



Percorsi

5

Percorsi progettuali Softing

Relazione Tecnica di edificio per civile abitazione
in calcestruzzo armato in zona sismica

Percorsi

Relazione Tecnica di edificio per civile abitazione in calcestruzzo armato in zona sismica

gennaio 2007 – rev. 0

© 2007, Softing srl.

Questo testo è stato redatto a cura della Softing srl. E' proprietà della Softing srl. La diffusione è consentita solo a patto che sia integra e che venga integralmente riportato il testo, il titolo e la proprietà. La copia parziale per inserimento o per citazioni è espressamente proibita se non è chiaramente citata la fonte. Questo testo contiene opinioni e consigli della Softing srl sui quali la Softing non assume alcuna responsabilità né in merito alla esattezza né alla applicabilità a casi specifici.

Indice generale

Introduzione.....	3
L'automazione della Relazione Tecnica: EasyQuill.....	3
Gli intenti di questo percorso.....	3
Riflessioni sulla normativa di riferimento.....	4
Una riflessione di fondo.....	5
La struttura della Relazione Tecnica.....	5
La Relazione Generale.....	5
Relazione di calcolo.....	6
Relazioni sui materiali.....	7
Relazioni specialistiche.....	7
Uso di programmi di calcolo.....	7
Sinteticità.....	7
Ripetibilità.....	8
Affidabilità.....	8
I punti che approfondiremo.....	9
La struttura della Relazione Tecnica.....	10
Gli approfondimenti.....	11
Azioni.....	11
Classificazione.....	11
Esposizione delle azioni statiche.....	12
Sistema di masse corrispondenti alle azioni statiche.....	12
Azione sismica.....	13
Presentazione dei risultati.....	13
Sicurezza degli elementi strutturali.....	13

Introduzione

Il termine “relazione di calcolo”, anche se usatissimo, già induce in qualche modo in errore. Nel DM 14 settembre 2005, nel seguito DM2005, troviamo finalmente un intero capitolo, il capitolo 10, relativo appunto alla norme per la redazione dei progetti esecutivi. In questo capitolo si fa un po' di chiarezza sull'argomento. Diciamo subito che il progetto esecutivo, sotto il profilo della pratica realizzazione, contiene sia elaborati di testo che elaborati grafici. Purtroppo nel DM citato non troviamo una terminologia per distinguere questi due tipi di elaborati. In questo Percorso ci occuperemo degli elaborati di testo. Come chiamarli? La “Relazione di calcolo” è infatti UNO degli elaborati di testo richiesti e questo è molto corretto infatti vi sono parti degli elaborati di testo che poco hanno a che fare con il calcolo vero e proprio. Troviamo in questo una conferma eclatante a quanto da tempo sosteniamo: la relazione di calcolo nel suo insieme non è e non può essere, almeno che non la si voglia snaturare, il prodotto di un programma di calcolo strutturale. Vi è stata una confusione sgradevole su questo punto, speriamo che con il DM citato si abbia un po' di chiarezza. Nel seguito di questo percorso chiameremo “Relazione Tecnica” l'insieme degli elaborati di testo che fanno parte del progetto esecutivo.

L'automazione della Relazione Tecnica: EasyQuill

Questo percorso non è solo dedicato a descrivere la nostra opinione sui contenuti e sul modo di redigere una Relazione Tecnica ma riflette anche la nostra posizione sulla automazione della relazione tecnica tramite il nostro programma EasyQuill. EasyQuill è stato completamente riscritto recentemente ed è un programma che potremmo chiamare di “assemblaggio logico” di testi in quanto si basa su degli schemi, i template, che vengono dinamicamente configurati tramite l'interazione con l'utilizzatore e con altre fonti di informazione. Quindi è un sistema il cui contenuto non è statico ma flessibile e adattato alle esigenze non solo dell'utilizzatore ma anche della situazione. Abbiamo visto relazioni e tecniche prodotte da programmi di calcolo che, non potendo discernere il tipo di struttura che si stava trattando, producevano dei testi che comprendevano ogni possibile situazione. Questo non è accettabile e questo non sarà mai il prodotto di EasyQuill. Quindi questo Percorso descrive come riteniamo si debba, in generale, redigere una relazione tecnica e come tale relazione tipo sia possibile redigerla in automatico con EasyQuill. Ovviamente questo Percorso non è un manuale d'uso di EasyQuill e ha valenza del tutto generale. La relazione tecnica qui trattata, come già detto, riguarda specificatamente un edificio di civile abitazione in calcestruzzo in zona sismica progettato secondo la recente normativa. Teniamo a precisare che invece EasyQuill potendo manipolare testi in genere, non ha alcun limite tipologico di utilizzo e, dotato degli opportuni schemi, anche redatti dall'utente, può automatizzare la stesura di qualsiasi documento che sia basato su una struttura del testo standardizzabile.

