

LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA

già Provincia Regionale di Ragusa

Settore IV Lavori Pubblici e Patrimonio

Istituto Professionale Statale per l'industria e l'artigianato di Vittoria

"ADEGUAMENTO ALLE VIGENTI NORME IN MATERIA DI COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA, ACCESSIBILITA', SICUREZZA E PREVENZIONI INCENDI".

Piano straordinario per la messa in sicurezza degli edifici scolastici

Legge 27/12/2002, n.289, art.80 comma 21.

2° Programma stralcio e ri-programmazione risorse 1° programma stralcio

STRALCIO PROGETTO ESECUTIVO

TAV. N.

A.4.1

OGGETTO: – Elaborati Tecnici analitici

Calcoli della struttura della Scuola

Relazione tecnica generale - sui materiali - piano di manutenzione

IL R.U.P.

.....
Ing. Giovanna Scionti

PROGETTISTI



.....
(Ing. Marco Anfuso)

TIMBRI DI APPROVAZIONE



.....
(Ing. Antonino Russo)

PROGECO

PROGECO s.r.l. VIA MARIO SCELBA, 4 - 97100 RAGUSA
Tel. +39 0932 621243 - Fax +39 0932 627114
CF e P.IVA 00926570888 - info@progecosr.leu - progecosr.leu

Collaboratori: Ing. Giovanni Dimartino - Ing. Giovanni Cassarino

Rev.n. 00 | Pc: S | File:

Data | Giugno 2017

RELAZIONE TECNICA GENERALE

1. DESCRIZIONE GENERALE.

La presente relazione illustra i criteri d'intervento strutturale adottati nel progetto esecutivo di adeguamento sismico del plesso scolastico che ospita l'IPSIA di Vittoria (RG), Figura 1.



Figura 1 - Veduta aerea del plesso scolastico (a SE il corpo aule e uffici, il cui ingresso è su via Firenze, a NW i corpi palestra, aula magna e laboratori).

Il plesso è composto di due edifici distinti:

- Il primo, di maggiore estensione, accoglie sostanzialmente le aule e gli uffici di presidenza e di segreteria. Ha in pianta la forma di una C, in cui le ali sono a tre elevazioni e l'anima è a quattro elevazioni; la C è chiusa da una quarta manica a un'elevazione e di modesta larghezza (Figura 2 e Figura 3). La pianta dell'edificio è inscritta in un rettangolo di dimensioni 60.00x35.00 m².
- Il secondo che non fa parte del presente progetto è a pianta rettangolare, a un'elevazione e accoglie la palestra, i servizi annessi, i laboratori e l'aula magna (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). La pianta dell'edificio è inscritta in un rettangolo di dimensioni 55,00x27,00 m².

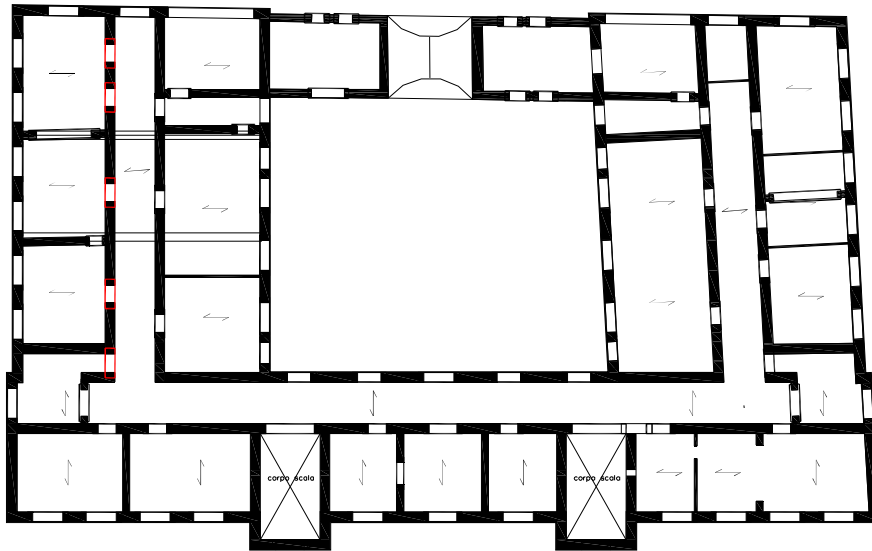


Figura 2 - Edificio aule. Pianta del piano terra.

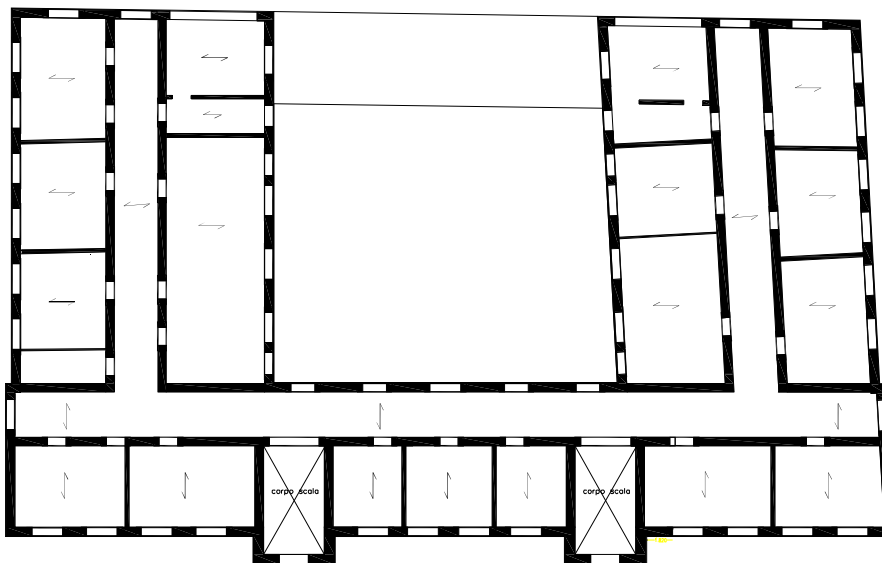


Figura 3 - Edificio aule. Pianta dei piani superiori.

