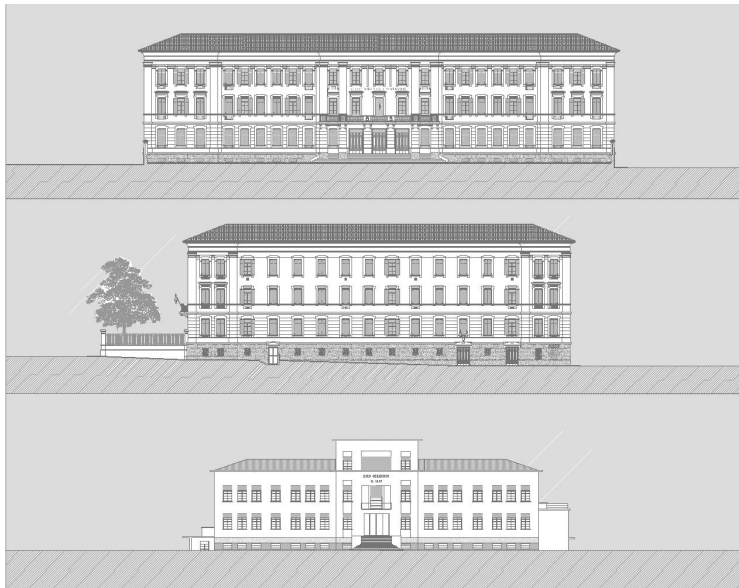


Alessandro Di Stasi

**La vulnerabilità sismica di edifici storici in muratura:
il caso del Liceo Classico Romagnosi
e del Liceo Scientifico Ulivi di Parma**

VOLUME 2



Tutore: Prof. Ing. Roberto Cerioni
Co-tutore: Prof.ssa Ing. Beatrice Belletti

Coordinatore del Dottorato: Prof. Ing. Paolo Mignosa



Università degli Studi di Parma
Dottorato di Ricerca in Ingegneria Civile – XXI Ciclo

*... non è da tutti sapere fare in tempo brevissimo
una diagnosi in un corpo di estesissima superficie
e muto qual è il fabbricato.*

C. Russo,
Le lesioni dei fabbricati
Utet, Torino, 1956

Indice degli Allegati

ALLEGATO 1

Capitolo 1 – Evoluzione storico-costruttiva del Liceo Classico Romagnosi

1.1 Cenni storici	1
1.2 Progetto originale	6
1.3 Inizio dei lavori	9
1.4 Controversie tra l'Amministrazione Comunale e il Consorzio delle cooperative Parmensi	10
1.5 Ripresa dei lavori	10
1.6 Diffida del Comune di Parma alla Società "L'Edile"	11
1.7 Occupazione del cantiere da parte delle masse operaie	12
1.8 Fine dei lavori	13
1.9 Richiesta di modifiche	13
1.10 Trasferimento del Liceo "Gian Domenico Romagnosi" nella sede attuale	14
1.11 Ricovero anti-aereo pubblico nel Regio Liceo Ginnasio	14
1.12 Fine della Seconda Guerra Mondiale	15
1.13 Alloggio per gli sfollati	16
1.14 Sovralzo della scuola "Parmigianino"	18
1.15 Terremoti del 1971, del 1983 e del 1996	19
1.16 Nuove scale di sicurezza della scuola "Parmigianino"	22
1.17 Consolidamento dei solai del sottotetto del Liceo "Romagnosi"	24

Capitolo 2 – Le indagini diagnostiche eseguite nel Romagnosi e nell'Ulivi

2.1 Carotaggi eseguiti sulle fondazioni del complesso Romagnosi-Parmigianino-Corridoni	27
2.2 Carotaggio della muratura sopra le fondazioni del plesso scolastico Romagnosi-Parmigianino-Corridoni	28
2.3 Carotaggi eseguiti nelle murature del primo piano fuori terra del complesso scolastico del Romagnosi	29
2.4 Prove sclerometriche eseguite nel complesso Romagnosi-Parmigianino-Corridoni	33
2.5 Prove pacometriche eseguite nel complesso Romagnosi-Parmigianino-Corridoni	35
2.6 Carotaggi eseguiti nell'edificio scolastico del Liceo Scientifico Ulivi	39
2.6.1 Piano interrato	40
2.6.2 Piano seminterrato	42
2.6.3 Piano rialzato	43
2.6.4 Piano primo	44
2.6.5 Ampliamento	44
2.6.6 Collegamenti tra le pareti	45

