

# COMUNE DI PRIZZI

Progetto esecutivo lavori di adeguamento sismico

della Scuola dell'Infanzia di Prizzi

VISTI

ELABORATO  
SCUOLA DELL'INFANZIA  
*Relazione tecnica*

IL RUP



Il Responsabile del Procedimento  
Ing. Caporaso Collura

IL PROGETTISTA

Ing. Antonio CERAMI  
n° 1710 Ordine  
degli Ingegneri di  
Palermo

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Antonio Cerami', written over the printed name and professional details.

*Progetto esecutivo lavori di adeguamento sismico della Scuola dell'Infanzia di Prizzi*

SCUOLA dell'INFANZIA dell'Istituto Comprensivo Via Leone- Fossa della neve

RELAZIONE TECNICA GENERALE

1) Premesse e descrizione dell'edificio

L'edificio in esame è costituito da una struttura avente due piani fuori terra e fu progettato per realizzare la "Scuola materna a tre sezioni" negli anni 1983-1986. La struttura portante dell'edificio è del tipo "intelaiato in C.A." con solai latero cementizi con travetti prefabbricati della RDB Later Siciliana.

Le fondazioni risultano, dall'esame degli esecutivi strutturali, realizzate con plinti su pali di fondazione di diversa altezza. Sui plinti di fondazione furono previsti setti in C.A. delle dimensioni 40x100 cm, a formare un reticolo su cui sono vincolati i solai di calpestio di piano rialzato, realizzati con solaio CELERSAP con il sistema bitrave, di cui si è potuta accertare l'esistenza.

Nell'insieme si è venuto a costituire un sistema di fondazione "a cassone" con plinti su pali e che ha dato buoni risultati non presentandosi attualmente lesioni e/o dissesti imputabili a cedimenti di fondazione, neppure nella zona di monte dell'edificio, realizzata con le travi in C.A. (in effetti da considerare come setti delle dimensioni 40x100 cm) su terreno, in assenza di pali di fondazione.

L'edificio è a due piani, collegati internamente da una scala a due rampe in C.A., in ciascuno dei quali sono presenti aule per le attività libere e per quelle ordinate, oltre ai servizi igienici di piano.

Risulta pure realizzato il "vano ascensore", però attualmente reso inaccessibile con un pannello in legno, in quanto non fu mai messo in opera l'ascensore, probabilmente per motivi economici.

Il vano ascensore, dalle indagini esperite, risulta costituito da quattro pilastri agli angoli in C.A. e da pareti in calcestruzzo cementizio, che dalle indagini sperimentali eseguite risulta del tipo “non armato”.

Attualmente si hanno due ingressi di cui uno, di accesso al piano rialzato da Via Giovanni Falcone, è l'ingresso principale all'edificio ed anche il più usato. Recentemente è stato aggiunto uno “scivolo esterno” per consentire l'accesso ai disabili.

L'altro ingresso immette al primo piano attraversando gli spazi esterni della villa pubblica sulla Piazza V. E. Orlando.

A piano rialzato si trovano gli ambienti cucina e mensa, servizi igienici ed aule per le attività libere ed ordinate ed a piano primo altri locali, destinati ad attività didattiche.

Il progetto fu redatto dall'Ing. A. Orlando che fu pure il direttore dei lavori e tenne conto nella progettazione anche della Relazione geologica del luglio 1980 a firma del Dr. Geologo M. Vallone. Successivamente, dopo l'appalto all'Impresa del Geom. Compagno, furono eseguiti Sondaggi sull'area di sedime dell'edificio con la identificazione delle Sezioni Stratigrafiche del terreno e con la redazione della Relazione Geologica Tecnica del maggio 1983.

Fu redatto il progetto strutturale esecutivo, a firma dell'Ing. M. Di Paola e furono presentati gli elaborati di calcolo e degli esecutivi delle strutture in C.A., con Visto dell'Ufficio del Genio Civile di Palermo n.5050 ai sensi della Legge 05/11/1971N° 1086 e degli artt.17 e 18 della L.2-2-1974 N° 64 e del D.M. 3-3-1975.

I lavori furono effettuati tra gli anni 1983 e 1986 ed il collaudo statico fu effettuato in data 28/ott/1986 a firma dell'Ing. T. Napoli.

In tale elaborato viene citata la prova di carico su un solaio, scelto tra quelli di luce maggiore, con esito positivo per il sovraccarico accidentale previsto in progetto.

