

BIM per l'earthquake engineering

È vero che il BIM fornisce un valore aggiunto all'ingegneria Sismica?

Paolo Segala¹ ■

1. Introduzione

Il Building Information Modeling è un paradigma che sta prendendo piede in Italia solo oggi sebbene le prime definizioni di una esigenza di coordinamento digitale delle discipline nell'ingegneria civile risalgano agli anni '70, con Charles "Chuck" Eastman²: il software, creato nel 1972, si chiamava Building Description System, BDS (Figura 1), ed avanzava in innovazione i successivi software per l'ingegneria meccanica. BDS prevedeva creazione di oggetti geometrici 3D con informazioni e anche la messa in tavola degli elaborati in 2D. Nel 1976 lo staff di Eastman sviluppò un linguaggio, il GLIDE, con un anticipo di più di trent'anni rispetto ai noti Generative Components, Grassopper, Dynamo. La trattazione delle strutture portanti era una delle basi fondamentali di questi strumenti.

È lecito domandarsi a che punto siamo oggi per quanto riguarda la disciplina dell'ingegneria strutturale ed in particolare l'ingegneria sismica. Vorrei partire dalla pubblicazione, in ambito internazionale, di articoli alcuni che riguardano il ruolo dell'ingegneria sismica nei processi BIM. "Seismic performance analysis and BIM" (Gionfriddo, Salcè³) e "BIM & Earthquake Engineering: Enabling structural engineers to design & build strong structures" (dal Portale AECCafe⁴) sono due esempi caratteristici che vale la pena di leggere per farsi una idea di quale appare essere lo stato dell'arte.

Prendiamo ad esempio "BIM & Earthquake Engineering", in esso si dice che il BIM permette allo strutturisti di realizzare migliore sicurezza Sismica. È vero? Una definizione un po' superficiale, dettata da qualche maestro del marketing forse. L'ingegnere strutturista non ha bisogno del BIM per un corretto dimensionamento ad azioni sismiche. Tuttavia il coordinamento digitale può aiutare a non perdere dettagli, soprattutto da discipline che parlano molto poco con gli strutturisti come quella degli impiantisti ed in genere degli installatori di elementi non strutturali. L'articolo accenna anche al (Building) Code Checking. Davvero il controllo delle prescrizioni sismiche (rispetto della gerarchia delle resistenze, staffatura e armatura minima, tanto per fare due esempi, lo vuole fare il "BIM coordinator"? Viene da dire che ben venga, se se ne assume la responsabilità. Tuttavia il building code checking è una attività racchiusa nelle competenze dell'ingegnere strutturista e spesso necessita di quel "engineering judgement" per i molti casi e situazioni speciali laddove un sistema automatico di controllo non da risultati ottimali. Circa poi la possibilità di produrre un modello analitico (il modello che permette la descrizione matematica alla base

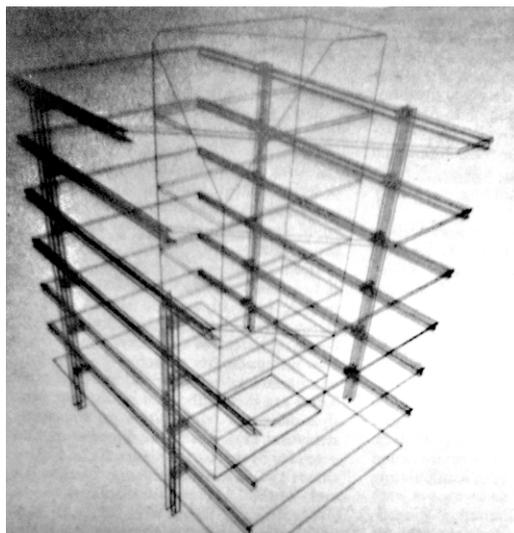


Figura 1
BDS (1972) primo tool
software di BIM.

