

Metodologia BIM applicata alla progettazione infrastrutturale

L'interoperabilità chiarita attraverso un Case study

La metodologia BIM applicata alla progettazione di Infrastrutture può rappresentare un miglioramento del flusso di lavoro, del progetto e del prodotto finale. Nel mondo delle Infrastrutture esiste l'esigenza di far dialogare discipline specialistiche diverse, ad esempio la disciplina della Progettazione Infrastrutturale con quella Strutturale. Inoltre i progetti infrastrutturali, spesso, sono suddivisi tra diversi gruppi di progettazione e l'ottimizzazione della comunicazione tra i gruppi è un aspetto fondamentale per il miglioramento complessivo del progetto stesso. La fase progettuale risulta tanto più efficace quanto più le diverse discipline sono in grado di dialogare fra loro in modo organico, attraverso strumenti che permettano l'integrazione ed il controllo reciproco tra queste.

Per facilitare i processi di progettazione multidisciplinare, la metodologia Bim prevede l'**interoperabilità** tra diversi software, con la possibilità di scambio dati tra di essi. Il concetto è stato ribadito nel recente [D.M. n. 560 del 01/12/2017](#)¹ (art. 4) per la progressiva introduzione del Bim.

Questa caratteristica fondamentale è strettamente legata alle disposizioni della norma [UNI 11337 2017](#)², sull'utilizzo di **formati aperti**, con specifiche pubbliche, per l'interoperabilità: la norma stessa cita i formati .IFC, .pdf/A, .xml, .csv, .txt, .LandXML, .shp, .GML. L'importanza dell'utilizzo di formati aperti viene ulteriormente ribadita anche nel documento dell'EUBIM Taskgroup [Handbook for the Introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector](#) (§ 3.2.2).

Uno scopo di questo articolo è evitare il cosiddetto "Bim washing", ovvero il disordine concettuale in atto sul significato del termine Bim, spesso identificato come un unico ambiente software piuttosto che come un insieme di procedure che legano diversi ambienti software. Di seguito si cercherà quindi di chiarire come sia possibile operare seguendo alcune prassi metodologiche di matrice Bim.

Nel presente articolo si descriverà quindi il caso di studio della progettazione di un'infrastruttura complessa, da realizzarsi in Italia. In virtù della sua complessità, la progettazione dell'intera infrastruttura è stata affidata a gruppi di progettazione distinti, che utilizzano programmi di progettazione diversi. L'esempio, fornito da ENSER S.r.l., riguarda la progettazione di un'intersezione autostradale a livelli sfalsati comprendente un viadotto di sovrappasso.

I progettisti stradali utilizzano il software di progettazione **CIVIL DESIGN 11**, mentre il progetto del viadotto è stato realizzato con **TEKLA STRUCTURES 2017 - Grasshopper**.

Responsabile della progettazione stradale è l'ing.ra Smeralda Saccà, mentre quello del viadotto è l'ing. Claudio Demattia. I contenuti di questo articolo faranno parte della tesi di Master in Bim Manager dell'ing. Claudio Demattia presso il Politecnico di Milano.

Si sintetizzano di seguito le interazioni interdisciplinari rese possibili dall'approccio BIM ed i risultati ottenuti.

¹ <http://www.mit.gov.it/normativa/decreto-ministeriale-numero-560-del-01122017>

² Si veda nello specifico la 11337-1:2017

Flusso di lavoro e flusso informativo (Information management) tra le discipline infrastrutturale e strutturale

Il BIM Manager ha suddiviso il flusso di lavoro ed il flusso informativo nel seguente modo:

1. Progettazione del corpo stradale mediante il software di progettazione stradale.
2. Esportazione dati a Tekla Structures 2017
3. Progettazione del viadotto mediante il software di progettazione del ponte.
4. Ambiente di progettazione del ponte: visualizzazione modelli e Controllo interferenze
5. Esportazione dati a Civil Design 11
6. Ambiente dell'infrastruttura stradale: verifica di coerenza geometrica (clash detection).
7. Ricerca della soluzione ottimale.
8. Modello architettonico aggregato dell'opera – Creazione e visualizzazione.
9. Progettazione di dettaglio e integrazione con ulteriori progettazioni specialistiche

Di seguito si descrive passo-passo il lavoro svolto nei diversi ambienti di progettazione.