Capitolo 3 – Le indagini geognostiche eseguite nel Romagnosi

3.1 Premessa	47
3.2 Prova con punta olandese	47
3.3 Standard Cone Penetration Test	49

Capitolo 4 – La diagnostica eseguita sulle fondazioni e nel piano seminterrato del Romagnosi

4.1 Fondazione della Scuola Media "Parmigianino"	51
4.2 Fondazione della palestra del Liceo Classico "Romagnosi"	53
4.3 Fondazione della Scuola Elementare "Corridoni"	55

Capitolo 5 – Le indagini diagnostiche eseguite nel piano seminterrato del Romagnosi

5 Rilievo geometrico e fotografico dei solai e delle travi del piano seminterrato	57
5.1 Zona di sondaggio "1" – palestra "Parmigianino"	57
5.2 Zona di sondaggio "2" – solaio spogliatoi palestra "Parmigianino"	60
5.3 Zona di sondaggio "3" – corridoio adiacente palestra "Parmigianino"	61
5.4 Zona di sondaggio "4" – aula "Parmigianino"	62
5.5 Zona di sondaggio "5" – incrocio fra corridoi "Parmigianino"	63
5.6 Zona di sondaggio "6" – aula polifunzionale "Parmigianino"	63
5.7 Zona di sondaggio "7" – corridoio piano terra "Parmigianino"	65
5.8 Zona di sondaggio "8" – aula piano terra "Parmigianino"	67
5.9 Zona di sondaggio "11" – aula piano terra "Parmigianino"	68
5.10 Zona di sondaggio "12" – corridoio piano terra ala Ovest "Parmigianino"	69
5.11 Zone di sondaggio "13", "14" – travi piano terra ala Ovest "Parmigianino"	69
5.13 Zona di sondaggio "16" – solaio aula musica piano terra "Parmigianino"	71
5.14 Zona di sondaggio "22" – aule distacco piano terra "Parmigianino"	72
5.15 Zona di sondaggio "23" – corridoio distacco piano terra "Parmigianino"	73
5.16 Zona di sondaggio "42" – ingresso scuola "Corridoni"	74
5.17 Zona di sondaggio "43" – corridoio scuola "Corridoni"	76
5.18 Zona di sondaggio "44" – trave scala scuola "Corridoni"	77
5.19 Zona di sondaggio "47" – trave corridoio scuola "Corridoni"	78
5.20 Zona di sondaggio "48" – aula piano terra scuola "Corridoni"	79

Capitolo 6 – Le indagini diagnostiche eseguite nel piano rialzato del Romagnosi

6 Rilievo geometrico e fotografico dei solai e delle travi del piano rialzato	81
6.1 Zona di sondaggio "9" – trave corridoio "Romagnosi"	81
6.2 Zona di sondaggio "10" – corridoio "Romagnosi"	85
6.3 Zona di sondaggio "17" – aula piano rialzato "Romagnosi"	86
6.4 Zona di sondaggio "18" – bagni piano rialzato "Romagnosi"	88
6.5 Zona di sondaggio "19" – aula in fondo ala Ovest piano rialzato "Romagnosi"	89
6.6 Zona di sondaggio "20" – corridoio ingresso principale "Romagnosi"	90
6.7 Zona di sondaggio "21" – trave scala principale "Romagnosi"	91
6.8 Zona di sondaggio "24" – bagni piano primo "Parmigianino"	91
6.9 Zona di sondaggio "25" – aule ala Ovest "Parmigianino"	92

Capitolo 7 – Le indagini diagnostiche eseguite nel piano primo del Romagnosi

7 Rilievo geometrico e fotografico dei solai e delle travi del piano primo	81
7.1 Zona di sondaggio "26" – bagni piano secondo "Parmigianino"	95
7.2 Zona di sondaggio "27" – aule piano seconda "Parmigianino"	96
7.3 Zona di sondaggio "28" – aule piano secondo "Parmigianino"	97
7.4 Zona di sondaggio "29" – bagni piano secondo "Parmigianino"	98
7.5 Zona di sondaggio "30" – corridoio piano secondo "Parmigianino"	98
7.6 Zona di sondaggio "31" – corridoio piano primo "Romagnosi"	99
7.7 Zona di sondaggio "34" – aula piano primo "Romagnosi"	100
7.8 Zona di sondaggio "35" – biblioteca ala Sud "Romagnosi"	101