Gli intenti di questo percorso

In questo Percorso non intendiamo scrivere una Relazione Tecnica e fornirne un testo, ma fare essenzialmente due cose: tratteggiare una possibile struttura della relazione tecnica in modo più dettagliato di quanto non faccia il DM2005 e approfondire quei capitoli della relazione di calcolo più strettamente legati al calcolo automatico delle strutture e che hanno contenuti relazionati alla struttura che si sta progettando e quindi a contenuto “variabile”.

Per questo motivo abbiamo preso come oggetto della relazione una struttura in zona sismica in calcestruzzo armato progettata in “alta duttilità”. Quest'ultima scelta è dettata dal fatto che questo

tipo di situazione richiede verifiche più complesse e quindi, comprende anche quella per bassa duttilità. Inoltre, salvo specifiche verifiche, la struttura e gran parte dei contenuti di questa relazione possono estendersi a molte tipologie strutturali e anche a molte normative.

Gli altri nostri Percorsi sono più “progettuali” e più legati all'uso dei nostri programmi. Perché allora questo percorso? Non intendiamo assolutamente appropriarci di compiti non nostri come quello di dare suggerimenti interpretativi della normativa. Il fatto è che, dal punto di vista della progettazione del nostro software, una componente del progetto è proprio l'esigenza del progettista di documentare adeguatamente il suo progetto ovvero, in pratica, di redigere la Relazione Tecnica. Quindi questo percorso è il risultato delle nostre valutazioni nel progettare tutti i componenti del nostro software che siano finalizzati a produrre dati utilizzabili nella documentazione del progetto. Pertanto questo percorso “fotografa” la nostra posizione su tale argomento con due scopi: quello di consentire di verificare, a chi volesse eventualmente utilizzare il nostro software, se è idoneo alle sue specifiche esigenze e quello di dare a chi lo utilizza la possibilità di raggiungere i suoi scopi di produttività nel modo migliore.

I testi che proponiamo sono visualizzabili su EasyQuill in quanto rendiamo disponibile uno schema (template) di questa relazione come qui proposta che è visualizzabile anche nella versione dimostrativa del programma che è limitata solo nella stampa e nel salvataggio del testo finale ma consente la visualizzazione dei testi finali e tutte le operazioni anche di programmazione di un proprio template.

Pertanto il testo finale della Relazione qui proposta non è riportata in questo Percorso.

Riflessioni sulla normativa di riferimento

La normativa di riferimento è la OPCM 3274. In tale normativa si fa spesso riferimento a valutazioni che a nostro avviso sono possibili solo su un modello strutturale che prevede solo impalcati orizzontali infinitamente rigidi e sostanzialmente l'uso della tecnica del “master slave” riducendo il problema a quello di un modello “a stick” come si diceva alla fine degli anni '70. Ad esempio la valutazione sulla necessità di effettuare una analisi dinamica che tenga conto degli effetti del secondo ordine si può fare, seguendo la normativa, solo riducendo il problema a tale modello. Così la valutazione delle regolarità in altezza con il suo concetto di “rigidezza di piano”, svela di essere pensata su un modello di tipo stick. Fare una tale valutazione per modelli diversi è sì possibile ma onerosa rispetto ai risultati. Oltretutto se non si pensa in termini di “stick” certe verifiche si potrebbero forse fare in modo più generale e con maggiore affidabilità e applicabilità anche a strutture con concezione più complessa ma la normativa, essendo cogente, non lascia liberi di usare metodo alternativi se non assumendosi ulteriori indesiderate incombenze.

La nostra posizione in merito, sempre relativamente alla relazione di calcolo ed assunta dopo non poche perplessità, è quella di considerare il modello libero come lo si desidera e di fornire degli strumenti accessori per “estrapolare” dal modello i parametri richiesti dalla normativa per queste verifiche. Sostanzialmente non ci imponiamo modellazioni limitative ma diamo egualmente la possibilità di applicare la normativa. Del resto il significato delle verifiche cui abbiamo fatto cenno non sono così accurate e stringenti da non consentire di essere effettuate tramite estrapolazioni che comunque hanno la stessa validità di quelle fatte su modelli che abbiano davvero tali caratteristiche.

Quindi nel seguito, per l'automazione di alcune funzioni inerenti tali verifiche si farà ricorso a plugin basati sui criteri anzidetti.