¹ Ing. Paolo Segala, Coordinatore della Sezione Software di ISI – Ingegneria Sismica Italiana, NAFEMS e Socio di CSPfea s.c. - ✉ segala@cspfea.net

² Si consulti Les A. Piegl, Editor, "Fundamental Development of Computer-Aided Geometric Modeling", edito da Academic Press, 1993, al Capitolo 10: "Conceptual Modeling" a cura di Charles M. Eastman.

³ Joshua Gionfriddo EIT, Leo Salcè LEED AP, pubblicato al link: goo.gl/yCEMdt.

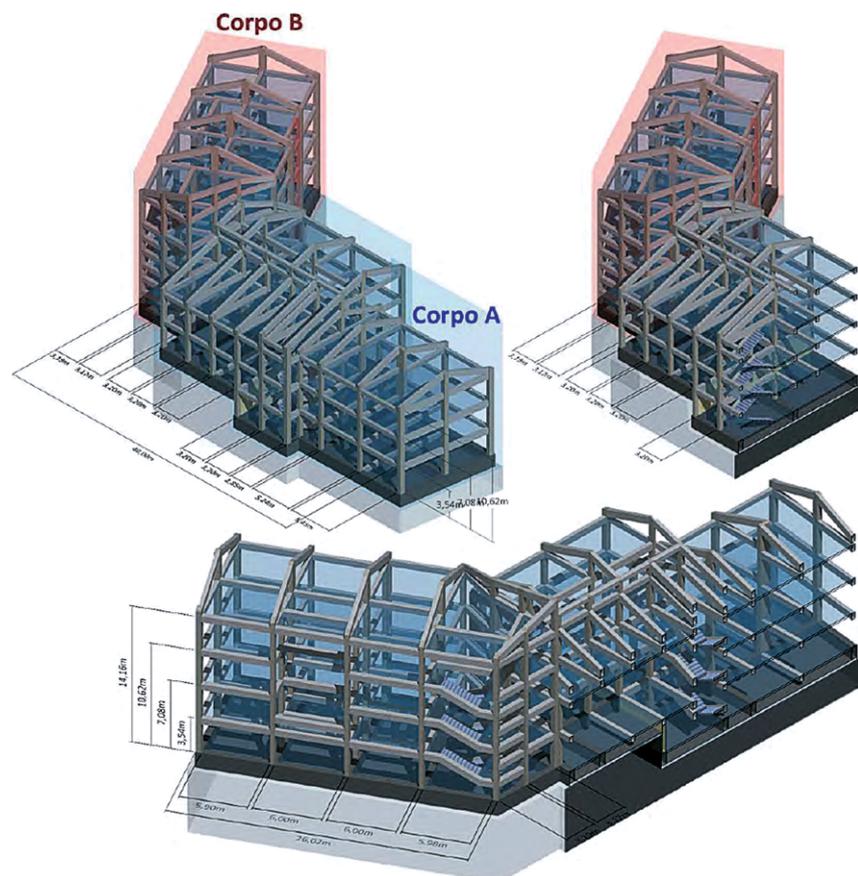
⁴ Consultabile al link: goo.gl/YxKZhY.