7.9 Zona di sondaggio "36" – corridoio ala Sud "Romagnosi"	101
7.10 Zona di sondaggio "37" – corridoio ala Nord "Romagnosi"	102
7.11 Zona di sondaggio "38" – biblioteca ala Nord "Romagnosi"	102
7.12 Zona di sondaggio "32", "33" – aule in fondo ala Ovest "Romagnosi"	103
7.13 Zona di sondaggio "45" – corridoio piano secondo "Corridoni"	106
7.14 Zona di sondaggio "46" – solaio sopra scale "Corridoni"	107

Capitolo 8 – Le indagini diagnostiche eseguite nel piano secondo del Romagnosi

8 Rilievo geometrico e fotografico dei solai e delle travi del piano secondo	109
8.1 Zona di sondaggio "39" – corridoio ala Ovest piano secondo "Romagnosi"	109
8.2 Zona di sondaggio "40" – aule ala Ovest piano secondo "Romagnosi"	111
8.3 Zona di sondaggio "41" – aula Magna "Romagnosi"	114
8.4 Zona di sondaggio "49", "50" – corridoio secondo piano "Romagnosi"	115

Capitolo 9 – Le indagini diagnostiche eseguite sulla copertura del Romagnosi

9.1 Zona "A" – copertura esistente del "Romagnosi"	118
9.2 Zone "B" e "C" – copertura in legno lamellare del "Romagnosi"	118
9.3 Zona "D" – copertura esistente del "Romagnosi" e della "Parmigianino"	118
9.4 Zona "E" – copertura esistente del "Romagnosi"	119
9.5 Zona "F" – copertura palestra del "Romagnosi"	119
9.6 Zona "G" – copertura della "Corridoni"	

Capitolo 10 – Riepilogo delle indagini diagnostiche eseguite sui solai del Romagnosi

10.1 Planimetria solai piano seminterrato	121
10.2 Planimetria solai piano rialzato	122
10.3 Planimetria solai piano primo	123
10.4 Planimetria solai piano secondo	124

Capitolo 11 – Verifiche della scala del Parmigianino e del cornicione del Romagnosi

11.1 Verifica statica della scala a sbalzo della scuola elementare Parmigianino	135
11.2 Verifica statica del cornicione del Liceo Classico Romagnosi	138

Capitolo 12 – Verifica statica dei solai del Romagnosi

12.1 Zona di indagine "1" (piano seminterrato)	141
12.2 Zona di indagine "2" (piano seminterrato)	146
12.3 Zona di indagine "3" (piano seminterrato)	147
12.4 Zone di indagine "4"- "8"- "22" (piano seminterrato)	152
12.5 Zona di indagine "5" (piano seminterrato)	156
12.6 Zona di indagine "6" (piano seminterrato)	159
12.7 Zone di indagine "7"- "23"- "42" (piano seminterrato)	166
12.8 Zone di indagine "11"- "12"- "aule" (piano seminterrato)	170
12.9 Zona di indagine "12"- "corridoi" (piano seminterrato)	171
12.10 Zona di indagine "16" (piano seminterrato)	172
12.11 Zona di indagine "18" (piano seminterrato)	173
12.12 Zona di indagine "48" (piano seminterrato)	174
12.13 Zona di indagine "43" (piano seminterrato)	176
12.14 Zona di indagine "17" (piano rialzato)	178
12.15 Zone di indagine "10"- "19"- "20" (piano rialzato)	182

