

GALILEO



Rivista di informazione, attualità e cultura degli Ingegneri di Padova

Fondata nel 1989

Direttore responsabile

ENZO SIVIERO

www.collegioingegneripadova.it

duecentosessantaquattro

Interventi di miglioramento nel Borgo Di Castiglione Del Terziere (MS)

A cura dell'Ing. Corrado Prandi

Il lavoro di Ingegneria Sismica Italiana sul borgo di Castiglione (MS) mira all'ottenimento di un percorso tecnico condiviso e ripetibile in tante realtà simili di cui il nostro territorio è ricco. Lo studio ha permesso di mettere in campo tutte le professionalità di ISI e porterà a un percorso, sotto forma di progettazione definitiva, che parte dalla conoscenza fino agli interventi.

PRIMA PARTE

L'interesse per l'analisi di un Borgo Storico è derivato inizialmente dalla numerosa presenza di questi luoghi in ogni parte del nostro Paese, ognuno con una suggestiva bellezza per l'articolazione dei volumi e la razionalità delle distribuzioni e degli impieghi; subentra subito dopo il rammarico per il frequente abbandono delle località, con degrado delle costruzioni e rinuncia a ogni possibile capacità e impiego.

La consapevolezza di come ognuno di questi borghi costituisca un patrimonio abitativo, con specifiche possibilità quanto all'avvio o mantenimento e valorizzazione di attività economiche coerenti alle sue caratteristiche e dimensioni, invita a ricercare ogni possibile accorgimento utile a conseguire queste finalità.

Non si può infine trascurare il fatto che i borghi sono presenti anche nelle zone più impervie del nostro Paese e che una piena occupazione abitativa garantirebbe presenze attente ed esperte nel monitoraggio anche delle più gravose circostanze ambientali.

Il borgo di Castiglione del Terziere non presenta aspetti particolarmente negativi, eccetto che per l'occupazione delle abitazioni, che essendo principalmente residenze estive, riscontrano presenze minime nelle altre stagioni; quanto al resto è una bella e vivibile località, penalizzata dalla distanza dei servizi.

L'analisi di Castiglione, impostata nella ricerca di contributi multidisciplinari, ambisce a definire un percorso suddiviso in più fasi, che porterà a delineare una traccia utilizzabile nel luogo e ripetibile in località analoghe, con adattamenti alle diverse specificità; la traccia in progetto avrebbe caratteristiche applicative e porterebbe a risultati con l'approssimazione della progettazione definitiva; il sottoscritto scrivente, Coordinatore del Gruppo di Lavoro I.S.I. "Borghi Storici", raccoglie in queste note il contributo personale e dei Colleghi del Gruppo*.

* Componenti del GDL "Borghi storici":

Prof.ssa Eva Coisson; Ing. Gennaro Di Lauro; Ing. Emmananda De Martino; Ing. Federico Fogacci; Ing. Marco Frassinetti; Arch. Francesco Mirabelli; Ing. Alberto Oelker; Ing. Evelin Peretti; Dott. Geologo Riccardo Triches; Ing. Davide Trutalli; Prof.ssa Denise Ulivieri. Coordinatore Ing. Corrado Prandi.

UBICAZIONE DELLA LOCALITA'