Una riflessione di fondo

Una volta, ma molti anni fa, esisteva il “fascicolo dei calcoli” che poteva o meno essere allegato alla relazione di calcolo e che raccoglieva la stesura di tutti i calcoli effettivamente eseguiti per giungere ai risultati numerici esposti in sintesi nella relazione. Questo serviva per controllare se i metodi e le operazioni aritmetiche fossero corretti. Ora, con l'avvento dell'elaboratore, questo tipo di esposizione è superfluo e meglio sostituito da stampe dei risultati ed esposizione teorica dei metodi da allegare eventualmente alla relazione tecnica. Vi è in alcuni professionisti la tendenza a documentare analiticamente il modo in cui certi risultati numerici sono stati ottenuti. Francamente riteniamo che certe esposizioni numeriche siano superflue e poco leggibili rispetto alla funzione fondamentale della relazione tecnica che è quella di dire cosa si è voluto ottenere e dimostrare se lo si è ottenuto: i passaggi numerici di questo iter sono francamente non necessari anche perché con una elaborazione elettronica sono i calcoli più basilari e fondamentali che non possono e non vengono documentati. Ad esempio le matrici di rigidità degli elementi finiti impiegati. Quindi documentare calcoli secondari e banali come, solo per un esempio, il modo in cui si è calcolato lo spostamento accidentale del baricentro delle masse o il torcente di piano, ci pare abbastanza puerile. In questo Percorso si seguirà l'approccio che abbiamo chiamato “sintetico” in contrapposizione con la stesura invece “analitica” dei singoli passaggi logici o di calcolo.

La struttura della Relazione Tecnica

Chiameremo Relazione Tecnica il complesso di testi che fanno parte del progetto esecutivo. Seguiamo il DM2005 per descrivere la struttura della Relazione Tecnica.

- Relazione generale
- Relazione di calcolo
- Relazione sui materiali
- Relazioni specialistiche

Questi sono i punti che qui tratteremo in quanto gli altri elaborati di testo contemplati sono degli allegati specialistici o comunque non relativi alle fasi di produzione automatica delle parti del progetto che interessano la nostra specifica attività.

La Relazione Generale

Lo scopo della Relazione Tecnica nel suo complesso è quello di documentare il processo progettuale. Spesso viene invece pensata come una raccolta di elementi di “verifica” dimenticandosi di esporre “cosa” si intende verificare. L'atto di progettare è costituito da una serie di scelte che vogliono soddisfare al meglio dei requisiti. Quindi si devono documentare questi atti decisionali e il supporto logico, di calcolo, di esperienza, di sperimentazione che ha supportato queste scelte rendendole plausibilmente idonee a soddisfare i requisiti.

Molto bello, a tal proposito, il modo di stendere le relazioni nelle quali vengano presentate anche le ipotesi che non hanno avuto un seguito progettuale. Questo per spiegare e per poter ricostruire a futura memoria tutto l'iter che ha portato al progetto finale.

In quest'ottica la Relazione Generale è fondamentale in quanto definisce gli obiettivi del progetto. Infatti, insieme alla successiva parte, che il DM2005 pone nella Relazione di Calcolo e che deve contenere “i criteri alla base della concezione strutturale”, costituisce la descrizione completa

dell'iter progettuale. Solo in seguito si produrranno le verifiche alle ipotesi progettuali quale giustificazione della loro validità.

Questa parte della Relazione Tecnica, a meno di non snaturarla in una descrizione burocratica con elencazione di elementi banali quali, a esempio, il numero dei piani e così via, NON PUO' ESSERE AUTOMATIZZATA. Se si desidera adottare descrizioni banali, EasyQuill consente di definire un proprio testo e eventualmente di completarlo in automatico con dati richiesti all'utente come appunto il numero di piani etc. Ma in questo Percorso suggeriamo che questa parte sia redatta dal progettista in modo chiaro preciso, sostenibile.

Relazione di calcolo

La relazione di calcolo del DM2005, secondo una struttura logica che condividiamo in pieno, è composta dai seguenti documenti o parti di un singolo documento. I titoli dei singoli documenti sono un nostro suggerimento e sono quelli suggeriti anche in EasyQuill, li riportiamo facendoli seguire dalla descrizione dei contenuti prevista dal DM2005. Ogni punto sarà trattato diffusamente nel seguito.