1 Progettazione del corpo stradale nel programma di progettazione stradale

Lo svincolo e l'intersezione a livelli sfalsati è stata progettata mediante il software **CIVIL DESIGN 11**.

Tutto il progetto è concepito da subito georeferenziato su coordinate originali, aspetto fondamentale per le successive operazioni di interscambio fra software.

Possiamo suddividere questa fase nelle seguenti sottofasi:

- a. Preparazione del modello del terreno (DTM) e dell'esistente;
- b. Progettazione del tracciato dell'opera in planimetria, per elementi, rettili, raccordi, ... ;
- c. Progettazione del profilo e suo studio su livellette e raccordi altimetrici;
- d. Studio della sezione tipo per la piattaforma con calcolo delle sopraelevazioni, pendenze trasversali e andamenti dei cigli;
- e. Creazione del modello 3D dell'infrastruttura.

2 Esportazione dati a Tekla

Per mantenere il coordinamento tra la progettazione Infrastrutturale e la progettazione Strutturale, vengono esportati dei dati da CIVIL DESIGN 11 mediante le seguenti operazioni:

- a. Estrazione di dati necessari alla progettazione strutturale del viadotto, quali la polilinea 3d dell'asse e quelle dei cigli laterali;
- b. esportazione del modello 3D nel formato IFC (figura 1); tale formato di interscambio (riferimento specifiche tecniche UNI EN ISO 16739:2016) è ritenuto privilegiato nei progetti BIM, già utilizzato in tempi recenti in progetti pilota nei paesi del nord Europa, e recentemente richiesto anche in Italia.

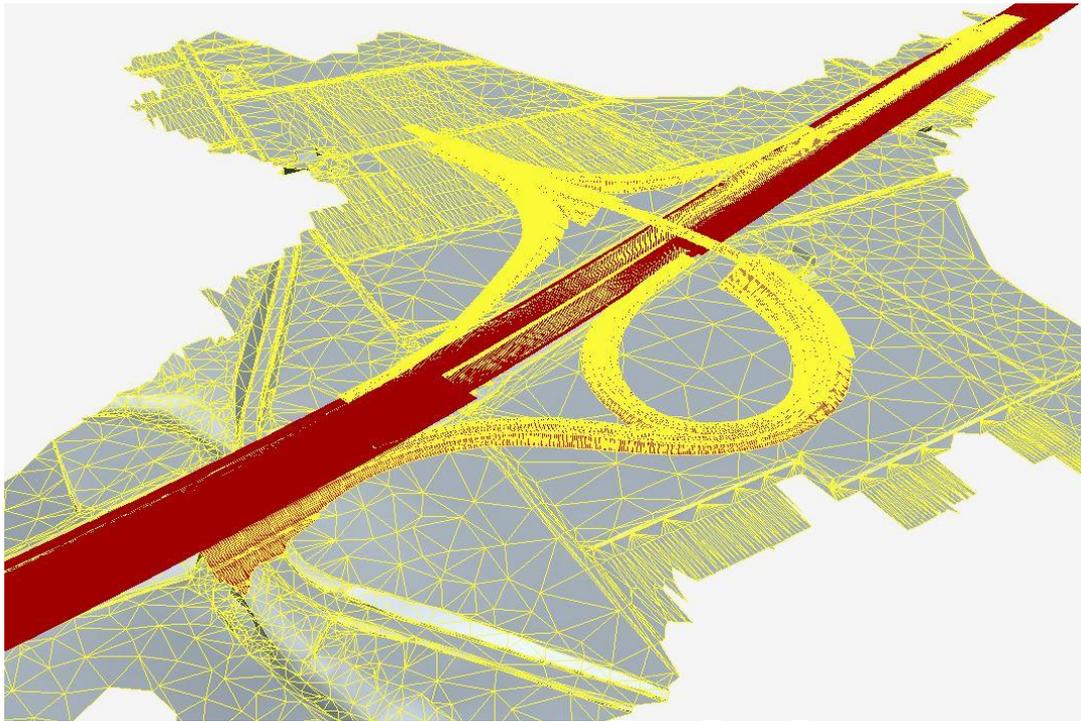


Figura 1 Modello dello svincolo con intersezione a livelli sfalsati (schermata visualizzatore IFC)