La struttura dell'edificio è costituita da muratura lapidea (roccia calcarea caratteristica dell'area iblea, sistematicamente utilizzata nell'architettura storica) con orizzontamenti di calcestruzzo armato e laterizi, la cui presenza consente una datazione ancorché approssimativa dell'epoca di costruzione.

Com'è rilevabile dal notevole numero di saggi diretti dei paramenti e dalle endoscopie passanti, l'ordito della muratura è per lo più a bassa regolarità: i conci sono sbazzati, di dimensioni molto variabili e i ripianamenti sono ottenuti inserendo scapoli e scaglie.

Volendo fare riferimento all'abaco proposto da A. Giuffré, basato su una tipizzazione di tipo meccanico delle murature di Ortigia¹ estendibile al caso in esame, si può ritenere che la muratura in ispecie sia del tipo B2-C1 (Figura 4). Le 21 endoscopie indicano una prevalente (circa il 70%) presenza della tipologia C1 per via della configurazione in sezione dell'apparecchio della muratura, caratterizzato dalla bassa densità di diatoni.

Per questi tipi l'ingranamento dei paramenti per azioni sismiche ortogonali al piano medio delle pareti è in definitiva insufficiente.

Le considerazioni che precedono danno ovviamente un indirizzo alla tipologia di intervento.

¹ *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, a cura di Antonino Giuffré, Editori Laterza.

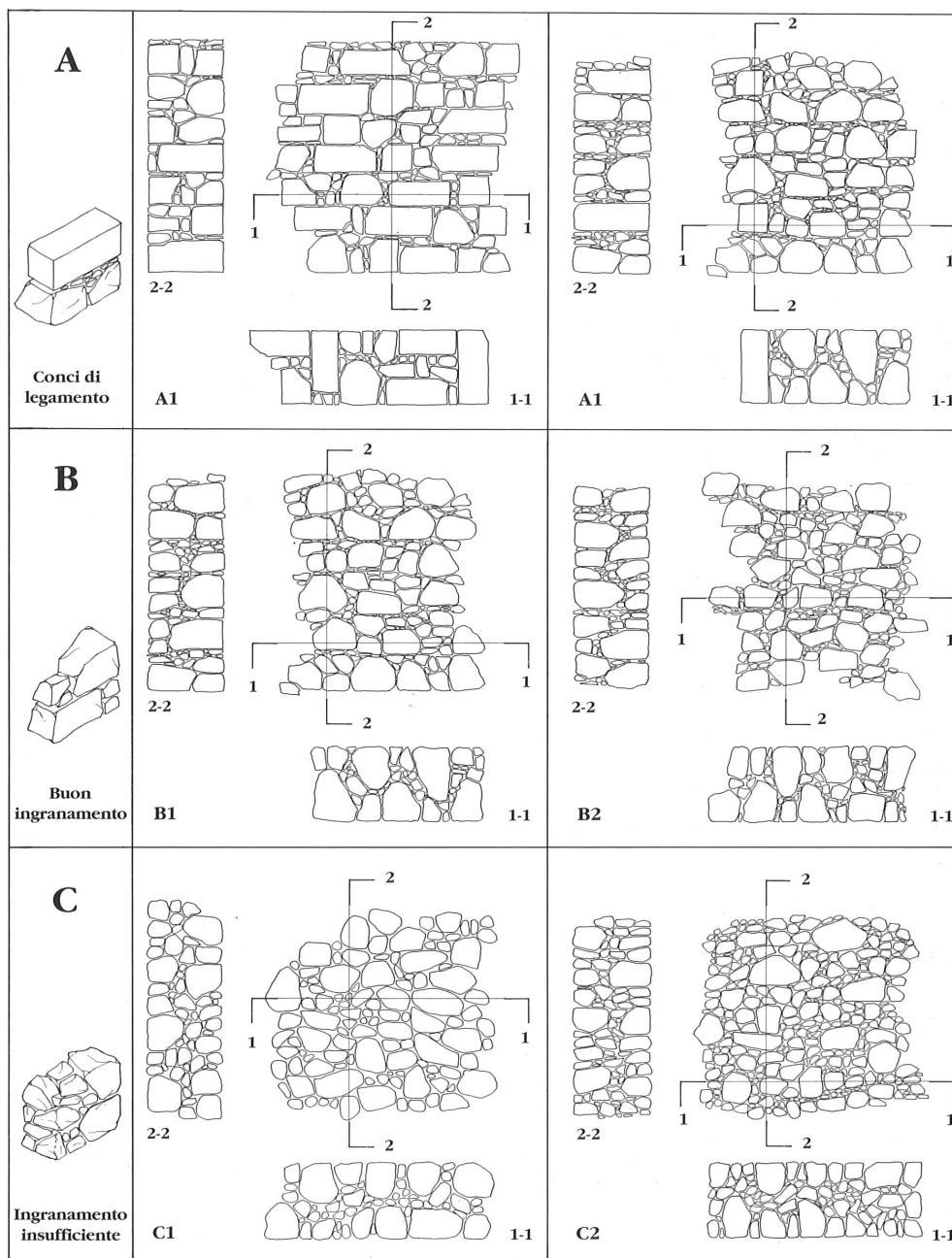


Figura 4 – Abaco delle murature

2. ACQUISIZIONE DEI DATI INFORMATIVI.

Entrambi gli edifici sono stati oggetto di un'approfondita campagna di indagini, privilegiando l'edificio aule, che ha investito sia le tipologie di materiali sia le tipologie di elementi strutturali presenti

I risultati di dettaglio sono riportati nella relazione contenente i rapporti di prova, redatta dalla ditta specializzata che ha eseguito le indagini, la *OMNIATEST s.r.l.* di Messina.

Si è così ottenuto:

- a) L'identificazione dell'organismo strutturale e delle dimensioni geometriche degli elementi che lo costituiscono, tramite un rilievo strutturale completo, che ha consentito peraltro l'aggiornamento, tramite rettifiche e integrazioni, degli elaborati forniti dall'Amministrazione.

Non si sono riscontrati danni subiti in passato né rimaneggiamenti degni di rilievo.

È stato appurato che gli orizzontamenti sono costituiti da solai latero-cementizi, dei quali sono state rilevate le armature e le caratteristiche geometriche e meccaniche. Sono state inoltre condotte prove di carico che hanno evidenziato un soddisfacente comportamento strutturale. Per i dettagli specifici e i risultati delle prove si rinvia alla relazione contenente i rapporti di prova, elaborata dalla *OMNIATEST s.r.l.*

- b) L'identificazione delle strutture di fondazione. Sono stati eseguiti pozzetti d'ispezione approfonditi fino al piano d'imposta delle fondazioni che hanno consentito di desumere le caratteristiche dimensionali e morfologiche delle strutture di fondazione, la qualità e le condizioni dei materiali, le caratteristiche del terreno d'imposta.

- c) L'identificazione del suolo sotto gli aspetti geologico, geotecnico, sismico. È stato reso disponibile, da parte dell'Amministrazione, un accurato studio geologico-geotecnico condotto dal 13° Settore Geologia, che comprende, oltre un'approfondita caratterizzazione geotecnica, la determinazione del parametro V_{s30} , tramite quattro prove *down-hole*. Ne è stata desunta una categoria di suolo tipo C, secondo le NTC 2008.

È stata inoltre eseguita un'estesa campagna di prove con il *Dilatometro Marchetti Sismico*, orientata all'acquisizione di dati utili per la valutazione del rischio di liquefazione, per la quale si rimanda alla specifica relazione redatta dal prof. ing. Francesco Castelli, allegata al progetto.

- d) La determinazione delle caratteristiche dei materiali. Sono state condotte indagini sulle murature nella misura idonea al conseguimento di un livello di conoscenza LC3, conforme alla classificazione contenuta nelle NTC 2008. Per i dettagli specifici e i risultati delle prove si rinvia alla relazione contenente i rapporti di prova, elaborata dalla ditta specializzata *OMNIATEST s.r.l.*

Per gli elementi strutturali di c.a. è stato eseguito il prelievo di carote di conglomerato, sulle quali è stato determinato il valore della resistenza a compressione e della massa volumica.

Per quanto attiene le barre d'acciaio costituenti l'armatura, è stata accertata la natura (tondi lisci o nervati), la posizione e, tramite prove di laboratorio, la qualità (snervamento, rottura, allungamento). Il rilievo dell'armatura è stato eseguito in alcuni punti singolari di elementi strutturali posti ai vari livelli.

Per le strutture di muratura si è proceduto all'esecuzione di indagini in situ consistenti in:

- Esami visivi della superficie muraria, rimuovendo l'intonaco in una zona di dimensioni $0,60 \times 0,60 \text{ m}^2$, al fine di individuare forma e dimensioni dei blocchi di cui è costituita la muratura e l'eventuale presenza degli spianamenti a ogni bancata. Detti esami sono stati eseguiti anche in corrispondenza degli angoli, per verificare, contestualmente, il grado di ammorsatura fra le pareti.
- Indagini endoscopiche, per il rilevamento stratigrafico delle murature.
- Prove con martinetto piatto doppio per la determinazione delle grandezze meccaniche della muratura (resistenza a compressione, modulo di elasticità normale).
- Prove per la determinazione della resistenza a taglio per scorrimento.
- Prove per la determinazione della resistenza a taglio per formazione di fessure diagonali (prova Sheppard modificata).

3. LIVELLO DI CONOSCENZA, FATTORE DI CONFIDENZA.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono:

- *geometria.*
- *dettagli costruttivi.*
- *proprietà dei materiali.*

Le attività conoscitive concernenti tali aspetti sono state illustrate in precedenza.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo d'analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali, com'è definito dalle NT 2008 (tabella C8A.1.1).

Il livello di conoscenza che è stato raggiunto è il massimo, cioè LC3 *Conoscenza accurata*, che pertanto ha consentito:

- la valutazione della sicurezza mediante un'analisi statica non lineare, al fine di conseguire una migliore accuratezza nella predizione della risposta strutturale,
- l'adozione di un fattore di confidenza $FC=1.00$ ai fini della valutazione delle resistenze di calcolo delle murature.

Inoltre, poiché sono disponibili più di tre valori sperimentali di resistenza, si possono assumere (cfr § C8A.1.A.4) per la resistenza e per i moduli elastici, la media dei risultati delle prove.

Ai fini della caratterizzazione meccanica sono state eseguite

- 10 prove per la misura della resistenza a compressione con martinetto piatto doppio; di cui 8 sono state condotte a controllo di forza e 2 a controllo di spostamento.

	σ (MPa)
M 1	1,84
M 2	1,15
M 3	1,30
M 4	0,89
M 5	2,15
M 6	0,88
M 7	2,04
M 8	1,91
M 9	0,90
M10	1,25
f_m	1,43 MPa
COV	16,0%

Figura 5

Nella Figura 5 è riportata la tabella dei valori di resistenza alla compressione desunti dalle prove eseguite; detti valori sono stati letti in corrispondenza dei punti in cui nei diagrammi σ - ε inizia la perdita di rigidità del materiale, stimabile per $\varepsilon = 0.2\%$.

È da rilevare che il coefficiente di variazione è discretamente contenuto, tenuto conto dell'eterogeneità del materiale. D'altra parte, tagliando il valore massimo (prova M5) ed il valore minimo (prova M6) si otterrebbe $f_m = 1.41$ MPa e $COV = 10.4\%$ e, ripetendo l'operazione, $f_m = 1.39$ MPa e $COV = 5.8\%$. Se ne desume che il valore medio della resistenza resta sostanzialmente invariato al diminuire della dispersione dei risultati. È ragionevole, in definitiva, assumere $f_m = 1.4$ MPa.

È da rilevare che questo valore si colloca entro l'intervallo dei valori di f_m dato dalla tabella C8A.2.1 delle NTC 2008 per la tipologia di muratura definita *Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)*, com'è di fatto.

- 8 estrazioni di carote dalla muratura ($d=74$ mm, $h = 148$ mm), dalle quali si è potuto ricavare tensioni di rottura a compressione di valore decisamente superiore al valore desunto dalle prove con martinetto piatto doppio, com'era peraltro da attendersi, e valori del peso specifico della muratura come indicato nella Figura 6 (cfr. rapporto di prova Parte II, pag 85).

	γ (kN/m ³)
C11	11,83
C12	11,31
C13	10,95
C14	12,24
C15	12,34
C16	13,23
γ_m	11,98 kN/m³
COV	4,6%

Figura 6

È da rilevare che il coefficiente di variazione è sensibilmente contenuto, per cui si può ragionevolmente, e certamente a vantaggio di sicurezza, assumere per le murature un valore costante pari a $\gamma_m = 13 \text{ kN/m}^3$

- 5 prove per la determinazione della resistenza a taglio, associata al meccanismo di scorrimento e 2 prove per la determinazione della resistenza a taglio, associata alla formazione di fessure diagonali (prova Sheppard modificata, per via dell'uso dei martinetti piatti). Ai fini della determinazione della resistenza a taglio convenzionale τ_0 , in assenza cioè di tensioni normali concomitanti, sono state eseguite altrettante prove per la determinazione della tensione di compressione nell'intorno della prova a taglio.

4. METODO DI ANALISI.

Si è fatto ricorso a un codice di calcolo originale² che modella le pareti per mezzo di macro-elementi, che incorporano le modalità di collasso per cedimento a presso-flessione, a taglio per scorrimento, a taglio con formazione di fessure diagonali ed il cosiddetto fenomeno di *rocking*.

Per mezzo di detto strumento sono state condotte ripetute analisi statiche non lineari (*pushover analysis*):

- nelle condizioni ante-operam, per comprendere le porzioni di edificio più vulnerabili, modelli globale 3D.
- nelle condizioni di adeguamento, introducendo gli elementi di rinforzo necessari, sugli stessi modelli.

Per la quantificazione delle azioni e dei parametri di resistenza dei materiali utilizzati nelle modellazioni, si rimanda alla relazione di calcolo.

5. CRITERI E TIPOLOGIE D'INTERVENTO.

Per quanto attiene il **corpo aule**, si è innanzitutto intervenuto, al fine di contenere irregolarità in altezza, svincolando sismicamente la porzione centrale ad una elevazione di edificio sul prospetto posteriore mediante l'interposizione di due giunti sismici.

L'intervento si delinea come intervento di adeguamento sismico in ottemperanza alle indicazioni e richieste della normativa vigente (§8.4 NTC2008), con l'obiettivo di sicurezza richiesto corrispondente al raggiungimento di almeno il 65% delle azioni previste, in accordo alla direttive fornita dall'Assessorato Regionale BB.CC.AA. e P.I con la nota n. 1615/21 del

² Elaborato da un gruppo di ricerca operante presso la Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Catania, coordinato dal prof. ing. Ivo Calìo.

11/05/2007.

La resistenza sismica è incrementata mantenendo l'originale struttura in muratura e prevedendo interventi di rinforzo mirati a migliorare e regolarizzare la distribuzione delle rigidità e delle resistenze e ad aumentare la duttilità disponibile della struttura, mediante interventi di consolidamento di parti di muratura.

Si è pertanto previsto il rinforzo delle murature mediante l'applicazione, su entrambi i paramenti delle pareti, di un intonaco di malta di calce e cemento, rinforzato con una rete di materiale composito fibro-rinforzato F.R.P., la rete è costituita da fibra di vetro AR.

Inoltre, al fine di confinare i maschi murari interclusi tra le aperture, è prevista la cerchiatura delle aperture con telai metallici solidarizzati alle murature; il provvedimento innalza sensibilmente la duttilità di tali porzioni di muratura.

Il **corpo palestra** si provvederà a separarlo dalla restante porzione (dove sono presenti i laboratori e l'aula magna) tramite un giunto eseguito mediante il taglio delle pareti con sega a nastro o a disco diamantato, in modo tale da non indurre danneggiamenti per scuotimento della compagine muraria. Oltre l'intervento di rinforzo delle murature, si prevede un intervento sulle travi principali per aumentarne la resistenza a flessione e taglio mediante l'applicazione di un sistema composito costituito da tessuto unidirezionale di fibra di carbonio impregnato in situ con matrice polimerica (F.R.P.).

Per quanto attiene le **fondazioni**, poiché sono soddisfatte le condizioni stabilite dal § C8A.5.11 delle NT 2008 e cioè:

- x) Nella costruzione non sono presenti dissesti di alcun tipo, in particolare attribuibili a cedimenti delle fondazioni.
- y) Gli interventi progettati non comportano sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato.
- z) Gli interventi non comportano rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni.
- aa) Sono esclusi fenomeni di ribaltamento della fondazione per effetto delle azioni sismiche.

e poiché peraltro l'inadeguatezza delle fondazioni è raramente causa del danneggiamento osservato nei rilevamenti post-sisma, non si reputa necessario prevedere interventi alle fondazioni e ci si limiterà ad eseguire:

- La valutazione della capacità portante in funzione della caratterizzazione geotecnica.
- Il confronto della capacità portante con le pressioni di contatto calcolate, avendo desunto dai pozzetti di approccio alle fondazioni le caratteristiche dimensionali e morfologiche delle strutture di fondazione.

6. DESCRIZIONE DEL SITO E DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL TERRENO DI SEDIME. VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE.

L'edificio è ubicato nel Comune di Vittoria (Ragusa).

L'area oggetto di studio è identificata, inoltre, dalle seguenti coordinate geografiche (sistema di riferimento ED50 UTM fuso 32-33, unità di misura in gradi sessadecimali) intese al centro dell'edificio:

latitudine (φ) = 36.93005° longitudine (λ) = 14.526350°

Al fine della determinazione dell'azione sismica la normativa specifica che “Vengono, infatti, utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)”

Conformemente a quanto scritto il sistema di riferimento che viene dall'INGV utilizzato va sotto il nome di ED50. I software ad uso commerciale utilizzano diversamente come sistema di riferimento quello implementato in Google Earth che prende il nome di WGS84. In letteratura è ampiamente documentata la differenza e lo scarto tra i due sistemi di riferimento che si aggira attorno ai 100/140 metri e che in determinate condizioni limite può portare ad errori nella determinazione della maglia di interesse. Detti errori sono ritenuti ammissibili nei confronti percentuali delle azioni in gioco.

Il litotipo di fondazione, entro la profondità di indagine dei carotaggi effettuati (30 m), evidenzia, al di sotto di uno strato di riporto, la presenza di sedimenti costituiti da un sottile livello di sabbie limose passanti in profondità a calcareniti marmose e sabbioso-limose con intercalati livelli arenacei o marnosi o detriti calcarei.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto il profilo stratigrafico del suolo di fondazione rientra, visti i valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i 30 m, compresi tra 300 e 345 m/sec, nella categoria “C” di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*).

Infine, poiché uno studio preliminare, condotto dal 13° Settore Geologia dell'Amministrazione, faceva intravedere l'eventualità che i litotipi dell'area su cui sorgono gli edifici potessero essere soggetti al fenomeno della liquefazione in occorrenza del terremoto di progetto, è stata eseguita un'estesa campagna di prove con il *Dilatometro Marchetti Sismico*, a cui è seguita una valutazione del rischio di liquefazione condotta dal prof. ing. Francesco Castelli. Lo studio conduce a un indice di rischio basso, per cui non necessario adottare misure specifiche (e.g. consolidamento dei terreni, fondazioni indirette ecc..) per la riduzione del pericolo di liquefazione.

7. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M 14.01.2008 - Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 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;

8. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI DELLA STRUTTURA

Le norme NTC 2008, precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

La vita nominale delle strutture è assunta maggiore di 50 anni (Opere ordinarie) e classe d'uso III (Costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi).

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto con il Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 14.01.2008 e s.m. ed i.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 per i vari tipi di materiale.
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il Committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti utilizzati in fase di verifica.
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al Committente ed alle norme vigen-

ti per le costruzioni in zona sismica

- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani.

Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

9. MATERIALI STRUTTURALI IMPIEGATI

Si rimanda alla relazione sui materiali parte integrante del presente progetto per i dettagli sui materiali esistenti e nuovi adottati in fase di analisi e previsti in fase di intervento.

10. COMBINAZIONE DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle NTC 2008 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle NTC 2008 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I

Tabella 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
⁽¹⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

11. DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI VARIABILI DOVUTI ALLE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si è fatto riferimento alla tabella del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle NTC 2008. In presenza di carichi verticali concentrati Q_k essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento, in generale con forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm., salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200x200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 secondo categoria di appartenenza —	1,00 — —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

I pesi e le masse degli elementi strutturali (fondazioni, travi e colonne) sono messi in conto nel modello di calcolo.

12. AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

Le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO)
- Stato Limite di Danno (SLD)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)

- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite PVR :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 14 gennaio 2008 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale = 50 anni (opere ordinarie);
- Classe d'Uso = III, Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;

- Categoria del suolo = C (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s);
- Coefficiente Topografico = T1;
- latitudine (φ) = 36.93005° longitudine (λ) = 14.526350°

Tali valori sono stati utilizzati da apposita procedura informatizzata, che, a partire dalle coordinate del sito oggetto di intervento, fornisce i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale, riportati nei tabulati di calcolo.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto al cap. 3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

13. MODELLI DI CALCOLO

Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 14.01.2008 ed in particolare:

- analisi elastica lineare per il calcolo delle sollecitazioni derivanti da carichi statici
- analisi dinamica modale con spettri di progetto per il calcolo delle sollecitazioni di progetto dovute all'azione sismica.
- verifiche sezionali agli s.l.u. per le sezioni in c.a. utilizzando il legame parabola rettangolo per il calcestruzzo ed il legame elastoplastico incoerente a duttilità limitata per l'acciaio. Verifiche plastiche per le sezioni in carpenteria metallica di classe 1 e 2 e tensionali per quelle di classe 3.
- verifiche plastiche per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e tensionali per quelle di classe 3.
- analisi statica non lineare (push Over) nelle elaborazioni numeriche allegate.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli SLU che allo SLO si è fatto riferimento al D.M. 14.01.08 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 che è stata utilizzata come norma di dettaglio. Avendo condotto un'analisi statica non lineare è stato possibile determinare l'effettivo fattore di struttura del complesso assunto pari al minimo tra quelli evidenziati dall'analisi per le varie distribuzioni di forze.

La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono state riportate nei singoli capitoli della relazione di calcolo.

14. TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle norme europee EN 1992-1-1 - EN 206 - EN 1992-2-1:

Copriferro	-5 mm (EC2 4.4.1.3)
Per dimensioni	$\leq 150\text{mm} \pm 5\text{ mm}$
Per dimensioni	$= 400\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$
Per dimensioni	$\geq 2500\text{ mm} \pm 30\text{ mm}$
Per i valori intermedi interpolare linearmente.	

15. DURABILITÀ

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che, nel caso delle opere in calcestruzzo, anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" DM 14.01.2008. e relative Istruzioni.

16. CODICE DI CALCOLO

Si fatto ricorso ad un codice di calcolo originale³, 3DMacro. Alla base del software vi è un modello teorico non lineare innovativo, capace di modellare il comportamento fino a collasso della muratura nel proprio piano con un onere computazionale estremamente ridotto rispetto alle più generali modellazioni agli elementi finiti non-lineari.

Tale modello può essere collocato nell'ambito dei cosiddetti macro-modelli essendo basato su una modellazione meccanica equivalente di una porzione finita di muratura concepita con l'obiettivo di cogliere i meccanismi di collasso nel piano tipici dei fabbricati murari.

Nel modellare l'edificio in esame sono state ritenute valide le seguenti ipotesi di base:

1. Le pareti agiscono solo nel proprio piano, viene invece trascurata la rigidezza e resistenza fuori piano della muratura.
2. Le pareti interagiscono tra loro in corrispondenza degli impalcati mediante l'interposizione di cordoli di piano e diaframmi di collegamento.

3 Il grado di ammorsamento tra le pareti e gli orizzontamenti e la rigidezza degli orizzontamenti stessi è sufficiente a garantire un comportamento scatolare ossia d'insieme della struttura nei confronti delle azioni sismiche.

Per mezzo di detto strumento sono state condotte ripetute analisi statiche non lineari, la cosiddetta *pushover analysis*:

- nelle condizioni attuali (stato di fatto), per comprendere le porzioni di edificio più vulnerabili, sia su schemi piani di pareti, sia su modello globale 3D, con l'assunto di piani d'impalcato indeformabili.
- nelle condizioni di adeguamento, introducendo gli elementi di rinforzo necessari, sugli stessi modelli.

Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008

³ Elaborato da un gruppo di ricerca operante presso la Facoltà d'Ingegneria dell'Università di Catania, coordinato dal prof. ing. Ivo Calì.

l'affidabilità del codice utilizzato è stata 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. Si fa presente che sul sito www.murature.it è disponibile sia il manuale teorico del solutore sia i documenti comprendenti i numerosi esempi di validazione.

17. VALIDAZIONE DEI CODICI E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.

È stato eseguito un controllo incrociato sui risultati fondamentali delle elaborazioni mediante la risoluzione di alcuni modelli elementari. Sono stati svolti controlli generali, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati e comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate.

I risultati ottenuti consentono di potere accettare e validare il codice di calcolo.

Relazione sui materiali

- Materiali esistenti

Per le strutture esistenti è stata assunta una resistenza conforme alle prove sui materiali, le quali hanno fornito le caratteristiche seguenti:

Nelle successive tabelle si riassumono i parametri dei materiali adottati nella modellazioni:

Tabella 0-1 Caratteristiche Meccaniche Muratura

Parametri che governano il meccanismo di rottura flessionale						Fessurazione diagonale			
E	f_m	σ_t	ϵ_c	ϵ_t	W	G	τ_o	μ	γ_u
MPa	MPa	MPa	□	□	kN/m ³	MPa	MPa		%
Mur1									
600.00	1.40	0.05	-	-	13.00	200.00	0.06	0.40	0.40
Mur2									
2400.00	2.22	0.05	-	-	14.00	600.00	0.13	0.30	0.40
Mur1Fibre2x66x66T96									
900.00	3.00	0.12	-	-	13.00	390.00	0.14	4.00	0.70
Mur2Fibre2x66x66T96									
3600.00	2.22	0.10	-	-	14.00	900.00	0.29	0.30	0.40

Complessivamente, la campagna indagine ha indagato, tramite estrazione di carota di conglomerato, un totale di 10 elementi. Si è scelto quindi di considerare due caratteristiche, riportate in dettaglio nella relazione di calcolo, ed applicare ad entrambe un FC=1.35 pari ad una condizione di LC1

Tabella 0-2 Materiali calcestruzzo

Materiali calcestruzzo	LC	Nome	E_c	ν	σ_c	σ_t	ϵ_{c2}	ϵ_{cu2}	W
			MPa		MPa	MPa	%	%	kN/m ³
ClsCordoli	1	C16/20	23494.90	0.20	10.58	0.00	0.20	0.35	25.00

Tabella 0-3 Materiali acciaio

Nome	LC	Classe	E_s	f_y	f_u	ϵ_u	W
			MPa	MPa	MPa	%	kN/m ³
Aq40	1	Personalizzata	210000.00	230.00	230.00	1.00	78.50

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3		verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1.00

Per i nuovi materiali si fa riferimento a:

Cemento armato

CALCESTRUZZI

Riferimenti: D.M. 14.01.2008, par. 11.2;

Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale;

UNI EN 206-1/2006;

UNI 11104.

Tipologia strutturale:	Fondazioni
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C25/30 (f'_{ck}/R_{ck}) (MPa)
Condizioni ambientali:	Bagnato, raramente asciutto.
Classe di esposizione:	XC2
Rapporto acqua/cemento max:	0.55
Classe di consistenza:	S4 (Fluida)
Diametro massimo aggregati:	25 mm

Tipologia strutturale:	Elevazione
Classe di resistenza necessaria ai fini statici:	C25/30 (f'_{ck}/R_{ck}) (MPa)
Condizioni ambientali:	Asciutto o permanentemente bagnato.
Classe di esposizione:	XC1
Rapporto acqua/cemento max:	0.55
Classe di consistenza:	S4 (Fluida)
Diametro massimo aggregati:	25 mm

Dosatura dei materiali.

La dosatura dei materiali per ottenere R_{ck} 30 è orientativamente la seguente (per m^3 d'impasto).

sabbia	0.4 m^3
ghiaia	0.8 m^3
acqua	150 litri
cemento tipo 325	350 kg/m^3

Qualità dei componenti

La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine.

La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 16 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.

In definitiva gli inerti dovranno essere lavati ed esenti da corpi terrosi ed organici. Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume. L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere potabile, priva di sali (cloruri e solfuri).

Potranno essere impiegati additivi fluidificanti o superfluidificanti per contenere il rapporto acqua/cemento mantenendo la lavorabilità necessaria.

Prescrizione per inerti

Sabbia viva 0-7 mm, pulita, priva di materie organiche e terrose; sabbia fino a 30 mm (70mm per fondazioni), non geliva, lavata; pietrisco di roccia compatta.

Assortimento granulometrico in composizione compresa tra le curve granulometriche sperimentali:

passante al vaglio di mm 16 = 100%

passante al vaglio di mm 8 = 88-60%

passante al vaglio di mm 4 = 78-36%

passante al vaglio di mm 2 = 62-21%

passante al vaglio di mm 1 = 49-12%

passante al vaglio di mm 0.25 = 18-3%

Prescrizione per il disarmo

Indicativamente: pilastri 3-4 giorni; solette modeste 10-12 giorni; travi, archi 24-25 giorni, mensole 28 giorni.

Per ogni porzione di struttura, il disarmo non può essere eseguito se non previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Provini da prelevarsi in cantiere

n° 2 cubi di lato 15 cm;

un prelievo ogni 100 mc

$$\sigma_{c28} \geq 3 * \sigma_{c adm};$$

$$R_{ck} 28 = R_m - 35 \text{ kg/cm}^2;$$

$$R_{min} > R_{ck} - 35 \text{ kg/cm}^2$$

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo tensioni ammissibili

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	σ_{c1}	σ_{c2}	σ_{c3}	τ_{b0}	τ_{b1}	E_c	ν	u.m.
25	8.3	5.8	7.5	0.5	1.6	27 919	0.12	[N/mm ²]
30	9.56	6.7	8.6	0.6	1.8	30 588	0.12	[N/mm ²]
35	10.8	7.6	9.7	0.6	1.9	33 035	0.12	[N/mm ²]
40	12.0	8.4	10.8	0.7	2.1	35 316	0.12	[N/mm ²]
45	13.2	9.3	11.9	0.8	2.2	37 458	0.12	[N/mm ²]
50	14.5	10.1	13.0	0.8	2.4	39 484	0.12	[N/mm ²]

legenda:

σ_{c1} tensione di compressione ammissibile;

σ_{c2} tensione di compressione ammissibile per pilastri calcolati a compressione semplice ($s > 25$ cm), per solette di spessore minore di 5 cm e per travi con soletta collaborante con $s < 5$ cm;

σ_{c3} tensione di compressione ammissibile per travi con soletta collaborante avente $s > 5$ cm;

τ_{b0} tensione tangenziale ammissibile in assenza di armatura al taglio;

τ_{b1} tensione tangenziale massima ammissibile;

E_c modulo di elasticità normale;

ν coefficiente di Poisson.

Parametri caratteristici e tensioni limite per il metodo degli stati limite

Tabella riassuntiva per vari R_{ck}

R_{ck}	f_{ck}	f_{cd}	f_{ctm}	u.m.
25	20.75	11.75	1.05	[N/mm ²]
30	24.90	14.11	1.19	[N/mm ²]
35	29.05	16.46	1.32	[N/mm ²]
40	33.20	18.81	1.44	[N/mm ²]
45	37.35	21.16	1.56	[N/mm ²]
50	41.50	23.51	1.67	[N/mm ²]

legenda:

f_{ck} (resistenza cilindrica a compressione);

$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$;

f_{cd} (resistenza di calcolo a compressione);

$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$

f_{ctd} (resistenza di calcolo a trazione);

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c;$$

$$f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm};$$

$$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} \quad \text{per classi} \leq C50/60$$

$$f_{ctm} = 2.12 * \ln[1 + f_{cm}/10] \quad \text{per classi} > C50/60$$

Valori indicativi di alcune caratteristiche meccaniche dei calcestruzzi impiegati:

Ritiro (valori stimati): 0.25 mm/m (dopo 5 anni, strutture non armate);

0.10mm/m (strutture armate).

Rigonfiamento in acqua (valori stimati): 0.20 mm/m (dopo 5 anni in strutture armate).

Dilatazione termica: $10 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Viscosità $\nu = 1.70$.

prospetto classi di esposizione e composizione uni en 206-1 (uni 11104 marzo 2004)

Denom. della classe	<i>Descrizione dell'ambiente</i>	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
---------------------	----------------------------------	--	----------	---------	-----------	--------------------

1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico	1	---	15	---

2 Corrosione indotta da carbonatazione						
Nota – Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340

3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360

4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immersa in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battigia o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360

5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti *(NB XF2 – XF3 – XF4 contenuto minimo aria 3%)						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360

6 Attacco chimico **)						
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contenitori di fanghi e vasche di decantazione. Contenitori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contenitori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: *moderato* occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; *elevato* alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

***) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

ACCIAIO PER C.A.

(Rif. D.M. 14.01.2008, par. 11.3.2)

Acciaio per C.A. B450C	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 540 \text{ N/mm}^2$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ N/mm}^2$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.35 \qquad f_t / f_y \geq 1.15$$

Diametro delle barre: $6 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\phi \leq 16 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $6 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

Acciaio per C.A. B450A	
f_{yk} tensione nominale di snervamento:	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$
f_{tk} tensione nominale di rottura:	$\geq 540 \text{ N/mm}^2$
f_{td} tensione di progetto a rottura:	$f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 391 \text{ N/mm}^2$

L'acciaio dovrà rispettare i seguenti rapporti:

$$f_y / f_{yk} < 1.25 \qquad f_t / f_y \geq 1.05$$

Diametro delle barre: $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$.