1. **Concezione strutturale**
Contiene i criteri alla base della concezione strutturale.
2. **Normative di riferimento**
Contiene le normative prese a riferimento
3. **Misure di sicurezza**
Contiene i criteri adottati per le misure di sicurezza
4. **Schematizzazione della struttura**
Contiene i criteri adottati per la schematizzazione della struttura, dei vincoli, delle sconessioni; particolare attenzione sarà dedicata alla interazione tra terreno e struttura.
5. **Azioni**
Contiene la schematizzazione delle azioni nonché le condizioni e le combinazioni di carico considerate.
6. **Legami costitutivi**
Contiene la descrizione dei legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni.
7. **Rappresentatività del modello**
Contiene le motivazioni circa la rappresentatività del modello utilizzato, tenendo conto anche dell'eventuale successione di diverse fasi costruttive, di variazioni di schemi di vincolo etc.
8. **Metodologie di analisi**
Contiene la descrizione delle metodologie utilizzate per l'analisi strutturale.
9. **Metodologie di progetto delle membrature strutturali**
Contiene la descrizione delle metodologie di progetto e di verifica degli elementi strutturali.

10. Presentazione dei risultati

Contiene in forma sintetica la esposizione dei risultati delle analisi.

11. Sicurezza degli elementi strutturali

Contiene in forma sintetica la esposizione degli elementi che consentono di verificare la rispondenza degli elementi strutturali ai requisiti di sicurezza.

Un capitolo, previsto dal DM2005 riguarda inoltre le prestazioni attese al collaudo. Questo capitolo, a meno che non lo si riduca alle deflessioni dei solai per il collaudo, è molto specifico e legato alle esigenze dell'opera e quindi in questo percorso non lo tratteremo.

Relazioni sui materiali

Questa è una parte puramente elencativa e descrittiva dei materiali previsti e quindi non richiede particolari approfondimenti. In EasyQuill è facilmente automatizzata su un modello standard dove la variabilità delle caratteristiche dei materiali impiegati è un dato di ingresso richiesto a dialogo all'utente.

Relazioni specialistiche

Tra le relazioni specialistiche previste dal DM2005, l'unica che ci pare attinente al Percorso che stiamo facendo è quella geotecnica. Essa prevede valutazioni soprattutto sulla resistenza del suolo assunta per il progetto. Alcuni inseriscono in questa relazione anche la verifica delle fondazioni. Noi non siamo di questa idea in quanto ci pare che questa relazione debba essere puramente geotecnica e la verifica della sicurezza degli elementi di fondazione sia invece più opportunamente da inserirsi appunto nel capitolo inerente tali verifiche. E in questo Percorso la tratteremo appunto in tale capitolo. Nulla vieta, ovviamente, di cambiare la struttura del testo da noi proposta.

Uso di programmi di calcolo

Il DM2005, se non sbagliamo, è il primo testo di legge che si accorge che vengono usati i calcolatori elettronici nel progetto strutturale e ne fa menzione. Non commentiamo in questa sede certi aspetti del normativa che prevedono, e forse impongono, l'uso del calcolatore in modo però molto discutibile in quanto ne impongono un modello d'uso limitando così in gran parte le potenzialità di sviluppo del progetto automatico delle strutture. Vi sono alcuni aspetti che però condividiamo e che si riflettono soprattutto sulla documentazione che il progettista deve produrre.

Sinteticità

Finalmente una norma, il DM2005, parla di sinteticità della presentazione. Una ossessione ingiustificata quella di dover riportare i risultati di TUTTE le verifiche di TUTTE le possibili occorrenze di una struttura quando è sufficiente esporre in generale il metodo che si usa nelle verifiche e i dati salienti relativi agli elementi più significativi. Poi, soprattutto ora che si usano programmi di calcolo che agiscono ragionevolmente in modo uniforme su tutta la struttura, la documentazione dei soli elementi più significativi ci pare utile anche per chi deve controllare eventualmente gli elaborati.

Tutto EasyWorld ha funzioni dedicate alla rappresentazione grafica dei livelli di sicurezza. Quindi,

a nostro avviso, uno o più immagini di grafici o di mappature di colore sono ideali per assolvere alle esigenze della Relazione Tecnica, fermo restando che è sempre possibile produrre, ma come allegati, le stampe di tutto ciò che si desidera. I post-processor di Nòlian dedicati al progetto e alla verifica di elementi strutturali hanno poi la possibilità di effettuare stampe sintetiche e discorsive, quindi prive di simbologia che può risultare ostica, effettuate in automatico solo per gli elementi più significativi secondo criteri assegnati dall'utente. In questa esposizione e nella relazione automatizzata con EasyQuill che qui seguiamo, si farà larghissimo uso di immagini dei livelli di sicurezza.