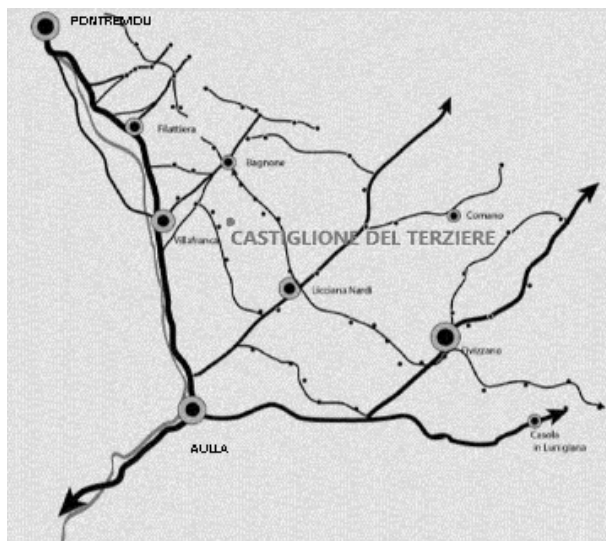


Fig. 1 - Schema della viabilità

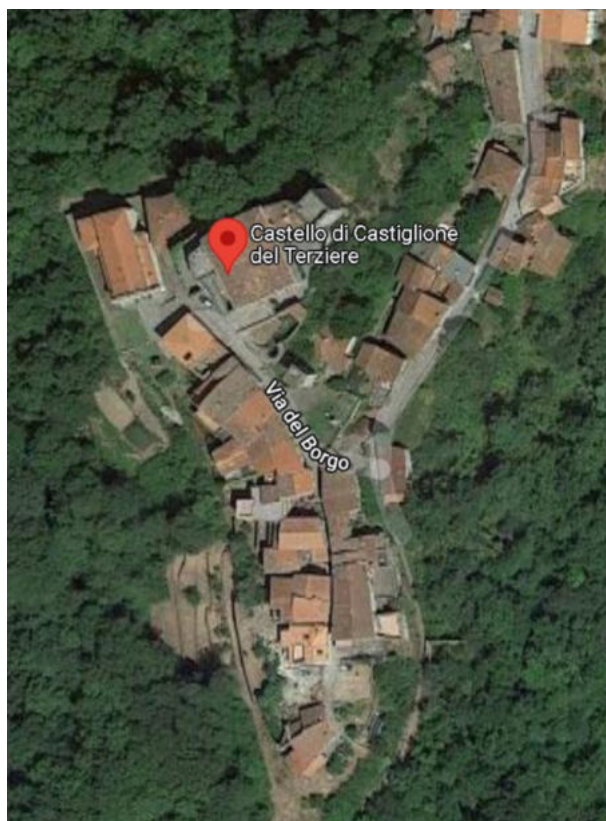


Fig. 2 - Immagine aerea



Fig. 3 - Via del borgo da Sud

La località di CASTIGLIONE del TERZIERE è parte del Comune di BAGNONE (MS) in LUNIGIANA. Tra i centri principali di Pontremoli e Aulla, la viabilità statale, l'autostrada e la ferrovia seguono la valle del fiume Magra; Castiglione ne dista pochi chilometri ad Est, percorribili seguendo una viabilità secondaria immersa nel verde; il raggiungimento della località è attualmente abbastanza agevole, ma in un lontano passato il posizionamento dell'edificato in sommità a un rilievo collinare e la fitta vegetazione che lo circonda, rendevano il luogo ottimo punto di osservazione, poco accessibile e protetto.

Il Borgo, è raggiungibile in automobile partendo dalla stazione ferroviaria distante 4 km in località Villafranca e dai caselli autostradali di Aulla e Pontremoli, 10 km circa a Sud e a Nord; giunti a Castiglione i mezzi restano esternamente al borgo che ha accesso solo pedonale.



Fig. 6 - Coperture del borgo

L'attraversamento a piedi del caseggiato ne favorisce il riconoscimento delle caratteristiche più evidenti: le strette vie pavimentate in acciottolato con la presenza delle reti di servizio, le facciate delle costruzioni quasi tutte oggetto d'interventi recenti mantenendo le pietre a vista e ristilando i corsi di malta (ma verosimilmente un tempo coperte da intonaco), la significativa pendenza dei percorsi che accentua i dislivelli tra fabbricati contigui e l'articolazione dei volumi di copertura, i ripidi pendii oltre i fronti del Borgo a Est ed Ovest con pareti di contenimento e terrapieni. Sono pochi e riconoscibili i manufatti incoerenti con l'antichità delle costruzioni e l'immagine complessiva risulta armoniosa.