3 Progettazione del viadotto nel programma di progettazione del ponte.

Grasshopper è lo strumento di Visual Programming per la modellazione parametrica del ponte e Tekla Structures 2017 è lo strumento di modellazione di dettaglio del ponte e delle strutture in cemento armato. Possiamo suddividere la fase di progettazione del ponte nelle seguenti sottofasi:

- Importazione del modello IFC georeferenziato all'interno dello strumento di Bim Authoring strutturale (Tekla Structures 2017);
- Importazione all'interno di Grasshopper degli output estratti dagli strumenti di Bim Authoring infrastrutturale (polilinee 3D dell'asse e dei cigli) come input per la progettazione strutturale.
- Modellazione strutturale del viadotto per via parametrica (Grasshopper + Tekla Structures 2017).

4 Ambiente di progettazione del ponte: visualizzazione modelli e Controllo interferenze

Poiché il modello infrastrutturale e il modello strutturale sono georeferiti rispetto allo stesso sistema di riferimento, in Tekla è possibile eseguire un controllo delle interferenze tra i modelli mediante un confronto tra la piattaforma stradale e il modello del ponte:

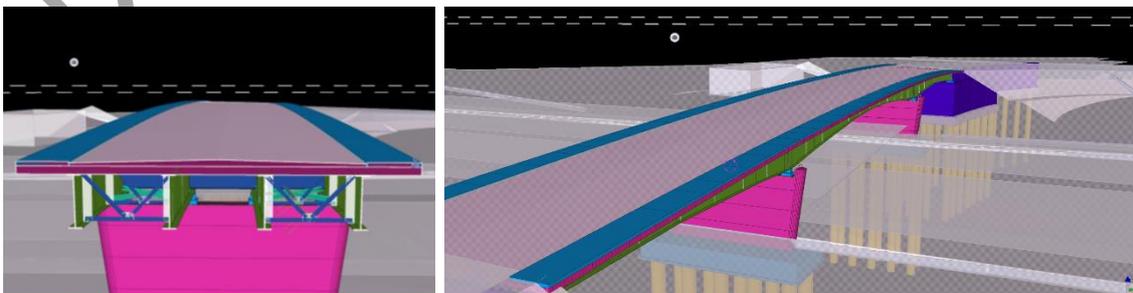


Figura 2 Controllo interferenze in Tekla: in grigio il modello stradale (IFC importato) e a colori il modello strutturale

5 Esportazione dati a Civil Design 11

Possiamo suddividere questa fase nelle seguenti sottofasi:

- Esportazione georeferenziata del viadotto da Tekla Structures come mesh poliedriche in un file di formato “.dwg”.
- Importazione nell’ambiente di CIVIL DESIGN 11 del modello del ponte. È possibile convertire le mesh in un insieme di 3DFace mediante il comando Esplosi.



