



Regione Toscana - Provincia di Pistoia

# COMUNE di PISTOIA

Settore: DIR. U.O. EDILIZIA COMUNALE



**STUDIO BALDI & ASSOCIATI, INGEGNERIA E ARCHITETTURA**  
Ing. Franco Baldi - Ing. Alessandro Baldi - Arch. Meri Ascani

via europa 95, 51039 quarrata pistoia, tel 0573 73182 - 0573 736155, fax 0573 779119  
e-mail alex@studiobaldiassociati.it - postmaster@studiobaldiassociati.it p.i. 01592780470

## COLLABORATORI

Progetto Esecutivo:

Arch. TOMMASO CAPPELLI

## PROGETTISTA

Ing. ALESSANDRO BALDI

## TITOLO DEL PROGETTO

**MIGLIORAMENTO SISMICO  
ALLO STADIO MARCELLO MELANI DI PISTOIA**

## FASCICOLO

**RELAZIONE GENERALE**

## UBICAZIONE

Via dello Stadio, Pistoia (PT)

## DISEGNO N.

**1**

| N. | DATA | OGGETTO REV. |
|----|------|--------------|
| 1  |      |              |
| 2  |      |              |
| 3  |      |              |
| 4  |      |              |
| 5  |      |              |
| 6  |      |              |

## DATA

## DOCUMENTO CAD

## ARCHIVIO POSIZ. N.

**223**

## PROGETTISTA

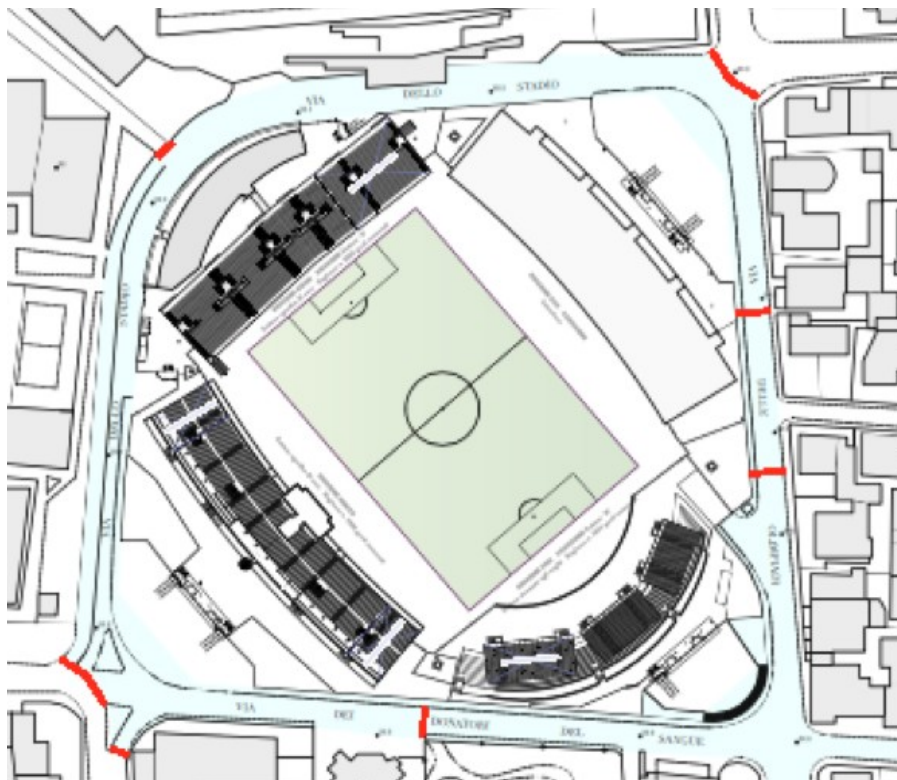
## RUP

## D.L.

## NOTE

## Relazione generale illustrativa dell'opera

La presente relazione ha come oggetto un **intervento di miglioramento sismico** della Tribuna Ovest dello Stadio Comunale di Pistoia ai sensi delle NTC 2018 e della Circolare n. 617/C.S.LL.PP. Del 02/02/09.