Fig. 4 - Via del borgo da Nord



Fig. 7 - Via di accesso

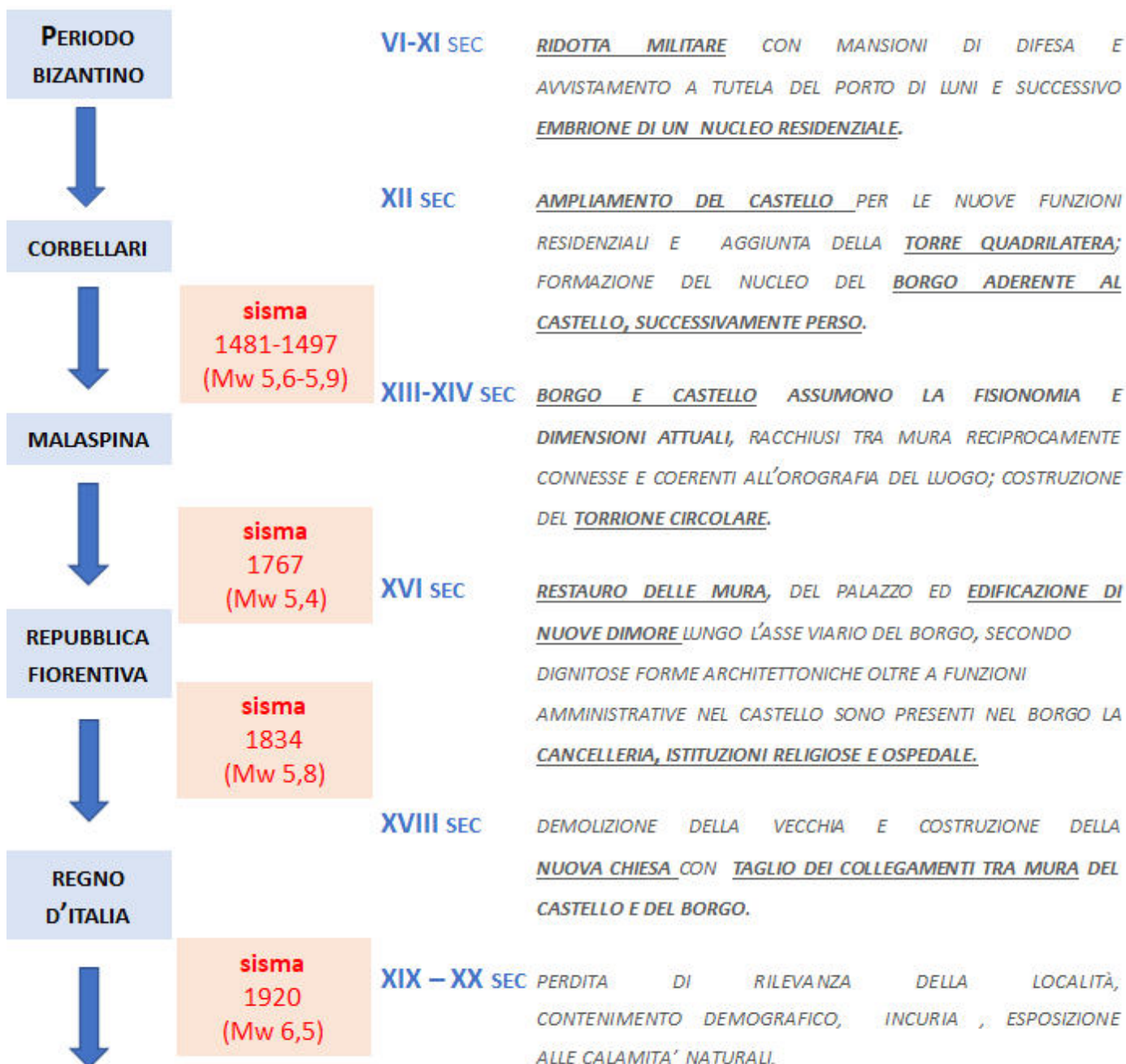


Fig. 5 - Vista Est del Borgo



Fig. 8 - Via del borgo

RACCOLTA DI INFORMAZIONI STORICHE



In tempi recenti il Prof. Loris Bonomi ha dato grande impulso e sostegno, anche economico personale, al recupero dei fabbricati.

Giurisdizione	Indicazione		Quantità delle Parrocchie e Villaggi	Quadro della popolazione al 1833 ²	N. dei proprietari danneggiati	Fabbricati loro stato			
	Comunità	Capiluoghi e villaggi				rovinati	minacciati	di facile restauro	puntellati
Pontremolese	Pontremoli	città	n 5	3685	127	1	30	96	/
Pontremolese	Pontremoli	villaggi	" 36	5565	392	43	151	319	/
Pontremolese	Zeri	villaggi	" 18	4068	157	26	63	94	/
Pontremolese	Caprio	villaggi	" 8	1163	38	2	6	33	/
Bagnonese	Bagnone	paese e villaggi	" 9	5667	69	0	24	48	/
Bagnonese	Filattiera	paese e villaggi	" 3	835	55	1	14	45	/
			N. 79	N. 20983	N. 838	N. 73	N. 288	N. 635	//

Sono riconoscibili correlazioni tra il succedersi dei governi nella località, gli eventi sismici e l'evoluzione/involuzione del Borgo:

- a periodi caratterizzati da possibili incursioni ostili, corrispondono crescita della dimensione del borgo, del numero degli occupanti e riorganizzazione delle mura difensive,
- in tempi nei quali sono stati attribuite alla località rilevanti funzioni amministrative, sono state realizzate costruzioni di maggior pregio, come viceversa hanno prevalso incuria e decrescita demografica in concomitanza del trasferimento altrove delle amministrazioni,
- a eventi sismici significativi seguono perdite di porzioni del borgo ma anche ricostruzioni migliorative ed estensioni superficiali.

I documenti più o meno antichi che sono stati reperiti confermano graficamente o con comparazioni numeriche l'entità del danno conseguente ad eventi naturali, favorendo le ipotesi circa le correlazioni tra intensità e conseguenze degli eventi. Si nota come la crescita e la distribuzione dei fabbricati del borgo abbia funzionalmente seguito la più favorevole conformazione del terreno, piuttosto che le opportunità difensive, privilegiando la prossimità al Castello.

