

**AEROPORTO "LEONARDO DA VINCI" FIUMICINO – ROMA
ESTENSIONE TERMINAL 1 – ET1**

**NEW TERMINAL T1 EXTENSION FOR THE FIUMICINO
“LEONARDO DA VINCI” AIRPORT**

Giovanni Costa
Leonardo Balocchi
Enrico Zambella
Elisa Severi
Steel Project Engineering S.r.l.
Livorno, Italia
info@steelproject.it

Manuel Argenta
Simone Giolo
M.B.M. S.p.A.
Via Lugagnano, 32, 37060
Caselle di Sommacampagna (VR), Italia
mbm@mbm-vr.it

ABSTRACT

The new Terminal 1 Extension building (ET1) for the Fiumicino Airport has a multi-storey framed steel structure stiffened by metal bracing. The building has two main decks and is covered by a 3d steel lattice roof. The decks of each floor are made with laminated or built-up I-section beams, collaborating with the reinforced concrete slab cast on corrugated steel sheet; the columns are made up of circular hollow sections and support, in addition to the deck floors, the lattice roof. Because of the length of the beams' spans and live loads value, the dynamic comfort of the decks for crowd loading was studied in detail. Particular attention was paid to the design of the decks because of the great impact of the interface with plant equipment.

SOMMARIO

Il nuovo edificio Estensione Terminal 1 (ET1) dell'Aeroporto di Fiumicino presenta una struttura multipiano in acciaio realizzata con telai irrigiditi da controventature metalliche. La porzione di fabbricato fuori terra si sviluppa su due impalcati principali sormontati da una copertura reticolare spaziale sempre realizzata in acciaio. Gli impalcati di ciascun piano sono realizzati con travi a doppio T laminate o composte per saldatura, collaboranti con i solai in cemento armato gettati su lamiera grecata; le colonne sono costituite da tubolari circolari e sostengono oltre ai solai di impalcato anche le strutture della copertura reticolare spaziale. Particolare attenzione, in virtù dell'importanza delle luci delle travi e dei sovraccarichi di progetto, è stata posta al comfort dinamico degli impalcati per carico folla, così come forte impatto sulla progettazione strutturale è stata richiesta dalla gestione dell'interfaccia impiantistica di un fabbricato a destinazione d'uso aeroportuale.

1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente memoria illustra l'estensione del terminal T1, di seguito ET1, che si inserisce nell'ambito del progetto di potenziamento dell'Aeroporto "Leonardo Da Vinci" di Fiumicino. Tale espansione risultava necessaria al fine di adeguare la capacità aeroportuale alla domanda di traffico attesa; avrebbe, inoltre, garantito una connessione più efficace fra i terminal esistenti e l'area di imbarco, nonché un migliore collegamento con la stazione ferroviaria aeroportuale.

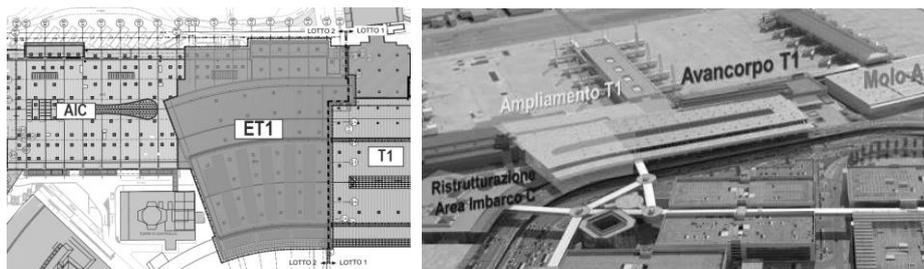


Fig. 1. Planimetria di inquadramento - Piano di potenziamento dell'aeroporto di Fiumicino

L'estensione del terminal ET1 rappresenta un vero e proprio raccordo tra gli adiacenti terminal 1 (T1) e l'area Imbarco C (AIC). La definizione delle geometrie architettoniche e strutturali dell'edificio è stata condizionata proprio dalla necessità di raccordare due edifici esistenti, realizzati in periodi differenti, e con diverse quote dei solai. Inoltre, si è reso necessario assecondare l'andamento dell'asse viario a sud e di garantire al contempo la continuità della copertura del Terminal 1 esistente. Queste restrizioni hanno avuto evidenti ricadute sulla complessità geometrica dell'edificio stesso.