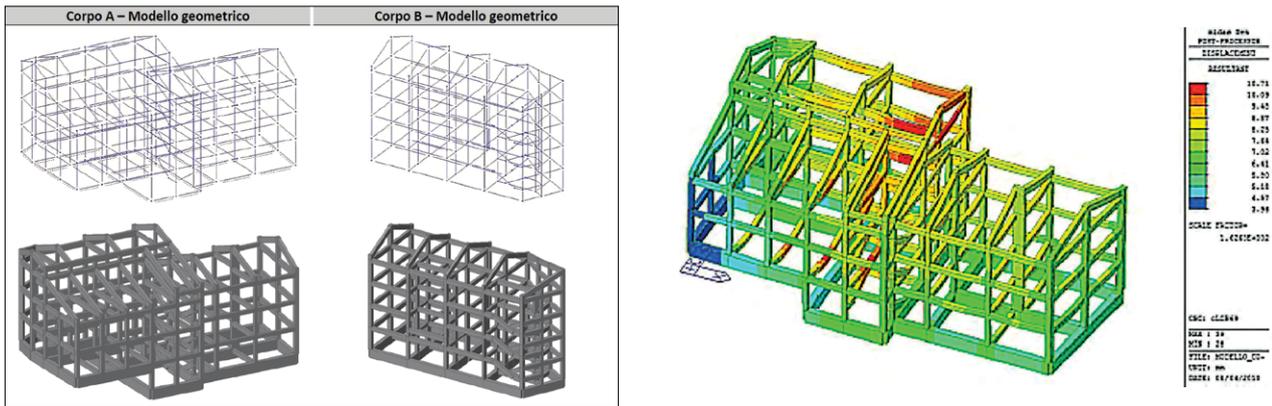
delle analisi numeriche) mediante un tool di BIM Authoring (Revit, Allplan, AECOsim, e molti altri) implementato da un operatore terzo, si tratta di un reale vantaggio per la sicurezza sismica? La creazione di un modello analitico che rappresenti il comportamento fisico oggetto di studio (statica, dinamica, termica, reologica, costruzione per fasi, murature esistenti, etc.) è una delle operazioni per la quale è necessario il totale e completo controllo da parte dell'analista.

2. In quali aree il BIM può dare valore aggiunto all'ingegneria Sismica

È auspicabile che questa domanda trovi risposta tra gli ingegneri strutturisti prima che ci si trovi ad affrontare aspettative fuorvianti da parte di coordinatori di progetto e coordinatori BIM la cui priorità non è certo la struttura. E pertanto si dovrà rispondere alla questione di chi spetti dire quali informazioni dell'analisi strutturale sismica debbono arricchire il modello informativo condiviso (Figura 2). Davvero interessano al BIM coordinator i dettagli di una armatura del nodo trave colonna per la gerarchia delle resistenze? A chi ha già pratica di tool di authoring non suonerà strana la domanda: i BIM authoring tool sono in grado di incamerare dettagli di rebar senza "affondare" nelle limitazioni di RAM e Processori?

Figura 2
Interazione tra BIM tool e software strutturale (Tesi ing. Raffaele Stabile, Università Napoli Federico II).





Se poi, tra i BIM uses, il Committente richieda anche il Facility Management, è necessario decidere (prima che lo faccia qualcun altro) quali informazioni strutturali di quelle usate per la simulazione e il design dovranno essere reperibili al Facility Manager. Quali altri aspetti possono essere considerati strategici per un modello informativo condiviso delle strutture ai fini della sicurezza sismica? Gli scenari sono molteplici, sempre che un governante illuminato intendesse iniziare una politica puntuale di controllo del rischio sismico (edificio per edificio). Si va dai sistemi di pre warning che permettano lo stop di impianti a rischio all'inizio di uno scuotimento, con controlli incrociati per evitare falsi allarmi dovuti a scuotimenti antropici. Per arrivare a sistemi post disaster warning che permettano di decidere rapidamente quali edifici evacuare in funzione di una misura "on site" della sollecitazione sismica effettiva (con "black box" connesse mediante sistemi IoT) e della risposta del fabbricato (misurata da analoghe black box) comparata con un modello analitico. Si arriva al tema assicurativo dei risarcimenti: un tema già sul tavolo per il settore PLANT, Figura 3, ma in via di grande espansione futura per edifici ed infrastrutture).