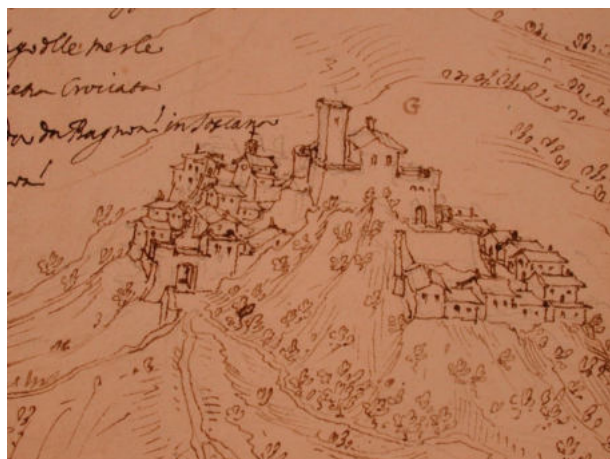


Fig. 9 - Configurazione antica del Borgo

RILIEVO SOMMARIO E RESTITUZIONE DEI PROSPETTI PRINCIPALI

Con l'intenzione di ottenere una restituzione sommaria del fronte principale nell'aggregato oggetto di analisi, ne sono stati rilevati i livelli altimetrici in posizioni significative sul perimetro; sono stati quindi fotografati i fronti ovest dei singoli fabbricati, sono stati foto raddrizzati, scalati e composti secondo la sequenza e le quote precedentemente rilevate. La presenza della vegetazione e di una forte pendenza del terreno sul retro dell'aggregato non ha permesso una analoga restituzione del fronte est.



11. carta topografica



Fig. 10 - Frazionamento delle Proprietà

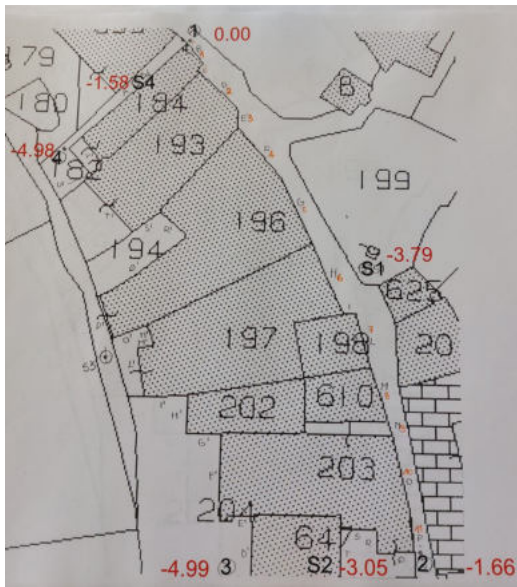


Fig. 12 - Stralcio mappa catastale



Fig. 13 - Rilievo sommario

CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI E DELLE MURATURE

Le indagini sui terreni hanno previsto anzitutto la consultazione della documentazione disponibile sul sito della Regione Toscana, quindi l'esecuzione di prove dirette nel borgo.

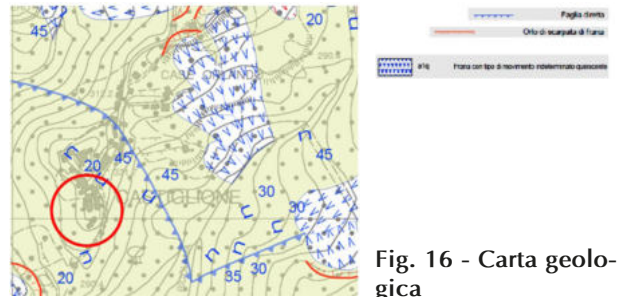


Fig. 16 - Carta geologica



- Fig. 17 - Tipo e ubicazione delle indagini sui terreni:
- porzione del borgo presa in esame (linea Viola)
 - stesa sismica a rifrazione (linea rossa)
 - stesa sismica Masw (linea ciano)
 - stazioni di rilievo sismico passivo HVSR sul terreno (quadrati Bianchi)
 - stazioni di rilievo delle frequenze strutturali (triangoli Bianchi)
 - prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH (segnapunti gialli).



