



Open (?) BIM

L'interoperabilità ai tempi dell'edilizia informatizzata

Structural Interoperability Model

**Una proposta di estensione delle IFC
per il progetto di strutture in zona sismica**

Amedeo Farello

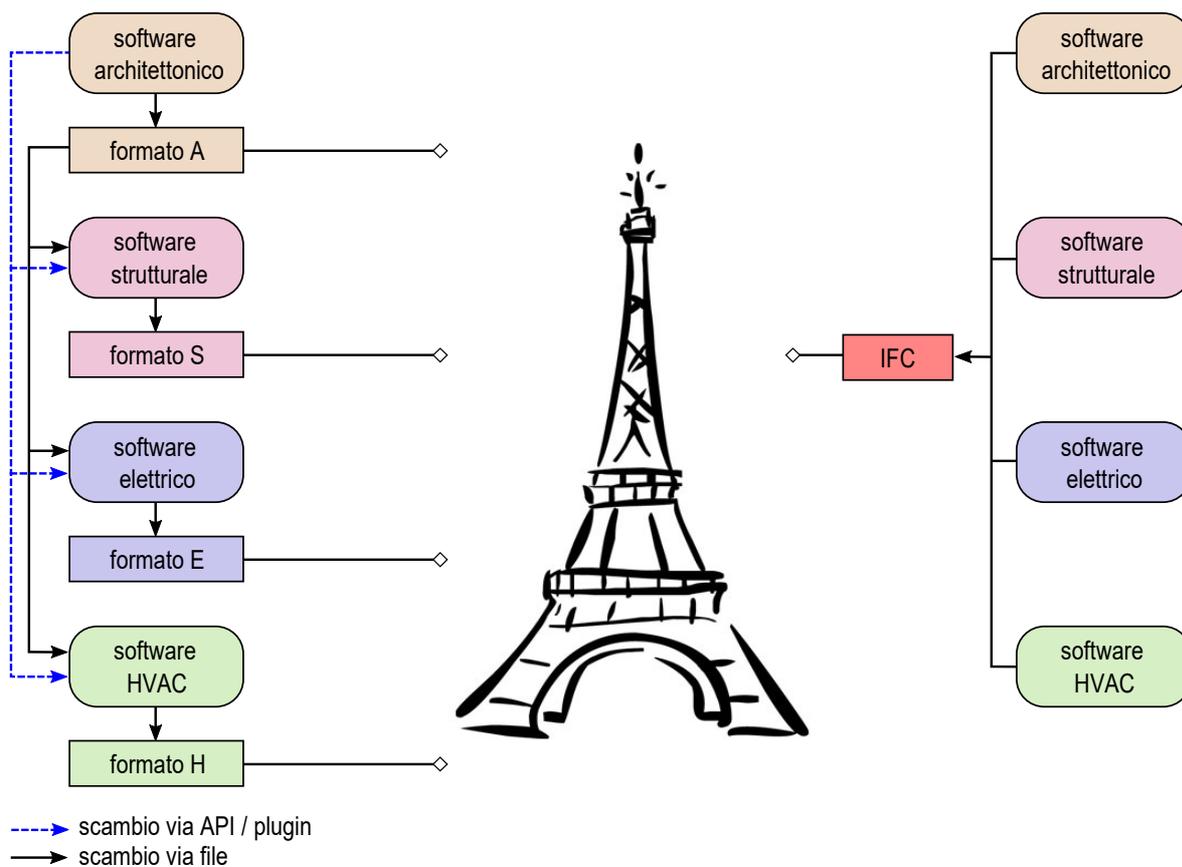
Softing srl

SAIE 2016

Vorrei iniziare con una breve introduzione per fissare i concetti collegati a termini come “BIM” e “IFC”, scusandomi se per qualcuno si tratterà di questioni già note.

Possiamo definire il **BIM** (Building Information Modeling) come il processo di generazione e gestione di una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un manufatto architettonico, potenzialmente di ogni suo aspetto, dalla sua concezione alla sua demolizione.

Lo scopo del BIM è costituire un valido supporto decisionale ed uno strumento di ottimizzazione e cooperazione. Perciò, anche se è lecito includere nella definizione suddetta un approccio ibrido, ovvero basato su di una serie eterogenea di file in formati diversi ed eventualmente sull'interscambio bilaterale di informazioni tra applicazioni tramite API o plugin, è chiaro come la possibilità di utilizzare un unico formato di archiviazione standardizzato, purché adeguato allo scopo, sia preferibile. Ciò al momento si concretizza nelle **IFC** (Industry Foundation Classes).