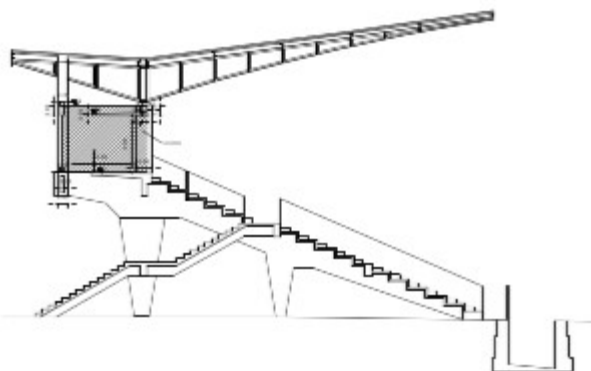


La Tribuna Ovest dello Stadio Comunale di Pistoia è costituita da tre corpi giuntati tra di loro, una centrale (corpo A) e due laterali simmetriche (corpo B), in conglomerato cementizio armato gettato in opera. Le strutture esterne (B) sono costituite da 8 telai paralleli mentre quella interna (A) da 6 telai. Tutti i pilastri sono incernierati alla base su tre appoggi. I pilastri inferiori presentano una forma pressoché triangolare, con la massima larghezza in sommità e rastremati fino alla cerniera di base, mentre il pilastro superiore di ciascun telaio, posizionato in corrispondenza di quello inferiore più esterno, ha una sezione costante rettangolare. I telai sono collegati tra loro dalle gradinate e da tre travate poste, perpendicolarmente ai telai stessi, in corrispondenza dell'estremità della mensola e dei pilastri. Le gradinate sono costituite da una soletta sagomata di spessore 8 cm che appoggia sulle travi in c.a. della struttura principale dell'opera, coprendo una luce di 5,00 ml circa. Essa è caratterizzata da una seduta di 80 cm per un'altezza di circa 40 cm, interrotta da un gradino intermedio in calcestruzzo in corrispondenza delle scalinate. L'accesso alle gradinate è consentito attraverso quattro scalinate di 4,00 metri di larghezza, mentre la tribuna stampa è raggiungibile direttamente attraverso la scala elicoidale.

Tutte queste strutture, ad esclusione della copertura che è in acciaio, sono state realizzate in conglomerato cementizio armato.

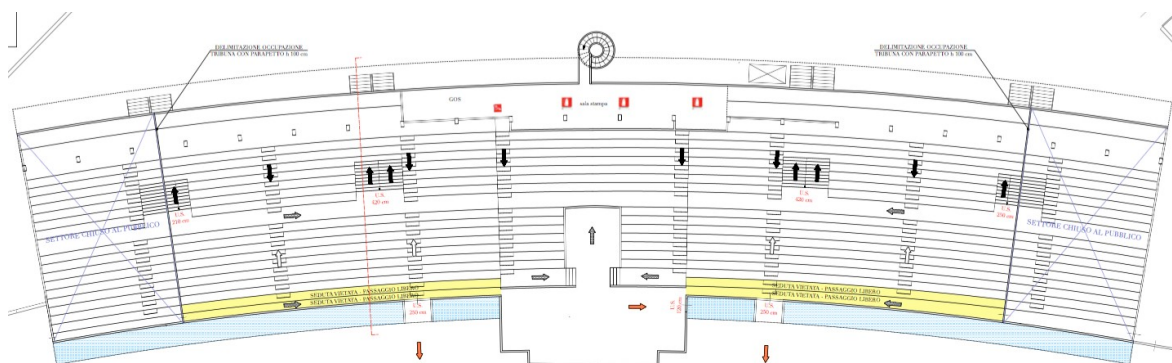
Le gradinate oggetto di analisi sono coperte da una struttura metallica costituita da una trave principale a doppio T di sezione variabile, rastremata alle estremità e con la massima sezione in corrispondenza della cerniera d'appoggio, rinforzata mediante fazzoletti in acciaio, avente un aggetto di circa 15,50 metri e da una struttura secondaria in profilati appoggiati e lamiera grecata a coprire.

Al piano terra sono stati ricavati alcuni vani mediante tamponamento con blocchi semipieni delle zone sotto gradinata, non interferenti strutturalmente con quella in c.a. della tribuna. La struttura è stata collaudata con due atti distinti: il primo riguarda il collaudo della struttura in c.a., avvenuto il 11/06/1966, il secondo riguardante la struttura di copertura in acciaio, avvenuto il giorno 10/10/1966, redatti entrambi dall'ing. Piercarlo Morandi.



La struttura prevedeva per le gradinate una capienza di circa 3500 persone corrispondente ad un sovraccarico accidentale di 600 kg/mq e per la copertura un sovraccarico accidentale di 100 kg/mq.

