

History of Engineering Storia dell'Ingegneria

Proceedings of the International Conference
Atti del 5° Convegno Nazionale

Naples, 2014 May 19th - 20th

Volume I

Editors

Salvatore D'Agostino
Giulio Fabricatore



Analisi storica euristica del sistema antisismico Borbonico

Abstract

The Borbone constructive system, constituted by masonry braced with timber framing, represents the advancement and the synthesis of the scientific knowledge of the 18th C about anti-seismic constructions.

The herein document describes, by means of the analyses of treatises of Italian authors and in particular of Neapolitan ones, the scientific bases from which is originated a device that was widely applied in the buildings. Furthermore it showed a proper anti-seismic behaviour during the high intensity earthquakes of 1905 and 1908 that have struck the Calabria region¹.

The scientific community of the Eighteenth Century and in particular the Neapolitan *intelligenza*, possesses anti-seismic principles and constructive techniques with the aim to improve the building response towards earthquake. These elements are used in the theorization of the Borbone system. A edifice proper behaviour, in case of dynamic actions, cannot prescind from the timber employment, the latter is recommended by several writers of treatises as the unique material fundamental in the bond of the walls constituting the building. In addition several Neapolitan engineers of the 18th are aware that timber, if compared to masonry, allows a decrease of the seismic mass and consequently an earthquake action reduction, in particular if the load decrease occurs with the increase of the edifice height. Others anti-seismic principles widely share by the Borbone technicians, concern the geometric characteristics of the building, with the strong instruction to pursue a both in plan and elevation regular shape.

Therefore a set of procedures and materials that summarizes the theoretical bases of the constructive system constituted by masonry reinforced with wooden frames, a pioneer, aware and valid anti-seismic system.

Introduzione

Il XVIII secolo si distingue per una buona circolazione delle idee e del sapere con un apporto rilevante delle Accademie e la loro puntuale pubblicazione di atti e libri che contribuirono in maniera determinante alla genesi del *sistema baraccato*² codificato all'indomani del terremoto del 1783.

Napoli è capitale di uno tra gli stati più moderni d'Italia³, sebbene i primati scientifici sono da ricercare principalmente in Francia e Inghilterra, caratterizzati da un vigoroso fermento culturale non riscontrabile in Italia.

Un sapere, congetture e leggi fisiche, che nasce nel Settecento da acute osservazioni di eventi naturali e da numerose sperimentazioni, nel pieno spirito illuminista. Un atteggiamento decisamente moderno della ricerca che si registra anche nello studio sui metodi di prevenzione del terremoto, non più influenzati dalle argomentazioni della filosofia naturale che voleva nella maggioranza degli studi derivare l'origine delle commozioni telluriche da cause di carattere religioso e superstizioso con conseguenti ridotte applicazioni e ricerche volte a contrastare gli effetti del sisma. Una razionalità e soprattutto empirismo riscontrabile anche per il sistema antisismico Borbonico che «...nasce dalle osservazioni fatte sul luogo...»⁴ avvalendosi dei *collaudi*, per azioni dinamiche causate dal terremoto, subito da strutture di legno esistenti in Calabria anteriormente al 1783. Inoltre i continui terremoti distruttivi, obbligavano a costruire abitazioni provvisorie di legno che, tuttavia mostravano grandi resistenze ed ottime risposte allo sciame sismico caratterizzante i giorni seguenti alla prima scossa. La *baracca*⁵ diventa quindi l'espressione per eccellenza dello spirito illuminista essenzialmente empirico: le severe prove affrontate infatti, testimoniano per i fisici e la gente comune che «...contro il furor della terra, non che dal cielo...»⁶ l'unico rimedio possibile è una costruzione rinforzata da un'ossatura di legno.

Applicazione nell'edilizia corrente e monumentale

Il sistema costruttivo dei Borbone, attuazione della prima normativa antisismica di Europa, si caratterizza, almeno negli anni immediatamente dopo il sisma del 1783, per una diffusa applicazione nella ricostruzione della Calabria Ulteriore, comprendente sia l'edilizia corrente che quella monumentale, con esclusione delle chiese.

La Calabria meridionale, con un'organizzazione da moderna protezione civile, viene suddivisa in cinque *ripartimenti*, a cui capo ingegneri provenienti da Napoli, coordinano i lavori della riedificazione, caratterizzati da edifici costituiti da muratura «...con ossatura di grossi travi ... legati con altri travi trasversali...»⁷.



Fig. 1 - Mileto (Vv), fine XVIII secolo. Edificio realizzato secondo il regolamento antisismico borbonico.

Le qualità antisismiche del sistema baraccato, evidenti durante gli eventi tellurici successivi, vengono riconosciute dalla normativa dello stato italiano, che obbliga, in alternativa alla nascente tecnologia del cemento armato, l'utilizzo della tecnica costruttiva borbonica per la ricostruzione, prima nell'Isola d'Ischia e nuo-

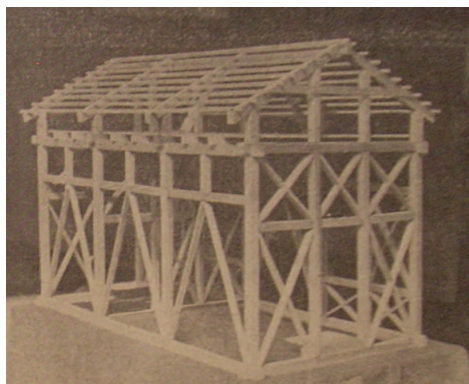


Fig. 2 - Castrolibero (Cs). Struttura di legno di edificio baraccato realizzato dopo il sisma del 1905. (da Baratta, M., (1908), *Le nuove costruzioni dopo il disastroso terremoto del 1905*, Modena, Società Tipografica Modenese)

vamente in Calabria dopo i terremoti del 1905 e 1908. A tal proposito esempi sono tuttora riscontrabili in Reggio e nella sua provincia, a Casamicciola (Na), in Martirano Lombardo (Cz), Castrolibero (Cs) e Aiello Calabro (Cs).