In particolare si deve evidenziare che i calcoli strutturali furono, in effetti, eseguiti per due corpi di fabbrica distinti, perché il progettista strutturale, in considerazione della forma molto allungata dell'edificio, optò per una suddivisione in due parti di diversa ampiezza, con la previsione di un GIUNTO sismico tra le due parti e che in sede di verifica strutturale vengono indicati: corpo “A” e corpo “B”.

Tra gli elaborati di progetto, avuti in visione ed esaminati, si ritrovano un “Verbale di misurazione delle lunghezze dei pali di fondazione previsti sotto i diversi plinti di fondazione”, datato giugno 1983, e le verifiche dei solai della RDB per il solaio di calpestio del piano rialzato con

solaio tipo CELERSAP con sistema “bitrave” ed interasse di 62 cm e con solaio CELERSAP con sistema monotrave ed interasse di 50 cm per gli altri solai.

La copertura nel progetto originario e nei calcoli ed esecutivi di progetto strutturale, era prevista, anche se in zona di alta montagna, piana mentre allo stato attuale si riscontra una copertura con tetto a falde posto al di sopra del solaio di copertura, realizzata in tempi successivi.

Tale realizzazione comporta, ovviamente, un incremento dei pesi permanenti.

Dai tabulati di calcoli, inoltre, si è potuto rilevare che i carichi assunti a base della progettazione strutturale di cui al citato Visto sono: 400 Kg/mq per peso proprio e peso permanente dei solai e 200 Kg/mq per il carico accidentale a livello di calpestio del primo piano e di 100 Kg/mq per il livello di copertura.

N.B.: Tali dati sono stati rilevati dai Tabulati di calcolo, provvisti del Visto dell'Ufficio del genio Civile e resi disponibili dall'UTC di Prizzi ed in cui per le coperture non si fa riferimento al peso accidentale dovuto alla neve, ben maggiore dei previsti 100 Kg/mq di progetto. Inoltre il par.3.2 del D.M. 12-02-1982, vigente nel periodo di redazione dei calcoli strutturali dell'edificio in esame, riporta per le aule scolastiche un sovraccarico accidentale di 350 Kg/mq.

Si fa ancora notare che negli elaborati degli esecutivi strutturali, recanti il Visto citato, in copertina vengono indicate le prescrizioni: - carichi permanenti 400 Kg/mq e carichi di esercizio di 350 Kg/mq per il solaio di calpestio del primo piano e di 150 Kg/mq per quello piano di copertura.

Si è riscontrata una discordanza tra i due riferimenti, ma si ribadisce che nei dati assunti nei tabulati il sovraccarico accidentale adottato è di 200 Kg/mq.

Per quanto riguarda le prescrizioni sui materiali sia nei tabulati di calcolo che nelle tavole degli esecutivi risulta: -**Conglomerato con RB 210 con cem. tipo 425**; - **ferro Fe B 38K** con l'indicazione delle tensioni ammissibili di 75Kg/cm<sup>2</sup> per il calcestruzzo e di 1.900 Kg/cm<sup>2</sup> per le armature.

N.B.: I calcoli di progetto furono eseguiti con l'applicazione di una Analisi Modale lineare e con le verifiche con il Metodo delle “Tensioni Ammissibili”, vigente alla data della redazione dei calcoli, per zona sismica di II<sup>a</sup> categoria con grado di sismicità S=9.

Per la verifica sismica e statica dell'edificio (o meglio di ciascuna delle due parti in cui esso è stato suddiviso dal giunto sismico) dovendo accertare le condizioni di sicurezza allo stato attuale, si sono adottati i sovraccarichi prescritti dalle Norme vigenti, ivi compresa la presenza della neve in una zona di quasi 1000 m di altezza sul livello del mare.

Le insufficienti previsioni di carichi e sovraccarichi adottate nei tabulati di calcolo e la realizzazione di un tetto non previsto in progetto portano alla conseguente determinazione dell'obbligatorietà di procedere ad un calcolo di verifica della struttura in ottemperanza alle prescrizioni delle NORME VIGENTI e di procedere allo ADEGUAMENTO Strutturale.

Si è dovuto procedere ad una indagine anche sui materiali, per acquisire i dati strettamente necessari per gli "input" strutturali da assumere per i calcoli di verifica effettuati con la "PUSH-OVER ANALYSIS".

## 2) Accertamenti ed Indagini sperimentali.

Per l'esame dell'edificio è risultato molto utile acquisire la conoscenza diretta degli elaborati di progetto, in particolare delle Tavole degli esecutivi strutturali.