E' ammesso l'uso di acciai forniti in rotoli per diametri $\phi \leq 10 \text{ mm}$.

Reti e tralicci con elementi base di diametro $5 \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$.

Rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci: $\phi_{\min} / \phi_{\max} \geq 0.6$

- Acciaio per carpenteria metallica

Proprietà dei materiali per la fase di analisi strutturale

Modulo Elastico: $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

Coefficiente di Poisson: $\nu = 0.3$

Modulo di elasticità trasversale: $G = E / [2*(1+\nu)] \text{ (N/mm}^2\text{)}$

Coefficiente di espansione termica lineare: $\alpha = 12*10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (per } T < 100^\circ\text{C)}$

Densità: $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche minime dei materiali

	S235	S275	S355	S355
tensione di rottura	360 N/mm ²	430 N/mm ²	510 N/mm ²	550 N/mm ²
tensione di snervamento	235 N/mm ²	275 N/mm ²	355 N/mm ²	440 N/mm ²

Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

STATO DI TENSIONE (N/mm ²)					
CLASSE VITE	f_{tb}	f_{yb}	$f_{k,N}$	$f_{d,N}$	$f_{d,v}$
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

legenda:

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0.7 f_t$ ($f_{k,N} = 0.6 f_t$ per viti di classe 6.8)

$f_{k,N} = f_y$ essendo f_{tb} ed f_{yb} le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$ = resistenza di calcolo a trazione

$f_{d,v} = f_{k,N} / \sqrt{2}$ = resistenza di calcolo a taglio

Saldature

Su tutte le saldature deve essere eseguito un controllo visivo e dimensionale. Le saldature più importanti (ad esempio le saldature delle giunzioni flangiate) devono essere controllate a mezzo di particelle magnetiche e/o ultrasuoni.

PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

Premessa

Il presente Piano di Manutenzione, richiesto dal punto 10.1 del D.M. 14/9/2005 e redatto secondo le indicazioni di cui all'art. 40 del D.P.R. 554/99, è relativo alla realizzazione degli interventi di adeguamento sismico del complesso scolastico IPSIA sito in Vittoria, Provincia di Ragusa.

Il presente elaborato è da considerarsi come elemento complementare al progetto strutturale e prevede, pianifica e programma l'attività di manutenzione dell'opera al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Tale piano di manutenzione delle strutture, coordinato con quello generale della costruzione, costituisce parte essenziale della progettazione strutturale.

Elemento strutturale: **OPERE IN CEMENTO ARMATO.**

Elementi del sistema edilizio aventi il compito di resistere alle azioni verticali agenti sulla parte di struttura fuori terra e di trasmetterle alle opere di fondazione.

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione.

CARATTERISTICHE NOMINALI DEI MATERIALI

Calcestruzzo: R_{ck} : 30 N/mm².
Acciaio ad aderenza migliorata: f_{yk} : 450 N/mm²

MODALITA' DI CONTROLLO

Controllo visivo, atto a riscontrare possibili anomalie che precedono fenomeni di cedimenti strutturali o riduzione della durabilità, con periodicità annuale.

Controllo sperimentale volto alla determinazione della profondità della carbonatazione e alla valutazione d'eventuali attacchi da cloruri, attesa l'atmosfera aggressiva in cui si trova l'opera. Il controllo sarà eseguito, con periodicità quinquennale, mediante l'estrazione di campioni di calcestruzzo indurito *-microcarote-*.

PROBLEMI RISCONTRABILI

Formazione di fessurazioni o crepe.

Corrosione delle armature.

Disgregazione ed espulsione del copriferro (*spalling*) accompagnate dall'evidenziazione delle barre d'armatura.

Insorgere di efflorescenze o comparsa di muffe.

POSSIBILI CAUSE

Alternanza di penetrazione e di ritiro dell'acqua e conseguente carbonatazione del calcestruzzo.

TIPO DI INTERVENTO

(in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

Riparazioni localizzate delle parti strutturali.

Ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato.

Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti.

Protezione delle armature da azioni disgreganti.

STRUMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

Vernici, malte e trattamenti speciali.

Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

Elemento strutturale: **OPERE IN ACCIAIO**

Elementi del sistema strutturale, aventi il compito di resistere alle azioni di progetto e di trasmetterle alle fondazioni ed alle altre parti strutturali ad essi collegate.

LIVELLO MINIMO DELLE PRESTAZIONI

Elevata resistenza meccanica.

Adeguate resistenza al fuoco.

Adeguate resistenza alla corrosione.

CARATTERISTICHE MINIME DEI MATERIALI

Profili e lamiere: S355 $f_{yk} = 355$ N/mmq.

MODALITA' DI CONTROLLO

Controllo visivo, atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali, con periodicità annuale.

PROBLEMI RISCONTRABILI

Possibili distacchi fra i vari componenti.

Perdita della capacità portante.

Rottura dei punti di saldatura.

Cedimento delle giunzioni bullonate.

Fenomeni di corrosione.

Perdita della protezione ignifuga.

POSSIBILI CAUSE

Anomali incrementi dei carichi da sopportare.

Fenomeni atmosferici.

Incendi.

TIPO DI INTERVENTO

(in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

Riparazioni localizzate delle parti strutturali.

Verifica del serraggio fra gli elementi giuntati.

Ripristino della protezione ignifuga.

Verniciatura.

ACCORGIMENTI ATTI A MIGLIORARE LA CONSERVAZIONE DELL'OPERA

Vernici ignifughe.

Altri additivi specifici.