Fig. 14 - Fotoraddrizzamento e mosaicatura

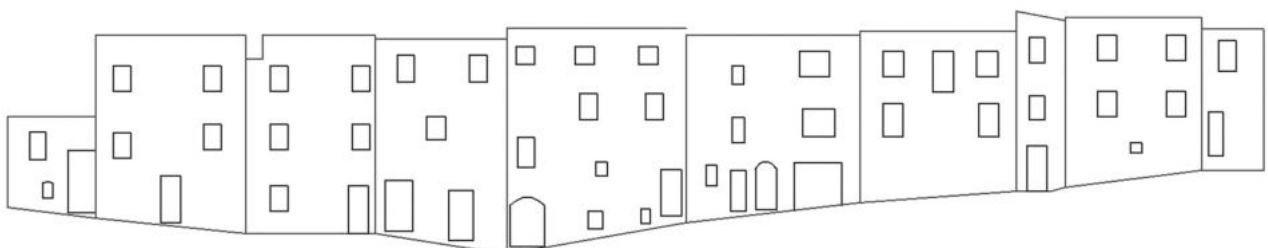


Fig. 15 - Basi di prospetto



Fig.18 - indagine penetrometrica

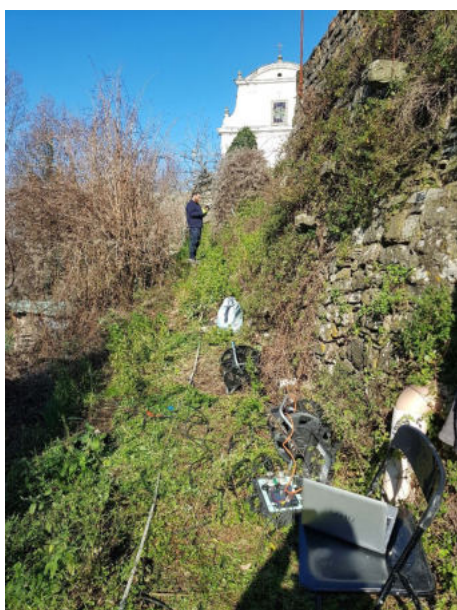


Fig. 19 - Stese sismiche

Orizzonti sismo-stratigrafici riconosciuti secondo profondità crescenti:

- 1 Lo spessore della coltre più superficiale (il cosiddetto aereo) caratterizzata da basse velocità sismica $VP= 400-500$ m/s (restituzione tomografica nero blu scuro), presenta spessore variabile tra i 1.5/2 m circa, con spessore minimo fra la posizione dei geofoni G20 e G21 ove praticamente si riduce quasi a zero ed affiora lo strato sottostante.
- 2 Orizzonte a medio spessore rilevabile sino a profondità di 6-8m da pc, caratterizzato da velocità VP variabili fra 600 e 1500 m/sec circa, (restituzione tomografica Azzurro).
Orizzonte su cui ha impattato la prova penetrometrica DPSH1.
- 3 Livello di passaggio al sub strato vero e proprio (regolite), trattasi di materiali lapidei in posto a medio alta grado di fratturazione presenti sino a profondità di 10-12 m da pc caratterizzati da velocità sismiche delle onde P variabili fra 1500 e 2300/2400 m/s (restituzione tomografica verde).
- 4 strato di fondo o bed rock (sismico) caratterizzato da progressivo incremento delle velocità sismiche (onde P) con la profondità $VP \geq 2500/2700$ m/s (restituzione tomografica rosso). Materiali lapidei marnaceo-calcarei a ridotto grado di fratturazione.

Dal confronto dei parametri delle velocità V_s desunti dalla stesa sismica Masw con i valori del numero colpi rilevati nella penetrometrica DPSH1, è ragionevole attribuire agli orizzonti sismo stratigrafici sopra descritti le seguenti correlazioni:

- Orizzonte 1: velocità propagazione $V_s= 240$ m/s e numero colpi alla penetrazione dinamica $N_{20}=1/2$
- Orizzonte 2: velocità propagazione $V_s= 350/400$ m/s e numero colpi alla penetrazione dinamica $N_{20}=4/7-16$
- Orizzonte 3: velocità propagazione $V_s= 570$ m/s e numero colpi alla penetrazione dinamica $N_{20} \geq 50$ (rifiuto strumentale)
- Orizzonte 4: velocità propagazione $V_s > 800$ m/s bed rock sismico (non raggiunto dalla penetrazione DPSH)

In via preventiva sono state raccolti dati presenti in letteratura circa le caratteristiche della pietra arenaria, quindi sulla stessa e sulle malte sono state eseguite prove dirette; successivamente è stato applicato il percorso per la determinazione dell'indice della qualità muraria.