BIM e OpenBIM

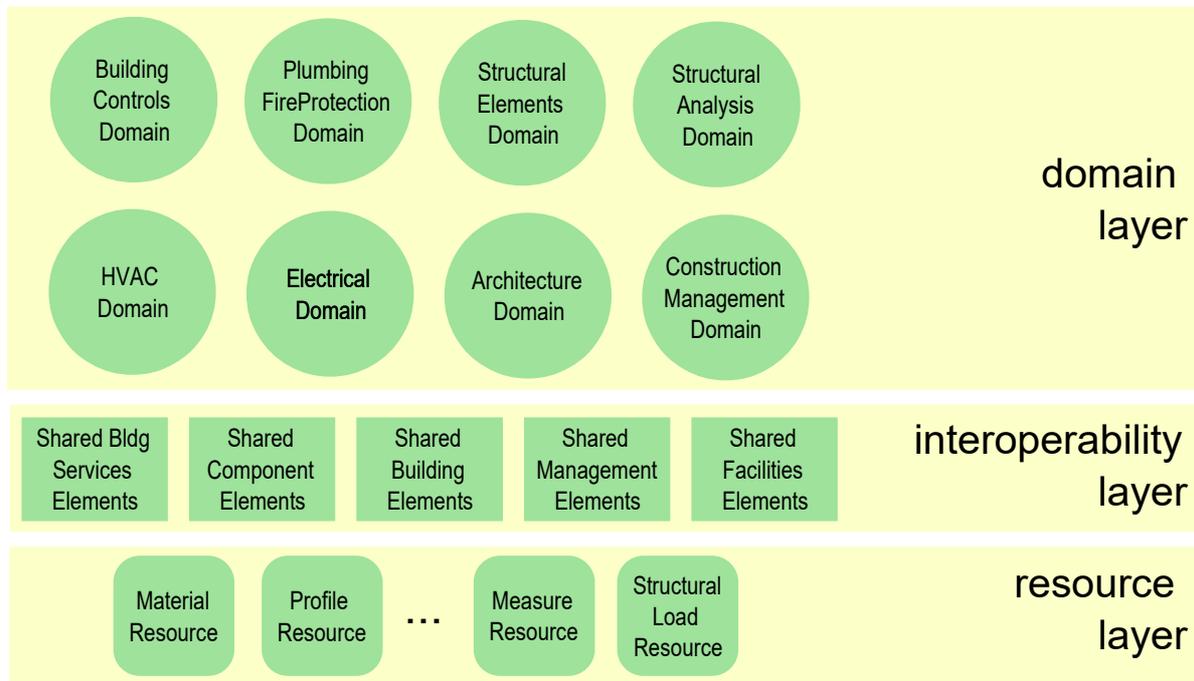
IFC è un formato di archiviazione pubblico e neutrale e ha lo scopo di rendere possibile ciò che viene definito “**Open BIM**”, ovvero la collaborazione e l'interoperabilità tra le applicazioni che lo supportano. Merita ricordare alcuni dei vantaggi di un unico formato standardizzato rispetto a soluzioni basate su archivi separati: un migliore controllo del progetto, una minore obsolescenza degli archivi, una opportunità normativa e di semplificazione gestionale per le pubbliche amministrazioni, minori costi nello sviluppo del software.

Ad esempio è più semplice coordinare i modelli relativi ai diversi aspetti progettuali e verificare indesiderate incongruenze o interferenze geometriche. Oppure, dato che IFC prevede l'identificazione univoca di qualsiasi entità mediante un codice, è possibile realizzare strumenti in grado di segnalare le modifiche intervenute tra versioni differenti dello stesso modello. Cosa che connessa ad un qualunque sistema di controllo di versione come quelli abitualmente in uso nello

sviluppo del software, consente di ricostruire l'evoluzione del progetto attraverso le sue modifiche.

Architettura delle IFC

Le IFC comprendono un'ampia serie di “classi” raggruppate in “schemi”, che descrivono informazioni di carattere architettonico, impiantistico, gestionale e naturalmente anche strutturale.



Architettura delle IFC (parziale)

IFC contiene 3 diversi schemi di modelli di dati che risultano di interesse per il progettista di strutture: **Shared Building Elements** descrive gli elementi principali di una costruzione come travi, pilastri, solai (IfcBeam, IfcColumn, IfcSlab, etc.); **Structural Elements Domain** si occupa principalmente di fondazioni ed armature (IfcFooting, IfcPile, IfcReinforcingBar, etc.), lo **Structural Analysis Domain** descrive il modello di analisi della struttura (IfcStructuralConnection, IfcStructuralMember, etc.) mentre lo **Structural Load Resource** contiene entità di supporto per lo Structural Analysis Domain. Questi ultimi due schemi costituiscono l'oggetto della nostra proposta di modifica.

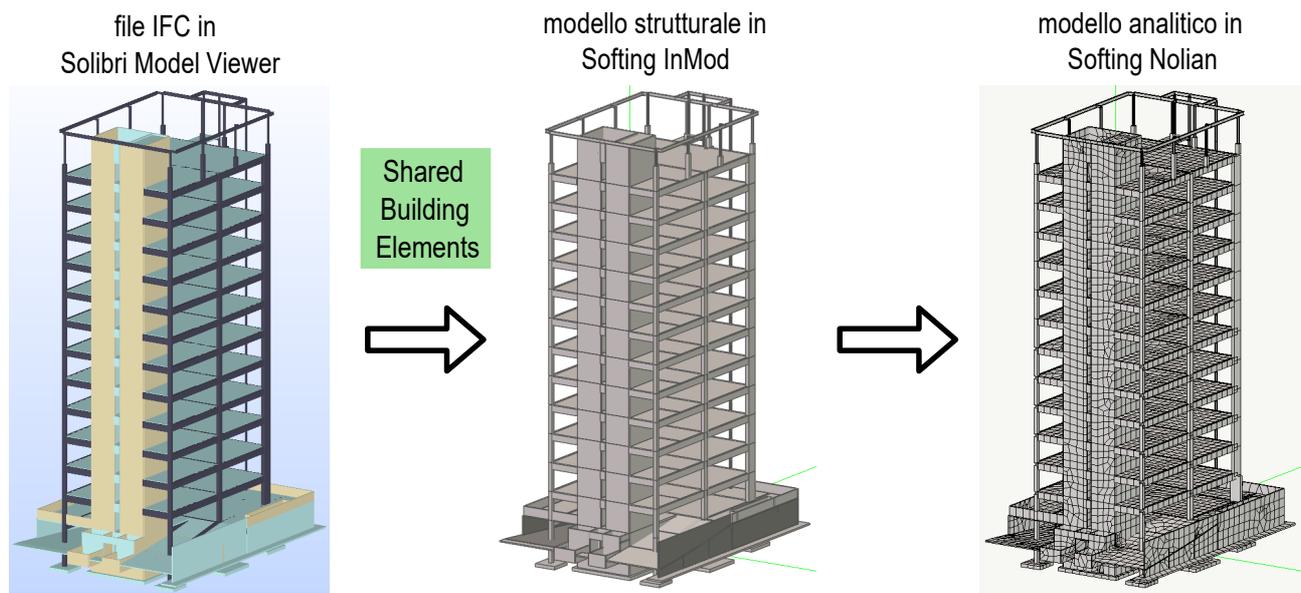
Il flusso di lavoro di un progettista strutturale che utilizzi le IFC presenta alcune criticità che vale la pena di mettere in evidenza.

