

PROVINCIA REGIONALE DI AGRIGENTO

LAVORI PER LA COSTRUZIONE DI UN LICEO SCIENTIFICO IN SCIACCA C.DA PERRIERA 3°- 4° STRALCIO

CORPO D - PALESTRA - CALCOLI STRUTTURALI

Progetto Esecutivo di Completamento ed Adeguamento
delle Strutture al D.M. 14.01.2008 - Circ. 617/2009

VISTI D'APPROVAZIONE

TAVOLA

R. 1

Provincia Regionale di Agrigento Settore Edilizia e Gestione Patrimoniale

Si esprime parere favorevole ai sensi dell'art.5
della Legge Regionale n. 12/2011 di recepimento del
D.Lgs n. 163/2006 e del D.P.R. n. 207/2010.
Agrigento, li

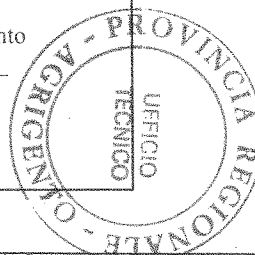
12 MAR. 2013

Il Responsabile Unico del Procedimento

Arch. Casimiro Gerardi

Verificato il

12 MAR. 2013



ELABORATO : RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

IL CALCOLISTA

Ing. M.M. Todaro

AGRIGENTO, 29.03.2012

IL R.U.P.

Arch. C. Gerardi

IL DIRIGENTE

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Oggetto: Lavori di Costruzione di un Liceo Scientifico in Sciacca c/da Perriera 3° e 4° Stralcio-Completamento - Corpo D Palestra.

Per l'espletamento dell'incarico professionale della redazione del progetto definitivo ed esecutivo delle strutture, dei lavori di costruzione di un liceo scientifico in Sciacca contrada Perriera 3° e 4° stralcio-completamento, è stato necessario acquisire preventivamente *le informazioni geologiche ed i parametri geotecnici* non contemplati dalla precedente normativa, ma essenziali per la metodologia di calcolo legata alla nuova normativa sulle costruzioni in zona sismica (O.P.C.M. n°3274/2003, D.M. 14.09.2005, D.M. 14.01.2008 e C.M. 617/2009).

A tal riguardo il geologo incaricato Dott. Giovanni Messina a seguito di indagini in situ ha prodotto la relazione geologica integrativa ed i risultati delle prove di laboratorio.

Per il Corpo B "Uffici-Auditorium" l'adeguamento delle strutture alla nuova normativa, trattandosi di nuova ed integrale costruzione, ha comportato esclusivamente un ridimensionamento delle sezioni di calcestruzzo e di acciaio ed il rifacimento integrale dei calcoli di verifica; viceversa per il Corpo D "Palestra", la preesistenza delle strutture di fondazione e del solaio di calpestio, già realizzati secondo la normativa vigente nel lontano 1991, ha comportato un esame preventivo dello stato di conservazione dei materiali impiegati.

A seguito dell'autorizzazione rilasciata dall'Ufficio del Genio Civile di Agrigento in data 05.12.1991, pratica n°33338, prot. 15928, sono stati realizzati: le fondazioni (plinti su pali, travi di collegamento e setti in c.a.) ed il solaio di calpestio della palestra.

In materia di verifica di edifici esistenti, l'Allegato 2 al capitolo 11, dell'O.P.C.M. 3274/2003, il capitolo 8 "costruzioni esistenti" delle N.T.C. di cui al D.M. 14.02.2008, nonché la Circolare n°617 del 02.02.2009 Ministero Infrastrutture e Trasporti,

forniscono le istruzioni, lo strumento per la valutazione e per il conseguente adeguamento strutturale degli edifici alla vigente normativa.

Al fine della scelta del tipo di analisi sismica e dei valori dei fattori di confidenza, da adottare per il calcolo di verifica è stato indispensabile definire il livello di conoscenza dell'edificio esistente.

Le fonti utili all'acquisizione dei dati necessari a definire il livello di conoscenza sono stati:

- i documenti progettuali dell'opera (relazioni geologiche, geotecniche e strutturali ed elaborati grafici strutturali);
- certificati dei materiali utilizzati per l'esecuzione e rilasciati da laboratori ufficiali;
- Relazione a Struttura Ultimata, a firma del Direttore dei Lavori;
- Certificato di Idoneità Statica, a firma del collaudatore statico;
- rilievo strutturale geometrico e dei dettagli esecutivi;
- indagini in situ e prove di laboratorio, postume alla realizzazione delle opere.

In dettaglio sono stati forniti dall' Ente Appaltante: la copia del progetto architettonico, i calcoli e gli esecutivi strutturali, la Relazione a Struttura Ultimata, con allegati i "Certificati di prova di rottura a compressione" dei calcestruzzi, nn° 2009-2010 del 21.09.1994 e del "Certificato di prove su acciaio per cemento armato", n° 2011 del 21.09.1994, rilasciati dalla GEOPROGETTI di Canicatti, in data 21.09.1994, ed, infine, il Certificato di Idoneità Statica redatto dal collaudatore statico dell'opera.

Come già detto, l'intervento in argomento rientra nella casistica trattata al Capitolo 8 "Costruzioni esistenti" del D.M. 14.01.2008, in quanto trattasi di adeguamento e completamento strutturale.

Al paragrafo 8.5 sono indicate le procedure da seguire per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti, in particolare il sub-paragrafo 8.5.3 - *caratterizzazione meccanica dei materiali* - impone che "i valori delle resistenze

meccaniche dei materiali vengono valutate sulla base delle prove effettuate sulla struttura e prescindono dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni".

Di fondamentale importanza in un intervento di adeguamento della struttura esistente e della sua sopraelevazione è stabilire il livello di conoscenza LC, condizione essenziale per la scelta del metodo di analisi strutturale (lineare o non lineare, statica o dinamica) e del corrispondente fattore di confidenza FC, (sub-paragrafi 8.5.4 - 8.7.2) utilizzato nelle verifiche strutturali, come ulteriore coefficiente parziale di sicurezza, per ridurre la resistenza media dei materiali esistenti.

Nella tab. Q.4 dell'O.P.C.M. n°3431/2005, confermata dalla tab. C8 A.2 della Circolare Applicativa del D.M. 14.01.2008, è riportata la relazione intercorrente fra i livelli di conoscenza, i metodi di analisi e i fattori di confidenza.

In considerazione del lungo tempo trascorso, circa vent'anni dalla realizzazione delle opere, della prolungata esposizione agli agenti atmosferici, nonché, della cattiva conservazione ed inadeguata manutenzione del manufatto (mancanza di protezione del cls e dell'acciaio, ristagno e pozze di acqua sul solaio) ed in forza alle suddette prescrizioni imposte dal D.M. 14.02.2008, sono state effettuate delle indagini in situ per acquisire i parametri caratteristici, significativi della qualità dei materiali, del loro stato di conservazione e della capacità meccanica delle strutture di resistere all'azione dei carichi sismici.

A tal riguardo, è stato incaricato il laboratorio ufficiale "Sidercem" di Caltanissetta.

In data 28 ottobre 2008 è stata condotta una prima campagna di indagine a conclusione della quale, visti i risultati di laboratorio, si è ritenuto necessario estendere ulteriormente le indagini per una più approfondita e significativa conoscenza della caratterizzazione fisico-meccanica e di conservazione dei materiali.

Pertanto, in data 10 marzo 2009, è stata eseguita un'indagine integrativa, secondo i dettami previsti dalla tab. 11.2a (O.P.C.M. n°3274/2003), di seguito riportata:

	Rilievo (dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)}
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

I risultati così acquisiti hanno costituito, associati alle informazioni riportate negli elaborati progettuali, il necessario input per la scelta degli interventi di adeguamento sismico e di completamento strutturale.

La prima indagine effettuata è stata il rilievo magnetometrico a campione della disposizione dell'armatura, mediante l'utilizzo di pacometro (Protovale - CM9) per il successivo confronto tra gli elaborati progettuali ed il costruito.

Accertata la geometria dei singoli elementi strutturali, si è passati alla individuazione dei parametri meccanici delle strutture in c.a., con i prelievi di carote a campione (vedasi certificati di laboratorio), attraverso i quali sono stati determinati i valori caratteristici del calcestruzzo: resistenza cilindrica a compressione, massa volumica, profondità di carbonatazione (*test colorimetrico della fenolfaleina*); altresì, sono stati prelevati spezzoni di barre di armatura per determinare il tipo di acciaio utilizzato, nonché i valori caratteristici: snervamento, rottura ed allungamento.

In tutti i prelievi di calcestruzzo si è accertato in atto un processo di carbonatazione, che interessa strati superficiali per una profondità mediamente intorno ai 30 mm, con un valore massimo che raggiunge gli 88 mm, vedasi indagine diagnostica del 28.10.2008, prelievo PL2 (plinto 89).

Nel calcestruzzo armato la carbonatazione ha un effetto negativo e rappresenta una delle principali cause di degrado del materiale.

Se lo strato carbonatato arriva ad interessare il calcestruzzo che avvolge le armature, con l'abbassamento del pH va perduta la protezione anticorrosiva della pasta cementizia e, pertanto, il ferro d'armatura non è più passivato e in presenza di umidità e ossigeno si ossida e si corrode, con conseguente formazione di ruggine e conseguente degrado strutturale.

Le prove a schiacciamento delle carote (resistenza cilindrica), hanno dato dei valori di resistenza a rottura, che vanno dal valore minimo di $13,5 \text{ N/mm}^2$ al valore massimo $46,5 \text{ N/mm}^2$.

I calcoli strutturali autorizzati prevedevano l'impiego di calcestruzzo con resistenza cubica classe $R_{ck} 250 \text{ Kg/cm}^2$ ($25,0 \text{ N/mm}^2$).

Il valore medio della resistenza strutturale cilindrica in opera $f_{opera\ m}$ si determina dividendo la somma delle singole resistenze cilindriche per il numero delle carote prelevate (n° 11):

$$f_{opera\ m} = (22,5 + 22,5 + 28,0 + 18,5 + 13,5 + 16,5 + 44,5 + 46,5 + 23,0 + 14,5 + 30,5) / 11 = 25,5 \text{ N/mm}^2.$$

La normativa prescrive che il valore medio della resistenza di progetto si assume pari al valore caratteristico della resistenza cilindrica a compressione f_{ck} , espresso in N/mm^2 , incrementato di 8 N/mm^2 , secondo quanto indicato al punto 11.2.10.1 delle Norme Tecniche Costruzioni 2008.

Poiché in progetto si è utilizzata la resistenza caratteristica cubica $R_{ck} = 250 \text{ Kg/cm}^2$ ($25,0 \text{ N/mm}^2$), il corrispondente valore caratteristico della resistenza cilindrica di progetto è dato dalla seguente relazione:

$$f_{ck} = 0,83 * R_{ck} = 0,83 * 25,0 \text{ N/mm}^2 = 20,75 \text{ N/mm}^2$$

per cui il valore medio cilindrico di progetto risulta:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 20,75 \text{ N/mm}^2 + 8 = 28,75 \text{ N/mm}^2$$

per essere accettabile, come prescrive la normativa, il calcestruzzo in opera deve avere una resistenza media cilindrica in opera tale da soddisfare la seguente condizione: $f_{opera\ m} > 0,85 * f_{cm}$;

ed in valori numerici: $25,5 \text{ N/mm}^2 > 0,85 * 28,75 \text{ N/mm}^2 = 24,44 \text{ N/mm}^2$.

Avendo ottenuto un risultato soddisfacente e superiore all'85% di f_{cm} , (paragrafo 11.2.6 delle N.T.C. /2008 e al punto C11.2.6 della Circolare n°617 del 02/02/2009 Ministero Infrastrutture Trasporti), il valore medio della resistenza cilindrica in opera $f_{opera\ m.}$ è stato posto a base dei calcoli di verifica.

Similmente, si è proceduto alla determinazione del valore della resistenza di calcolo dell'acciaio in opera.

Infatti, dalla documentazione progettuale ed esecutiva, risulta che è stato utilizzato un acciaio del tipo Fe B 44k, avente una tensione di rottura f_{tk} 540 N/mm² e di snervamento f_{yk} 430 N/mm².

I risultati di laboratorio hanno dato valori superiori a quelli di progetto, il valore medio di rottura è risultato pari a f_{tk} 724 N/mm², mentre quello di snervamento pari a f_{yk} 490,5 N/mm².

A conclusione dell'esame della documentazione progettuale e delle indagini, il livello di conoscenza raggiunto è LC2 (conoscenza adeguata), paragrafo 8.5.4 delle NCT.

Pertanto, i calcoli di verifica della struttura esistente sono stati elaborati utilizzando i risultati di laboratorio ed applicando i coefficienti riduttivi previsti per il livello di conoscenza LC2.

Mentre, per la sopraelevazione ed il completamento della struttura sono stati utilizzati i criteri di calcolo applicati alle nuove costruzioni e si sono utilizzati i seguenti materiali:

- calcestruzzo (C 25/30), Rck 30 MPa, classe di esposizione XC1;
- acciaio classe B 450C, ambiente sensibile.

Adeguamento sismico

L'adeguamento sismico è stato condotto nel rispetto del progetto architettonico ed ha comportato modeste variazioni alle primitive previsioni strutturali.

Le originarie sezioni di acciaio e di calcestruzzo degli elementi strutturali di progetto, non sono risultate adeguate e sufficienti a soddisfare le verifiche sismiche legate alla

nuova normativa. Pertanto, è stato necessario rivedere il dimensionamento dei singoli elementi strutturali, altresì, prevedere la demolizione di alcuni elementi esistenti con l'inserimento di proporzionati elementi sismo resistenti.

Per limitare le sollecitazioni derivanti dall'azione sismica si è cercato di ridurre al minimo l'eccentricità, fra il centro di massa X_g ed il centro delle rigidezze X_k , inserendo nelle due direzioni ortogonali dei muri a taglio.

La struttura iniziale è stata irrigidita nelle due direzioni, con l'inserimento di setti sismici, onde ridurre gli eccessivi spostamenti provocati dall'azione sismica nei telai.

Dove è prevista la realizzazione dei suddetti muri sismici, si procederà alla demolizione dei setti di fondazione, dei pilastri e dei relativi plinti di fondazione.

I muri a taglio saranno ancorati su piastre di fondazione su pali, in calcestruzzo armato, realizzate utilizzando i pali esistenti dei plinti demoliti e pali di nuova costruzione.

Infine, si è ritenuto necessario separare la struttura della palestra dal muro di contenimento posto ad ovest (lato gradinata), impropriamente, in fase di esecuzione, resi solidali tramite la realizzazione di un solaio.

La separazione strutturale sarà ottenuta con la realizzazione di un giunto sismico, ottenuto con il taglio del solaio in corrispondenza della sezione di incastro nel setto di fondazione della palestra e con l'inserimento di un appoggio costituito da mensole e travi in acciaio S 355, su cui poggerà detto solaio (vedasi tavola adeguamento sismico e particolare menola acciaio a quota 4,00). Il solaio sarà opportunamente adeguato alle diverse sollecitazioni derivanti dal mutato schema strutturale.

Modalità Tecniche esecutive

Le risultanze di calcolo hanno evidenziato la necessità di aumentare la sezione di armatura di alcuni setti di fondazione. Nei disegni esecutivi delle carpenterie sono riprodotti le armature dei setti esistenti da adeguare.

Le armature integrative saranno poste in opera previa asportazione del calcestruzzo degradato e fissate alla parete corticale con apposite chiodature.

La scarifica meccanica sarà effettuata con l'uso di scalpelli pneumatici, fino a mettere a nudo il sottofondo sano e compatto.

Le armature in avanzato stato di degrado dovranno essere scoperte operando una rimozione completa dello strato di calcestruzzo intorno al ferro, per effettuare una successiva accurata pulizia a mezzo di spazzolatura o sabbiatura, con successivo trattamento con passivante cementizio monocomponente polimero.

Infine, sarà ricostituito il copri ferro utilizzando malta cementizia, premiscelata, tixotropica, ad espansione contrastata.

Analogamente, si procederà all'ancoraggio dell'armature dei pilastri, con la posa in opera di ferri di ripresa di adeguato diametro, posti in fori di ancoraggio realizzati sull'estradosso dei plinti di fondazione e sigillati con l'uso di resina epossidica.

Infine, è indispensabile procedere ad una bonifica del copriferro dei plinti e dei setti di fondazione che presentano un degrado ed un processo di carbonatazione in atto.

Per maggior chiarimento sui dettagli esecutivi si rimanda alle tavole di adeguamento sismico.

Il progettista

(Ing. N.M. Todaro)