Oltre alle strutture di cui sopra è presente anche una scala elicoidale in c.a. che in questo contesto non viene presa in esame in quanto è attualmente in disuso e prossima alla demolizione.



Le analisi già effettuate per la determinazione della vulnerabilità statica e sismica della Tribuna Ovest dello Stadio di Pistoia hanno evidenziato delle carenze strutturali dell'opera in oggetto sia sotto l'aspetto statico (che sono state immediatamente risolte) sia sotto quello sismico.

Con questo intervento si vuole affrontare proprio l'aspetto sismico cercando di migliorare le condizioni della struttura rispetto allo stato esistente. La valutazione della sicurezza ha evidenziato, sotto l'aspetto sismico, che la struttura presenta alcune criticità, ben individuate (essenzialmente concentrate pilastri posti al livello superiore), che portavano ad avere un tempo di intervento ( $T_{int}$ ), come definito dalle normative e circolari vigenti, abbastanza basso: variabile tra 4 e 6 anni. In questo periodo è stato quindi programmato l'intervento di miglioramento in questione (anche se già iniziato al momento della stesura della valutazione sulla sicurezza, con la limitazione del pubblico all'accesso all'impianto) con l'obiettivo di raggiungere un livello di sicurezza sismica maggiore di quello attuale.

### **Analisi Storico-Critica**

La Tribuna Ovest dello Stadio Comunale di Pistoia venne costruita negli anni '60 con progetto datato 25/05/61 a firma dell'Ing. Athos Innocenti e collaudata nel 1966 dall'Ing. Piercarlo Morandi.

E' stato possibile, infatti, recuperare i disegni architettonici e strutturali originari che descrivono in maniera quasi esaustiva le varie strutture componenti la tribuna in oggetto, consistenti in:

- Tav. 1: Tribuna coperta - Telaio tipo: carpenteria (10.2.1965);
- Tav. 2: Tribuna coperta - Sezioe in asse: carpenteria (27.4.1965);
- Tav. 6: Prospetto tribuna coperta (25.5.1961);
- Tav. 7: Scala elicoidale tribuna stampa - Armatura metallica (27.2.1965);
- Tav. 8: Sezione della tribuna coperta (25.5.1961);
- Tav. 9: Tribuna coperta - Particolare attacco tiranti (20.2.1965);
- Tav. 10: Tribuna coperta - Mensola di coperura (25.2.1965);
- Tav. 17: Pianta delle fondazioni della tribuna coperta (30.4.1964);
- Tribuna coperta - Sezione sulla scala (15.2.1965).

I dati mancanti sono comunque stati ricavati dai calcoli del progettista e dalle descrizioni e verifiche di collaudo. Sono stati recuperati anche i certificati di prova dei materiali, sia del calcestruzzo che dell'acciaio (allegati alla relazione sui materiali).

La struttura non ha subito sostanziali modifiche negli anni, fatta eccezione per l'inserimento di un camminamento in corrispondenza della tribuna stampa, realizzato con lamiera grecata fissata alla struttura in c.a. mediante profilati metallici (de quale è stato effettuato il collaudo) e di alcune opere di manutenzione straordinaria.

### **Rilievo geometrico**

Come già anticipato, la Tribuna Ovest è costituita da tre strutture giuntate fra di loro, una centrale e due laterali simmetriche.

Dai rilievi effettuati è stata riscontrata l'effettiva presenza dei giunti in corrispondenza di tutte le strutture interessate, come si può osservare dalla documentazione fotografica di seguito riportata, sebbene tale giunto è reso inefficace sulle gradinate in quanto ostruito.

Si tratta di un giunto di 2-3 centimetri di larghezza, progettato per gli effetti delle dilatazioni termiche.

Le verifiche riportate nella relazione di calcolo mostrano le criticità di tale struttura che, da un punto di vista sismico esteso al comportamento globale della struttura, si concentrano sui pilastri del



FOTO 9: Collegamento tirante in c.a.-trave metallica



livello più alto su cui appoggia la copertura. In merito a quest'ultima si evince che la travata principale è effettivamente vincolata alla sottostante struttura in c.a. della tribuna solamente in corrispondenza delle pilastrate superiori mediante una cerniera. Per l'equilibrio della stessa sono presenti dei tiranti in c.a. sull'aggetto retrostante. Ciascuno dei due tiranti è collegato, a circa due terzi della propria altezza, a quello del telaio adiacente, in maniera tale da limitarne la snellezza e impedirne l'instabilità in caso di compressione. Tuttavia tale azione di compressione, seppur contenuta, è comunque presente in quanto, da una osservazione molto più approfondita del nodo di sommità, si è potuto rilevare che si tratta di un vincolo bilatero e quindi è in grado di fornire anche una opposizione alla rotazione per sollevamento.

