



COMUNE di ACIRI
(Provincia di Cosenza)



PROGETTO

**ADEGUAMENTO SISMICO ALLE NTC 2008
CORPO PALESTRA
LICEO CLASSICO V. JULIA DI ACIRI (CS)
CLASSE D'USO III**



PROGETTO PRELIMINARE	<input type="checkbox"/>
PROGETTO DEFINITIVO	<input type="checkbox"/>
PROGETTO ESECUTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>

TAVOLA N.

1.0

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Dicembre 2020

Progettista e direttore dei lavori
ing. Francesco Tarantino

Il Responsabile del procedimento
Ing. Enrico Naccarato

Studio Geologico
Dott. Geologo Carmine Nigro

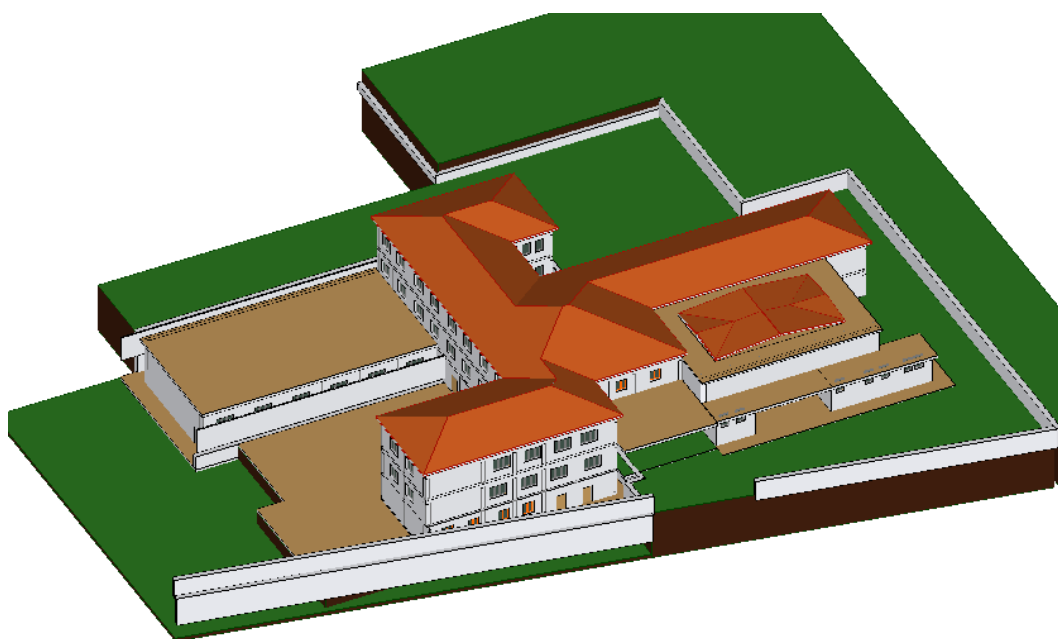
1. PREMESSA

Su incarico affidatogli dall'Amministrazione Provinciale di Cosenza con determina n° 20200001997 del 16/11/2020, il sottoscritto ing. Francesco Tarantino, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cosenza al n° 5395, ha proceduto alla stesura della presente relazione tecnica, parte integrante del progetto esecutivo di adeguamento sismico della Palestra del Liceo Classico V. Julia di Acri (Cs) alla Via Don Luigi Sturzo n° 16.

Il presente progetto segue il progetto definitivo di adeguamento sismico redatto a Marzo 2017 dall'ing. Sergio Pagano a seguito di determina del Dirigente del Settore dell'Amministrazione Provinciale di Cosenza n° 44 del 09/02/2017 a valere sui fondi POR Calabria FESR 2014/2020 – Azione 10.7.1. **Per tale ragione, essendo stato redatto il progetto definitivo prima dell'entrata in vigore delle NTC 2018, il presente progetto esecutivo è redatto a norma NTC 2008.**

Complessivamente, l'edificio scolastico è composto da auditorium, palestra e corpo aule.

Il corpo aule, è già stato oggetto di intervento di adeguamento sismico, mentre, per il corpo Auditorium sono in corso i lavori di adeguamento sismico.



Il complesso scolastico V. Julia di Acri (CS)

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il calcolo delle opere è stato svolto nel rispetto della seguente normativa:

- ✓ D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- ✓ Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- ✓ UNI EN 1504: parti da 1 a 10 – Prodotti e sistemi per la protezione e riparazione del calcestruzzo.

2.1. Attività preliminari

Preliminarmente alle verifiche strutturali, al fine di poter procedere con la valutazione dell'esistente, sono state necessarie le seguenti attività:

- a) identificazione dell'organismo strutturale; identificazione delle strutture di fondazione; identificazione della categoria di suolo;
- b) individuazione delle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;
- c) individuazione dei possibili difetti locali dei materiali e nei dettagli costruttivi;
- d) Descrizione della destinazione d'uso attuale e futura con identificazione della classe di appartenenza;
- e) Informazione sulla natura e l'entità di eventuali danni subiti in precedenza e sulle riparazioni effettuate.