Fig. 2. Rendering esterno ed interno edificio

Sono essenzialmente 4 i livelli su cui si sviluppa l'edificio: il piano interrato, il piano terra a +0.00 e due impalcati principali fuori terra, a quota rispettivamente +6.55 e +11.04; a quota +14m sono presenti altre porzioni di impalcato rialzato con funzione di piano tecnico e la copertura reticolare che a sua volta si articola su due livelli differenti, come quella del Terminal T1 esistente.

Lo sviluppo planimetrico dell'edificio presenta una zona inferiore (Sud) con picchetti tracciati in senso radiale per assecondare l'andamento della strada adiacente, mentre la zona nord è tracciata con un graticcio di assi a 90°. Ad Ovest ed Est, invece, il fabbricato deve adattarsi alle geometrie degli edifici adiacenti, svolgendo in questa maniera la funzione di collegamento fra i corpi esistenti. L'involucro edilizio dell'edificio ET1 è delimitato a Est da partizioni interne che separano l'estensione dal Terminal esistente, a Ovest da pareti perimetrali in parte vetrate ed in parte opache, a Nord dalle vetrate Air Side ed infine, a Sud, con una parete vetrata Land Side in prosecuzione a quella del Terminal esistente.

La copertura dell'Ampliamento, nel solco della continuità con gli edifici adiacenti, riprende integralmente le geometrie e gli schemi strutturali del Terminal 1, tanto che viene adottata la stessa tipologia strutturale della realizzazione originaria, ossia una reticolare spaziale.

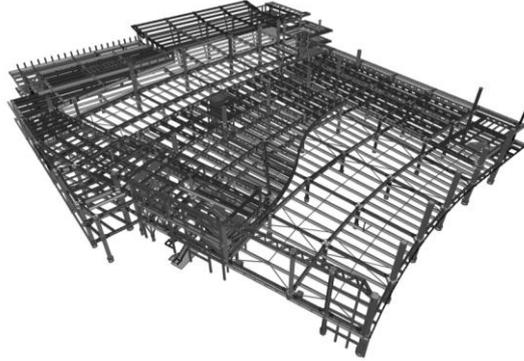


Fig. 3. Modello costruttivo della carpenteria



Fig. 4. Vista notturna del cantiere

Dal punto di vista strutturale l'edificio presenta uno schema resistente a telaio, irrigidito in corrispondenza dei corpi scale e ascensori con controventi verticali a croce di S. Andrea. L'edificio in oggetto è strutturalmente indipendente dagli edifici adiacenti; in prossimità di adiacenza agli edifici esistenti, al fine di evitare il martellamento fra i diversi corpi strutturali, sono realizzati dei giunti sismici in grado di assorbire gli spostamenti orizzontali.

Le fondazioni sono profonde del tipo a platea su pali o plinto su pali e presentano delle locali depressioni in corrispondenza delle zone interrate.

1.1 Strutture verticali – colonne e controventi

Le colonne sono realizzate mediante profili circolari cavi con diametri variabili da 244.5 mm a 1016 mm, e spessori compresi tra 16 mm e 40 mm. Alcune delle colonne proseguono fino alla quota della copertura ed i relativi capitelli ne costituiscono il piano di posa. L'utilizzo di colonne tubolari ha permesso di semplificare la costruzione della carpenteria metallica limitando le saldature, velocizzare la realizzazione dei collegamenti ed ottimizzare il peso strutturale di carpenteria metallica, in virtù, altresì, di una migliore efficienza statica nei riguardi dell'instabilità flessor-torsionale delle sezioni tubolari.



Fig. 5. Colonna inclinata per evitare interferenze con fondazione



Fig. 6. Controventi verticali attorno a vano ascensori

Elementi secondari quali vani scale e vani ascensore/montacarichi sono racchiusi da strutture controventate. I controventi sono tutti realizzati a croce di S.Andrea con aste tese e compresse costituite da tubolari circolari di sezione variabile da 244.5 x 10 mm, 244.5 x 16 mm o 368 x 16 mm.

