

**MINISTERO  
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI  
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



**COMUNE DI TORINO**



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO  
LINEA 2 - TRATTA POLITECNICO - REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA  
Lotto Costruttivo 2: Bologna - Politecnico**

<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		<b>INFRA.TO</b> <i>infrastrutture per la mobilità</i>				INFRATRASPORTI.TO S.r.l.	
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA						
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S		RTP: Studio Arch. Gritella & Associati Ing. Franco Galvagno Arte Restauro Conservazione di Arlotto Cristina Maria s.a.s.  Ing. F. Galvagno Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 2731H		<b>URBANISTICO - MONUMENTO CARLO ALBERTO</b> INTERVENTI DI TRASLAZIONE PROVVISORIA RELAZIONE SPECIALISTICA - OPERE STRUTTURALI			
		<b>ELABORATO</b>		REV. int.    est.		<b>SCALA</b>	<b>DATA</b>
		<b>MTL2T1A2DURBMCAR 009</b>		<b>0</b>	<b>0</b>		13/11/2023

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.	VISTO
0	EMISSIONE	10/10/23	FGalvagno	GGritella	FGalvagno	RCrova
1	Emissione finale a seguito di verifica preventiva	13/11/23	FGalvagno	GGritella	FGalvagno	RCrova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">LOTTO 2</td> <td style="padding: 2px;">CARTELLA</td> <td style="padding: 2px;">6.1.3</td> <td style="padding: 2px;">29</td> <td style="padding: 2px;">MTL2T1A2D</td> <td style="padding: 2px;">URBMCAR009</td> </tr> </table>						LOTTO 2	CARTELLA	6.1.3	29	MTL2T1A2D	URBMCAR009	<b>STAZIONE APPALTANTE</b>  DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio  RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro					
LOTTO 2	CARTELLA	6.1.3	29	MTL2T1A2D	URBMCAR009												

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

**CITTA' DI TORINO**

**INFRA.TO**

**INTERVENTO DI TRASLAZIONE PROVVISORIA E  
RESTAURO DEL**


**MONUMENTO A RE CARLO ALBERTO  
DI SAVOIA CARIGNANO**

**in Torino**

**RELAZIONE SPECIALISTICA  
OPERE STRUTTURALI**


**INGEGNERE FRANCO GALVAGNO**

**Torino, Ottobre 2023**

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>STATO DI FATTO</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE</b>	<b>5</b>
<b>6.</b>	<b>OPERE PROPEDEUTICHE ALLA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE</b>	<b>5</b>
	<b>6.1 SCAVI E CONSOLIDAMENTI</b>	<b>5</b>
	<b>6.2 DEMOLIZIONI - SOTTOMURAZIONI</b>	<b>6</b>
<b>7.</b>	<b>OPERE STRUTTURALI</b>	<b>6</b>
	<b>7.1 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA</b>	<b>6</b>
	<b>7.2 CALCESTRUZZI E GETTI</b>	<b>7</b>
	<b>7.3 MICROPALI</b>	<b>7</b>
<b>8.</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURALI</b>	<b>7</b>
<b>9.</b>	<b>MATERIALI</b>	<b>9</b>
<b>10.</b>	<b>NORMATIVA</b>	<b>10</b>
<b>11.</b>	<b>CARICHI</b>	<b>10</b>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2 - Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo 2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

## 1. INTRODUZIONE

La relazione riguarda gli interventi strutturali necessari alla movimentazione del basamento del monumento al re Carlo Alberto da eseguire preliminarmente alla realizzazione della stazione sotterranea ubicata nell'omonima piazza. Al termine dei lavori della stazione, il monumento dovrà essere riposizionato nella posizione originaria. Attualmente il monumento è collocato su una fondazione laterizia mista estesa a tutto lo stilobate che, per quanto è stato indagato, si estende anche all'interno formando il nucleo murario interno del basamento.

La parte interrata si presenta compatta sul perimetro rettangolare di circa 1,00 x 11,00 m, mentre all'interno si trovano zone sciolte o meno compatte. La sua profondità è stata indagata fino a circa 3,80 m al di sotto della piazza.

## 2. LOCALIZZAZIONE

L'intervento si esegue nel comune di Torino e le coordinate sono:

latitudine 45.0686689551222676

longitudine 7.686327643873229


l'area è posta alla quota di 236,33 m. s.l.m.

zona simica 3

## 3. STATO DI FATTO

Attualmente il monumento è collocato su una fondazione laterizia mista estesa a tutto lo stilobate che, per quanto è stato indagato, si estende anche all'interno formando il nucleo murario interno del basamento.

La parte interrata si presenta compatta sul perimetro rettangolare di circa 1,00 x 11,00 m, mentre all'interno si trovano zone sciolte o meno compatte. La sua profondità è stata indagata fino a circa 3,80 m al di sotto della piazza.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

#### **4. INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE**

Si fa riferimento alla relazione geotecnica relativa a Metropolitana di Torino – Linea 2

Tratta: Politecnico – Rebaudengo

Lotto Costruttivo 2: Bologna – Rebaudengo

#### **5. INDAGINI GEOLOGICHE E SISMICHE**

Le NTC18 definiscono nel capitolo 2 i principi fondamentali per il progetto, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione delle costruzioni indicando gli Stati Limite che devono essere esaminati in funzione della Vita Nominale e della Classe d'uso adottata.

Come noto gli Stati Limite individuati dalle NTC18 2.2 sono di due tipi:

- Stati Limite Ultimi (SLU)
- Stati Limite di Esercizio (SLE).

Nel caso specifico coerentemente con la destinazione d'uso della struttura sono utilizzabili i seguenti valori di riferimento:


- Vita Nominale (VN)  $\geq 10$  anni (costruzioni temporanee o provvisorie) (NTC18 2.4.1)

La verifica sismica può essere omessa trattandosi di opera di tipo 1 assumendo che la condizione permanga per meno di 2 anni.

### **6. OPERE PROPEDEUTICHE ALLA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE**

#### **6.1 SCAVI E CONSOLIDAMENTI**

Nella zona del basamento, a partire dalla quota del p.c. a -1,50 m , assunta la quota attuale della piazza come quota 0,00, saranno effettuati gli scavi perimetralmente al blocco di fondazione del monumento e saranno spinti in parte sino alla quota d'imposta delle due travi testapalo. Gli scavi nella zona di esecuzione delle strutture metalliche dell'impalcato saranno effettuati a seguito

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

dell'infissione di micropali. Sono previsti consolidamenti della fondazione laterizia mista esistente per la presenza di zone sciolte o meno compatte all'interno.

## 6.2 DEMOLIZIONI - SOTTOMURAZIONI

Le opere di demolizione e sottomurazioni riguardano la fondazione attuale del monumento per l'inserimento dell'impalcato metallico a sostegno del basamento del monumento.

## 7. OPERE STRUTTURALI

### 7.1 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA

Le opere strutturali carpenterie metalliche riguardano l'impalcato di fondazione delle dimensioni planimetriche di circa 11,50 m x 11,00 destinato a costituire la nuova fondazione del basamento del monumento nelle fasi di movimentazione tra la configurazione dello stato di fatto e quella a monumento ricollocato sulla soletta a copertura della stazione della metropolitana.

L'impalcato si presenta come una piastra bidimensionale costituita da due travi principali longitudinali HE 900x466 EN 10365-2017 della lunghezza di circa 11,00 m e da 13 travi trasversali HEM 650 della lunghezza di circa 10,60 m, vincolate alle principali per imbullonamento necessariamente eseguito "in luce" non essendo possibile altro tipo di collegamento.

I profilati sono in acciaio strutturale S 275 JR - UNI EN10219-2, i bulloni hanno vite di classe 8.8., dadi di classe 8, con impiego di rondelle.


Le giunzioni saldate saranno effettuate in officina da personale con specifica qualifica e saranno sottoposte a verifica da parte di ente validatore prima della messa in opera dei manufatti.

Sono ammessi tutti i tipi di saldatura codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001 come riportato al p.to 11.3.4.5 delle NTC 2018.

Le unioni bullonate dovranno rispondere alle prescrizioni di cui al p.to 11.3.4.6 delle NTC, e alla CNR 10011.

È prevista la protezione delle opere in carpenteria con due mani di pittura antiruggine e due mani di pittura a finire.

La classe di esecuzione di tutte le strutture metalliche è EXC3.

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

## 7.2 CALCESTRUZZI E GETTI

Le opere in c.a. riguardano la realizzazione delle travi testapalo per l'appoggio delle due travi principali di bordo dell'impalcato, le travi porta binari per la traslazione dalla posizione d'origine, la posa temporanea dell'insieme impalcato-basamento, la traslazione nella posizione d'origine ad esecuzione avvenuta della soletta di copertura della stazione.

Le strutture sono caratterizzate da calcestruzzo di classe di resistenza minima C 25/30, classe di esposizione ambientale XC2, classe di consistenza al getto S4, armature metalliche in acciaio in barre tipo B450C.

Le opere in calcestruzzo non strutturale quali getti di cls di pulizia, fondazione del monumento, riempimenti a saturazione sotto la calotta delle gallerie esistenti nella riempimento su soletta eseguita a sostegno e protezione dell'impalcato metallico ricollocato nella posizione originaria.

È previsto l'impiego di calcestruzzo di classe di resistenza minima C 12/1.

## 7.3 MICROPALI

I micropali, valvolati, sono circoscritti alla realizzazione delle travi testapalo. Sono previsti di due differenti dimensioni:

diam. = 240 mm, armatura in tubi diam. = 193,7 mm, sp. = 12,5 mm

diam. = 160 mm, armatura in tubi diam. = 139,7 mm, sp. = 10,0 mm

Sono previsti infilaggi orizzontali riconducibili a micropali, valvolati,


diam. 140 mm, armatura in tubi diam. = 88,9 mm sp. = 10 mm,

I profilati sono in acciaio strutturale S 355 J0.

## 8. MODELLAZIONE STRUTTURALI

La struttura è stata schematizzata escludendo il contributo degli elementi aventi rigidità e resistenza trascurabili a fronte dei principali.

La struttura è modellata con il metodo degli elementi finiti, applicato a sistemi tridimensionali. Gli elementi utilizzati sono sia monodimensionali (trave con eventuali sconnessioni interne), che

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

bidimensionali (piastre e membrane triangolari e quadrangolari). I vincoli sono considerati puntuali ed inseriti tramite le sei costanti di rigidità elastica, oppure come elementi asta poggianti su suolo elastico. Le sezioni oggetto di verifica nelle travi sono stampate a passo costante; dei gusci si conoscono le sollecitazioni nel baricentro dell'elemento stesso.

I materiali costituenti la struttura sono considerati elastici e con comportamento lineare. Le loro caratteristiche sono specificate nella stampa dei dati di input.

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica si è fatto ricorso all'elaboratore elettronico utilizzando il seguente programma di calcolo:

DOLMEN WIN (R) della CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F.

Questa procedura è sviluppata in ambiente Windows, ed è stata scritta utilizzando i linguaggi Fortran e C. DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono la trave, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidità elastica.


L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto. La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

DOLMEN WIN permette in campo elastico lineare un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura, tenendo conto del comportamento irrigidente di setti anche complessi e solai considerati con la loro effettiva rigidità. E' possibile inoltre scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh via via più dettagliate.

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto non sono state riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.



 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

## 9. MATERIALI

I materiali previsti per la realizzazione degli interventi sopra descritti sono i seguenti:

### Acciaio per carpenteria tipo S 275 JR

Modulo di deformazione	$E_c = 2100000$ Mpa
Resistenza snervamento caratteristica	$f_{yk} = 275$ Mpa 255 Mpa $s > 40$ mm
Resistenza snervamento di progetto	$f_{yd} = 262$ MPa 243 MPa $s > 40$ mm
Resistenza rottura caratteristica	$f_{yk} = 430$ MPa 400 MPa $s > 40$ mm
Peso per unità di volume	$\gamma = 78$ kN/m <sup>3</sup>

### Acciaio per micropali tipo S 355 J0

Modulo di deformazione	$E_c = 2100000$ Mpa
Resistenza snervamento caratteristica	$f_{yk} = 355$ Mpa 335 Mpa $s > 40$ mm
Resistenza snervamento di progetto	$f_{yd} = 338$ MPa 319 MPa $s > 40$ mm
Resistenza rottura caratteristica	$f_{yk} = 510$ MPa 470 MPa $s > 40$ mm
Peso per unità di volume	$\gamma = 78$ kN/m <sup>3</sup>

Bulloni-Vite: Classe 8.8, UNI EN 898 / UNI EN 15048

Dadi: classe 8, UNI EN898 / UNI EN 15048


Classe di esecuzione: XC3

### Calcestruzzo C25/30 per getti armati

Modulo di deformazione	$E_c = 31400$ Mpa
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 30$ Mpa
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 25$ MPa
Peso per unità di volume	$\gamma = 25$ kN/m <sup>3</sup>

### Malta per micropali C20/25

Modulo di deformazione	$E_c = 30000$ Mpa
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} = 25$ Mpa
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 20$ MPa
Peso per unità di volume	$\gamma = 25$ kN/m <sup>3</sup>

 <b>CITTA' DI TORINO</b>	<b>Metropolitana di Torino – Linea 2- Tratta: Politecnico – Rebaudengo – Lotto Costruttivo2 Bologna-Politecnico</b>
Monumento a Carlo Alberto – intervento di traslazione provvisoria – Relazione specialistica – Opere strutturali	29_MTL2T1A2DURBMCAR009-0-0.DOCX

### **Calcestruzzo C12/15 per getti non armati**

#### **Acciaio e reti metalliche elettrosaldate B450C**

Modulo di deformazione  $E_c = 2100000 \text{ Mpa}$

Resistenza a snervamento caratteristica  $f_{ck} = 450 \text{ Mpa}$

Resistenza a snervamento di progetto  $f_{cd} = 25 \text{ MPa}$

Peso per unità di volume  $\gamma = 78 \text{ kN/m}^3$

## **10. NORMATIVA**

Legge n° 1086 5 novembre 1971

### **“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”**

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 GENNAIO 2028 GU 42- 20 febbraio 2018

### **Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”**

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.

### **Istruzioni per l'applicazione dell' “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018**

D.G.R. 30 Dicembre 2019, n. 6-887

### **“Preso d’atto della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte”**

D.G.R. 26 Novembre 2021, n. 10—4161

### **“Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione sul rischio sismico”**

## **11. CARICHI**

Peso basamento calcolato 270 T

Peso consolidamenti 30 T

Peso impalcato metallico 100 T