Le suddette attività, eseguite in situ, sono state supportate da un dettagliato studio dei disegni costruttivi del progetto originale e delle relative relazioni di calcolo, redatte a suo tempo dagli ing. Macri e Cimino e reperite presso gli uffici comunali.

2.2. Caratterizzazione del sistema strutturale esistente

La scuola, risalente agli anni '70 del secolo scorso, è costituita, come detto, da 3 corpi di fabbrica separati da giunti di dilatazione, la cui ampiezza, indagata in fase di progetto definitivo, risulta adeguata alle prescrizioni normative (circa 8,0 cm). Le strutture del corpo palestra sono del tipo intelaiato in c.a. con travi bidirezionali e solai di tipo latero-cementizio a nervature unidirezionali. Le fondazioni del corpo palestra si sviluppano su unico livello. La geometria degli elementi strutturali è riportata negli allegati elaborati grafici.

2.3. Livello di conoscenza

Benché in presenza del progetto originale e delle prove eseguite sulle fondazioni, sulle travi e sui pilastri del corpo Palestra nel corso della redazione del progetto esecutivo del corpo Aule nel 2010, in fase di progettazione esecutiva, è stata eseguita una ulteriore campagna di indagine conoscitiva estesa e completa, tale da raggiungere il massimo livello conoscitivo, ovvero quello denominato LC3. Sono state altresì condotte indagini visive in situ, che, a parere del sottoscritto, hanno evidenziato come il corpo fabbrica si presenta in buono stato di conservazione; non si osservano, infatti, lesioni, fessurazioni o degradi estesi.

Di seguito viene riportato il quadro riassuntivo di tutte le prove effettuate.

PROVE SU CLS EFFETTUATE NEL 2010

RISULTATI DEI CAROTAGGI ESEGUITI IN FASE ESECUTIVA								
Provino	elemento strutturale	Ubicazione prelievo	diámetro mm	altezza mm	Massa campione Kg	Resistenza a compressione N/mm ²	Data prova	profondità carbonatazione (mm)
Cg1	Trave 1-2	fondazione palestra	108,71	106,10	2,36	23,70	26/10/2010	
Cg2	Trave 1-8	fondazione palestra	93,53	92,00	1,47	36,10	26/10/2010	
Cg3	Pilastro 1	pilastro livello 0 palestra	93,62	95,41	1,55	22,40	26/10/2010	
Cg4	Pilastro 8	pilastro livello 0 palestra	93,62	92,61	1,53	44,00	26/10/2010	
Cg26	Trave 1-8	Corpo palestra pilastro livello 1 copertura	93,90	94,70	1,46	22,80	21/02/2011	5,5-6,6

PROVE SU CLS EFFETTUATE NEL 2020

RISULTATI DEI CAROTAGGI ESEGUITI IN FASE ESECUTIVA								
Provino	elemento strutturale	Ubicazione prelievo	diámetro mm	altezza mm	Massa volumica KN/mc	Resistenza a compressione N/mm ²	Data prova	profondità carbonatazione (mm)
1P	Fondazione	FONDAZIONE 1-8 palestra	94	187	23,96	36,50	05/12/2020	
2P	Pilastro	PILASTRO 13 palestra	94	187	23,61	23,20	05/12/2020	
3P	Trave	TRAVE 2-3 palestra	94	187	23,66	32,90	05/12/2020	
4P	Trave	TRAVE 5-12 palestra	94	93	23,40	19,70	05/12/2020	

PROVE SU BARRE DI ACCIAIO EFFETTUATE NEL 2020

RISULTATI DELLE ESTRAZIONI DI BARRE DI ARMATURA ESEGUITI IN FASE ESECUTIVA								
Provino	elemento strutturale	Ubicazione prelievo	diámetro mm	lunghezza mm	snervamento fy N/mm ²	Rottura fi N/mm ²	Data prova	allungamento % Agt
F3	Pilastro	Pilastro 3	20	470	338	485	05/12/2020	20,50
F5	Pilastro	Pilastro 5	20	447	349	505	05/12/2020	22,60
F12	Pilastro	Pilastro 12	20	469	341	503	05/12/2020	21,20

Acquisire un livello di conoscenza più alto (LC3), ha comportato l'investimento di maggiori risorse, ma, dal punto di vista progettuale ha consentito di utilizzare un fattore di confidenza (FC) pari all'unità, effettuando, in tal modo, interventi di adeguamento più mirati e meno onerosi. Raggiunto il livello di conoscenza LC3 si è potuto altresì operare con un'analisi di tipo non lineare, come sotto riportato.

	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di Analisi	FC
LC3	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	disegni costruttivi completi + limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali + estese oppure esaustive prove in situ	Tutte	1.00

Sono state altresì condotte indagini visive in situ, che, a parere del sottoscritto, hanno evidenziato come il corpo fabbrica si presenta in buono stato di conservazione; non si osservano infatti lesioni, fessurazioni o degradi estesi.