Figura 3 Modello esportato da Tekla Structures come Mesh poliedrica

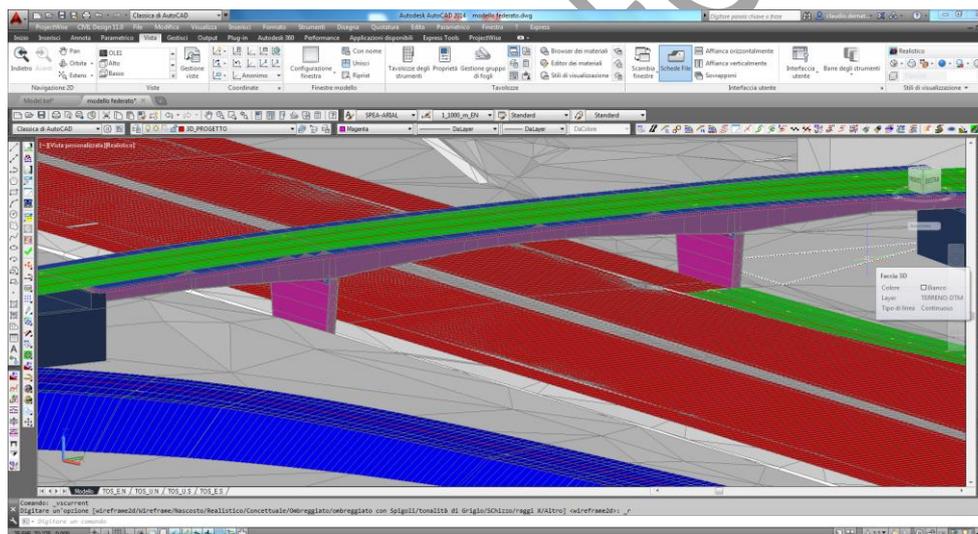


Figura 4 Vista in ambiente Civil Design 11 dei 2 modelli georeferenziati

6 Ambiente dell’infrastruttura stradale: verifica di coerenza geometrica (clash detection).

Il flusso di lavoro dei progettisti stradali ha previsto l’importazione dei dati geometrici del viadotto nell’ambiente di progettazione di **CIVIL DESIGN 11** al fine di controllare il corretto posizionamento e l’andamento altimetrico. Ciò viene eseguito mediante l’estrazione di sezioni trasversali e longitudinali.

Utilizzando i comandi di **CIVIL DESIGN 11** viene quindi creato sul modello del ponte il tracciato rappresentante l’asse stradale. Su tale asse vengono quindi definite le sezioni trasversali (ortogonali all’asse), con un passo adeguato alla necessità progettuali (nel caso di studio specifico è stato scelto un passo pari a 3 m). Si possono inserire ulteriori sezioni nei punti significativi nei quali risulta necessario estrarre una sezione (ad esempio in corrispondenza delle pile o delle piastre di supporto).

La figura 5 illustra il risultato finale del processo di definizione delle sezioni planimetriche.

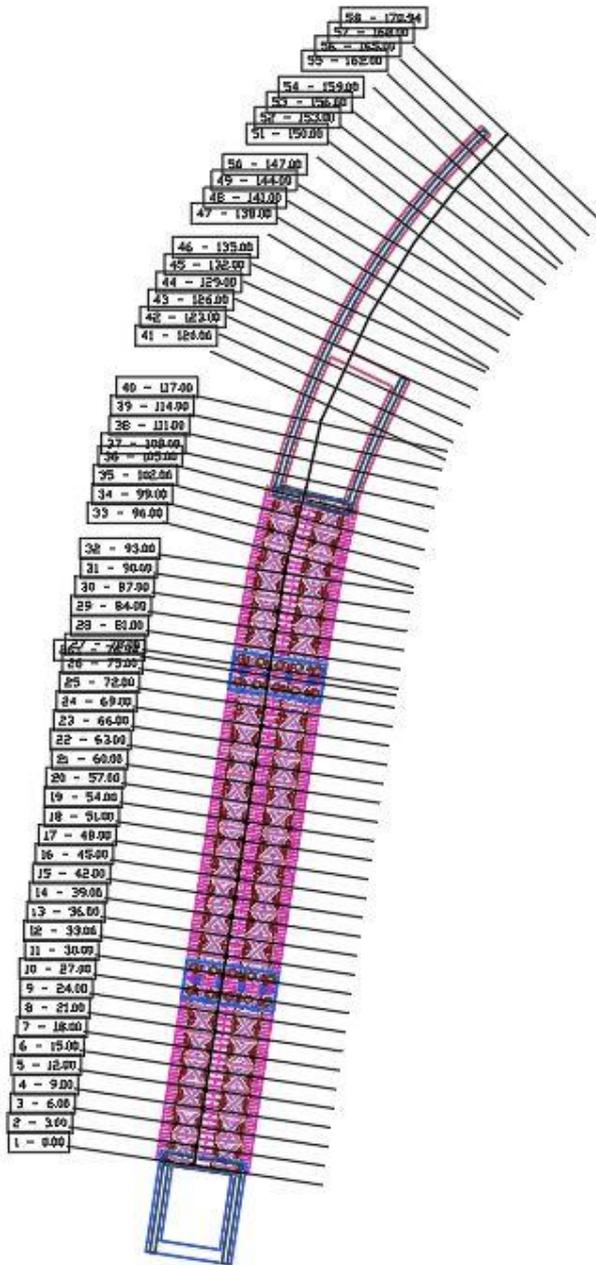


Figura 5 Sezioni planimetriche sul modello

Successivamente è possibile estrarre le sezioni mediante il comando di **CIVIL DESIGN 11** "Estrai Sezioni". Il disegno delle sezioni trasversali avviene in maniera automatica all'interno di appositi cartigli (Figura 6).