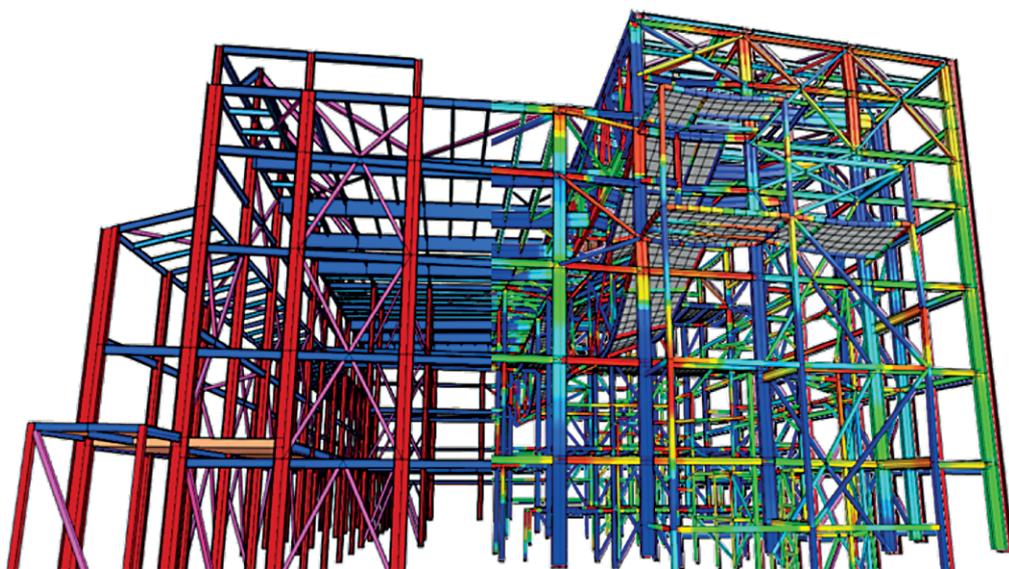
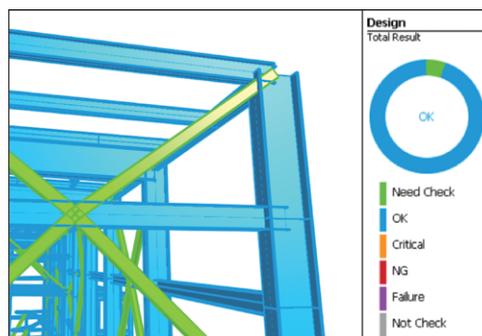


Figura 3
MIDAS Plant.



3. Dove è necessario innovare?

Il BIM per l'ingegneria strutturale non manca certo di problematiche ancora aperte: ne elenco cinque.

1. I software di analisi strutturale, essendo lo strumento principale dello strutturista, non possono essere vincolati a quelli offerti nella suite BIM: ogni strumento di analisi ha specifiche peculiarità e validazioni ed è impensabile appiattare le possibilità d'uso al software offerto in "bundle" con lo strumento di BIM Authoring. In ambito meccanico esiste un analogo dilemma risolto con software di analisi che si collegano agli standard CAD mediante dei "workbench".
2. Il BIM non aiuta gli strutturisti a fare costruzioni sicure, si tratta solo di slogan pubblicitari; tuttavia gli strutturisti devono accrescere le proprie conoscenze come gestori di procedure di interoperabilità e data mining. Gli strutturisti devono acquisire competenze nella preparazione di BIM Execution Plan almeno per quanto riguarda il loro "BIM use".
3. Il BIM non pare utile per fare ottimizzazione strutturale. Infatti pur essendo una feature avanzata presente in alcuni software di calcolo strutturale, come in MIDAS⁵, operante anche su migliaia di Combinazioni di Calcolo, viene utilizzata ancora poco preferendo invece una ottimizzazione basata sull'engineering judgement. Tuttavia la progettazione con gli Eurocodici e le NTC prevede, di fatto, migliaia di combinazioni, risultando spesso arduo comprendere quale può essere la combinazione giusta sulla quale effettuare l'ottimizzazione: uno strumento "automatico" crea incertezza nell'ingegnere strutturista.
4. Un file format aperto, basato sul formato IFC, per le analisi Sismiche, è assente. Di tale implementazione beneficerebbero anche le Pratiche Strutturali da consegnare agli Enti competenti per le autorizzazioni. Ingegneria Sismica Italiana ha trattato il problema⁶ e la Sezione Software di ISI ha attivato un Gruppo di Lavoro sull'argomento. A breve sono attesi importanti sviluppi.
5. È opportuno, e potenzialmente offre vantaggi competitivi, sviluppare competenze pratiche di coding mediante l'uso di API, Shell (ad esempio MIDAS MGT), strumenti (Figura 4) di "visual logic to design workflow" quali Dynamo, Grassopper e Generative Components⁷. Tali competenze sono ancora molto affidate a terze parti specializzate.

4. Le aree applicative e i trend attuali

Vi sono quattro aree applicative dove si sta notando un trend di sviluppo concreto nell'interazione tra Modello Informativo BIM e Modello Analitico Sismico-Strutturale. In questi contesti si può parlare di "bim use":

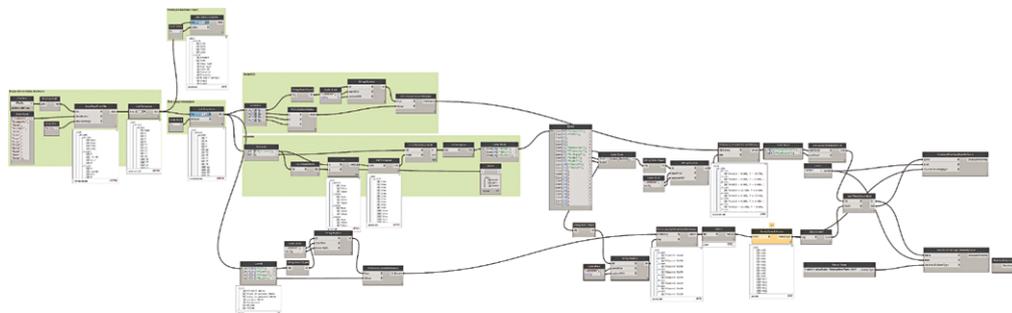
1. Nuove costruzioni, Edifici;
2. Costruzioni esistenti, heritage (Figura 5), retrofitting design;
3. Costruzioni esistenti: il BIM per la mitigazione del rischio sismico;
4. Infrastrutture (nuove ed esistenti);

Cerchiamo, in poche righe di segnalare le opportunità che stanno nascendo.

5. Nuove costruzioni, Edifici

Su questo "campo di battaglia" si segnalano i maggiori conflitti tra progettisti architettonici, che generalmente assumono il comando del modello informativi, e gli strutturisti (Figura 6). Il maggior tema di sviluppo riguarda l'interoperabilità tra software di BIM Authoring e software di analisi strutturale (Figura 7). Per mille motivi tali "link" sono per lo più "one way" con l'aspettativa di un "round trip" del quale non si comprende ancora quali reali esigenze vi siano, come ho spiegato precedentemente. Come già detto, il Building Code Check su strumenti di BIM Authoring o di Code Checking ha poco senso perché lo eseguono egregiamente i software strutturali. Il ritorno al modello BIM dei dettagli di rebar e ed altri particolari sembra invece

Figura 4
Script di Dynamo, con dipendenze relazionali matematiche tra i vari dati di input ricavati dal file MIDAS (*.mgt) e dalle tabelle (*.XLS) create da MIDAS Gen.



⁵ Per vedere in azione uno Steel Optimal Design si veda il seguente goo.gl/WnbRLd.

⁶ Si consultino gli Atti del Convegno ISI "La revisione delle Norme Tecniche analizzata dal mondo delle software house" al link: goo.gl/46GK59.

⁷ Si veda il video di Carlo Zanchetta a SAIE 2016 (link: goo.gl/e2Zsei) e il video di Stefano Converso, sempre al SAIE 2016 (link: goo.gl/FUUIKSw).



Figura 5
BIM e Beni culturali
(Prof. Lenci et al., Università
Politecnica delle Marche),
dal Cloud Point al FEM.
Convento di San Francesco ad
Alto, Ancona.

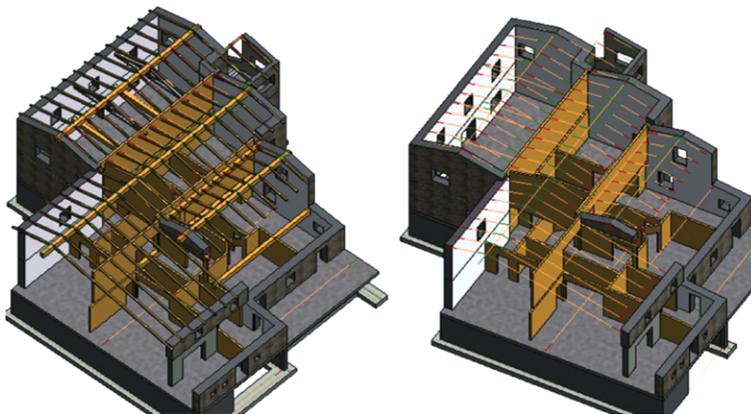
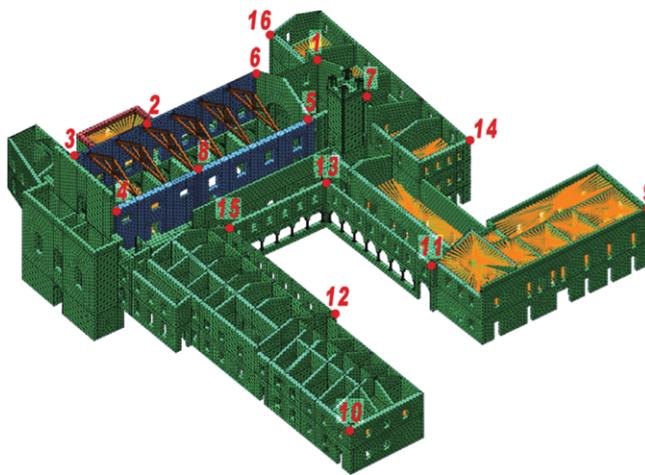


Figura 6
BIM to FEM (Progetto Casa
21, Prof. Ronca, Ing. Zichi,
Politecnico Milano).

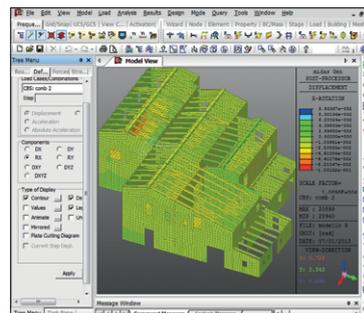
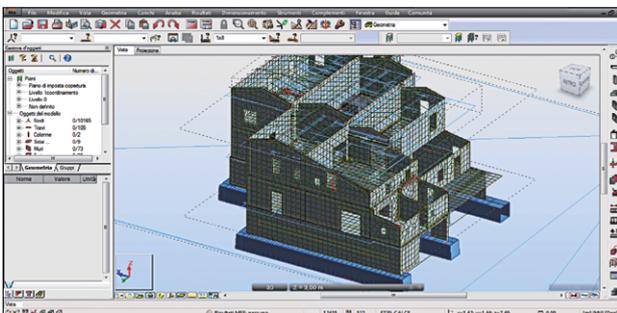
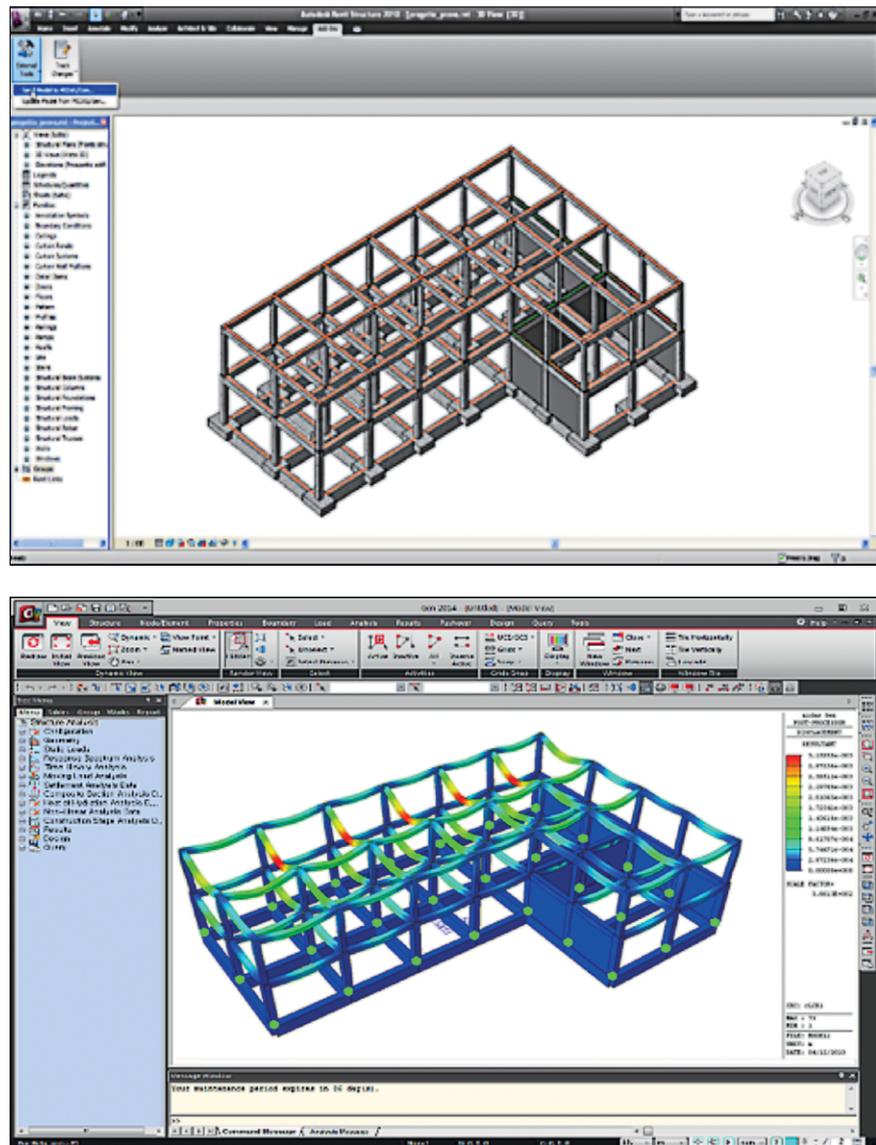


Figura 7
Collegamento diretto tra software BIM e strutturale.



più interessante se orientato verso il fabbricante (specie nelle strutture in acciaio dove vi è una fase di “manufacturing”). La comunicazione e condivisione di parametri tra architetto – impiantista – strutturista è, da ciò che ho potuto raccogliere, l’aspetto più innovativo. Questa interazione è all’ordine del giorno nel settore dell’ingegneria Impiantistica dove peraltro si sono sviluppati strumenti specifici (AVEVA Production, Intergraph-Hexagon SmartPlant, Bentley AutoPIPE, MIDAS Plant), anche se manca in molti di questi strumenti una vera interazione impianto-struttura per l’analisi strutturale, soprattutto sismica. Tuttavia per la grande maggioranza dei lavori nell’ingegneria civile, l’interazione tra struttura ed elementi non strutturali (così critica nell’ingegneria sismica), è ancora un tema aperto, senza soluzioni soddisfacenti⁸.

Gli esempi nei quali il tema è l’interazione tra Modello Informativo ed Ingegneria Strutturale non mancano. Invito il lettore ad approfondire questo tema consultando, tra gli altri, il lavoro di Carlo Zanchetta⁹ dell’Università di Padova, di Stefano Converso¹⁰ dell’Università di Roma 3, di Massimo Mantoan¹¹.

⁸ Si veda un Video introduttivo sul ruolo del BIM rispetto all’ingegneria strutturale a questo Link: https://www.youtube.com/watch?v=VeREv8J_OYE.

⁹ Si consulti il Numero 0 di Information Modeling, a pag. 4, a questo http://www.structural-modeling.it/pageflip_im_num1/index.html e il relativo Video: <https://www.youtube.com/watch?v=8nXiS42YpVc>.

¹⁰ Si consulti il Numero 0 di Information Modeling, a pag. 22, a questo Link: http://www.structural-modeling.it/pageflip_im_num1/index.html.

¹¹ Tra le iniziative, segnalo un Corso sul BIM per gli strutturisti al seguente Link <https://goo.gl/oBHceW>

6. Costruzioni esistenti, heritage, retrofitting design

Per quanto attiene il retrofitting design e la sua relazione col processo BIM c'è molto da esplorare. In primis sulla relazione tra modelli geometrici (basati su acquisizioni ormai economiche di nuvole di punti, Figura 8) per giungere ai modelli analitici. I modelli analitici possono discostarsi anche di molto dalle geometrie rilevate quando si intenda schematizzare le strutture a telaio equivalente, tuttavia per geometrie irregolari o complesse appare sempre più chiaro che le analisi vadano affrontate con geometrie “al continuo” mediante mesh composte da elementi finiti 2D (plate/shell) o 3D (tetra o brick). Ancora una volta sono gli ingegneri a rincorrere affannosamente la tecnologia Point Cloud avendo il compito di creare geometrie tridimensionali dalle nuvole di punti per poi ottenere mesh con refinement adeguate e warping accettabili. Rhinoceros e software 3D similari sono strumenti chiave per conseguire questi risultati, specie se collegati in cascata con meshatori di qualità come MIDAS FX+. Le questioni da affrontare in sede di coordinamento BIM con le altre discipline sono: come “agganciare” una geometria con il relativo modello analitico? È necessario il cosiddetto round trip? Forse solo per gli elementi di rinforzo, ma come?

7. Costruzioni esistenti: il BIM per la mitigazione del rischio sismico

Un database informativo sia degli elementi strutturali che di quelli non strutturali, organizzato nel flusso di lavoro BIM, può essere il punto di partenza per lavorare con modelli probabilistici (basati su curve di fragilità per ciascun tipo di componente) che valutino le perdite attese. La Nuova Zelanda sembra tra i Paesi in testa a questo modo di concepire il BIM. Un buon riferimento è costituito da Filiatrault et al., “Potential of Building Information Modeling for Seismic Risk Mitigation in Buildings” (consultabile al link: goo.gl/iFHb81).

Con un database informativo contenente le fragilità di ciascun componente dell'edificio è immaginabile uno strumento di autodiagnosi che permetta, immediatamente dopo un evento sismico, di valutare i possibili danni localizzati sull'edificio permettendo di orientare le verifiche e controlli e riducendo le perdite di tempo in una situazione di emergenza.

Una ulteriore funzione, stiamo tuttavia spingendoci ai margini del BIM per entrare nell'Internet Of Things, è quella di attivare una rete di sensori ed attuatori che, controllati da remoto, sulla base di modelli numerici sviluppati per l'edificio in questione, permettano l'attivazione e disattivazione di impianti rilevanti ai fini del rischio sismico.

8. Infrastrutture (nuove ed esistenti)

Quale ruolo nella vulnerabilità sismica del Infrastructure Information Modeling (IIM o InfraBIM)? Si registra al momento un interesse tra le committenze di infrastrutture per una formalizzazione dei processi BIM nella progettazione, costruzione e mantenimento di infrastrutture. Questo anche sulla spinta del nuovo Codice Appalti e delle nuove UNI 11337. Sulle infrastrutture il tema sarebbe d'attualità! Il legame tra BIM e calcolo strutturale, per non parlare del calcolo di vulnerabilità sismica, in questo settore è ancora agli inizi. Alcuni prodotti software sono già in grado di gestire processi BIM per le infrastrutture tuttavia molta strada è necessaria per arrivare ad incorporare tools di simulazione.



Figura 8
Rilievo con nuvola di punti di un complesso industriale (Bentley Point Cloud).

9. Conclusioni

Il tema costituisce una incredibile opportunità che merita di essere affrontata dagli strutturisti. La formazione e la scelta di strumenti software è un passaggio fondamentale inevitabile.

Per concludere potrei dire che il BIM non aiuta a creare edifici sismicamente più sicuri, ma l'ingegneria sismica può aiutare a creare Modelli BIM efficaci ed utili quando il sisma è una azione importante per il fabbricato.