2.4 Il progetto originale

Il corpo palestra è antecedente alla Legge 1086/71. La normativa di riferimento è la Legge 1684/62. La fase conoscitiva della struttura e del modello strutturale è stata eseguita integrando i dati derivanti dal progetto definitivo e dagli esecutivi originali, con l'esecuzione di nuove indagini. I dati ottenuti hanno confermato come il corpo fabbrica sia stato concepito per sopportare maggiormente carichi verticali, poiché anche se previsti, i carichi sismici dell'epoca erano certamente ridotti rispetto a quelli attuali.

2.5 Indagini diagnostiche e livello di conoscenza

Le attività svolte al fine di conseguire il livello di conoscenza **LC3** sono state:

- ✓ Indagine preliminare riguardanti il periodo di progettazione e di costruzione. Tali dati sono stati individuati con la revisione critica del progetto originale redatto dall'ing. Antonio Macrì, e del documento di collaudo statico redatto dall'ing. Corina Cosmo. Il progetto originale è stato reperito presso l'archivio comunale del Comune di Aciri, mentre il certificato di collaudo è stato fornito dall'Amministrazione Provinciale. Il collaudo, risalente al 1987, ha documentato che il progetto del complesso scolastico è stato effettuato in due lotti tra il 1966 e il 1967 e che i lavori di costruzione sono eseguiti a partire dal 1970 e ultimati nel 1973. Da tali informazioni si è potuto dedurre che la normativa di riferimento per la redazione del progetto strutturale è la Legge 25 novembre 1962, n.1684. Dal progetto originale con relazioni, carpenterie e dettagli costruttivi si è appurato che per la realizzazione delle strutture portanti si è previsto l'impiego di calcestruzzo ad alta resistenza tipo 730 e ferro di armatura Aq.42/50 (barre lisce).
- ✓ Esame visivo accurato delle strutture sulla base sia del progetto originale che del rilievo geometrico effettuato in fase di progetto definitivo fornito dall'Ente Committente.
- ✓ Saggi e prove in situ per individuare i dettagli costruttivi e valutare le condizioni dei materiali in opera. È stata altresì documentata l'adeguatezza del giunto tecnico tra il corpo palestra ed il corpo aule. I dati rilevati sono riportati nella specifica tavola di progetto.
- ✓ Prelievo di campioni da esaminare e prove distruttive di laboratorio nel numero definito dal livello di conoscenza LC3. I risultati di tali prove distruttive e l'interpretazione dei dati sono riportati nella apposita tavola di progetto.
- ✓ Indagini geologiche e geotecniche mirate alla identificazione della categoria di sottosuolo. Tale campagna di indagini è stata commissionata dall'Ente Provinciale al dott. Carmine Nigro e i risultati sono riportati nella apposita tavola di progetto.

2.6. Valori assunti dalle indagini eseguite

Sulla base delle suddette indagini sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Dimensioni geometriche di travi, pilastri e solai in c.a.:

sono state ottenute dal rilievo eseguito, verificato e corretto in situ in fase esecutiva col supporto dei disegni esecutivi originali. Tali dimensioni sono riportate negli elaborati grafici.

- Strutture esistenti:

Dal progetto originale si evince che il cls è ad alta resistenza del tipo 730. Le verifiche di resistenza post intervento sono state eseguite con la caratteristica meccanica misurata mediante estrazione di campioni di cls prelevati in situ ed esecuzione di prove a compressione fino a rottura. Il valore assunto quale fcm (valore della resistenza media a compressione del cls) è la media delle resistenze a compressione delle carote prelevate ed è pari 210 Kg/cmq.

- Barre di armatura:

è stato identificato, sempre dal progetto originale, ferro di armatura Aq.42/50. I dati riportati nel documento di collaudo, come per il cls, hanno trovato riscontro con le prove sui campioni di materiali prelevati in situ. Pertanto, è stato assunto per fcs (valore della resistenza media a trazione dell'acciaio) il valore di 3200 Kg/cmq.

3.0 ANALISI ED INDICE DI VULNERABILITA'

3.1 Parametri sismici

Essendo l'edificio in classe d'uso III è stata eseguita l'analisi di risposta sismica locale.

Lo studio di pericolosità sismica ha sostanzialmente confermato, per il progetto in esame, l'utilizzo dello spettro di normativa.

Pertanto, utilizzando lo spettro di normativa, è stata valutata l'azione sismica con riferimento al DM 14/1/2008 e con i seguenti parametri:

Categoria suolo di fondazione: B

Categoria Topografica: T2

Longitudine Est del sito: 16,385 Latitudine Nord del sito: 39,492

Coeff. smorzam. viscoso equivalente ξ : 0,05

Classe di duttilità: bassa

Regolarità in pianta e in altezza: SI

Vita nominale della struttura: ≥ 50 anni Classe d'uso: III

Percentuale eccentricità accidentale centro di massa: 0.05

Periodo di riferimento secondo paragrafo 2.4.3 del DM 14/1/2008. $V_R = V_N \times C_n = 50 \times 1.5 \geq 75$ (classe III).