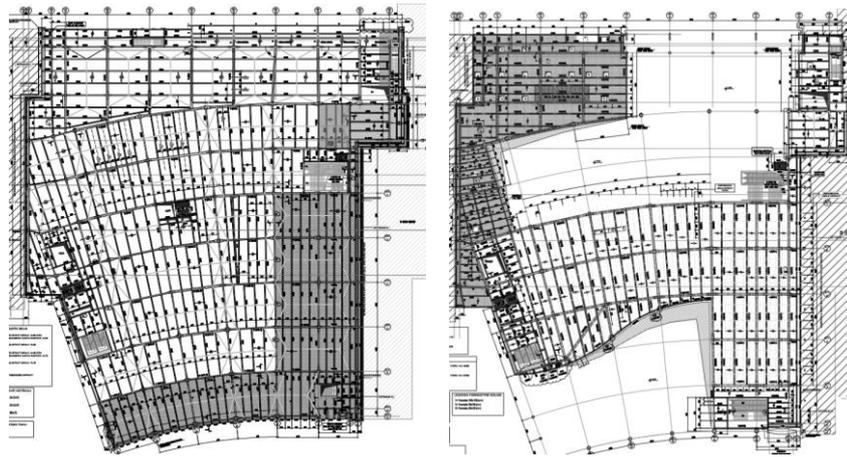


Fig. 7. Pianta del primo e del secondo impalcato

1.2 Strutture orizzontali

La soletta di impalcato, con funzione di elemento collaborante alle azioni verticali e di piano rigido per le azioni orizzontali, è stata realizzata con una lamiera grecata di altezza 75mm (ordita fra le travi secondarie) ed un getto di completamento in calcestruzzo, per uno spessore complessivo di 150 mm. Per garantire i requisiti di resistenza al fuoco del solaio senza protezione passiva della lamiera grecata è stata prevista opportuna armatura integrativa nelle greche della soletta per raggiungere, mediante analisi termiche di dettaglio, il valore di progetto di R60.



Fig. 8. Sezione della soletta di impalcato e Analisi termica in condizione incendio



Fig. 9. Orditura 1° impalcato con stabilizzatori



Fig. 10. Dettaglio piolatura travi

Le travi principali hanno sezione metallica a doppio T resa collaborante alla soletta di impalcato mediante connettori a piolo tipo Nelson a estradosso piattabanda superiore. Le loro dimensioni variano, in funzione delle luci di orditura, tra quelle di un HEB500 e quelle di un composto saldato avente altezza di oltre 1 m. Al fine di evitare la fessurazione della soletta in zona tesa e ridurre la rigidità della struttura nei confronti delle azioni sismiche, le travi principali sono piolate solo nelle zone di campata soggette a momenti positivi, mentre nelle zone di inversione la rigidità e la resistenza della trave sono affidate interamente al profilo metallico.

Le travi secondarie, poste ad interasse variabile da 2.5 a 3.5 m, sono incernierate alle principali (schema di semplice appoggio) ed anch'esse presentano un funzionamento misto acciaio calcestruzzo per effetto di connettori a piolo. Sono caratterizzate da profili IPE e profili a doppio T composti per saldatura, con altezze variabili da circa 30 cm fino ad 1m. Le travi di impalcato sono piolate per rendere la sezione collaborante.

Al fine di stabilizzare le travi metalliche di luce maggiore durante le fasi di getto (sezione reagente solo acciaio) alle piattabande superiori sono state collegate opportune diagonali di stabilizzazione in profilo angolare (L60x6) che riportano le forze orizzontali associate all'instabilità verso i punti fissi verticali della struttura. Al fine di minimizzarne gli ingombri ed il peso tali profili sono studiati in modo da lavorare come aste solo tese. Gli stabilizzatori sono risultati necessari anche per le travi secondarie IPE600 di luce maggiore al primo impalcato.

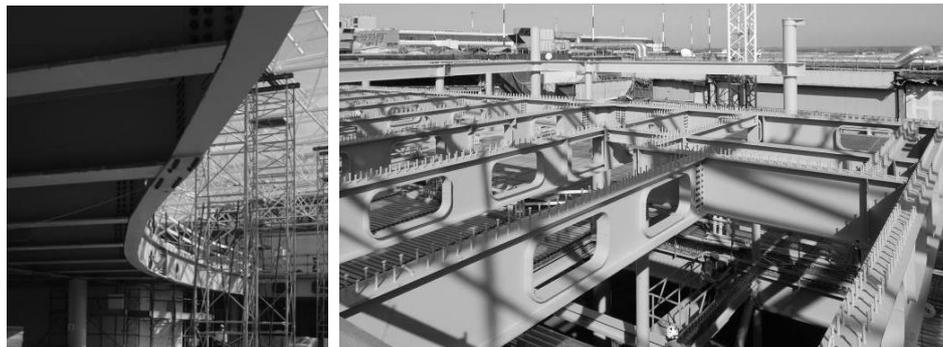


Fig. 11. Impalcato a +11.04m: Zona a sbalzo e Travi forate (realizzazione e modello shell)

Le esigenze impiantistiche hanno condizionato fortemente, insieme alle limitate disponibilità architettoniche in termini di spazi nei controsoffitti, le geometrie delle travi di impalcato: sono state infatti predisposte in quasi tutte le travi delle idonee forometrie per consentire il passaggio degli impianti di progetto.