INGEGNERIA

DIGICORP

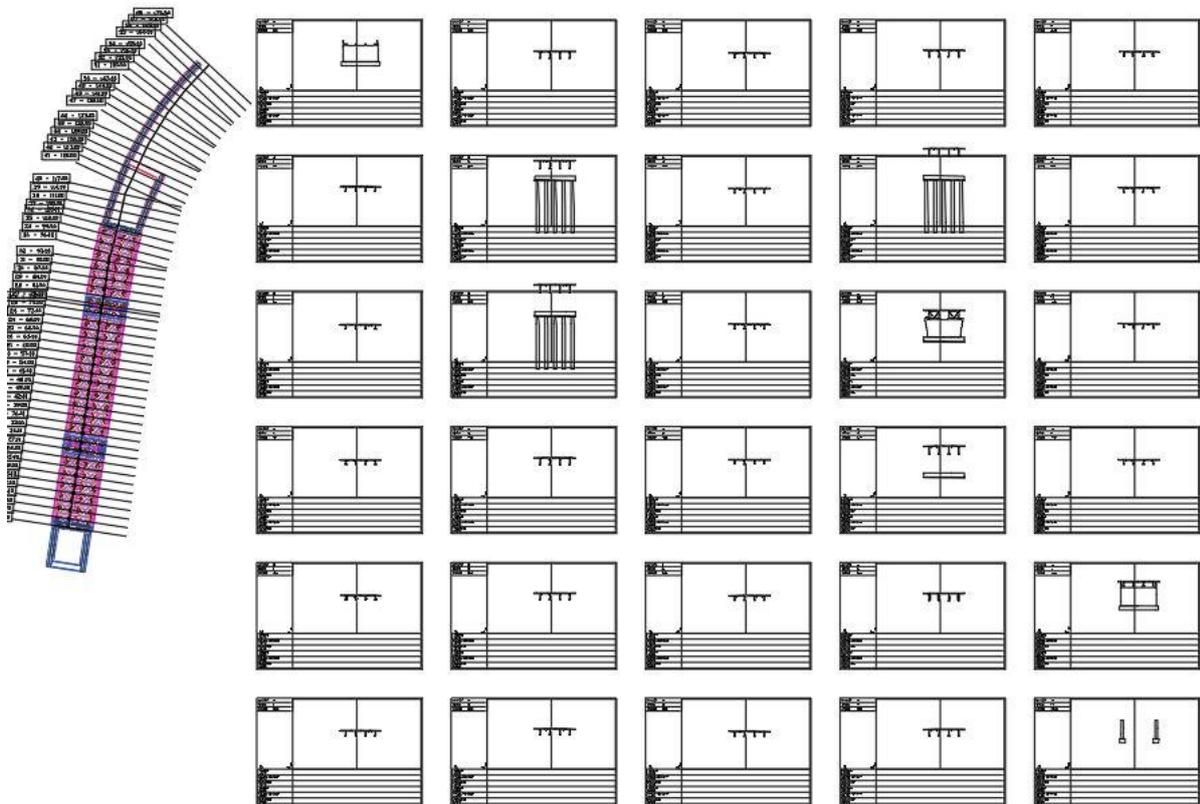


Figura 6 Visualizzazione su cartiglio delle sezioni estratte in corrispondenza del viadotto

Il risultato ottenuto mostra un'elevata precisione geometrica (si veda nella successiva figura 7 il particolare di sezione in corrispondenza della piastra di supporto dell'impalcato), nonché, grazie al flusso di lavoro applicato, la completa corrispondenza al modello 3D precedentemente generato da TEKLA Structures 2017.

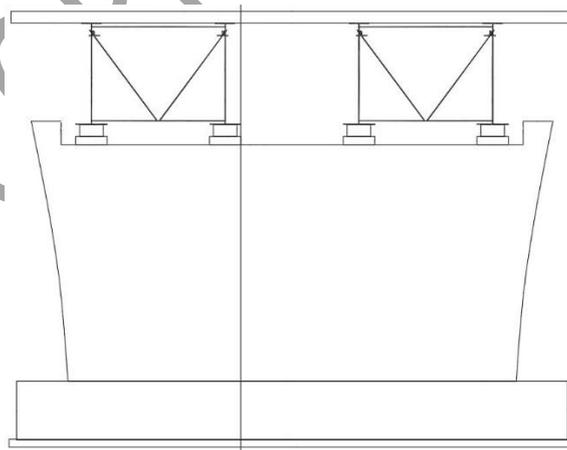


Figura 7 Particolare di una sezione con la parte sopra le pile

7 Eventuali correzioni e affinamenti successivi (procedura iterativa di ricerca della soluzione ottimale)

Nella ricerca della soluzione ottimale si possono progettare diverse soluzioni nella parte infrastrutturale. Qualora vi fossero delle modifiche infrastrutturali, il coordinamento con la parte strutturale è mantenuto: è infatti sufficiente sostituire gli input iniziali importati nello strumento di Visual Programming per rigenerare il modello strutturale.