I parametri di pericolosità sismica a norma NTC 2008 sono i seguenti:

Parametri di Pericolosità Sismica

<i>Stato Limite</i>	<i>Tr</i>	<i>$a_g = A_g/g$</i>	<i>F_o</i>	<i>T⁺_c</i>
<i>Operatività (SLO)</i>	45	0.09	2.279	0.294
<i>Danno (SLD)</i>	75	0.117	2.297	0.319
<i>Salvag. Vita (SLV)</i>	712	0.323	2.458	0.388
<i>Collasso (SLC)</i>	1462	0.425	2.497	0.42

3.2 Livello di Sicurezza e Verifiche di Vulnerabilità

A valle dell'analisi non lineare eseguita per le aste in elevazione sono stati ottenuti i seguenti livelli di sicurezza allo stato limite di salvaguardia della vita:

- per la struttura non adeguata $P_{gaSLV}/P_{ga10\%} = 0.23$
- per la struttura adeguata $P_{gaSLV}/P_{ga10\%} = 1.599$.

4.0 PROPRIETA' DEI MATERIALI CLS ed ACCIAIO ALLO STATO

LICEO CLASSICO V. JULIA ACRI (CS)- PROGETTO ESECUTIVO ADEGUAMENTO SISMICO ALLE NTC 2008 CORPO PALESTRA

ATTUALE

Per la verifica delle strutture esistenti secondo i dati forniti dalle prove meccaniche e dal progetto originale si considera la seguente classe di calcestruzzo:

CALCESTRUZZO IN FONDAZIONE-ELEVAZIONE E PILASTRI

Classe calcestruzzo – da provini

	<i>f_{ck} (kg/cm²)</i>
Travi in elevazione	210,0
Travi in fondazione	210,0
Pilastri	210,0

Per la verifica delle strutture esistenti secondo i dati forniti dalle prove meccaniche e dal progetto originale si considera per le barre di armatura acciaio:

BARRE DI ARMATURA IN FONDAZIONE-ELEVAZIONE E PILASTRI

Classe acciaio – da provini

	<i>f_{yk} (kg/cm²)</i>
Travi in fondazione	3200
Travi in elevazione	3200
Pilastri	3200

5.0 CARICHI AGENTI

5.1 Ante operam

Si assumono i seguenti valori per i materiali costituenti le strutture ed i materiali portanti :

$\gamma_{cls} = 2400 \text{ kg/cm}^3$ $\gamma_{c.a.} = 2500 \text{ kg/cm}^3$ $\gamma_{acciaio} = 7850 \text{ kg/cm}^3$.

I carichi agenti sulla struttura sono stati assunti secondo quanto riportato nel progetto originale (tav. calcolo strutture in c.a.), in linea con quanto previsto dalla normativa vigente all'epoca di realizzazione. In particolare sulla struttura sono stati considerati agenti i seguenti carichi verticali (pesi propri e sovraccarichi permanenti + sovraccarichi accidentali) secondo il seguente schema:

solaio di copertura

peso proprio solaio:	325kg/mq
peso permanente:	120kg/mq
carico accidentale:	50 kg/mq
carico neve:	135 kg/mq

5.2 Post operam

I carichi agenti sulle strutture sono stati assunti secondo quanto prescritto dalla normativa vigente, in particolare dal D.M. 14-01-2008 "Norme tecniche per le costruzioni" al capitolo 3.1. e al capitolo 8.5.5.

solaio di copertura

peso proprio solaio:	325kg/mq
peso permanente:	120kg/mq
carico accidentale:	50 kg/mq
carico neve:	135 kg/mq

Come detto, il valore di vulnerabilità sismica, ottenuto quale rapporto tra capacità e domanda allo SLV è risultato $P_{gaSLV}/P_{ga10\%} = 0.23$.

6.0 PROGETTO DI ADEGUAMENTO

Il progetto di adeguamento del corpo Palestra eseguito mediante un'analisi sismica statica non lineare con livello di conoscenza LC3, spettro da normativa e parametri sismici come sopra riportato, ha fornito quale rapporto tra capacità e domanda allo SLV il valore $P_{gaSLV}/P_{ga10\%} = 1,599$.

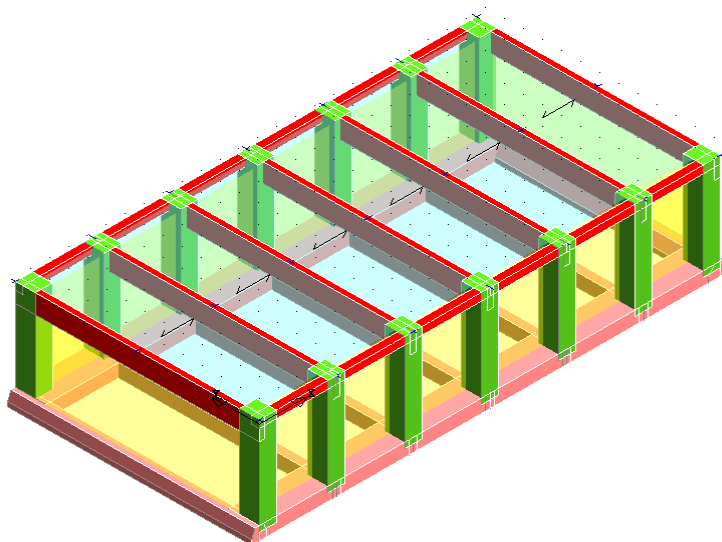
6.1 Strutture in Elevazione

Le verifiche condotte per il “corpo palestra” hanno evidenziato un diverso comportamento del fabbricato nelle due direzioni X e Y. Le pilastrate 30x90÷110 orientate nella parte lunga in direzione Y comportano una elevatissima rigidezza in tale direzione e rigidezza di molto inferiore nella direzione X.