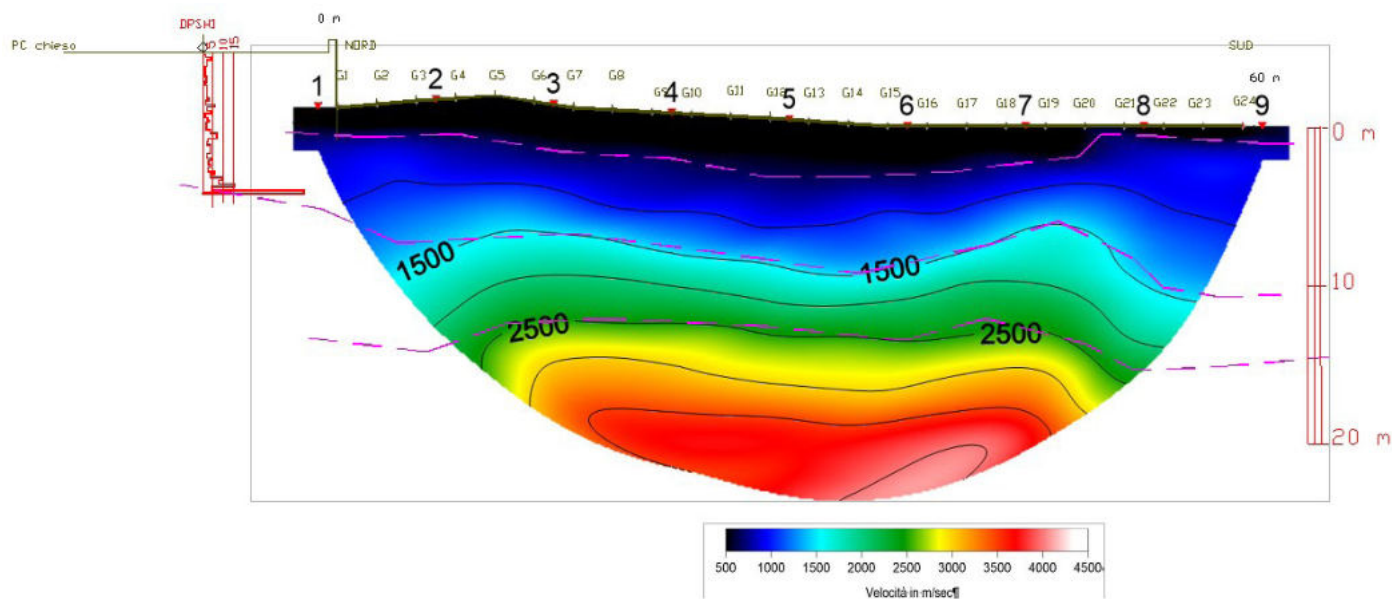


Fig. 20 - Sezione riepilogativa dell'indagine sismica a rifrazione tomografica (onde P), con sovrapposto diagramma di propagazione V_s dell'indagine Masw, eseguita al centro delle stese sismiche, entrambe ubicate sul versante est immediatamente a valle dell'aggregato preso in considerazione, con pendio che degrada verso SW.

Arenaria della Formazione Macigno	CAVA DI MONTEREGGIO						CAVA DI POGNANA		
	Numero provini	Intervallo di variazione	Valore medio	Numero provini	Intervallo di variazione	Valore medio	Numero provini	Intervallo di variazione	Valore medio
	Granulometria fine			Granulometria medio-grossa			Granulometria medio-grossa		
Massa volumica apparente (kg/m ³)	4	2628-2669	2643	4	2618-2636	2626	5	2614-2630	2622
Massa volumica reale (kg/m ³)	4	2690-2730	2705	4	2680-2700	2695	5	2700-2723	2708
Grado di compattezza (adimensionale)			0,98			0,97			0,97
Porosità totale (%)			2,28			2,56			3,16
Porosità accessibile (%)			2,02			2,13			2,57
Assorbimento d'acqua (%)	4	0,74-0,78	0,77	4	0,74-0,85	0,81	5	0,90-1,08	0,98
Resistenza a compressione perpendicolare al verso allo stato naturale (MPa)	3	177-210	198	3	170-202	184	5	130-137	134
Resistenza a compressione parallela al verso allo stato naturale (MPa)							5	109-137	122
Resistenza a compressione perpendicolare al verso allo stato saturo (MPa)	1		93	1		76	3	78-93	82
Resistenza a compressione perpendicolare al verso dopo cicli d'alternanza gelo-disgelo (MPa)	3	199-212	206	3	143-177	164	4	129-169	146
Resistenza a compressione parallela al verso dopo cicli di alternanza gelo-disgelo (MPa)							5	119-139	131
Resistenza a flessione sotto carico concentrato allo stato naturale (MPa)	8	29-38	34				9	13-17	15
Resistenza all'usura per attrito radente relativa al granito di S. Fedelino (mm)	1		0,5	1		0,38	1		0,47

Fig. 21 - Caratteristica delle arenarie della Lunigiana

Da: Arenaria – pietra ornamentale e da costruzione della Lunigiana. Battistini G. – Rapetti C. – Silva Editore

Prove dirette (sclerometro per roccia e penetrometro per malta)

fc (Mpa)	1	2	3	4	5	6
	*	*	*	*	*	*
roccia	*	*	*	*	*	*
malta	*	*	*	*	*	*

* (in corso di rilevazione)

CONCLUSIONI			
OSSERVAZIONI QUALITATIVE			
PARAMETRO	AZIONI VERTICALI	AZIONI ORTOGONALI	AZIONI COMPLANARI
INDICE DI QUALITÀ	5,50	5,50	5,50
CATEGORIA	A	B	A
CARATTERISTICHE MECCANICHE			
CONCLUSIONI			
PARAMETRO	MINIMO	MASSIMO	MEDIO
f _t [N/cm ²]	319,8	503,8	412,3
τ ₀ [N/cm ²]	6,2	9,0	7,6
E _m [N/mm ²]	1426	2017	1722