Modello architettonico e modello analitico

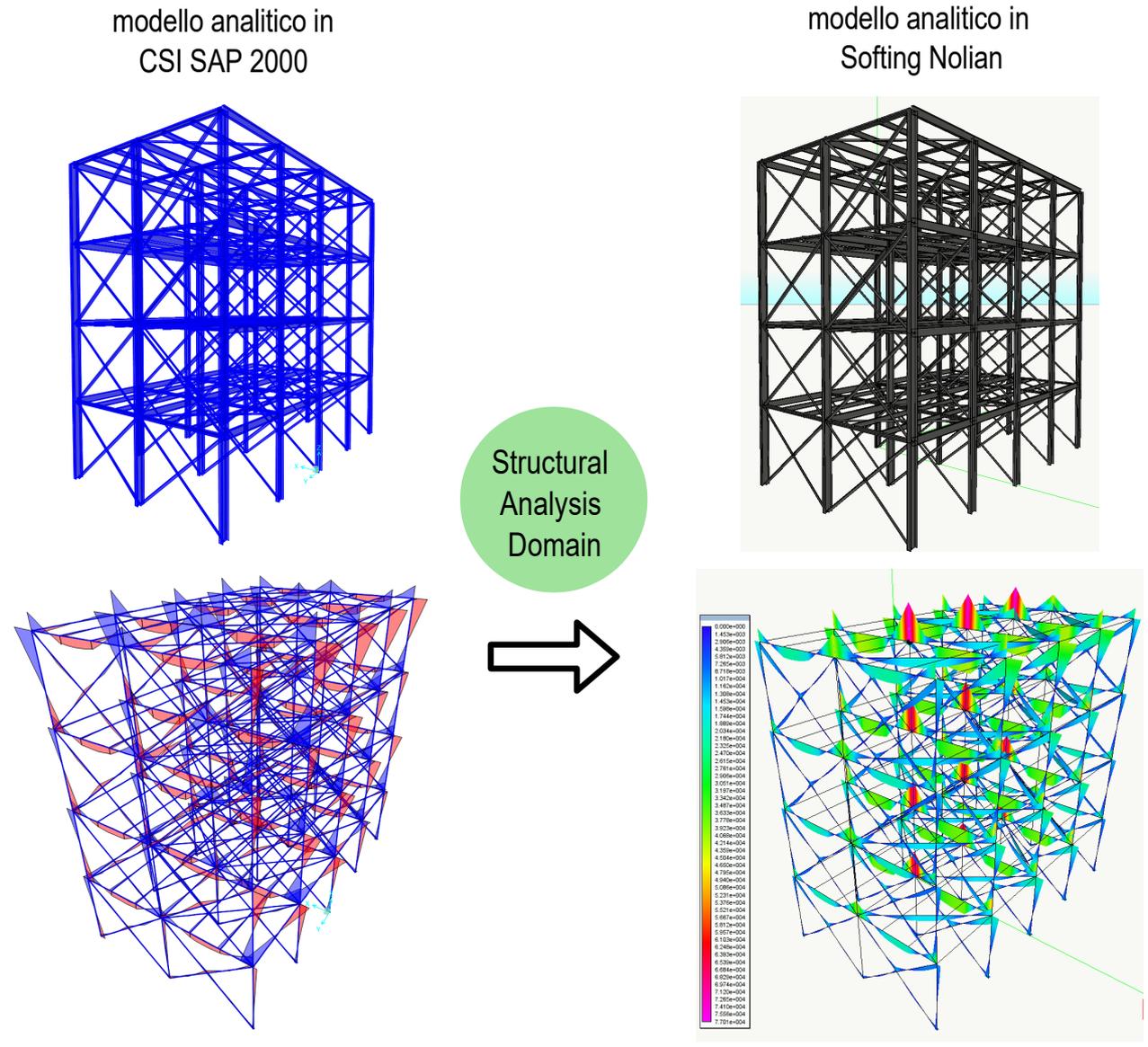
Una questione essenziale è senz'altro la traduzione del progetto architettonico in un modello di analisi efficace ed affidabile. E' perciò importante sottolineare la fondamentale differenza che passa tra l'aver a disposizione un modello di tipo “architettonico”, ovvero basato sullo schema Shared Building Elements ed eventualmente Structural Elements Domain, ed uno analitico, ovvero basato sullo schema Structural Analysis Domain. Nel primo caso sarà necessario procedere alla conversione del modello architettonico in analitico mentre nel secondo il modello sarà già sostanzialmente pronto per l'analisi.