Si procede in modo iterativo sino al raggiungimento degli obiettivi prefissati.

8 Modello architettonico aggregato dell'opera – Creazione e visualizzazione

Mediante Civil Design 11 è possibile l'esportazione nel formato IFC, un formato a specifiche aperte definito da [Buildingsmart](#) ed espressamente citato dalla norma UNI 11337 2017 "Edilizia ed opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni".

In particolare tutti i tracciati afferenti allo svincolo vengono esportati con i relativi modelli 3D del solido stradale in formato IFC versione 4 (riferimento specifiche tecniche UNI EN ISO 16739:2016).

In generale, tramite il comando "Crea Modello IFC" di **CIVIL DESIGN 11** si possono specificare le entità che si intende esportare nel modello IFC, quali i modelli digitali (DTM) del terreno e dello svincolo, le reti di captazione delle acque di piattaforma e i relativi tombini:

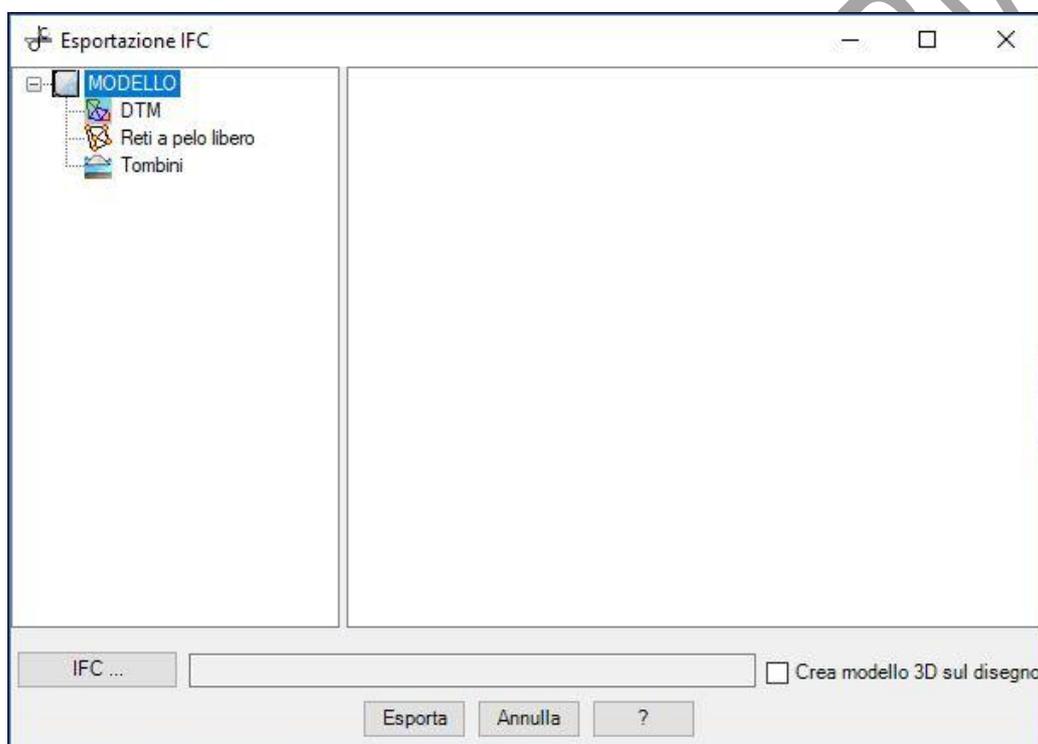


Figura 8 Dialogo di selezione delle entità da esportare

La funzione di interoperabilità tra diversi software di progettazione può essere attuata usando anche altri formati di import/export di dati geometrici, con specifiche pubbliche, quale ad esempio LandXML. Usando questo formato, in CIVIL DESIGN 11, esiste la possibilità di importare ed esportare elementi di progettazione quali il tracciato per elementi, profili e sezioni.