Non ritenendo utile procedere ad indagini a campione del tipo distruttivo e/o semi distruttivo per controllare il "realizzato" con il "progettato", si è richiesto l'ausilio di personale specializzato per indagini non distruttive, del tipo magnetometrico quali le "prove pacometriche" ed a tale scopo si è dato incarico al *"Laboratorio di Diagnostica Strutturale CIMENTO S.r.l."* di procedere, sotto la guida dello scrivente, alle indagini programmate.

Sull'intero edificio si poté pertanto, con l'ausilio del pacometro, effettuare il controllo delle orditure dei solai di copertura dei due piani, il controllo dei ferri d'armatura delle travi, in particolare di quelle piatte, verificandone essenzialmente il numero e la posizione (ma non il diametro), con il confronto di dettaglio con gli esecutivi strutturali di progetto, riscontrandone la sostanziale corrispondenza.

Analoghi accertamenti furono eseguiti, a campione, sui pilastri, controllandone, in questo caso, le "facce" libere.

Nell'esecuzione delle prove pacometriche si sono dovuti usare due tipi di sonde.

Si sono inoltre prelevate alcune carote di calcestruzzo cementizio sia dagli elementi strutturali in C.A. (pilastri) che da una delle pareti del vano ascensore, su cui, dalle indagini pacometriche, era risultata l'assenza di armatura metallica.

Le carote furono poi sottoposte oltre che alla determinazione della profondità di carbonatazione anche alle prove di schiacciamento presso il Laboratorio prove, autorizzato, DISMAT di Canicattì.

Il valore più basso di resistenza caratteristica si ha per le carote estratte dalla parete del vano ascensore, in calcestruzzo non armato, ed i valori più alti per le carote prelevate dai pilastri delle strutture originarie.

Valori intermedi si sono riscontrati per i pilastri del più recente collegamento coperto.

I valori di resistenza, per le varie carote, trovati dalle prove di schiacciamento in laboratorio, sono stati poi trattati (in quanto relativi a calcestruzzi messi in opera da molto tempo e maturati certamente non nelle condizioni ottimali teoriche di temperatura ed umidità) con i fattori correttivi, presenti nella formula comunemente adottata in letteratura tecnica, del metodo “Holos – Coppola – Buoso”.

Per quanto concerne la determinazione dei valori della  $R_c$  del calcestruzzo, si è tenuto conto, oltre che degli esiti delle prove di laboratorio e di cui al **certificato della DISMAT**, delle indicazioni e prescrizioni contenute nelle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale - e del **D.M.14-01-2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni** - e della Circolare N.617/C.S.LL.PP. del 02-02-2009.

In particolare per quanto riguarda la definizione della resistenza caratteristica del calcestruzzo, da potere adottare nel “Calcolo di Verifica Strutturale”, trattandosi di calcestruzzi lasciati alle intemperie e realizzati diversi anni fa, si utilizza la citata formula:

Si è scelta tale formulazione, tra le tante presenti in letteratura tecnica, per la facilità di interpretazione dei fattori correttivi, utili per potere determinare la **RESISTENZA in OPERA**, partendo dalla resistenza su carote.

Di seguito si riportano i vari termini della formula ed il loro significato.

Con il significato dei simboli sotto riportati e con la precisazione che alcuni degli altri coefficienti, presenti nella formula del Metodo sopra indicato, non vengono riportati perché relativi a “calcestruzzi giovani” e non a manufatti datati (nel caso specifico i lavori furono eseguiti negli anni 1983-1986). si sono ricalcolati i valori di “ $f_c$ ” che per carote con  $d/h=1$  coincide con il valore di “ $R_c$ ”.

Tabella 1  $F_{dia}$  Coefficiente diametro carota

$\phi$ carota	50 mm	100 mm	150 mm
$F_{dia}$	1,06	1,00	0,98

Tabella 2  $F_{hd}$  Coefficiente di snellezza ( $h$  = altezza carota;  $d$  = diametro carota)

$h/d$	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
$Rc_{carota}$							
15 ÷ 20	0,66	0,83	1,00	1,10	1,20	1,27	1,32
21 ÷ 35	0,70	0,84	1,00	1,06	1,16	1,18	1,22
36 ÷ 50	0,75	0,89	1,00	1,04	1,08	1,10	1,12

Tabella 3  $F_{mc}$  Coefficiente correttivo in funzione delle condizioni di conservazione della carota

TIPO DI CONSERVAZIONE	$F_{mc}$
Come ricevute	1,00
In acqua	1,09
Essiccate all'aria	0,96