Inoltre disponendo di uno strumento in grado di gestire lo schema Structural Analysis Domain sarà possibile memorizzare all'interno del file IFC il modello analitico messo a punto, arricchendo le informazioni disponibili e consentendo ad altri di effettuare successivi confronti, verifiche o post-

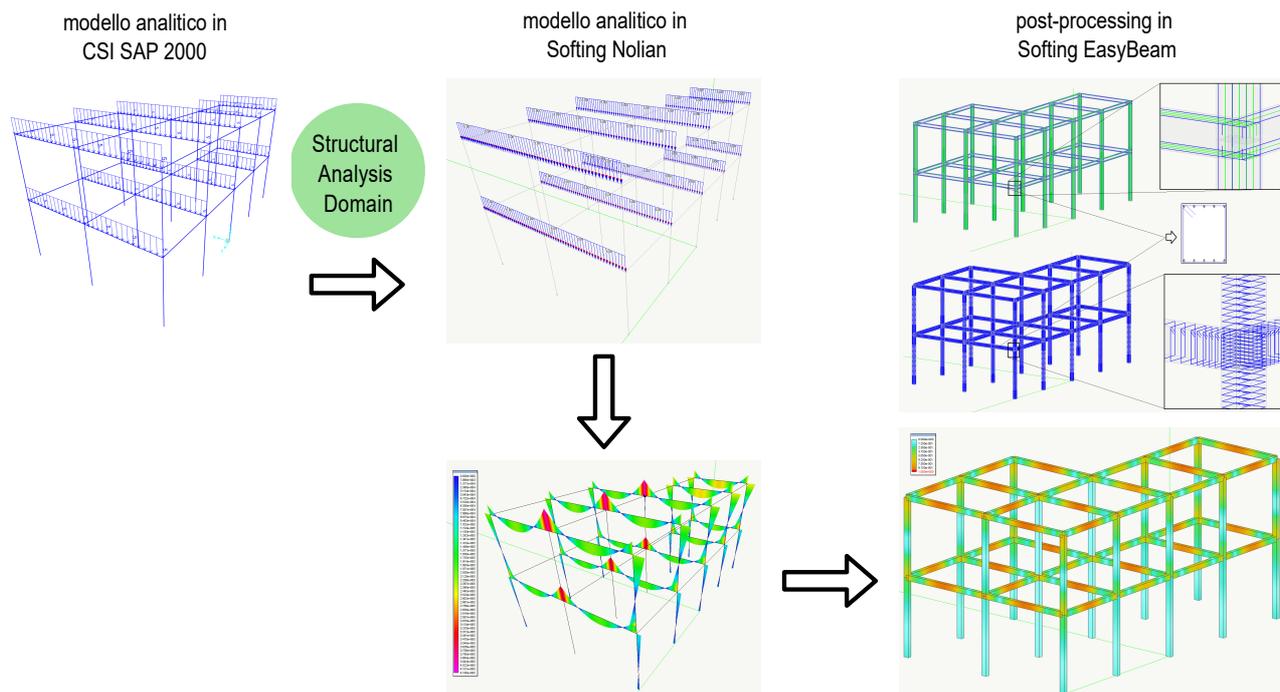
elaborazioni. Viceversa sarà necessario mantenere separate le informazioni, archiviando il modello in un formato proprietario e si dovrà ripetere la conversione in modello di calcolo ogni volta.



Interoperabilità del modello architettonico



Interoperabilità del modello analitico



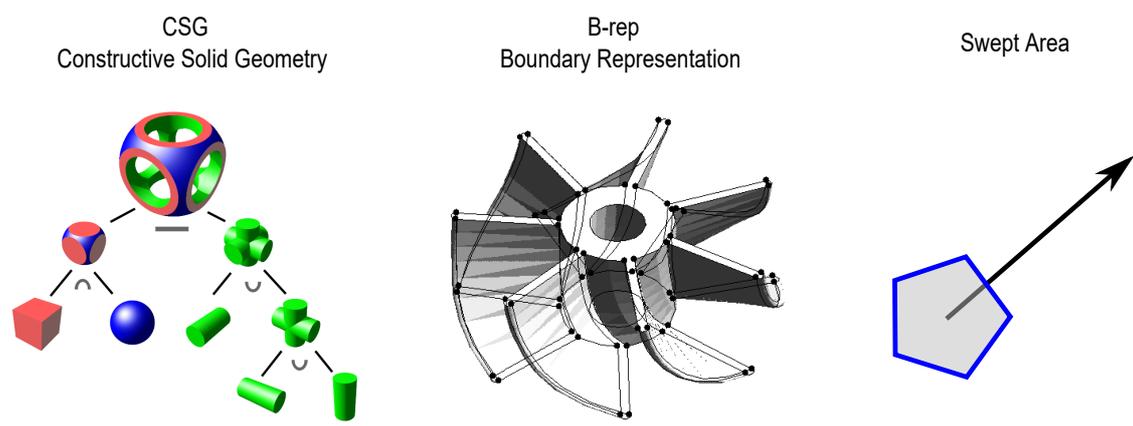
Interoperabilità del modello analitico

Purtroppo questo secondo scenario è al momento il più diffuso, poiché sono davvero pochissime le applicazioni in grado di gestire lo schema analitico (Structural Analysis Domain).

E' da sottolineare che uno dei vantaggi del disporre di due schemi distinti per il progetto architettonico e quello strutturale consente di mantenere separate le due descrizioni geometriche, attribuendo agli strumenti che operano sui dati e non al formato in sé l'onere di mantenere la congruenza.

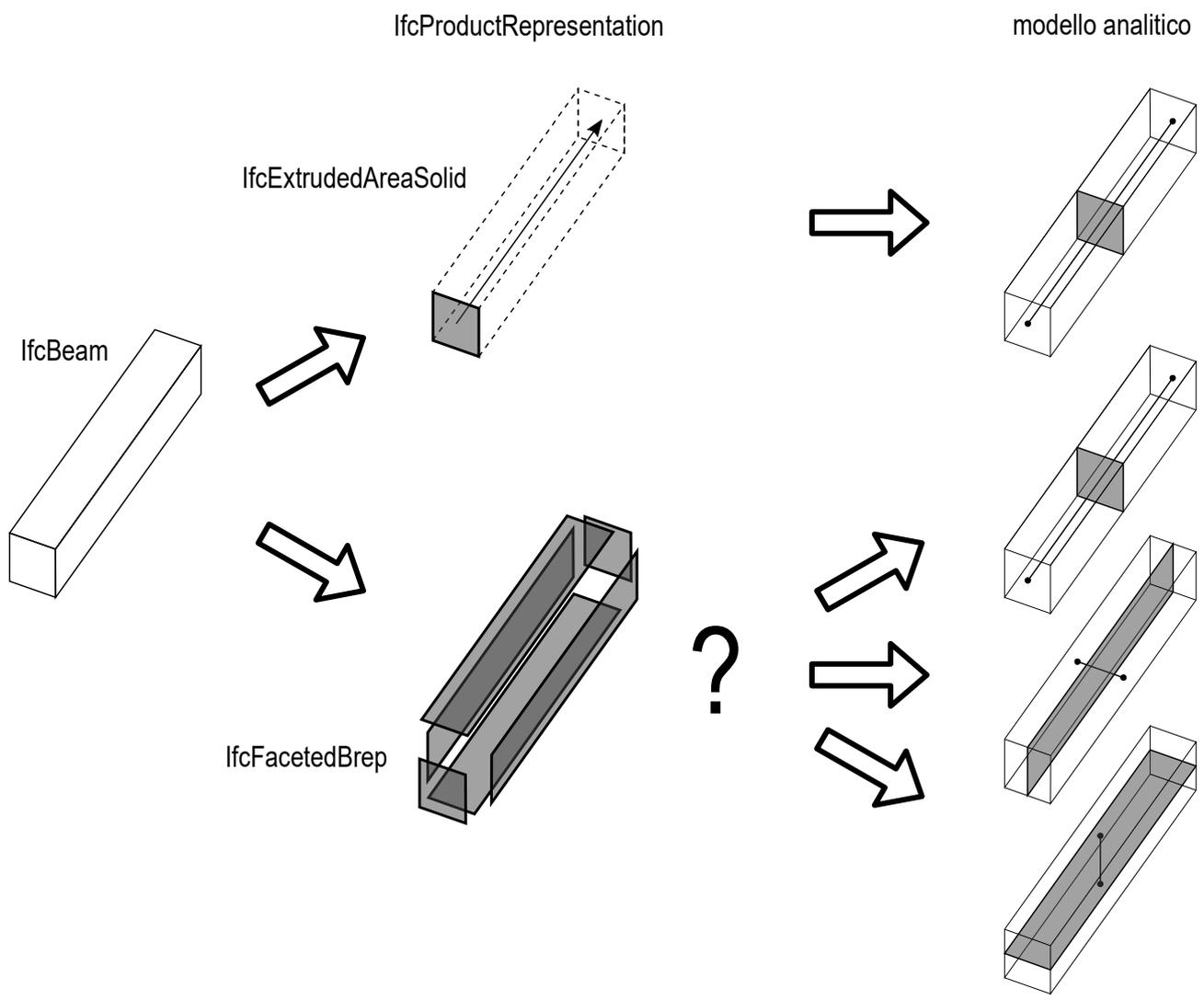
Rappresentazione geometrica

E' importante segnalare che, nell'ambito della traduzione del modello architettonico in modello analitico, possono verificarsi problemi di conversione dovuti alle modalità di modellazione geometrica impiegate dal modello architettonico. IFC consente infatti di definire una o più "rappresentazioni" geometriche per ciascuna entità. Ciascuna di esse può basarsi su una delle numerose tipologie disponibili, tra cui Constructive Solid Geometry (CSG, in cui l'oggetto risultante deriva da una serie di operazioni di unione, sottrazione o intersezione tra solidi a loro volta definibili in svariati modi), Boundary Representation (B-rep, in cui il volume viene definito da una serie di facce, definite a loro volta da bordi e vertici), Swept area (in cui un profilo bidimensionale viene estruso lungo un percorso nello spazio), etc.



Alcuni dei possibili tipi di rappresentazione geometrica in IFC

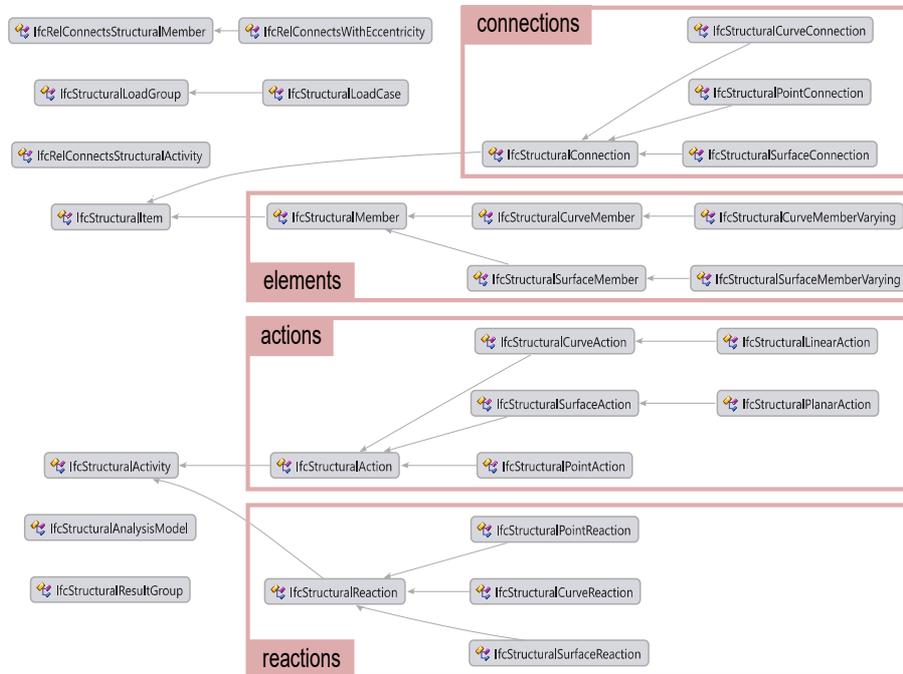
Dal punto di vista della conversione in modello analitico, il tipo di rappresentazione che meglio si presta è quello basato sull'estrusione di un profilo. Altri tipi di rappresentazione infatti presentano ambiguità topologiche di difficile se non impossibile interpretazione da parte di un algoritmo automatico.