Disponendo quindi dei modelli della strada e del ponte coerentemente georeferenziati, è possibile creare il modello aggregato di più modelli singoli a partire da CIVIL DESIGN 11. La vista del modello avviene in Autodesk Viewer.

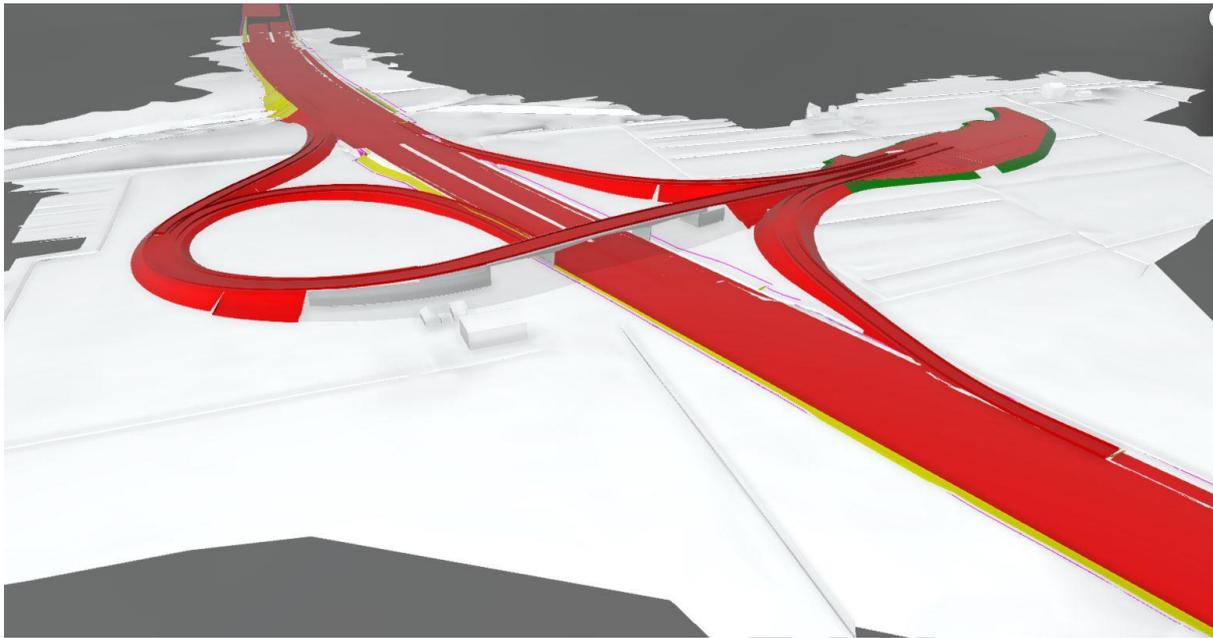


Figura 9 Modello aggregato: terreno, corpi stradali, ponte (schermata Autodesk Viewer)

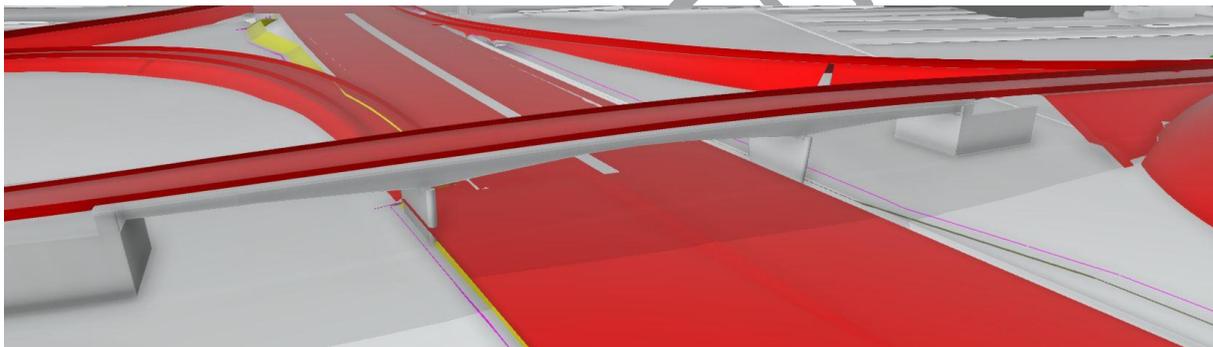


Figura 10 Modello aggregato: particolare del ponte (schermata Autodesk Viewer)

9 Progettazione di dettaglio e integrazione con ulteriori progettazioni specialistiche

A valle della progettazione architettonica, una volta verificata la coerenza mediante i metodi fin qui descritti, sarà possibile proseguire con la progettazione di dettaglio, nei singoli ambienti di progettazione, senza incorrere nel rischio di partire da una base architettonica che presenta incongruenze, o di generarne di ulteriori.