Ripetibilità

La “ripetibilità”, e cioè la possibilità che con i dati contenuti nella documentazione del progetto chiunque possa ripercorrere il percorso di progettazione per verificarne l'attendibilità, appare in contrasto con la richiesta di sinteticità. Eppure questo è un requisito espressamente richiesto dal DM2005. Il nostro punto di vista è che mentre la Relazione Tecnica propriamente detta deve essere sintetica in modo che con molta chiarezza si possano capire le decisioni e le motivazioni del progettista, vi devono essere degli allegati che descrivano in modo completo il modello, o modelli, di calcolo. Quest'ultimo punto non è rispettato da molti programmi non certo di EasyWorld e invece dovrebbe esserlo. Per quanto ci riguarda, i nostri programmi stampano, o registrano in formato testo, le descrizione completa del modello di calcolo. Nel caso poi di Nòlian, che usa il metodo degli elementi finiti, la descrizione del modello è abbastanza standardizzata. Purtroppo nessuno ha mai prodotto uno standard di descrizione di questi dati, che sarebbe comodissimo, ma nel caso del modello a elementi finiti, i dati sono abbastanza ben organizzati per cui la descrizione del modello non richiede interpretazioni e non pone dubbi. Quindi, per questo aspetto, noi consigliamo di redigere la Relazione Tecnica con il criterio della sintesi e poi allegare i dati e i risultati prodotti dai vari programmi come documentazione completa del modello. Anche qui vediamo come sia netta la distinzione tra la produzione di documentazione da parte dei programmi di calcolo e la documentazione della Relazione Tecnica vera e propria che, ripetiamo è solo parzialmente automatizzabile.

Affidabilità

Il DM2005, sulla traccia di quanto già esposto in una Istruzione CNR del 1986, impone che si riportino nella Relazione il nome e le caratteristiche identificative dei programmi usati nonché gli estremi della licenza d'uso del progettista. E' responsabilità del progettista sia verificare la affidabilità del programma sia la sua applicabilità al problema che si deve affrontare. Cioè, non si tratta solo di un problema di “qualità” del software ma soprattutto di applicabilità che il progettista deve verificare ed eventualmente dimostrare. Se, a esempio, si ha una struttura con tetti a falde e quindi spingenti e si usa un programma che contempla solo piani infinitamente rigidi, tale programma non sarà idoneo, non inaffidabile, ma non idoneo al problema che si vuole approfondire. Se il progettista intende usarlo deve dire come ha superato il limite e che tipo di approssimazioni ciò può comportare.

La Softing ha prodotto un documento di Affidabilità dove, oltre alle informazioni identificative del prodotto riporta sinteticamente i controlli effettuati per assicurare, nei limiti dei metodi e delle tecnologie correnti, l'affidabilità del prodotto. Noi suggeriamo di allegare questo documento, così come è, alla relazione di calcolo.

Ci sarebbe ancora da dire sulla legittima acquisizione del software e sull'uso dell'ultima versione

disponibile. Questo è un aspetto che stiamo valutando sotto due aspetti. Fornire, da una parte, una sorta di certificati agli utilizzatori che attestino la legittima acquisizione della licenza d'uso e la eventuale sussistenza di un contratto di aggiornamento che garantisca il migliore adeguamento del software. Dall'altra parte, “sensibilizzare” gli Uffici Pubblici preposti, al rispetto della nuova normativa e alla necessità che controllino che la licenza d'uso del software impiegato sia legittimamente acquistata da chi presenta i progetti.

I punti che approfondiremo

I punti da approfondire in quanto relazionati più strettamente con il calcolo automatico della struttura o perché in certi spetti meno chiari, sono quelli contenuti nella Relazione di Calcolo che, ripetiamo, è solo una delle parti di quel complesso di documenti che abbiamo chiamato Relazione Tecnica. Qui li analizziamo brevemente. Alcuni capitoli li definiremo dei “testi standard” intendendo con ciò che non necessitano di particolari elaborazioni o ristesure dipendenti dalle particolarità del progetto. Altri capitoli, più complessi, li analizzeremo invece più approfonditamente in seguito.

Concezione strutturale

Contiene i criteri alla base della concezione strutturale. Come già detto è una descrizione che sfugge a una seria automazione e quindi, oltre le possibilità di EasyQuill di automatizzarla almeno in parte per strutture tipiche, non necessita di ulteriori approfondimenti. Uno dei compiti principali dello strutturista è proprio quello di “concepire” una struttura e quindi non è nostro compito sostituirci in questo a lui.

Normative di riferimento

Contiene le normative prese a riferimento. Si tratta di un banale elenco e quindi anche qui non è necessario soffermarci. Ripetiamo che nei template di EasyQuill, visionabili anche con la versione dimostrativa del programma, questi testi sono tutti presenti.