Ambiguità nell'interpretazione strutturale dovute al tipo di rappresentazione

Architettura dello schema Structural Analysis Domain

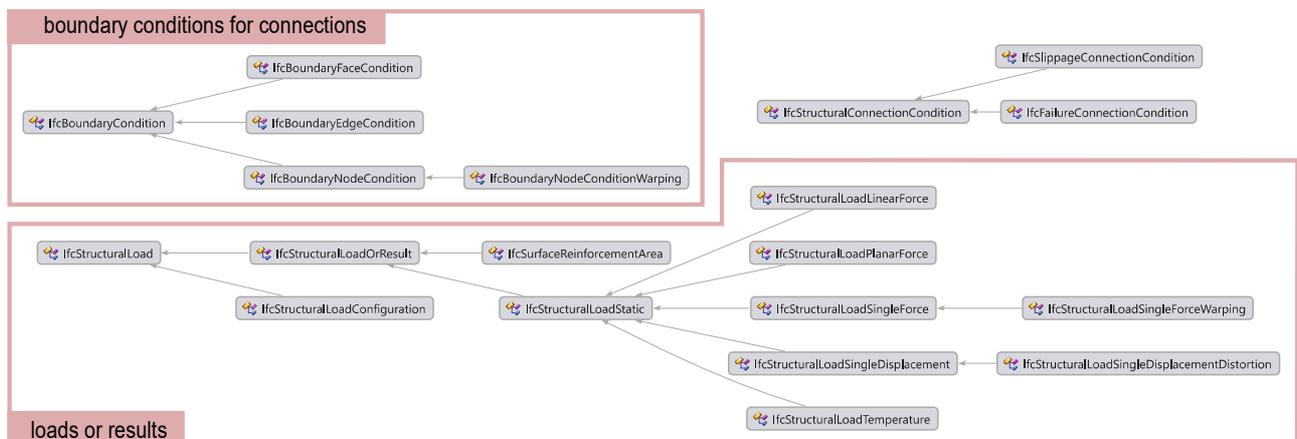
Passando ad esaminare più in dettaglio lo schema Structural Analysis Domain, possiamo individuare classi destinate a descrivere connessioni tra elementi (la gerarchia IfcStructuralConnection), oppure elementi mono o bidimensionali (la gerarchia IfcStructuralMember), o ancora azioni sulla struttura (la gerarchia IfcStructuralAction). Non mancano classi per descrivere condizioni o combinazioni di carico, risultati, etc.



Schema di derivazione delle classi appartenenti allo Structural Analysis Domain (IFC4)

Architettura dello schema Structural Load Resource

Come per molti altri aspetti di IFC lo schema principale è supportato da uno schema ausiliario che definisce strutture dati di supporto alle entità principali. In questo caso si tratta dello schema “Structural Load Resource”, che mette a disposizione entità per descrivere concretamente vari tipi di carico, di risultato o di condizioni al contorno.



Schema di derivazione delle classi appartenenti allo Structural Load Resource (IFC4)

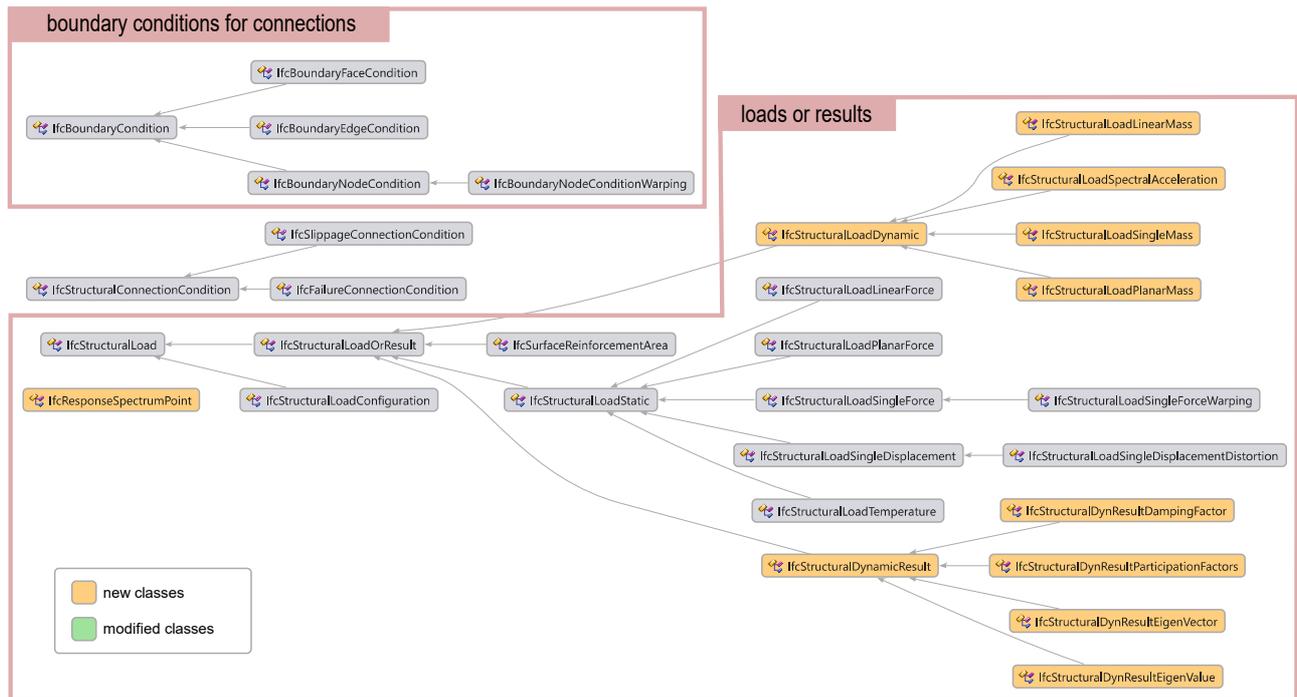
A questo punto potrebbe sembrare che si possa concludere semplicemente auspicando un maggiore supporto a queste parti del formato IFC da parte degli strumenti software che utilizziamo. Non è così. La versione attuale di IFC (Version 4 Addendum 2) infatti non contempla né l'identificazione

tipologica degli elementi finiti né l'analisi dinamica, cosa che pone un forte limite al suo utilizzo in paesi a forte rischio sismico come il nostro.

Questa è la ragione per cui abbiamo elaborato una proposta di estensione dello standard ad includere per l'appunto questi aspetti. Per semplicità ci siamo limitati alla gestione degli elementi mono e bidimensionali, ma riteniamo che l'estensione a quelli tridimensionali non incontrerebbe particolari problemi.

Siamo intervenuti su entrambi gli schemi Structural Analysis Domain e Structural Load Resource. Per ovvie ragioni abbiamo cercato di uniformarci il più possibile allo stile corrente di IFC.

Modifiche allo schema Structural Load Resource



Schema di derivazione delle classi appartenenti allo Structural Load Resource (SIM)

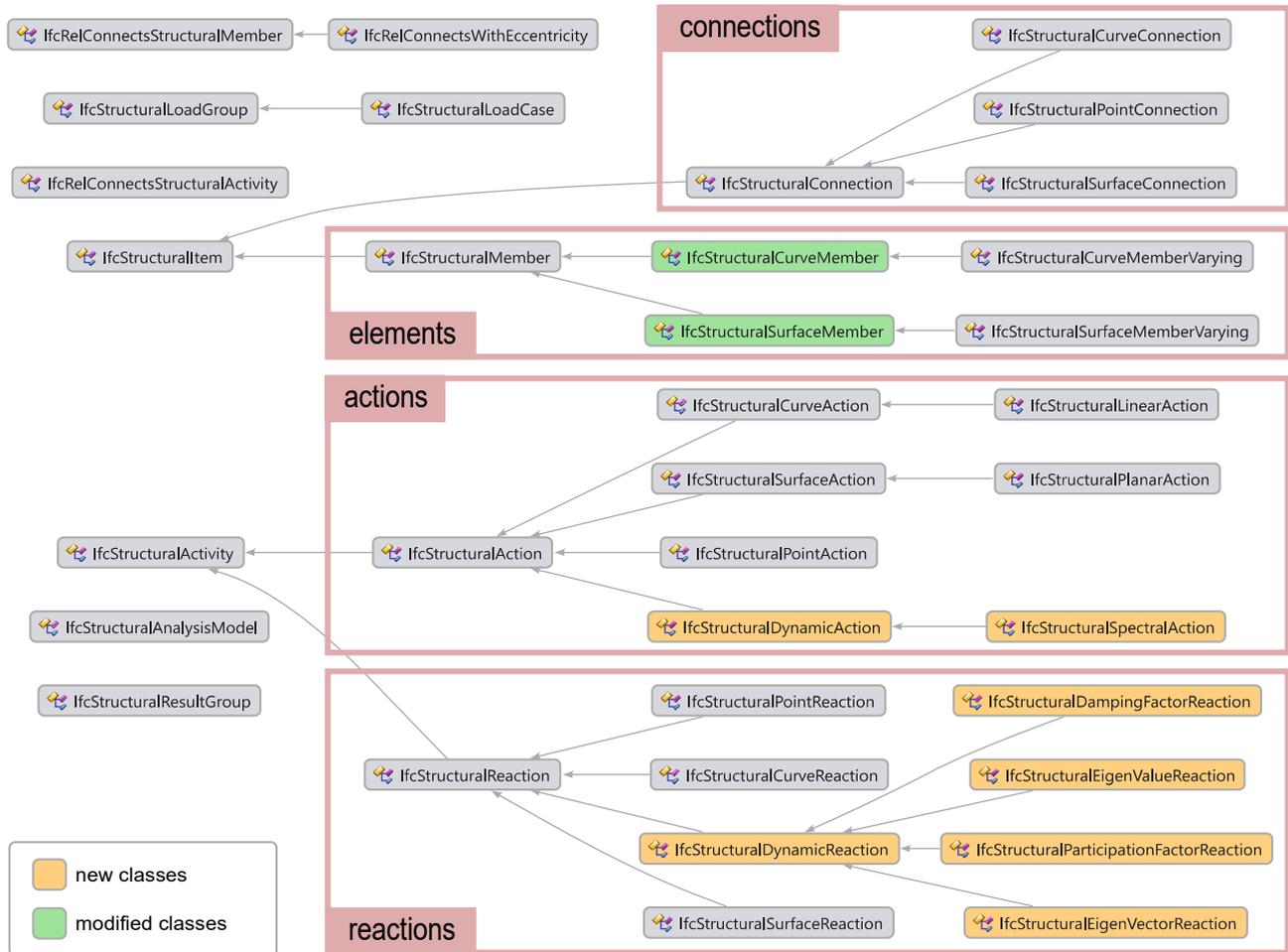
La nuova entità astratta `IfcStructuralLoadDynamic` è la base per le strutture dati che descrivono le azioni dinamiche. Da essa derivano `IfcStructuralLoadSingleMass`, `IfcStructuralLoadLinearMass` e `IfcStructuralLoadPlanarMass` che gestiscono le masse applicate rispettivamente alle entità `IfcStructuralPointConnection`, `IfcStructuralCurveMember` e `IfcStructuralSurfaceMember`.

È anche la superclasse di `IfcStructuralLoadSpectralAcceleration`, che con il supporto di `IfcResponseSpectrumPoint`, implementa uno spettro di risposta e il relativo vettore di azione sismica.

La nuova entità astratta `IfcStructuralDynamicResult` deriva da `IfcStructuralLoadOrResult` ed è la base delle entità che descrivono i risultati prodotti da un'analisi dinamica: `IfcStructuralDynResultEigenValue`, `IfcStructuralDynResultEigenVector`, `IfcStructuralDynResultDampingFactor` e `IfcStructuralDynResultParticipationFactor`.

Queste scelte consentono di inserire la gestione delle nuove azioni e reazioni di tipo dinamico nella struttura IFC esistente, senza modificare ad esempio l'entità `IfcStructuralAnalysisModel`.

Modifiche allo schema Structural Analysis Domain

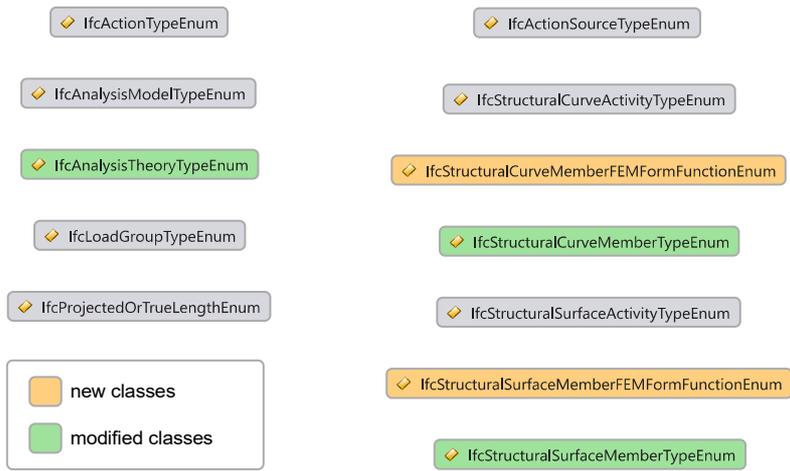


Schema di derivazione delle classi appartenenti allo Structural Analysis Domain (SIM)

La nuova entità astratta **IfcStructuralDynamicAction** è la base per le classi che descrivono azioni dinamiche, al momento unicamente **IfcStructuralSpectralAction**.

La nuova entità astratta **IfcStructuralDynamicReaction** è la base per le classi che descrivono reazioni derivanti da un'analisi dinamica: **IfcStructuralEigenValueReaction**, **IfcStructuralEigenVectorReaction**, **IfcStructuralDampingFactorReaction** e **IfcStructuralParticipationFactorReaction**. Si noti che in IFC il termine “reazioni” include reazioni vincolari, sollecitazioni interne agli elementi, spostamenti nodali, etc.

Per consentire l'uso delle esistenti classi **IfcStructuralCurveMember** e **IfcStructuralSurfaceMember** come *elementi finiti* abbiamo introdotto due nuove enumerazioni, **IfcStructuralCurveMemberFEMFormFunctionEnum** e **IfcStructuralSurfaceMemberFEMFormFunctionEnum**, che indicano per l'appunto quale funzione di forma viene assegnata ad uno specifico elemento.



Enumeratori nello Structural Analysis Domain (SIM)

Le enumerazioni esistenti *IfcStructuralCurveMemberTypeEnum* e *IfcStructuralSurfaceMemberTypeEnum* sono state estese a coprire ulteriori tipi di elemento. Inoltre *IfcAnalysisTheoryTypeEnum* ora include alcuni tipi di analisi modale, inclusi i metodi di sovrapposizione modale di tipo SRSS e CQC.

Conclusione

A supporto di questa proposta abbiamo prodotto un documento contenente, per entrambi gli schemi Structural Analysis Domain e Structural Load Resource, gli schemi grafici di derivazione delle classi, i diagrammi EXPRESS-G e i listati in formato XSD (XML Schema Definition). In aggiunta è presente una nota che illustra le modalità di impiego delle entità di supporto da parte delle entità appartenenti allo schema principale.

Nonostante l'evidente grande mole di lavoro fin qui profusa in esse, le IFC non sono complete. Tuttavia offrono l'opportunità di un significativo passo avanti nella gestione di progetti complessi da parte della filiera produttiva e nel monitoraggio del patrimonio edilizio da parte della pubblica amministrazione.



Ipotesi di utilizzo di IFC per la compilazione della "pratica digitale"

E' però chiaro che il successo di IFC non può prescindere dal sincero coinvolgimento dei maggiori produttori di software, ovvero da un adeguato sviluppo degli strumenti software a disposizione.