Ad esempio in **CIVIL DESIGN 11** è possibile sviluppare la progettazione delle barriere stradali di sicurezza o della rete di smaltimento acque della piattaforma stradale, anch'esse tridimensionali. In **Tekla Structures** è invece possibile sviluppare la progettazione dei particolari di carpenteria e delle strutture di fondazione.

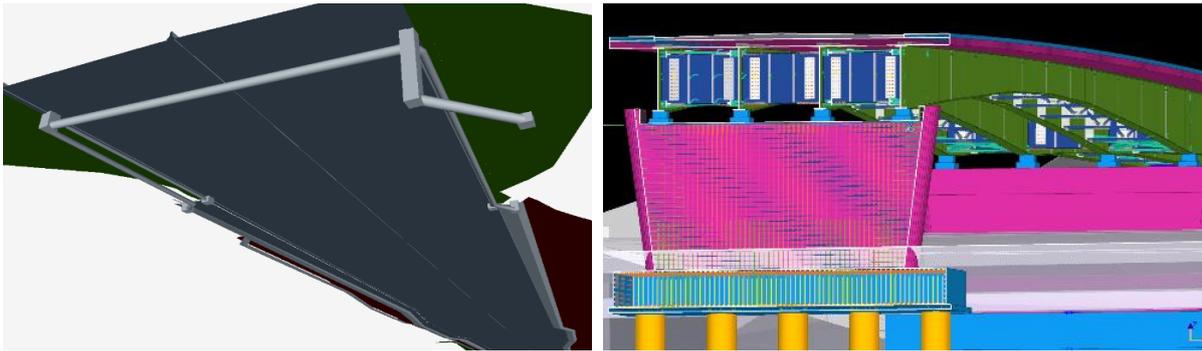


Figura 11 Civil Design: rete idraulica di smaltimento acque. Tekla Structures: particolare delle armature di acciaio

Conclusioni

L'utilizzo di metodologie BIM all'interno dei singoli strumenti software utilizzati ha permesso di ottenere i seguenti miglioramenti:

1. I flussi informativi tra gli strumenti software specifici delle diverse discipline specialistiche ha consentito il **coordinamento** della progettazione su un medesimo modello architettonico.
2. Verifica ed annullamento delle **interferenze**: l'impostazione delle relazioni tra i diversi elementi e la definizione di vincoli tra di essi ha semplificato l'interazione tra diversi gruppi di progettazione, rendendo possibile uno scambio coerente di elementi progettuali, con conseguente annullamento del rischio di fraintendimenti.
3. Facilitazione nel **processo di ricerca del modello ottimale** mediante la semplificazione del flusso informativo tra la disciplina infrastrutturale e quella strutturale. Lo studio tra diverse alternative progettuali consente di valutare l'opera secondo fattibilità, costi, efficienza costruttiva. Lo scambio dati tra strumenti di lavoro consente di ridurre i cicli di simulazione/approssimazione necessari per arrivare al risultato finale ottenendo un risparmio sui costi di lavorazione.
4. La visione generale è che una buona gestione dei flussi informativi (Information management) consente un **miglioramento dei processi decisionali** (Project management).

In generale nella costruzione del modello informativo dell'opera l'integrazione degli strumenti di progettazione è un utile passo verso il miglioramento del flusso di lavoro associato al processo di creazione e della rappresentazione digitale degli elementi per formare il modello Bim aggregato dell'opera.

Riferimenti

1. Norma relativa al formato IFC (Industrial Foundation Classes) [UNI EN ISO 16739:2016](#)
2. Normativa UNI 11337 2017 "Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni"
3. Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 560 del 01/12/2017 (<http://www.mit.gov.it/normativa/decreto-ministeriale-numero-560-del-01122017>)
4. Documento europeo d'indirizzo dell'EUBIM TaskGroup "Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector"