



Regione Marche



Comune di Bolognola
Provincia di Macerata



Parco Nazionale dei Monti Sibillini

Committente:

Comune di Bolognola (MC)

Progetto:

Realizzazione di una seggiovia quadriposto ad ammortamento permanente dei veicoli in località Pintura di Bolognola.

Oggetto:

Seggiovia quadriposto ad a.p. dei veicoli "CASTELMANARDO EXPRESS (1.263.96 - 1533.53)"

- OPERE FUNIVIARIE
RELAZIONE GENERALE OPERE FUNIVIARIE

Il Progettista:



Il Committente:

Operatore:

Redatto:

Controllato:

Approvato:

Classificato:

Comm:

34

Fase:

DEFINITIVO

Data:

05/08/21

Rev.

A

Scala:

-

STR

Sezione

Elaborato:

08.01



1. RELAZIONE GENERALE DELL'OPERA

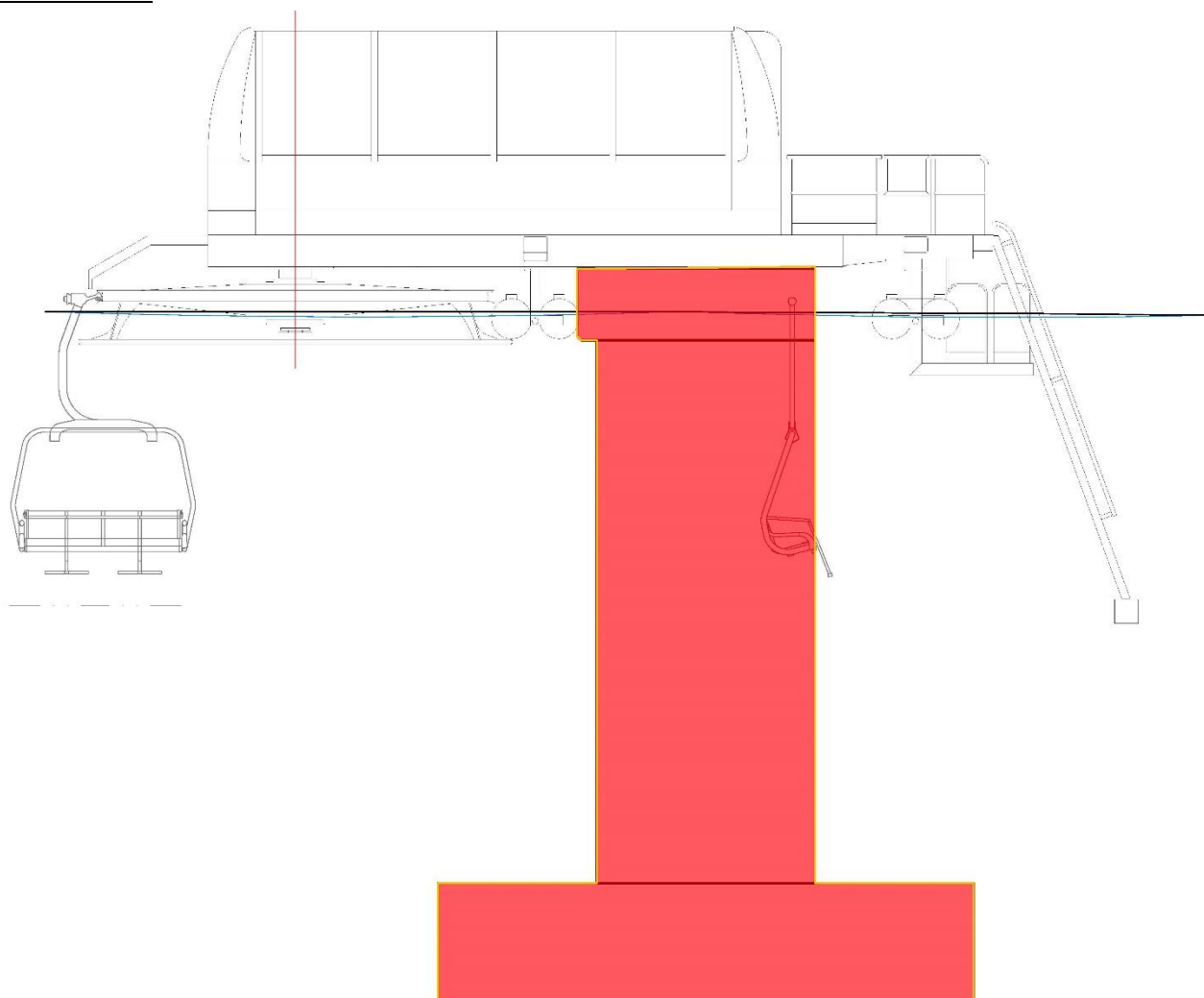
1.1. Descrizione dell'intervento

L'edificazione si riferisce alla realizzazione del locale di manovra a valle a servizio della edificanda seggiovia quadriposto a collegamento permanente dei veicoli "Castelmanardo express" in comune di Bolognola (MC).

L'intervento nello specifico si riferisce alla realizzazione delle opere in c.a. di fondazione/elevazione dell'impianto funiviario ed alle opere in carpenteria metallica dello stesso.

Vengono allegati gli elaborati tecnici sviluppati per gli elementi strutturali in c.a. evidenziati in rosso e per le carpenterie metalliche dei sostegni di linea:

Stele di valle:



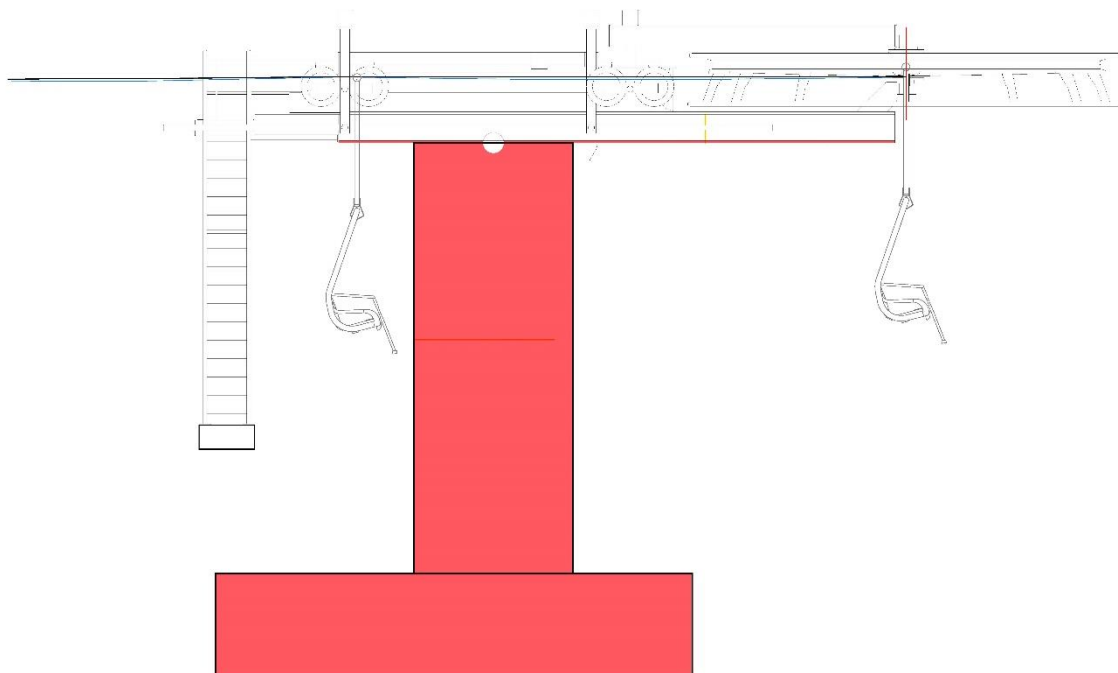


Comune di Bolognola (MC)

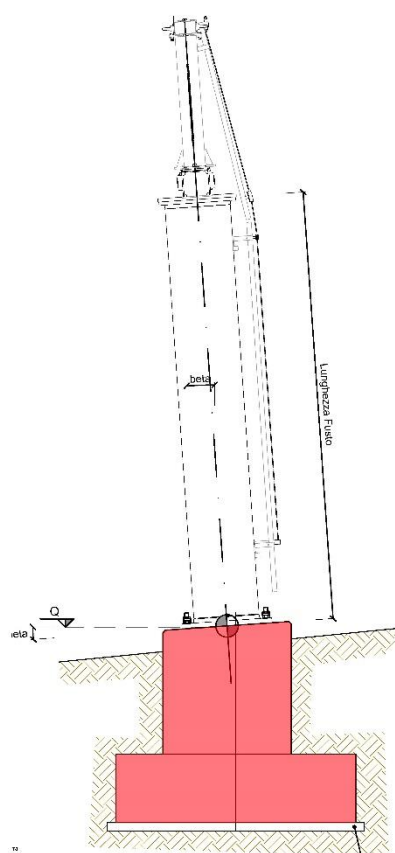
Interventi per la realizzazione di una seggiovia quadriposto ad ammortamento permanente dei veicoli
in località Pintura di Bolognola.

Seggiovia quadriposto ad a.p. dei veicoli "**Castelmanardo Express** (1.263.96 - 1533.53)"

Stele di monte:



Sostegni di linea:





Comune di Bolognola (MC)

Interventi per la realizzazione di una seggiovia quadriposto ad ammassamento permanente dei veicoli in località Pintura di Bolognola.

Seggiovia quadriposto ad a.p. dei veicoli "Castelmanardo Express (1.263.96 - 1533.53)"

La normativa di riferimento per le calcolazioni è il D.M. 17/01/2018

1.2. Localizzazione dell'intervento

L'intervento è localizzato nel Comune di Bolognola, (MC).

- Sito di costruzione: Pescasseroli LON. 13.78880 LAT. 41.80780
Contenuto tra ID reticolo: 28975 28753 28976 28754

Pericolosità sismica di base

Simbologia

Ag = Accelerazione orizzontale massima al sito
Cc = Coefficiente funzione della categoria del suolo
FV = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione verticale
Fo = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
S = Coefficiente di amplificazione stratigrafica e topografica
Ss = Coefficiente di amplificazione stratigrafica
Tr = Periodo di ritorno <anni>
TB = Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante
TC = Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante
TCC = Tipo di combinazione di carico
SLU = Stato limite ultimo
SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD = Stato limite di danno
SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
SND = Stato limite di salvaguardia della vita (non dissipativo)
TD = Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante
Tc* = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale <sec>

TCC	Tr	Ag <g>	Fo	FV	Tc*	Ss	Cc	S	TC	TB	TD
SLD	50	0.0814	2.45	0.94	0.29	1.50	1.58	1.50	0.46	0.15	1.93
SLV	475	0.1943	2.53	1.51	0.33	1.40	1.51	1.40	0.50	0.17	2.38

- Edificio esistente: No
- Spettri: Automatici da normativa
- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale Vn: 50.00
- Classe d'uso: Classe II
- Coefficiente d'uso CU: 1.00
- Periodo di riferimento VR: 50.00

Il terreno interessato dalla realizzazione della seggiovia risulta essere da pianeggiante a pendente (pendenza media del 36% circa) a seconda del punto del profilo interessato.

Il terreno è caratterizzato dai seguenti strati litologici al di sotto del primo strato di terreno vegetale tenendo presente che il primo strato ha spessori variabili lungo il profilo di linea:

Elenco colonne stratigrafiche

Simbologia

ϕ' = Angolo di attrito efficace
 γ = Peso specifico del terreno naturale
 γ_{sat} = Peso specifico del terreno saturo
Class. = Classificazione
Coes. = Coesivo
Inc. = Incoerente
E = Modulo elastico normale
E_{ed} = Modulo edometrico
G = Modulo elastico tangenziale
Spess. = Spessore
St. = Strato
Unità geotecnica = Unità geotecnica
Cu = Coesione non drenata
c' = Coesione efficace
z = Profondità della superficie superiore dello strato

Colonna stratigrafica numero 1 Di Nella

St.	z <m>	Spess. <cm>	Unità geotecnica	Class.	γ <daN/mc>	γ_{sat} <daN/mc>	ϕ' <grad>	c' <daN/mq>	Cu <daN/mq>	E <daN/mq>	G <daN/mq>	E _{ed} <daN/mq>
1	0.00	1.50	1 Detrito calcareo fortemente alterato	N. c.	2000.00	2000.00	30.00	0.00	500.00	1000000.00	400000.00	1200000.00
2	1.50	8.50	3 Calcare da poco a molto fratturato	Inc.	2400.00	2400.00	24.00	0.00		9000000.00	3750000.00	10000000.00
3	10.00	--	2 Calcare compatto	Inc.	2150.00	2400.00	25.00	0.00		15000000.00	6250000.00	16666700.00



1.3. Normativa di riferimento

La progettazione e i calcoli delle strutture sono stati svolti in conformità alle disposizioni delle normative e delle istruzioni di seguito richiamate:

La normativa di riferimento è la seguente:

- Legge n. 64 del 2/2/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 24/1/1986 - Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.
- Legge n. 1086 del 5/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. del 14/2/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 9/1/1996 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 16/1/1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare n. 21745 del 30/7/1981 - Legge n. 219 del 14/5/1981 - Art. 10 - Istruzioni relative al rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma.
- Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Legge Regionale n. 30 del 20/6/1977 - Documentazione tecnica per la progettazione e direzione delle opere di riparazione degli edifici - Documento Tecnico n. 2 - Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura.
- D.M. del 20/11/1987 - Norme Tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/4/1985 - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Circolare n. 65 del 10/4/1997 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996.
- Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno.
- DIN 1052 - Metodi di verifica per il legno.
- D.M. del 17/1/2018 - Norme tecniche per le costruzioni e relativa circolare applicativa del 21/01/2019.
- Documento Tecnico CNR-DT 200 R1/2012 - Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati.
- Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture in acciaio.



2. Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

2.1. Individuazione del modello di calcolo

2.1.1 Criteri di analisi della sicurezza.

La struttura viene verificata secondo le norme sismiche di I categoria. Viene effettuata la verifica su tutte le membrature strutturali presenti. Parimenti vengono effettuate le verifiche di deformabilità, il tutto secondo le indicazioni riportate nel D.M. 17/01/2018.

2.1.2 Schematizzazione della struttura e dei vincoli.

Il calcolo viene eseguito con la struttura spaziale in 3D tenendo conto degli elementi strutturali interagenti fra loro secondo la effettiva realizzazione. Non ci sono approssimazioni su piani inclinati.

2.1.3 Modellazione della struttura e vincoli.

La struttura viene schematizzata come un organismo spaziale misto composto da elementi bidimensionali.

I vincoli del suolo vengono assegnati mediante la caratterizzazione geotecnica del terreno mediante la definizione delle colonne stratigrafiche presenti. Vengono così determinati i coefficienti di sottofondo per gli elementi di fondazione da trasferire al solutore, schematizzando così la completa interazione del modello terreno/struttura.

2.1.4 Schematizzazione delle azioni.

Le azioni sulla struttura sono quelle indicate nel D.M. 17/01/2018 unitamente alle particolari condizioni legate alla specificità dell'intervento normata dal D.M. 172 del 18/06/2021 sono riportati all'interno del fascicolo dei calcoli allegato alla presente.

2.1.5 Modellazione delle azioni

Il calcolo viene eseguito sull'intera struttura e i carichi applicati passano alle membrature in modo automatico.

La neve viene vista come carico accidentale sulle superfici esposte e sono state definite in una propria condizione di carico elementare. Vengono considerate, in apposite condizioni di carico elementari, il vento nel rispetto delle indicazioni contenute nel D.M. 172 del 18/06/2021. Le azioni della neve possono combinarsi con altre azioni mediante opportuni coefficienti di peso.

2.1.6 Modellazione dei materiali

Il calcolo viene eseguito considerando il comportamento elastico lineare della struttura.

2.1.7 Tipo di analisi

Le opere in c.a. della stazione di monte e di valle vengono analizzate con solutore agli elementi finiti e relativo post processore grafico. Le azioni nodali sono le reazioni d'incastro perfetto ricavate direttamente dal programma, salvo azioni direttamente applicate sui nodi



per considerare particolari carichi. In aggiunta alla eccentricità effettiva, viene considerata una eccentricità accidentale, spostando il centro delle masse di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari al 5% della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

Il tipo di analisi è dinamica lineare.

La verifica delle sezioni viene eseguita con il metodo degli Stati Limiti.

2.2. INDIVIDUAZIONE DEI CODICI DI CALCOLO

2.2.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati

La modellazione della struttura e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con:

C.D:S. Win rel 2020, prodotto da S.T.S. srl – Sant'Agata li Battiati

L'utente non può modificare il codice; può soltanto eseguire delle scelte come:

- tipi di vincoli per nodi e aste;
- sisma di progetto;
- deformabilità o meno al taglio;
- fattore di smorzamento;
- combinazione dei modi;
- impalcati rigidi o non.

Affidabilità dei codici utilizzati:

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo:

<http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>

2.2.2 Motivazione della scelta dei codici

Il codice è stato scelto perché risolve praticamente tutti i problemi strutturali in campo lineare/non lineare con risultati soddisfacenti ed è stato da me testato nel tempo con risultati positivi. È così possibile creare un unico modello matematico che possa tenere conto di tutte le variabili di progetto contemporaneamente.



2.3. MODALITA' DI PRESENTAZIONE

2.3.1 Stampa dei dati di ingresso

La stampa dei dati d'ingresso presenta:

- i dati generali
- le coordinate nodali;
- i vincoli dei nodi e delle aste;
- le caratteristiche delle sezioni;
- le caratteristiche dei solai;
- le caratteristiche delle aste;
- le caratteristiche degli elementi bidimensionali;
- i criteri di progetto;
- le caratteristiche dei materiali;
- le condizioni di carico;
- i carichi sulle aste, ed eventualmente sui nodi e sui muri
- varie rappresentazioni grafiche della struttura (piante, sezioni, prospettive, ecc)
- i carichi sulle aste, sui nodi e sugli elementi Shell;
- le caratteristiche degli elementi Shell;

2.3.2 La stampa dei risultati presenta:

- le combinazione dei carichi;
- le forze sismiche agenti sulla struttura;
- gli spostamenti d'impalcato, se l'impalcato è rigido;
- gli spostamenti nodali;
- le sollecitazioni sulle membrature per ogni combinazione di carico;
- la sollecitazione sul terreno sotto travi di fondazione o platee;
- deformate;
- diagrammi sollecitazioni;
- verifica ai vari stati limite previsti dal D.M. 17/01/18;

Si può evitare di stampare gli spostamenti e le sollecitazioni per ogni singola combinazione, ma solo le sollecitazioni e gli spostamenti massimi, per altro riportati nelle verifiche di resistenza dei singoli elementi, escludendo a maggior ragione le sollecitazioni e gli spostamenti modali.

Infine viene stampata la verifica delle membrature eseguite con il metodo degli Stati limite. Successivamente vengono stampati i disegni.

2.3.3 Notizie sull'elaborazione

L'elaboratore con cui è stato eseguito il calcolo strutturale presenta le seguenti caratteristiche:

Tipo:	Intel Core duo quad core
Capacità di memoria:	16.384 MB
Unità di memoria di massa:	6 TB
Unità periferiche:	Plotter HP Designjet 800c
Sistema operativo e sua versione:	Windows 10



Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

2.4. ESAMI DEI RISULTATI E CONTROLLI

2.4.1 Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista della corretta descrizione del modello

La valutazione dell'elaborazione è agevolata dal fatto che il programma è completamente grafico. Cioè la struttura calcolata non è quella che appare a filo di ferro, ma è quella 3D con tutti i disassamenti tra travi, solette, pareti e pilastri, con eventuali conci rigidi, ecc. Le deformate e i diagrammi delle sollecitazioni oltre al controllo numerico completano la valutazione positiva dell'elaborato.

È stato possibile valutare graficamente, in maniera qualitativa ed analitica, gli stati tensionali e deformativi determinati, valutando la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni su di essa agenti.

2.4.2 Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico

Al fine di valutare l'attendibilità dei risultati ottenuti dal software di calcolo si è provveduto ad eseguire calcoli semplici di larga massima eseguiti con metodi tradizionali confrontandoli con i risultati ottenuti.

Sono stati verificati:

- l'equilibrio tra le reazioni vincolari e i carichi applicati, comparando i risultati delle analisi con quelle di valutazione semplificata; in particolare si è proceduto definendo una combinazione di carico in ambiente non sismico contenente i soli pesi strutturali verificando così la rispondenza della somma delle reazioni vincolari in fondazione con il peso determinato dai **6,75 mc di calcestruzzo platea, 31,65/25,41 (valle/monte) mc delle strutture in c.a.** La verifica ha dato esito positivo deponendo a favore di una corretta modellazione della geometria strutturale;
- l'assegnazione dei carichi derivanti dai solai sugli elementi portanti sia orizzontali che verticali; in particolare si è proceduto definendo una combinazione di carico in ambiente non sismico contenente i soli carichi permanenti strutturali confrontandoli con i carichi



derivanti dall'area di influenza gravante sia sugli elementi orizzontali portanti che quelli verticali portanti (pilastro 3/4 - trave 205 verificando la corretta assegnazione dei carichi;

- la verifica delle sollecitazioni agenti; facendo riferimento al caso precedente sono state confrontate le sollecitazioni calcolate dal software con le sollecitazioni derivanti dal calcolo di un telaio ad aste ortogonali geometricamente congruente con il modello strutturale per il padiglione e con l'utilizzo delle tabelle "Bares" per il locale accessorio. Risolvendo il telaio con i metodi classici della scienza delle costruzioni le sollecitazioni ricavate si discostano in maniera modesta da quelle fornite dal software, accertando così la corretta determinazione delle sollecitazioni agenti sugli elementi strutturali;
- in ultimo si è proceduto alla verifica delle sezioni anche con l'uso di software diversi da Modest riscontrando anche in questo caso la correttezza dei risultati forniti dal programma di calcolo.



2.4.3 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica. Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione. Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.



INDICE:

1. <u>RELAZIONE GENERALE DELL'OPERA</u>	2
1.1. <i>Descrizione dell'intervento</i>	2
1.2. <i>Localizzazione dell'intervento</i>	4
1.3. <i>Normativa di riferimento</i>	5
2. <u>Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo</u>	6
2.1. <i>Individuazione del modello di calcolo</i>	6
2.1.1 <i>Criteri di analisi della sicurezza</i>	6
2.1.2 <i>Schematizzazione della struttura e dei vincoli</i>	6
2.1.3 <i>Modellazione della struttura e vincoli</i>	6
2.1.4 <i>Schematizzazione delle azioni</i>	6
2.1.5 <i>Modellazione delle azioni</i>	6
2.1.6 <i>Modellazione dei materiali</i>	6
2.1.7 <i>Tipo di analisi</i>	6
2.2. <i>INDIVIDUAZIONE DEI CODICI DI CALCOLO</i>	7
2.2.1 <i>Origine e caratteristiche dei codici di calcolo adottati</i>	7
2.2.2 <i>Motivazione della scelta dei codici</i>	7
2.3. <i>MODALITA' DI PRESENTAZIONE</i>	8
2.3.1 <i>Stampa dei dati di ingresso</i>	8
2.3.2 <i>La stampa dei risultati presenta:</i>	8
2.3.3 <i>Notizie sull'elaborazione</i>	8
2.4. <i>ESAMI DEI RISULTATI E CONTROLLI</i>	9
2.4.1 <i>Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista della corretta descrizione del modello</i>	9
2.4.2 <i>Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico</i>	9
2.4.3 <i>GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI</i>	11