Misure di sicurezza

Contiene i criteri adottati per le misure di sicurezza. Questo capitolo a nostro avviso, perché la sua denominazione è abbastanza generica, raccoglie i criteri e i fattori di sicurezza sui materiali e sui procedimenti. Sostanzialmente i fattori di sicurezza adottati sul comportamento dei materiali e adottati nei vari metodi di calcolo. Anche questo testo, essendo più che altro una esposizione, non richiede una trattazione più approfondita.

Schematizzazione della struttura

Contiene i criteri adottati per la schematizzazione della struttura, dei vincoli, delle sconnessioni; particolare attenzione sarà dedicata alla interazione tra terreno e struttura. Per questo punto vale quanto già detto per la Concezione strutturale.

Azioni

Contiene la schematizzazione delle azioni che agiscono sulla struttura nonché le condizioni e le combinazioni di carico considerate. Questo punto sarà oggetto di un approfondimento del seguito.

Legami costitutivi

Contiene la descrizione dei legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni. Anche questo testo è abbastanza standard. Con EasyQuill è possibile configurare il template standard in cui, assegnati i valori di base, si possono ottenere, se lo si desidera, i calcoli e l'esposizione dei valori derivati. Per il terreno, in genere si usa un legame costitutivo lineare. Nòlian

ha elementi elastoplastici ma non è questo il caso in cui le useremo e quindi riteniamo che comunque vada riportato che il legame costitutivo adottato per il terreno sarà elastico lineare, generalmente non monilatero. Quindi per questo testo si rimanda agli esempi di EasyQuill.

Rappresentatività del modello

Contiene le motivazioni circa la rappresentatività del modello utilizzato, tenendo conto anche dell'eventuale successione di diverse fasi costruttive, di variazioni di schemi di vincolo etc. Anche per questo punto riteniamo questo valga quanto già detto per la Concezione strutturale:

Metodologie di analisi

Contiene la descrizione delle metodologie utilizzate per l'analisi strutturale. Generalmente, salvo casi particolari, anche questo è un testo standard. EasyQuill, eventualmente è in grado di leggere da un file di Nòlian quali analisi sono state effettuate per riportarle in questo capitolo in automatico. Le caratteristiche tipiche dei metodi usati sono descrizioni standard che sono contenute nei template predisposti di EasyQuill e quindi non necessitano di approfondimenti sulla loro redazione.

Una riflessione a parte merita il fatto che le analisi che si è scelto di effettuare possano essere dovute a considerazioni preliminari o ai risultati di analisi sul modello. E' il caso a esempio degli effetti del secondo ordine sia in analisi statica che dinamica. In questo capitolo si deve, a nostro avviso, giustificare i metodi di analisi impiegati e la motivazione del loro impiego

Metodologie di progetto delle membrature strutturali

Contiene la descrizione delle metodologie di progetto e di verifica degli elementi strutturali. Vale quanto detto per le metodologie di analisi.

Presentazione dei risultati

Contiene in forma sintetica la esposizione dei risultati delle analisi.

Sicurezza degli elementi strutturali

Contiene in forma sintetica la esposizione degli elementi che consentono di verificare la rispondenza degli elementi strutturali ai requisiti di sicurezza.

Quindi gli argomenti che approfondiremo nel seguito indicando i dati forniti dai programmi, di analisi, di progettazione e di verifica di EasyWorld e la possibilità di elaborarli da parte di EasyQuill sono i seguenti:

Azioni

Presentazione dei risultati

Sicurezza degli elementi strutturali

Come si vede, gli argomenti che è utile approfondire sono quelli strettamente relativi alla elaborazione automatica che è quanto più, nel nostro ruolo, ci compete e che richiede la maggiore attenzione per un uso valido e produttivo dei programmi anche al fine della redazione della relazione di calcolo. Infatti gli altri elementi della Relazione Tecnica che abbiamo definito standard o a cura del progettista poco competono all'uso dei programmi di analisi, progetto e verifica.

La struttura della Relazione Tecnica

Riportiamo la struttura della Relazione Tecnica come qui l'abbiamo descritta.

- 1 Elenco allegati
- 2 Relazione Generale
- 3 Relazione sui materiali
- 4 Relazione di calcolo
 - 4.1 Concezione strutturale
 - 4.2 Normative di riferimento
 - 4.3 Unità di misura e simbologia
 - 4.4 Documenti e testi di riferimento
 - 4.5 Misure di sicurezza
 - 4.6 Schematizzazione della struttura
 - 4.7 Azioni (*Capitolo approfondito in seguito*)
 - 4.8 Legami costitutivi
 - 4.9 Rappresentatività del modello
 - 4.10 Metodologie di analisi
 - 4.11 Metodologie di progetto delle membrature strutturali
 - 4.12 Presentazione dei risultati (*Capitolo approfondito in seguito*)
 - 4.13 Sicurezza degli elementi strutturali (*Capitolo approfondito in seguito*)
- 5 Allegati
 - 5.1 Affidabilità degli strumenti di calcolo
 - 5.2 Risultati numerici delle elaborazioni

Gli approfondimenti

In quest'ultimo capitolo approfondiremo i punti più complessi della relazione tecnica per quanto attiene al “calcolo” della struttura eseguita con elaboratore.