Prima di affrontare le verifiche strutturali per la progettazione dell'intervento, è stata pianificata una campagna di indagini volta a verificare le geometrie della tribuna, le caratteristiche dei materiali e quelle del terreno. Con l'ausilio di metro, rotella metrica e distanziometro laser si è, dunque, proceduto con le verifiche geometriche delle strutture al fine di riscontrarne la corrispondenza con gli esecutivi di progetto, analizzando un campione costituito da almeno il 20% degli elementi per ciascuna tipologia strutturale.



**FOTO 5: Travate copertura**



**FOTO 6: Cerniera d'appoggio copertura**

Per verificare, invece, la conformità delle armature indicate nei disegni esecutivi è stato utilizzato un pacometro, strumento che attraverso la generazione di un campo magnetico è in grado di determinare la presenza di ferro all'interno di una sezione in calcestruzzo. Con le stesse modalità di indagine stabilite per la geometria, sono state prese a campione le stesse strutture e verificata la presenza delle armature, il diametro e la loro posizione. In molti casi, in maniera particolare per quanto riguarda le staffe, è stato possibile misurare direttamente sulla superficie esterna il loro passo, conseguenza di un copriferro ridotto o molto spesso inesistente che permette di vedere ad occhio nudo il ferro.

### **A3.2 Normativa di riferimento**

Il progetto in esame è stato svolto in accordo a quanto prescritto dalle normative riportate di seguito:

- D.M. 17.01.2018 – Nuove norme tecniche per le costruzioni
- Circolare Esplicativa n. 617 del 02.02.2009
- D.P.R. 380/2001
- L.R. 65/2014

Sono inoltre stati consultati numerosi testi specialistici o trattazioni di provata e consolidata affidabilità che affrontano le materie in questione, con riguardo soprattutto alle costruzioni in zona sismica.

### **Valutazione della sicurezza e delle prestazioni della struttura**

L'analisi sismica della struttura è stata eseguita con il metodo dell'analisi dinamica modale con spettro di risposta (con solutore dinamico) con gli spettri di progetto definiti dalla Normativa di Riferimento.

Lo **zero sismico** è assunto a quota del piano terra, che nel modello corrisponde alla quota  $z = 0$ .

Si osserva che per l'analisi dinamica modale si è proceduto alla combinazione quadratica completa della risposta di tutti i modi calcolati e successivamente alla sovrapposizione degli effetti secondo quanto precisato dalle NTC.

I parametri sismici caratteristici dell'elaborazione numerica sono quelli di seguito riportati.

*Ubicazione:* **Pistoia**

Coordinate geografiche:

Latitudine **43° 56' 26" (43,9406)**

Longitudine **10° 54' 51" (10,9142)**

Classe di duttilità:

**BASSA**

## Conclusioni

In questa fase pertanto si interviene per migliorare sismicamente la struttura attraverso una serie di interventi che ci portino ad avere una  $PGA_{SLV,c}$  in termini di **capacità** pari almeno al 60% rispetto alla  $PGA_{SLV,d}$  in termini di **domanda** (ossia, ai sensi delle NTC 2018, avere uno  $\zeta_E > 0,6$ ).

L'analisi sismica globale effettuata è stata tesa a valutare, per quanto possibile, sia la resistenza sia la duttilità disponibili. In tal senso si è appunto adottato, come già detto in precedenza, un fattore di comportamento sufficientemente cautelativo.

Nell'analisi effettuata per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi duttili sono state impiegate le proprietà dei materiali esistenti divise per i fattori di confidenza corrispondenti al livello di conoscenza adottato (LC1). Per il calcolo della capacità di elementi/meccanismi fragili, le resistenze dei materiali sono divise per i corrispondenti coefficienti parziali e per il fattore di confidenza corrispondente al livello di conoscenza raggiunto ( $FC = 1,35$ ). Per i materiali nuovi o aggiunti si impiegano le proprietà di calcolo come per le nuove costruzioni.

Oltre alla verifica della struttura nella sua composizione globale si è intervenuti anche localmente, su particolari zone di collegamento o dissipative, al fine di limitare e/o evitare eventuali meccanismi di collasso locale.

Maggiori dettagli su quanto sopra si possono ritrovare nella relazione di calcolo.