1.3 Collegamenti

I nodi tipici trave-colonna sono stati realizzati mediante collari saldati alla colonna stessa, sui quali vanno a collegarsi le travi mediante collegamenti con coprigiunto. I collegamenti delle travi principali sono stati effettuati prevalentemente con giunti a coprigiunto a taglio. Le caratteristiche di sollecitazioni sforzo normale, momento e taglio (N,M,V) sono state assegnate ai coprigiunti di piattabanda e anima in funzione delle inerzie degli elementi componenti la sezione trasversale. Per evitare il punzonamento delle pareti dei profili tubolari, in corrispondenza dell'arrivo della trave principale e secondaria è stato predisposto un collare di rinforzo della stessa.

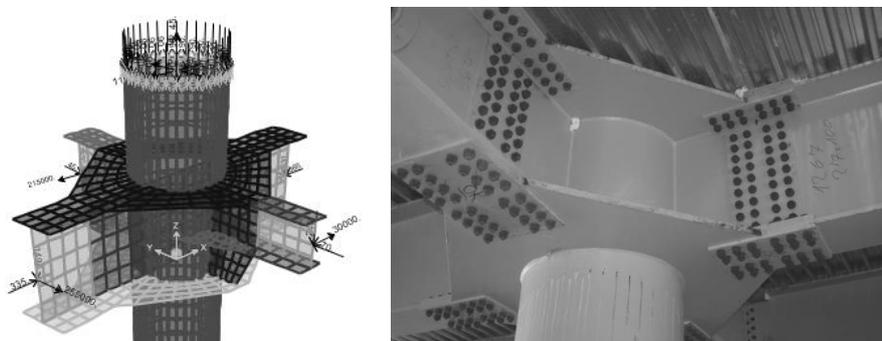


Fig. 12. Collegamenti trave-colonna – Modello di calcolo locale e nodo realizzato

I giunti delle travi secondarie sono realizzati a squadretta, per travi ortogonali fra loro, o a coprigiunto d'anima in tutti gli altri casi. Ove necessario, per esigenze statiche, sono stati realizzati giunti a flangia.

Le piastre di base sono state concepite per garantire un vincolo di incastro. Il trasferimento delle trazioni alla fondazione avviene per il tramite dei tirafondi, mentre la trasmissione del taglio viene affidata interamente al tacco di taglio, avendo previsto fori maggiorati nelle piastre in corrispondenza dei tirafondi. Per incrementare la diffusione della compressione sono state inserite croci di piatti in appositi intagli sull'estremità della colonna.

1.4 Copertura

La copertura è formata da profili circolari cavi aventi collegamenti di tipo "Mero", si appoggia sulle colonne di diametro 1016 mm e si sviluppa a sbalzo sui lati sud e nord, per circa 15m.

Si è adottata tale tipologia per dare continuità con la copertura dell'esistente Terminal 1. La copertura dell'edificio ET1 è stata modellata nella sua interezza per coglierne l'interazione con il modello globale. Le aste della reticolare sono state modellate come elementi asta, con estremità incernierate. Gli appoggi della copertura, di varie tipologie (cerniere, carrelli multi e unidirezionali) sono sostenuti dai capitelli sommitali delle colonne, all'interno dei quali sono state inserite opportunamente nervature per riprendere le reazioni verticali della copertura.



Fig. 13. Vista copertura MERO e appoggio su colonne in carpenteria (realizzazione e modello).

1.5 Facciate e strutture secondarie

A completamento dell'intervento sono state progettate le strutture metalliche a sostegno delle facciate vetrate (airside, landside e lato torre di controllo), delle pareti con tamponamenti ciechi e le scale principali con superficie di calpestio in lamiera piegata (di larghezza da 2,4 a 4,5m) e secondarie (larghezza 1,2m) con gradini in grigliato.

2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Per il dimensionamento delle strutture principali e secondarie sono state impiegate le norme italiane vigenti al momento del bando di costruzione (D.M. 14/01/2008). Per la realizzazione del modello di calcolo tridimensionale, travi e colonne sono state schematizzate mediante elementi "beam", mentre le solette di impalcato mediante elementi "shell".