Azioni

Classificazione

Nella esposizione delle azioni sulla struttura proponiamo di seguire la classificazione secondo la risposta strutturale dividendole in due prime grandi categorie:

statiche
dinamiche

Essendo ovviamente le prime quelle che non provocano, quando applicate, sensibili accelerazioni alla struttura.

Le prime, per avere un ordine utile anche a evitare omissioni nella esposizione, le classificheremo secondo la loro variazione di intensità nel tempo. Quindi avremo il seguente elenco dove in corsivo sono le azioni che non verranno trattate in questo percorso.

Azioni permanenti e variabili di lunga durata

- a) peso proprio della struttura
- b) peso delle sovrastrutture
- c) *pressione del terreno*
- d) *pressione dell'acqua*
- e) *spostamenti imposti*

- f) *pretensione e precompressione*
- g) *ritiro e viscosità*

Variabili a lunga durata

- a) pesi propri di elementi non strutturali
- b) pesi di oggetti e cose disposti sulla struttura
- c) carichi di esercizio di lunga durata

Variabili a breve durata

- a) carichi di esercizio di breve durata
- b) azione del vento
- c) azione della neve
- d) *variazioni termiche ambientali*
- e) *azioni dei fluidi*

Tra queste azioni è compresa anche quella sismica che però noi tratteremo a parte come azione dinamica.

Accidentali

Si faccia attenzione che nell'uso corrente si definiscono “accidentali” i carichi che sono invece definiti dalle norme “variabili”. I carichi accidentali sono quelli invece da urto, esposizione e incendio.

Non verranno trattati in questo percorso

Esposizione delle azioni statiche

Per ogni tipologia di carico va eseguita una valutazione analitica cioè considerando tutte le componenti elementari (analisi dei carichi) e indicando nei casi ove occorra gli elementi (disposizione, altimetria etc.) che concorrono alle valutazioni dei carichi nonché come è stata effettuata la valutazione del carico applicato alla struttura.

EasyQuill automatizza l'analisi dei carichi usando le informazioni base indicate dall'operatore. Nòlian ha un plug-in per la valutazione del carico da vento.

Riteniamo che in questa fase si possano definire i nomi esatti delle condizioni di carico che si useranno nel seguito e nelle elaborazioni automatiche.

Riteniamo inoltre che la esposizione delle modalità di valutazione dei carichi agenti sulla struttura vada accompagnata da una sintetica visualizzazione dei livelli di carico agenti sulla struttura. Quest'ultima esigenza è facilmente soddisfatta dalle rappresentazioni a colori dei livelli di carico che si hanno in Nòlian. Queste immagini si possono inserire automaticamente nella Relazione.

Sistema di masse corrispondenti alle azioni statiche

Si devono riportare, in questo capitolo, i criteri con i quali il sistema di forze agenti staticamente viene considerato un sistema di masse sul quale agisce l'azione dinamica riportando i moltiplicatori da normativa adottati per la valutazione della parte di carico agente a questo fine.

Azione sismica

In questo Percorso e nella Relazione Tecnica che tratta, si usa il metodo di analisi dinamica con lo spettro di risposta e quindi l'azione dinamica è caratterizzata da uno spettro di risposta: Tale spettro viene valutato sulla scorta di parametri che vanno precedentemente illustrati:

- Caratteristiche del sito
- Classe di duttilità della struttura
- Fattore di struttura
- Regolarità della struttura

Queste informazioni sono, nel caso delle relazione eseguita con EasyQuill, fornite dall'operatore. Il programma provvede a calcolare e graficizzare, se richiesto, gli spettri di risposta corrispondenti. In alternativa è possibile far graficizzare gli spettri di risposta usati nell'analisi e memorizzati nel file del modello della struttura.

Una nota a parte merita la valutazione della regolarità della struttura. Infatti tale valutazione può essere fatta sia in base alle caratteristiche strutturali se con tutta evidenza esse suggeriscono la risposta, o attraverso una valutazione numerica. Se è necessario questo secondo approccio, in Nòlian si sta realizzando un plug-in che esegue tale valutazione e i cui risultati vengono riportati in automatico nella relazione. In questo percorso, assumeremo che la asserzione di regolarità venga fatta dall'operatore.