IV

12.16 Zona di indagine "27-aule Parmigianino" (piano rialzato)	184
12.17 Zona di indagine "27-aule Romagnosi" (piano rialzato)	185
12.18 Zona di indagine "27-corridoio Parmigianino" (piano rialzato)	186
12.19 Zona di indagine "18" (piano rialzato)	187
12.20 Zona di indagine "24" (piano rialzato)	188
12.21 Zona di indagine "48" (piano rialzato)	191
12.22 Zona di indagine "43" (piano rialzato)	193
12.23 Zona di indagine "38" (piano primo)	195
12.24 Zona di indagine "25"- "27"- "34"- "35" (piano primo)	196
12.25 Zona di indagine "31"- "36"- "37" (piano primo)	197
12.26 Zona di indagine "18" (piano primo)	198
12.27 Zona di indagine "20" (piano primo)	199
12.28 Zona di indagine "48" (piano primo)	201
12.29 Zona di indagine "43" (piano primo)	203
12.30 Zona di indagine "26" (piano primo)	205
11.31 Zona di indagine "32"- "33" (piano primo)	208
11.32 Zona di indagine "28" (piano secondo)	210
11.33 Zona di indagine "29" (piano secondo)	211
11.34 Zona di indagine "30" (piano secondo)	212
11.35 Zona di indagine "18" (piano secondo)	214
11.36 Zona di indagine "41" (piano secondo)	215
11.37 Riassunto dei risultati delle verifiche statiche sui solai del complesso scolastico del Romagnosi	215

Capitolo 13 – Le indagini diagnostiche dell’Ulivi

13.1 Fondazioni	217
13.2 Terreno	224
13.3 Solaio	226
13.3.1 Interrato	227
13.3.2 Seminterrato – piano rialzato – piano primo	228
13.4 Ampliamento	237
13.5 Volte ed archi	244
13.6 Travi ed architravi	246
13.7 Copertura	253
13.8 Lesioni	256
13.9 Cavità e nicchie	259
13.10 Risultati ottenuti dal rilievo	262
13.10.1 Resistenza dei materiali	262
13.11 Analisi dei carichi	265
13.11.1 Solaio tipo A	265
13.11.2 Solaio tipo B	266
13.11.3 Solaio tipo C	266
13.11.4 Solaio tipo D	267
13.11.5 Solaio tipo E	268
13.11.6 Solaio tipo F	268
13.11.7 Solaio tipo G	269
13.11.8 Scala	270
13.11.9 Solaio tipo L	271

ALLEGATO 2

Capitolo 1 – Analisi sismica con il metodo POR del complesso scolastico del Romagnosi e dei vari corpi di fabbrica

1.1 Introduzione	273
1.2 Normativa di riferimento	273
1.2.1 Sismica	273
1.2.2 Murature	274
1.2.3 Carichi	274
1.3 Modellazione strutturale con il programma PC.M.	275
1.3.1 Orditura dei solai e relativa analisi dei carichi	281
1.3.2 Analisi dei carichi dei solai	284
1.3.3 Parametri di calcolo	290
1.3.4 Rapporto di elaborazione post-analisi	295
1.4 Confronto tra i risultati dell'analisi dello stato di fatto e dello stato di progetto	296
1.4.1 Risultati dell'analisi statica – tensioni medie di compressione	296
1.4.2 Verifica sismica a pressoflessione ortogonale: metodo POR secondo la Circolare n.21745 del 30-07-1981	299
1.4.3 Verifica sismica a taglio: metodo POR per piani rigidi secondo la Circolare n.21745 del 30-07-1981	308
1.4.4 Verifica sismica a pressoflessione complanare secondo la Circolare n.21745 del 30-07-1981 per piani rigidi	320
1.4.5 Verifica a taglio secondo la Circolare n.21745 del 30-07-1981 per piani deformabili	326
1.4.6 Verifica a pressoflessione complanare secondo la Circolare n.21745 del 30-07-1981 per piani deformabili	339
1.4.7 Analisi sismica con piani deformabili: quadro delle lesioni	349
1.5 Analisi dei corpi di fabbrica del complesso scolastico	352
1.5.1 Introduzione	352
1.5.2 Struttura fronte V.le Maria Luigia	352
1.5.2.1 Modellazione strutturale in vista assonometrica	352
1.5.2.2 Indicazione dei piani rigidi e deformabili	353
1.5.2.3 Risultati dell'analisi POR – piano seminterrato	353
1.5.2.4 Risultati dell'analisi POR – piano rialzato	356
1.5.2.5 Risultati dell'analisi POR – piano primo	359
1.5.2.6 Risultati dell'analisi POR – piano secondo	362
1.5.2.7 Riassunto delle analisi POR di piano	365
1.5.3 Struttura centrale (perpendicolare al V.le Maria Luigia)	366
1.5.3.1 Modellazione strutturale in vista assonometrica	366
1.5.3.2 Risultati dell'analisi POR – piano interrato	367
1.5.3.3 Risultati dell'analisi POR – piano rialzato	369
1.5.3.4 Risultati dell'analisi POR – piano primo	372
1.5.3.5 Risultati dell'analisi POR – piano secondo	374
1.5.3.6 Riassunto delle analisi POR di piano	377
1.5.4 Struttura della scuola Corridoni	378
1.5.4.1 Modellazione strutturale in vista assonometrica	378
1.5.5 Struttura della scuola Parmigianino	387
1.5.5.1 Modellazione strutturale in vista assonometrica	378