In virtù del funzionamento prevalentemente a telaio della struttura si è deciso di modellare la struttura tenendo conto, per le travi principali, delle inerzie della sezione mista acciaio-clc, essendo tali elementi considerati collaboranti per i carichi verticali ed in virtù della presenza dei connettori a piolo fra soletta in calcestruzzo armato e trave metallica.

Per le travi principali sono state fatte distinzioni tra l'inerzia in campata, zona nella quale la soletta collabora completamente essendo compressa, e l'inerzia in prossimità delle colonne, zona nella quale non sono previsti pioli per evitare la collaborazione e, quindi, la fessurazione della soletta.

Le verifiche di resistenza delle travi principali sono svolte sulla sola sezione metallica, essendo dimensionanti le sollecitazioni all'incastro con le colonne, mentre per le travi secondarie, in semplice appoggio, le verifiche sono state condotte come per una trave in sezione mista in campo plastico (essendo in classe 1 e 2).

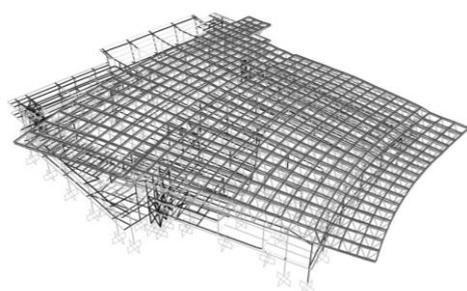


Fig. 14. Modello di Calcolo completo

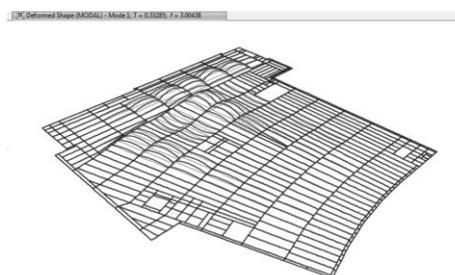


Fig. 15. Valutazione delle frequenze verticali del primo impalcato

Per le verifiche di deformabilità, invece, sono stati realizzati più modelli di calcolo (strutture con il solo profilo metallico per le fasi di getto, strutture miste con inerzie per carichi di lunga durata come i carichi permanenti ed il ritiro, strutture miste con inerzie della sezione mista per carichi di breve durata) per poi sommare le frecce ricavate in ogni fase e considerando anche l'effetto del ritiro.

Per rendere coerente la modellazione strutturale, alle travi è stata assegnata la sezione mista unicamente per la rigidezza flessionale, mentre la rigidezza assiale è quella della sola sezione metallica. I controventi sono modellati ad aste tese e compresse. Le travi secondarie, invece, sono modellate come aste incernierate agli estremi.

Per una corretta valutazione del comportamento del solaio sotto le azioni orizzontali (anche nelle zone con presenza di importanti forometrie o con significative strizioni della pianta), la soletta è stata modellata mediante elementi shell con rigidezza solo membranale in modo da svolgere la funzione di ripartitore orizzontale senza alterazioni della rigidezza flessionale della struttura.

L'analisi sismica è stata condotta mediante analisi dinamica lineare (modale) con spettro di risposta.

3 CONCLUSIONI

Il comfort di piano si è rilevato l'aspetto più critico degli impalcati in progetto. Per garantire le prestazioni minime richieste dalla normativa (frequenza verticale minima pari a 3Hz in combinazione di carico SLE frequente), è stato necessario rinforzare notevolmente le travi di impalcato sia principali che secondarie.

Più in generale, il progetto dell'espansione del terminal 1 ha richiesto un maggior impegno a causa della necessità, per questo nuovo edificio, di adattarsi ed integrarsi completamente tra 2 edifici già esistenti, andando a prendere da entrambi le peculiarità progettuali, e costituendo, così, un vero e proprio "edificio di raccordo".

RIFERIMENTI

- [1] D.M. 14/01/2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- [2] Circ. Min. LL.PP. 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni
- [3] UNI EN1990 - Criteri generali di progettazione strutturale
- [4] UNI EN 1991-1-1 - Azioni in generale
- [5] UNI EN1993 - Progettazione delle strutture acciaio
- [6] UNI EN 1992-1-1: 2005 - Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- [7] UNI EN 1998-1: 2005 e UNI EN 1998-5: 2005 - Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- [8] UNI EN 1994-1-1:2005 Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

PAROLE CHIAVE

Aeroporto, Terminal, Fiumicino, Strutture metalliche, Sezioni miste, Montaggio, Travi forate, Vano Scale, Vano ascensore, Piastre di base, Facciate.