Tabella 4 Coefficiente correttivo per l'effetto del tormento dell'operazione di carotaggio

$Rc_{carota}$	10 ÷ 15	16 ÷ 20	21 ÷ 25	26 ÷ 30	31 ÷ 35	36 ÷ 40	>40
$F_{Tor}$	1,15	1,12	1,10	1,07	1,05	1,02	1,00

Tabella 5 Coefficiente correttivo di direzione del carotaggio rispetto al quella del getto ( $h$  = altezza dell'elemento strutturale)

Direzione carotaggio vs getto	Parallela	Perpendicolare		
POSIZIONE CAROTAGGIO	-	0 + 1/3h	1/3h + 2/3h	2/3h + h
$F_{Dir}$	1,00	1,05	1,075	1,10

Nel caso in esame i coefficienti considerati sono soltanto quelli che possono avere un certo peso ed in particolare quello relativo al diametro delle carote di 75 mm, minore di 100 mm, con conseguente coefficiente correttivo maggiore di uno (Vedi Tab.1); quello dovuto all'effetto tormento nel prelievo, in funzione della resistenza trovata (V. Tab.4) ed in alcuni casi quello relativo alla direzione di carotaggio (V. Tab.5).

Con riferimento al citato certificato di prove della "DISMAT" si considerano i valori di resistenza a rottura: 29,6 N/mm<sup>2</sup> per il corpo "A", di 33 N/mm<sup>2</sup> per il corpo "B" e di 20 per il corpo di collegamento.

N.B.: Nei calcoli di verifica si è assunto un valore di 25 N/mm<sup>2</sup>, per tenere conto del coefficiente di confidenza, non potendo considerare "esaustive" le prove eseguite.

Infatti con i valori rilevati e corretti con i fattori indicati per il corpo "A" si ha un valore di  $R_B = 29,6$  N/mm<sup>2</sup>, che, tenendo conto del coefficiente di confidenza, è stato assunto nei calcoli di verifica pari a 25 N/mm<sup>2</sup>.

Anche se c'è qualche differenza tale valore di  $R_B$  è stato assunto pure per la verifica del Corpo "B".

### 3) Verifiche strutturali- Rischio sismico. Interventi integrativi. Tipologia A1

Con riferimento allo stato reale attuale ed agli schemi strutturali controllati , avendo assunto per i carichi e sovraccarichi i valori numerici desumibili dalle vigenti NTC , compresi quelli sui carichi di neve , trattandosi di edificio esistente , per ciascuno dei due corpi in cui è suddiviso l'edificio in esame , si è provveduto , - previa la identificazione di ciascuno degli elementi strutturali in C.A. , presenti , in termini di dimensioni geometriche e di armature metalliche- ad un calcolo di verifica attraverso una “ Push Over Analysis” .

In precedenza era stata effettuata una verifica con “Push Over”, procedendo, in prima fase ad una verifica sotto i carichi verticali e come già a suo tempo comunicato al Settore Tecnico di Prizzi, per le carenze di armatura metallica sia principale ma soprattutto secondaria (staffatura) si erano riscontrate situazioni di “non verifica”, per cui era stato ipotizzata la necessità di procedere ad un adeguamento sismico, soprattutto per il corpo “B”.

Ripetendo il calcolo con i dati di “input” desunti dagli accertamenti effettuati e nel rispetto delle prescrizioni delle Norme tecniche vigenti, diverse situazioni di crisi si sono riscontrate per alcune travi e pilastri, nonché in molti dei nodi Travi-Pilastri.

Pertanto, già prima di procedere ad altre modellazioni con “Push-Over” per le verifiche sotto sisma si è dovuto ipotizzare un insieme di interventi di rafforzamento di travi, pilastri ed in alcuni casi di “nodi travi/pilastri”, soprattutto nei casi di “ NODI non Confinati”.

Dopo l'esecuzione delle prove sismiche MASW e le altre indagini sperimentali recentemente eseguite si è proceduto all'esecuzione dei calcoli di verifiche, tenendo conto degli interventi integrativi, per le due parti dell'edificio, rientrando nelle condizioni di sicurezza per gli stati limite considerati. Nell'elaborato allegato di calcolo (di sintesi): “Relazione ai sensi del Cap.10.2 delle N.T.C. 2008” sono riportati gli esiti dei calcoli effettuati , distinti per Corpo “A” e Corpo “B”.

Sinteticamente si riporta l'indicazione degli interventi strutturali integrativi.