Capitolo 2 – Analisi sismica Pushover eseguita sull’Ulivi

2.1 Introduzione	393
2.2 Analisi dei carichi	395
2.3 Risultati ottenuti dell’analisi Pushover	398
2.3.1 Ala destra	398
2.3.1 Ala sinistra	403
2.3.2 Corpo anteriore	407

Capitolo 3 – Verifica dei cinematismi di collasso del Romagnosi

3.1 Cinematismo della facciata del Liceo Romagnosi	413
3.2 Cinematismo della facciata della scuola media Parmigianino	420
3.3 Cinematismo della facciata della palestra	428
3.4 Cinematismo della facciata dell’Aula Magna del Romagnosi	431

ALLEGATO 3**Elaborati grafici**

TAVOLA 1: Liceo Classico Romangosi – pianta piano interrato
TAVOLA 2: Liceo Classico Romangosi – pianta piano rialzato
TAVOLA 3: Liceo Classico Romangosi – pianta piano primo
TAVOLA 4: Liceo Classico Romangosi – pianta piano secondo
TAVOLA 5: Liceo Classico Romangosi – pianta piano sottotetto
TAVOLA 6: Liceo Classico Romangosi – sezioni
TAVOLA 7: Liceo Classico Romangosi – sezioni
TAVOLA 8: Liceo Classico Romangosi – sezioni
TAVOLA 9: Liceo Classico Romangosi – prospetti
TAVOLA 10: Liceo Classico Romangosi – prospetti
TAVOLA 11: Liceo Classico Romangosi – particolari architettonici
TAVOLA 12: Liceo Classico Romangosi – piante solai
TAVOLA 13: Liceo Classico Romangosi – piante solai
TAVOLA 14: Liceo Classico Romangosi – particolari solai
TAVOLA 15: Liceo Classico Romangosi – pianta piano seminterrato fessurazioni
TAVOLA 16: Liceo Classico Romangosi – pianta piano rialzato fessurazioni
TAVOLA 17: Liceo Classico Romangosi – pianta piano primo fessurazioni
TAVOLA 18: Liceo Classico Romangosi – pianta piano secondo fessurazioni
TAVOLA 19: Liceo Classico Romangosi – sezioni fessurazioni
TAVOLA 20: Liceo Classico Romangosi – prospetti fessurazioni
TAVOLA 21: Liceo Scientifico Ulivi – pianta piano interrato-terra
TAVOLA 22: Liceo Scientifico Ulivi – pianta piano primo-secondo
TAVOLA 23: Liceo Scientifico Ulivi – pianta piano sottotetto-copertura
TAVOLA 24: Liceo Scientifico Ulivi – prospetti
TAVOLA 25: Liceo Scientifico Ulivi – prospetti
TAVOLA 26: Liceo Scientifico Ulivi – prospetti
TAVOLA 27: Liceo Scientifico Ulivi – prospetti
TAVOLA 28: Liceo Scientifico Ulivi – sezioni
TAVOLA 29: Liceo Scientifico Ulivi – pianta piano interrato-terra sondaggi
TAVOLA 30: Liceo Scientifico Ulivi – pianta piano primo-secondo sondaggi
TAVOLA 31: Liceo Scientifico Ulivi – pianta piano sottotetto-copertura sondaggi