Presentazione dei risultati

La presentazione dei risultati, a nostro avviso, ha lo scopo di dimostrare la validità delle scelte progettuali effettuate lì dove sia necessario che ciò venga fatto e cioè per quelle soluzioni o particolarità strutturali che richiedano una giustificazione numerica delle scelte operate. L'esposizione dei risultati può anche essere vista come una esposizione esemplificativa dei metodi usati. Sempre a nostro avviso, la documentazione analitica dei risultati numerici relativi a tutta la struttura ha poco senso in quanto è il risultato, ove non vi siano appunto soluzioni particolari, delle scelte professionali di un progettista e quindi la loro documentazione analitica pare abbastanza inutile. Poiché però può essere richiesta da una burocrazia abbastanza arretrata o può voler essere prodotta per depositare il lavoro fatto al fine di accertarsi, con i mezzi disponibili, della validità delle proprie scelte, l'approccio da noi suggerito è quello di riportare sinteticamente nella relazione di calcolo i risultati più significativi documentandoli soprattutto con immagini di mappe di colori, di diagrammi, di immagini simboliche. E poi, eventualmente, allegare tutti i risultati in forma numerica prodotti dai programmi di calcolo.

I risultati che, a nostro avviso, vanno riportati in forma sintetica sono i seguenti.

Risultati delle analisi

Devono essere riportati i risultati dell'analisi modale e spettrale in termini di periodi e coefficienti di massa modale relativa. Immagini delle forme modali. Si rimanderà all'allegato della stampa dei risultati prodotti dal programma di analisi (Nòlian) per la documentazione completa sia del modello numerico che dei risultati ottenuti.

I risultati delle “verifiche “ di sicurezza e stabilità delle membrature strutturali sono invece raccolte nel capitolo “Sicurezza degli elementi strutturali”.

Sicurezza degli elementi strutturali

In questo capitolo vanno riportate:

1. combinazioni delle azioni
2. verifiche stato limite di danno
3. verifiche stato limite ultimo
4. verifiche stato limite di esercizio

Combinazione delle azioni

Vanno illustrati i metodi utilizzati per fare le combinazioni delle azioni al fine delle verifiche.

Stato limite di danno

Riportare, sempre come immagine a colori, gli spostamenti differenziali e i valori numerici dei valori massimi di spostamento.

Stato limite ultimo

Si devono riportare le verifiche di resistenza delle sezioni.

1. massima deformazione del calcestruzzo
2. massima deformazione dell'acciaio
3. coefficiente di sicurezza minimo

Possono essere sintetizzate tramite una rappresentazione a livelli di colore. Ciò è facilmente ottenibile in EasyBeam e la produzione della immagine può essere eseguita automaticamente da EasyQuill.

Stato limite di esercizio

1. Fessurazione
2. Tensioni di esercizio

Possono essere sintetizzate tramite una rappresentazione a livelli di colore. Ciò è facilmente ottenibile in EasyBeam e la produzione della immagine può essere eseguita automaticamente da EasyQuill.

Verifiche per azioni sismiche

1. Duttilità
2. Rapporto resistenza nodo
3. Progetto a taglio per azioni sismiche

Possono essere sintetizzate tramite una rappresentazione a livelli di colore. Ciò è facilmente ottenibile in EasyBeam e la produzione della immagine può essere eseguita automaticamente da EasyQuill.

Risultati numerici delle verifiche nelle sezioni più significative

Si consiglia di riportare, oltre ai dati contenuti e negli allegati (che possono, se lo si desidera, contenere i risultati delle verifiche eseguite su tutte le sezioni desiderate degli elementi della struttura) le verifiche delle sezioni più significative, espone in modo discorsivo e non tabellare in modo che sia facilmente comprensibile a chi legge la relazione. EasyBeam consente di individuare automaticamente su tutta la struttura le sezioni più significative secondo vari criteri selezionabili dall'operatore (maggiori sollecitazioni, maggiore armatura etc.). I risultati di queste verifiche possono essere riportati in automatico nella relazione prodotta da EasyQuill.

Verifiche geotecniche

Le verifiche di sicurezza degli elementi di fondazione sono riportati, in genere, insieme a quelli degli altri elementi strutturali. Le verifiche geotecniche sono inerenti la stabilità delle fondazioni. Possono essere prodotte immagini mappa di colori delle sollecitazioni sul terreno (ipotesi di Winkler) o si possono riportare le verifiche numeriche degli elementi di fondazione.