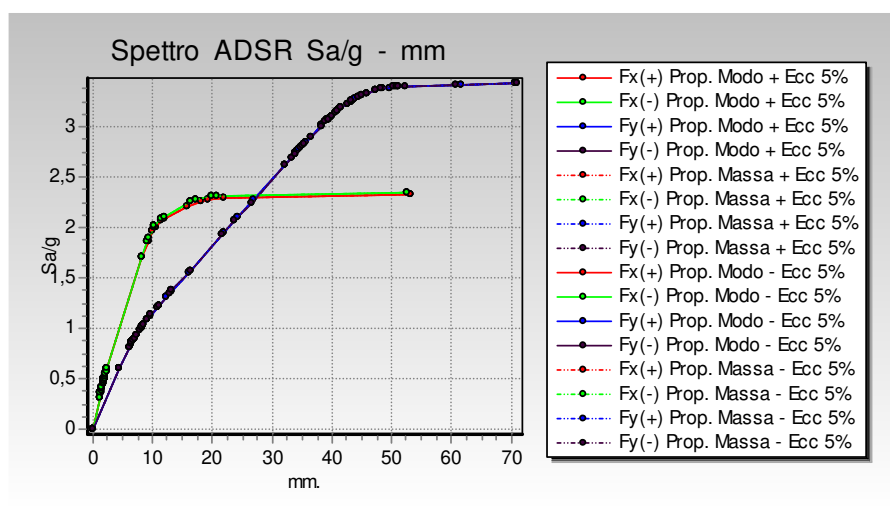
Gli interventi per “l’adeguamento” sono stati progettati per aumentare la rigidezza della struttura in direzione X e, quindi, riequilibrare le rigidezze nelle due direzioni, migliorando di conseguenza il comportamento della struttura e conseguendo i livelli di sicurezza previsti dalle norme vigenti.

Gli interventi utilizzati per l’adeguamento sono stati i seguenti:

- ✓ ringrosso dei pilastri da 30x90÷110cm a 90x105 cm;
- ✓ ringrosso delle fondazioni sul lato lungo del corpo fabbrica;
- ✓ rinforzo e confinamento delle travi lunghe di primo livello mediante l’utilizzo di materiali compositi in FRP ;



*Interventi di adeguamento del “corpo palestra”
(Ringrosso pilastri e fondazioni)*



Curve di Capacità del "corpo auditorium"
(valori di S_a/g e Capacità dopo gli interventi di adeguamento e verifica SLE e SLU)

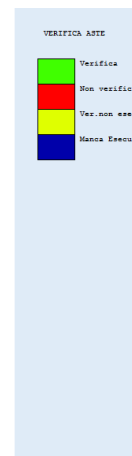
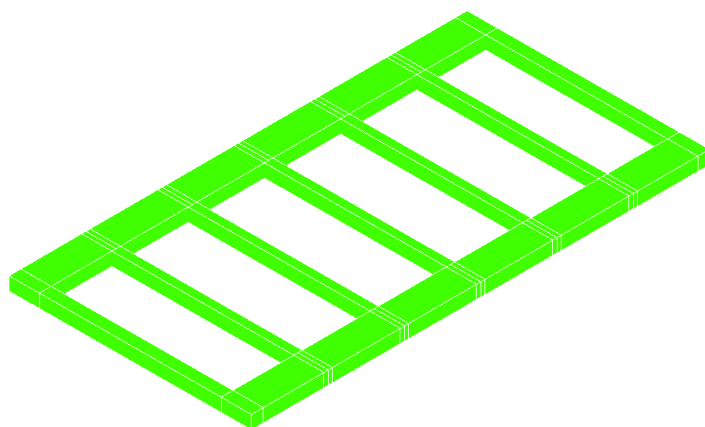
Per maggiori dettagli si vedano gli appositi elaborati di progetto esecutivo.

6.2 Strutture in Fondazione

Dopo avere modellato l'edificio e condotto lo studio di adeguamento sopra descritto in campo non lineare per le aste in elevazione, secondo quanto previsto dalla normativa, per l'adeguamento delle fondazioni del corpo Palestra, è stata condotta un'analisi elastica lineare in campo elastico.

La verifica, condotta ha evidenziato carenza di armatura a taglio e di armatura longitudinale.

È stato quindi necessario aumentare la sezione e l'armatura delle travi di fondazione non verificate fino a che queste non verificassero in campo elastico secondo quanto previsto dalle NTC 2008.



Verifica aste di fondazione

Successivamente, sempre in campo lineare, è stata inoltre condotta la verifica geotecnica di portanza, utilizzando la seguente stratigrafia riportata dal dott. Carmine Nigro nella Relazione Geologica allegata al progetto.