Si sono operati i calcoli di verifica della struttura nella sua configurazione attuale e con i carichi e sovraccarichi reali e previsti dalla vigente normativa, per ciascuno dei due corpi “A” e “B”, compreso il carico di neve sulle coperture e tenendo conto delle modifiche effettuate. Si è pure assunto il dato accertato dall'esecuzione della prova “MASW”, che classifica il terreno di “tipo B”.

Attraverso l'esecuzione di diversi “passi” con l'analisi non lineare Push Over si sono potute identificare in dettaglio le posizioni delle parti di crisi per:

- Travi in elevazione dei due piani;
- Pilastri;

Nodi travi - pilastri.

Per non indebolire gli elementi strutturali soggetti a rafforzamento e soprattutto in considerazione che le carenze riscontrate riguardavano insufficiente armatura a taglio, oltre che a flessione, per la maggior parte degli elementi strutturali, si è scelta la TECNICA del BETON-PLAQUE, che consente di lasciare in essere gli elementi da trattare, con la sola asportazione degli intonaci e **di evitare puntellamenti consistenti all'interno.**

Gli elementi metallici integrativi sono stati scelti in funzione della facilità di messa in opera. In particolare si prevede di usare profilati metallici in commercio (angolari ad ali uguali) per i pilastri e lamiere sagomate per le travi ed i Nodi.

Le lamiere ed i profilati saranno incollate e tassellate agli elementi strutturali preesistenti.

In considerazione che le zone di crisi riscontrate variano per i vari elementi strutturali in modo sensibile, si è ritenuto opportuno, limitando gli interventi integrativi alle sole zone di effettiva **necessità, indicare in apposite tavole l'ubicazione nelle piante strutturali e le tipologie di dettaglio dei vari "interventi strutturali integrativi".**

In particolare in considerazione delle varie situazioni reali nei NODI tra pilastri e travi (che possono essere di diversa altezza e/o piatte a spessore di solaio) si riportano i particolari per il **dimensionamento delle "piastre di rinforzo"** ipotizzando le diverse situazioni possibili e definendo le varie fasi di lavorazione.

#### 4) Interventi di riqualificazione funzionale (Accessibilità - tipologia B1).

##### 1) ASCENSORE interno

Per una migliore fruizione dell'edificio destinato alla scuola dell'Infanzia, tuttora funzionante, si richiede una maggiore facilità di collegamento verticale tra i due piani in cui sono allocate le aule per attività didattiche, sia libere che ordinate.

Un tale collegamento è attualmente affidato soltanto alla scala, anche sin dalla fase **progettuale, era stato previsto l'uso di un ascensore, realizzando però soltanto il "vano corsa" con pareti in calcestruzzo.**

Si è potuto constatare, attraverso una indagine di mercato, che nel vano esistente è possibile installare un "ascensore per disabili" con capienza di 6 persone e con portata massima di 480 Kg.

Il tipo di ascensore prescelto è quello "elettrico", con centrale ancorata su due pareti.

Durante le indagini svolte all'interno dell'edificio, rimosso il pannello di ligneo presente per inibire l'accesso al vano ascensore, si è potuto constatare che è già presente lo spazio destinato alla fossa ascensore, e pertanto si deve soltanto prevedere la messa in opera della cabina ascensore e delle attrezzature strettamente necessarie, senza ulteriori impegni edilizi significativi.

## *II) Ringhiera di protezione esterna*

L'edificio scolastico, così come fu realizzato, ha il fronte principale su uno spazio che ora è diventato una via veicolare di collegamento della parte alta (agglomerato urbano che si è sviluppato nell'area intesa come "fossa della neve") con la parte bassa verso la via di accesso al centro urbano) e che è denominata Via G. Falcone.

Da questa via si ha l'accesso principale alla Scuola dell'Infanzia e nel tratto su cui è prospiciente l'edificio la via è protetta da una ringhiera in ferro, in molti punti in pessime condizioni o addirittura, per diversi tratti mancante.

La ringhiera è indispensabile perché il bordo esterno della strada si trova sull'orlo di uno "strapiombo" notevole e pericoloso e lo spazio antistante l'ingresso principale è "luogo di sosta" dei bambini e dei loro genitori.

Su richiesta dell'Amministrazione, per realizzare condizioni di sicurezza almeno accettabile, si è previsto di integrare la ringhiera esistente con la sostituzione delle parti mancanti ed il rifacimento di quelle ormai inutilizzabili per tutto il tratto che va dalla Piazza V.E. Orlando alla zona su cui prospetta direttamente l'edificio, tenuto conto che non è presente il marciapiede.