e quindi assegnando un valore nullo sia al fattore di sicurezza che al fattore di probabilità per combinazione sismica, tale azione variabile non sarà mai considerata nella combinazione sismica.

Notiamo che la normativa, per i carichi permanenti, richiede l'uso di due fattori di sicurezza parziale, uno in caso l'azione vada a favore della sicurezza, l'altro qualora vada a sfavore. Poiché è pressoché impossibile determinare a priori quale delle due condizioni si verifichi, è uso comune impiegare il solo fattore di sicurezza per la condizione sfavorevole. Ciò non è sempre esatto. Ad esempio nel caso della azione assiale nei pilastri, essa potrebbe essere a favore di sicurezza se ha valori maggiori. Quindi è opportuno fare una combinazione anche con i fattori previsti per la situazione a favore di sicurezza. Per le strutture edili il fattore di sicurezza per situazione favorevole è unitario per le azioni permanenti ed è nullo per quelle variabili e per le azioni permanenti non strutturali. In caso invece di spinta delle terre o di precompressione tale valore è diverso dall'unità.

#### **Assunzioni nella implementazione delle combinazioni automatiche.**

I fattori di sicurezza parziali per le condizioni favorevoli sono sempre assunti 1 per le azioni permanenti e 0 per le azioni variabili. I carichi variabili agiscono anche nelle combinazioni con l'azione sismica almeno che non si mettano a zero sia il fattore di sicurezza parziale che il valore di  $\psi_2$  sismico. Il tipo di azione detto "variabile non contemporaneo" non viene mai considerato nella stessa combinazioni in gli altri tipi definiti nello stesso modo. Un uso tipico è quello dell'azione del vento. Le azioni di tipo "sismico" non appaiono mai più di una volta nella stessa combinazione. È il caso tipico di azioni sismiche in più direzioni. Si ricorda che le combinazioni effettuate in automatico possono essere visualizzate nell'apposito dialogo dove si possono anche assegnare altre combinazioni come voluto.

#### **Combinazioni delle azioni sismiche**

Le azioni sismiche possono essere tra loro combinate con due metodi.

- Considerandole agenti separatamente
- Combinandole una a pieno valore e le altre secondo un moltiplicatore con alternanza di segni

Queste due possibilità si ottengono assegnando il moltiplicatore della combinazione. A esempio, 0.3 (= 30%) se si segue il DM 14 aprile 2008.

Se si assegna un'azione **Sismica correlata** si intende un'azione da combinarsi, sempre con alternanza di segni, a quelle sismiche. È tipico della azione del "torcente di piano". In entrambi i casi le azioni sismiche vengono sempre considerate con alternanza di segno. Quindi se si hanno azioni sismiche, esse vanno definite di tipo "Sismico". Se si ha un torcente di piano, si deve definire "Sismico correlato". Se si vuole una combinazione "in percentuale" si deve assegnare il moltiplicatore relativo (attenzione: non la percentuale!).

Le combinazioni sismiche possono essere eseguite secondo due formule:

$$\sum G_{k,i,j} + \psi_k Q_k + \sum \psi_{E,i} Q_{k,j} \text{ (Completa)}$$

$$\sum G_{k,i,j} + \sum \psi_{E,i} Q_{k,j} \text{ (Ridotta)}$$

La prima viene impiegata in alcune normative, non quella attualmente in vigore in Italia e pertanto si deve adottare sempre la seconda formula (Ridotta).

### Combinazioni con azioni dinamiche

Le azioni sismiche valutate ai vari tipi di stato limite entrano nelle combinazioni con i medesimi criteri di formazione delle combinazioni ma, essendo deputate a scopi diversi, non verranno mai impiegate simultaneamente. Pertanto esse sono distinte tramite l'impiego del parametro SL che definisce il tipo di stato limite:

- U ultimo
- D danno
- C collasso
- O operativo

**Nota bene:** Le azioni definite con tipo di stato limite C vengono trattate, nel formare le combinazioni, esattamente come le azioni definite con tipo di stato limite U. Cioè l'assegnazione di C equivale alla assegnazione di U.

Il parametro gamma non sismico (Gs) è impiegato per tali combinazioni.

### Controllo sulle combinazioni per lo stato limite di danno

Le combinazioni possono essere assegnate o modificate dal dialogo cui si accede dal menu "carichi" alla voce "combinazioni" e poi "Danno".

Questo dialogo è simile a quello per il [Controllo sulle combinazioni di progetto](#).

## Combinazioni di esercizio con il metodo degli stati limite

Queste combinazioni sono del tutto analoghe a quelle di progetto. I fattori di combinazione sono quelli assegnati nella definizione dei tipi di carico.

Le combinazioni usano inoltre gli stessi [Tipi di carico](#) associati ai nomi degli stream (blocchi) di risultati.

Vengono considerate solo le azioni definite come **Permanenti** e **Variabili** sia contemporanee che non contemporanee.

Queste ultime però vengono sempre considerate come agenti contemporaneamente alle altre senza distinzione.

Le condizioni definite **Combinazione** vengono ignorate.

La combinazione avviene come segue:

$$F_d = 1.0P + \alpha Q_1 + \sum_{i=2,n} \beta Q_i$$

dove P sono i valori delle condizioni permanenti e Q i valori di quelle variabili. I valori  $\alpha$  e  $\beta$  vengono scelti come segue secondo il tipo di combinazione:

Tipo di combinazione	$\alpha$	$\beta$
rara	1	

		$\Psi_0$
frequente	$\Psi_1$	$\Psi_2$
quasi permanente	$\Psi_2$	$\Psi_2$

Il tipo di combinazione richiesta per le verifiche è funzione della aggressività dell'ambiente. Sia tale qualificazione sia il tipo di verifiche richieste sono assegnabili nel dialogo Ambiente delle Opzioni di Progetto.

### Controllo sulle combinazioni di esercizio

Le combinazioni possono essere assegnate o modificate dal dialogo cui si accede dal menu "carichi" alla voce "combinazioni" e poi "esercizio". In questo dialogo le combinazioni sono contrassegnate secondo il loro tipo (Rara, Frequente, Quasi permanente) e questa assegnazione può essere fatta dall'operatore per le nuove condizioni fatte "a mano". Questa tipizzazione è necessaria perché nelle verifiche delle tensioni, i limiti di confronto imposti dalla normativa sono diversi per ogni tipo. Si ricorda che la verifica delle tensioni per condizioni Frequenti non è richiesta.

### Generazione di combinazioni delle azioni

Questa funzione è utile soprattutto per combinare le azioni dovute a differenti componenti dell'azione sismica. Questa combinazione genera una nuova condizione di carico che potrà poi essere impiegata in modo normale per formare le combinazioni di carico di progetto. A questa funzione si accede dal menu Carichi, alla voce "Generazione combinazioni". Questa funzione opera come quella di Nòlian alla cui descrizione si rinvia per le istruzioni di impiego.