RICOSTRUZIONE DEI CARATTERI STRATIGRAFICI, LITOLOGICI, GEOTECNICI E SISMOSTRATIGRAFICI

Litologia	Descrizione	Spessore strato (m)	Profondità (m)	SISMOSTRATIGRAFIA (m)	V_s (m/s)	C (kPa)	φ	γ (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)
SABBIA	Sabbia ghiaiosa limosa	8.00	-8.00	-2.00	270	2.2	27/33	18.82	26.80
				-5.00	300				
				-8.00	450				
GRANITO	Graniti fortemente alterati	18.00	-26.00	-17.00	520	--	36	25.00	25.00
				-26.00	600				
GRANITO	Graniti	5.00	>di -35.00	-35.00	600	--	38	25.00	25.00
				>-35.00	850				

Tale stratigrafia ha fornito un valore V_{s30} , misurata al di sotto del piano di fondazione di 80 cm, pari a 488,45 e quindi fornito un suolo di tipo B.

Per le verifiche di portanza e cedimenti a vantaggio di sicurezza nella stratigrafia sono stati assunti i seguenti parametri

Peso Specifico: 1800 Kg/mc

Angolo d'attrito: 27°

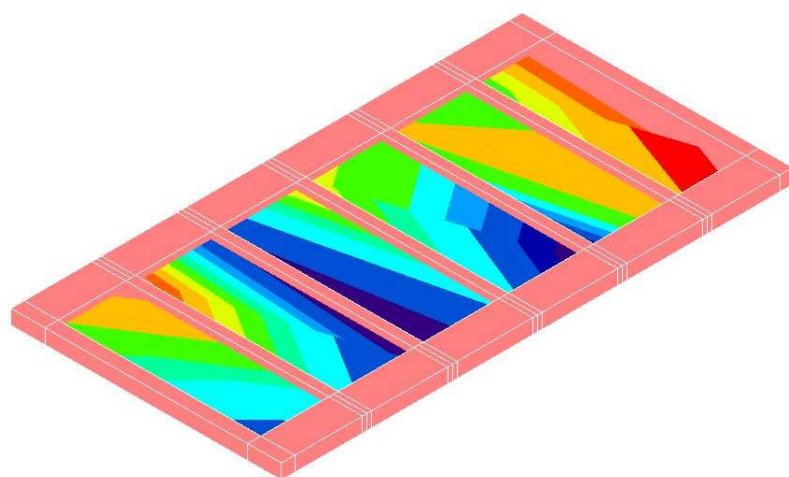
Coesione: 0 Kg/cm²

Modulo elastico: 2500 Kg/cm²

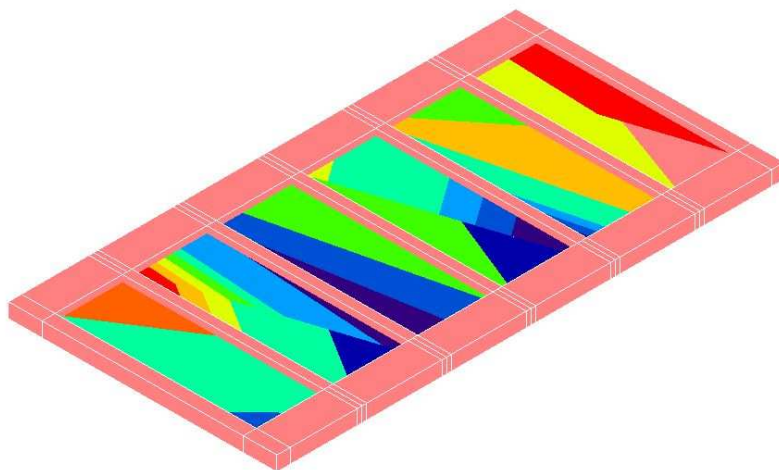
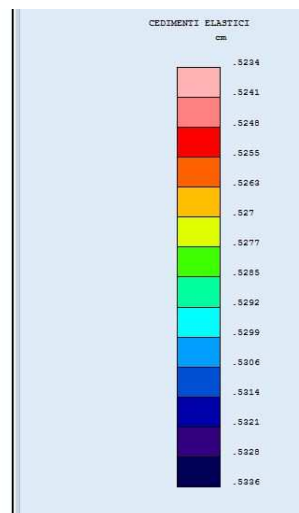
Modulo edometrico : 250 Kg/cm²

Le verifiche di resistenza sono riportate nei tabulati di calcolo.

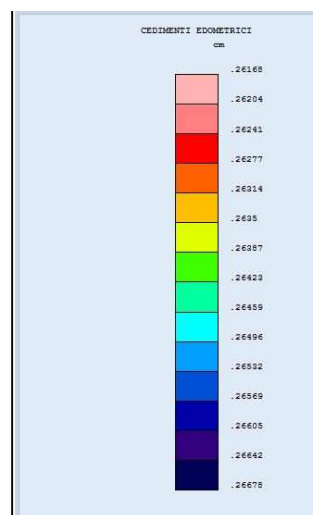
Le verifiche di portanza e cedimenti sono riportate nella relazione geotecnica.



Cedimenti elastici



Cedimenti edometrici



Le verifiche di resistenza sono riportate nei tabulati di calcolo.

6.3 PROPRIETA' DEI MATERIALI CLS ed ACCIAIO PER L'ADEGUAMENTO

Per il ringrosso di pilastri e di fondazioni, tenendo conto della classe di calcestruzzo esistente assunta pari a 210 kg/cm², anche se in compito metrico e sulle tavole esecutive per l'aumento delle sezioni si

è considerato un cls di classe C30-37, tenendo conto dell'omogeneizzazione dei due getti, si è progettato con i seguenti materiali a vantaggio di sicurezza:
CALCESTRUZZO per c.a.

	<i>fck (kg/cmq)</i>
Travi in fondazione	C25/30
Pilastri	C25/30

BARRE DI ARMATURA IN FONDAZIONE-ELEVAZIONE E PILASTRI

	<i>fyk (kg/cmq)</i>
Travi in fondazione	B450C
Pilastri	B450C

Quindi, in fase esecutiva per il ringrosso dei pilastri sarà utilizzato calcestruzzo di classe C 30/37 $f_{ck}=300/R_{ck}=370$ kg/cmq, come evidenziato dalla tavola di variante 5.4 classe di esposizione XC2-XC3 e barre di acciaio per c.a. Ø 20 di tipo B450C.

Per il ripristino del copriferro (fino a 5 cm di spessore), è previsto l'impiego di calcestruzzo con elevate resistenze meccaniche a compressione anche alle brevi stagionature ottenuto per mc da una miscela di 1600 kg di legante cementizio espansivo superfluido (per ottenere boiacche da iniezione, malte, betoncini e calcestruzzi), 400 kg di ghiaietto 0-15 mm, 200 litri di acqua. La malta dovrà rispondere ai requisiti della UNI EN 1504-3:2006 "Riparazione strutturale e non strutturale" ed essere classificata, pertanto, di classe R4.

Per l'inghisaggio di barre di armatura e/o di barre filettate, saranno usate resine epossidiche rispondenti alle norme UNI EN 1504-6:2007 "Ancoraggio dell'armatura di acciaio".

Per i profili in acciaio adoperati, è previsto l'impiego del seguente materiale:

ACCIAIO PER CARPENTERIA

Tipo S275JR (Fe430B)

6.4 MATERIALI COMPOSITI PER IL RINFORZO STRUTTURALE

Per l'applicazione dei materiali compositi sarà impiegato:

Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza

Grammatura: 300 g/mq

- tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza con le seguenti caratteristiche: Grammatura= 300 g/mq; Spessore equivalente di tessuto secco=0,166 mm; Area equivalente tessuto secco=166,6 mmq/m; Resistenza meccanica a trazione tessuto secco= 4830 N/mm²; Carico massimo per unità di larghezza tessuto secco= > 800 kN/m; Modulo elastico a trazione tessuto secco: 230.000 N/mm²; Deformazione a rottura tessuto secco: 2 %; Adesione al calcestruzzo: > 3 N/mm² (rottura del supporto)

7.0 GIUNTI SISMICI

Le verifiche eseguite sulle strutture nella loro configurazione post intervento hanno evidenziate che i giunti esistenti risultano idonei ad assorbire gli spostamenti durante il verificarsi di eventi sismici (anche per sisma relativo allo S.L.D.), secondo le prescrizioni delle normative vigenti.

Attraverso le stampe dei tabulati del codice di calcolo utilizzato sono stati controllati gli spostamenti massimi S.L.U. di ciascun nodo della struttura per tutte le combinazioni sismiche considerate in fase di calcolo, nelle due direzioni X e Y e come modulo del vettore spostamento.

In particolare è stato quindi verificato che la somma in valore assoluto degli spostamenti ultimi (riportati nella relazione di calcolo strutturale di ciascun edificio) dei nodi afferenti al giunto sismico non supera il valore rilevato in sito per il giunto stesso, e pertanto è stato verificato che l'ampiezza del giunto è sufficiente ad evitare problemi di martellamento tra le strutture adiacenti.

È stato inoltre verificato che la misura dei giunti rispetta le prescrizioni normative delle NTC §7.7.2..

Le verifiche eseguite per il giunto tra il corpo "aule" e il corpo "auditorium" sono riportate negli allegati esecutivi. In allegato "Relazione tecnica per la verifica dei giunti sismici".

8.0 VERIFICA DI SCORRIMENTO TRA CALCESTRUZZO VECCHIO E NUOVO

Il rinforzo degli elementi strutturali in c.a. sarà effettuato inserendo nuove armature ed aumentando le sezioni in calcestruzzo. L'esito delle operazioni è legato alla trasmissione degli sforzi fra materiali esistenti e materiali nuovi: le verifiche di resistenza si effettuano proprio tenendo conto di questi meccanismi di trasmissione.

All'interfaccia tra calcestruzzo nuovo ed esistente si instaurano degli sforzi di taglio che possono trasmettersi:

- per coesione;
- per attrito;
- per l'azione perno esercitata da armature perpendicolari all'interfaccia.

La trasmissione per coesione e per attrito non è attendibile e pertanto, si ricorre all'impiego di connettori disposti ortogonalmente alla direzione dello sforzo da trasmettere ovvero perpendicolarmente al piano di scorrimento fra calcestruzzo vecchio e nuovo.

Nello specifico, le barre d'armatura metallica devono essere in grado di trasmettere la forza di scorrimento tra calcestruzzo vecchio e nuovo trascurando l'effetto dell'aderenza tra le due parti.

In analogia a quanto previsto per le sezioni composte acciaio-calcestruzzo, al fine di verificare tali elementi, è possibile riferirsi alle formule riportate al par. 4.3.4.3 del D.M. 14 gennaio 2008.

La resistenza di calcolo a taglio può essere assunta pari al minore dei seguenti valori:

$$P_{Rd,a} = 0,8 f_t (\pi d^2 / 4) / \gamma_v. \quad (4.3.7)$$

$$P_{Rd,c} = 0,29 \alpha d^2 (f_{ck} E_c)^{0,5} / \gamma_v. \quad (4.3.8)$$

dove:

γ_v è il fattore parziale definito al par. 4.3.3;

f_t è la resistenza a rottura dell'acciaio del connettore;

f_{ck} è la resistenza cilindrica del calcestruzzo;

d è il diametro del connettore;

h_{sc} è l'altezza del connettore, non minore di 3 volte il suo diametro

$$\alpha = 0,2 (h_{sc} / d + 1) \text{ per } 3 \leq h_{sc} / d \leq 4, \quad (4.3.9 a)$$

$$\alpha = 1,0 \quad \text{per} \quad h_{sc} / d > 4. \quad (4.3.9 b)$$

Si ottiene:

$P_{Rd,a}$	27143,3 6		
f_t	540,00	N/ mm ²	Resistenza a rottura dell'acciaio del connettore
d	10,00	mm	Diametro del connettore
γ_v	1,25		Fattore parziale connessioni (par. 4.3.3)
$P_{Rd,c}$	20091,7 9		
α	1,00		Per $h_{sc}/d > 4$
d	10,00	mm	Diametro del connettore
f_{ck}	25,00	N/ mm ²	Resistenza cilindrica del cls
E_c	30000,0	N/	Modulo

	0	mm ²	elastico
χ_v	1,25		Fattore parziale connessioni (par. 4.3.3)

Il minore dei valori è rappresentato da $PR_{d,c} = 20091,79 \text{ N} = 200,92 \text{ kN}$.

Il valore ottenuto va confrontato con la massima sollecitazione agente nell'elemento.

Dal rapporto tra $PR_{d,c}$ e VR_{cd} , si ottiene il numero totale minimo di connettori da disporre nella luce di taglio per soddisfare la verifica a scorrimento. Essendo, tali connettori, disposti in numero pari a sei per ogni sezione e con passo 15 cm, si può ricavare il numero di file e di conseguenza la lunghezza di trave minima necessaria.

VR_{cd} , corpo A	320000, 00	N	Sollecitazione massima di taglio (vedi Allegato A)
	16	n	Numero totale
	3	n	Numero totale/6
	0,4	m	Lunghezza minima necessaria (luce di taglio)

La lunghezza minima necessaria appena calcolata va raddoppiata e confrontata con la lunghezza di ogni trave di fondazione. Risulta che ogni trave di fondazione abbia una lunghezza superiore a quella necessaria per il soddisfacimento delle verifiche a scorrimento (esito verifiche: positivo).

Il Progettista
ing. Francesco Tarantino

Sommario

1. PREMESSA.....	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
2.1. Attività preliminari.....	2
2.2. Caratterizzazione del sistema strutturale esistente	2
2.3. Livello di conoscenza	2
2.4 Il progetto originale	4
2.5 Indagini diagnostiche e livello di conoscenza	4
2.6. Valori assunti dalle indagini eseguite	4
3.0 ANALISI ED INDICE DI VULNERABILITA'	5
3.1 Parametri sismici	5
3.2 Valori caratteristici dello spettro normalizzato per lo stato limite di danno ..	Errore. Il segnalibro non è definito.

3.3 Spettro normalizzato SLD	Errore. Il segnalibro non è definito.
3.4 Valori caratteristici dello spettro normalizzato per lo stato limite di salvaguardia della vita.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
3.5 Spettro SLV normalizzato.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
3.6 Livello di Sicurezza e Verifiche di Vulnerabilità	5
4.0 PROPRIETA' DEI MATERIALI CLS ed ACCIAIO ALLO STATO ATTUALE.....	5
5.0 CARICHI AGENTI.....	6
5.1 Ante operam	6
5.2 Post operam	6
6.0 PROGETTO DI ADEGUAMENTO	6
6.1 Strutture in Elevazione	7
6.2 Strutture in Fondazione	8
6.3 PROPRIETA' DEI MATERIALI CLS ed ACCIAIO PER L'ADEGUAMENTO.....	9
6.4 MATERIALI COMPOSITI PER IL RINFORZO STRUTTURALE	10
Tessuto unidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza	10
7.0 GIUNTI SISMICI	10
8.0 VERIFICA DI SCORRIMENTO TRA CALCESTRUZZO VECCHIO E NUOVO.....	11