Fig. 22 - Dalle schede di rilievo della tipologia muraria (tessitura del paramento e caratterizzazione dei materiali del paramento) per questa muratura con conci sbazzati di pietra arenaria di buona resistenza, malta di qualità media, zeppa a riempire i vuoti, pietre di buone dimensioni disposte a cercare di ricostruire piani orizzontali nella disposizione degli elementi si ottengono i valori sopra riportati



Fig. 23 - Pareti di contenimento



Fig. 24 - Pareti dell'aggregato

L'osservazione diretta dei paramenti murari ha permesso di riconoscere varie modalità di tessitura delle murature, oltre alla ripetuta presenza di accorgimenti costruttivi adottati in passato e ripetuti in tempi più recenti.

Sono state riconosciute le più probabili sequenze di edificazione dei fabbricati che hanno portato alla condizione finale di un fronte continuo e sono state eseguite alcune prime considerazioni come base per le successive modellazioni, ipotizzando condizioni di vincolo più o meno efficaci.

Nei seminterrati ispezionati, le pareti risultano impostate anche su strati rocciosi affioranti, prevedono varchi con archi e gli impalcati sovrastanti prevedono volte in sasso.

L'osservazione e la restituzione di immagini fotografiche si sono dimostrate le modalità più efficaci per tenere memoria di configurazioni a volta tanto articolate, soprattutto quando la possibilità di permanenza nei locali è solo per tempi brevi.



Fig. 27 - Volumi interrati

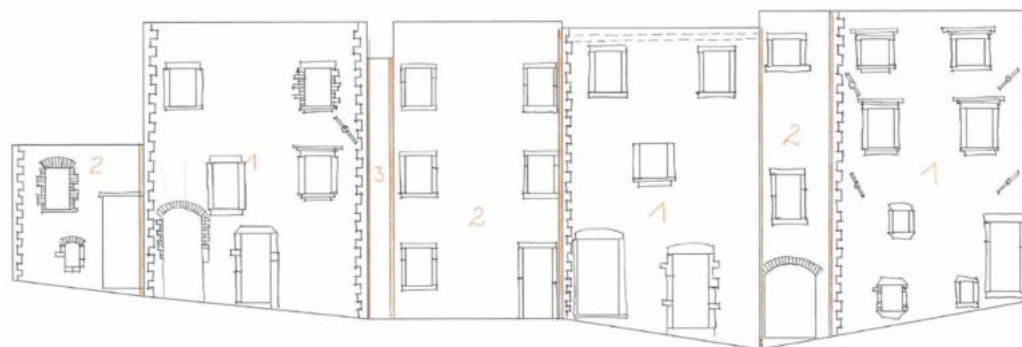


Fig. 25 - Caratterizzazione del fronte OVEST



Fig. 26 - Ipotesi di attribuzione delle modalità di vincolo

Sia sul terreno che nei fabbricati sono state eseguite varie misurazioni per individuarne le principali frequenze di vibrazione; i risultati sono in corso di elaborazione.

DIGITALIZZAZIONE DELLE PIANTE DELL'AGGREGATO E PREDISPOSIZIONE PER L'IMPORTAZIONE F.E.M.

La digitalizzazione ha interessato l'aggregato ritenuto significativo e selezionato per le analisi, impiegando tanto la pianta a maggiore approssimazione che le schede catastali; sono state ottenute dal CAD linee unifilari successivamente importate in un modellatore F.E.M., all'interno del quale sono stati attribuiti i livelli ottenuti dal rilievo preliminare.

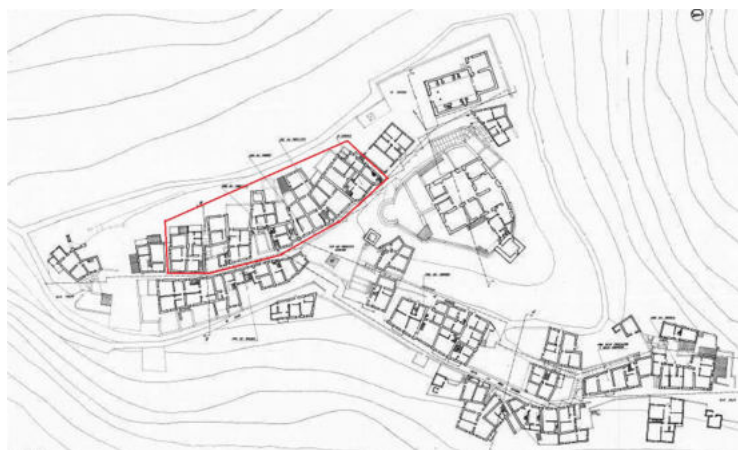


Fig. 28 - Pianta del pianoterreno del borgo con evidenziazione dell'aggregato oggetto di analisi



Fig. 29 - Planimetrie catastali di una unità strutturale

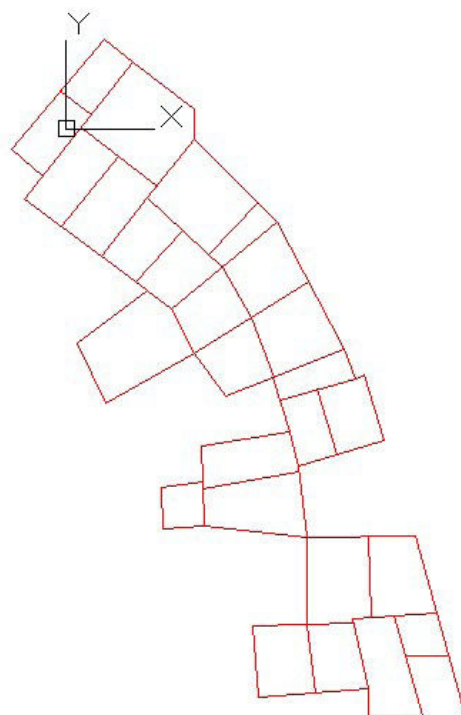


Fig. 30 - Unifilare dei setti portanti in CAD

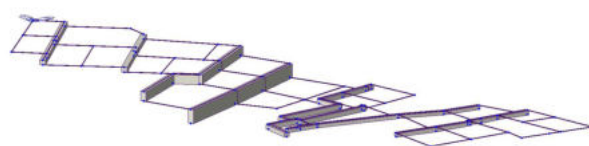


Fig. 31 - Importazione nel modellatore FEM

ELEMENTI CARATTERIZZANTI L'ESPOSIZIONE DELLA LOCALITA' IN RAPPORTO AL RISCHIO SISMICO

In attesa dei dati analitici relativi alla località di Castiglione, sono state formulate alcune considerazioni qualitative riguardo l'esposizione sismica, partendo dall'analisi delle caratteristiche fisiche e funzionali dell'impianto urbano del Borgo.

Sotto il profilo funzionale, che è ciò che più interessa ai fini dell'esposizione sismica, il borgo di Castiglione ha un'unica destinazione d'uso, quella residenziale, eccezion fatta per il Castello, di proprietà privata, adibito a centro culturale e per la Chiesa di San Leonardo, di proprietà pubblica.

Nella planimetria allegata, tratta dal Piano di Recupero redatto dall'Amministrazione comunale, è rappresentato il grado di utilizzo degli edifici, distinto in: continuativo, episodico, inutilizzato e inutilizzabile. Rispetto alle abitazioni agibili, quelle abitate stabilmente dalla popolazione residente, peraltro anziana e di basso reddito, sono un numero ridotto, le restanti sono abitate in maniera episodica o stagionale.

L'esame delle caratteristiche funzionali del Borgo evidenzia la presenza di un'unica destinazione, quella residenziale e la concomitante assenza di attività economiche. Inoltre, l'esiguo numero di abitanti, stabilmente presenti tende ad escludere fenomeni di concentrazione della popolazione e pertanto significativi valori di esposizione sismica.

Tuttavia, nell'analisi dell'esposizione la popolazione

va considerata come soggetto dinamico sia rispetto alla giornata tipo che rispetto ai cambiamenti stagionali, tipici delle località turistiche.

A Castiglione, nella stagione estiva, viene utilizzato un maggiore numero di abitazioni il che determina una diversa distribuzione della popolazione rispetto al resto dell'anno.

Inoltre, andrebbe considerato, in prospettiva, anche il potenziale recupero della quota di patrimonio edilizio esistente, attualmente inutilizzato o inutilizzabile, in attuazione della politica di pianificazione generale e di dettaglio predisposta dall'Amministrazione comunale.

A fronte di uno scenario che contempi il recupero del Borgo e, conseguentemente, un'alta utilizzazione degli edifici esistenti e considerate le condizioni del contesto urbano caratterizzato da difficile accessibilità e assenza di vie di fuga tali da rendere assai problematica la possibilità di fuggire e/o di proteggersi, l'esposizione sismica assumerebbe un valore significativo. •



Fig. 32 - Planimetria degli utilizzi

CONTINUA

...Seguiremo con ulteriori articoli e approfondimenti l'evoluzione di Castiglione del Terziere, percorso pilota di analisi di un Borgo storico in zona sismica...

Corrado Prandi. Ingegnere civile edile laureato presso l'Università di Bologna. Svolge attività professionale dal 1979 occupandosi di fabbricati, nuovi ed esistenti adibiti a varie destinazioni. Le opportunità offerte dal percorso professionale lo hanno portato ad una intensa attività relativa a interventi in zona sismica. Coordinatore del Gruppo di Lavoro Borghi storici attivato da ISI - Ingegneria Sismica Italiana.