I fondamenti teorici

Un evidente empirismo governa la ricerca nel Settecento corroborato da numerose prove sperimentali sui materiali da costruzione ed in particolare su membrature di legno. Interessanti sono gli studi, almeno relativamente alle strutture di legno, di Du Hamel, De Buffon, Girard e con prevalente ricerca di argomenti riguardanti la nascente statica applicata

agli edifici, di Eulero e di Musschenbroek⁸. Sebbene tali autori investighino in maniera limitata intorno ad argomenti che riguardano i metodi di prevenzione ed il comportamento a sisma degli edifici, riconducendo l'analisi della vulnerabilità ai terremoti, d'accordo con altri scienziati del XVIII secolo, a fattori legati in generale alla *firmitas* di vitruviana memoria e quindi alla mancanza di buone regole costruttive. Tuttavia la comunità scientifica del Settecento e l'*intelligenza* napoletana in particolare, possiede principi di maggiore validità e metodi costruttivi volti ad aumentare la capacità antisismica di un fabbricato, che puntualmente utilizza nella teorizzazione del sistema governativo borbonico.

Il legno e la connessione delle pareti murarie

Il legno rappresenta l'elemento fondamentale nel funzionamento antisismico del sistema governativo borbonico, tale materiale, l'unico facilmente approvvigionabile che mostrava resistenza al terremoto, realizza uno dei principi basilari dell'ingegneria antisismica del XVIII secolo, quello di legare tutti gli elementi componenti il sistema strutturale⁹.

Christian Wolf¹⁰, agli inizi del '700 indica la connessione tra i vari pannelli murari come condizione da perseguire per migliorare la risposta antisismica del fabbricato. Lo scienziato tedesco autore di un trattato *enciclopedico* particolarmente diffuso in Italia meridionale, dedica un capitolo di "*Elementa Matheseos Universae*" a «... *Craticula ad firmitatem fundamenti quomodo paranda...*»¹¹ in cui descrive un graticcio di legno per fondazioni in pietrame destinata «...*In Terrae motibus hac ratiq*

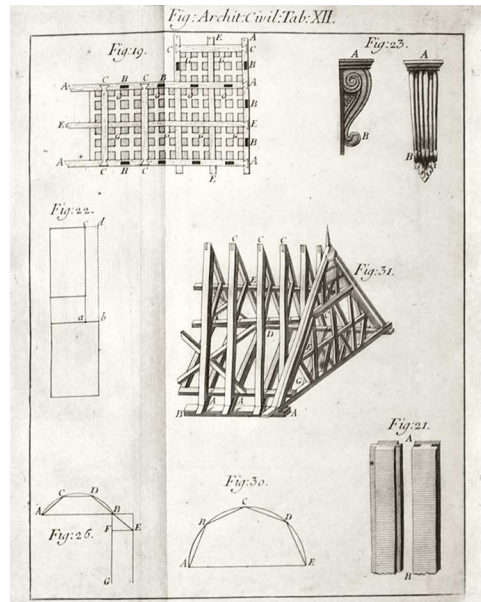
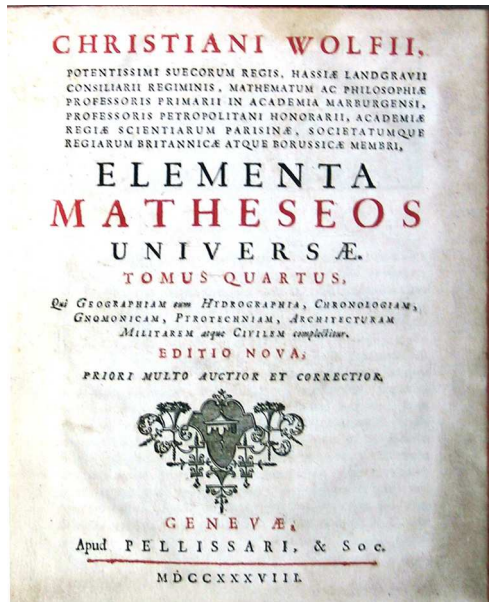


Fig. 3 - Wolfii, C., (1738), *Elementa Matheseos Universae*, Genevae.

*partiam dissociatio impeditur...»*¹².

Tale fondazione¹³, con una base in pietra, è composta da due ordini di membrature di legno perpendicolari tra loro, che beneficiano di collegamenti del tipo a “coda di rondine”; è evidente sia nella descrizione che nelle illustrazioni una volontà di raccomandare un sistema ben vincolato che nel caso di commozioni telluriche permette un comportamento solidale dei vari elementi costituenti e quindi una trasmissione e distribuzione delle forze sismiche all’alzato, in maniera omogenea.

Si deve comunque a Milizia¹⁴, sintetizzando quindi speculazioni già dibattute e concetti diffusi nel ‘700, la decisa e più diretta raccomandazione di legare tutti gli elementi componenti il sistema strutturale, con l’intento di realizzare una *cassa* e creare una mutua solidarietà che comporti una risposta tridimensionale, con intervento anche delle pareti murarie di controvento caratterizzate da una maggiore rigidità rispetto a quelle ortogonali alla direzione del sisma. Infatti i pannelli murari per azione del terremoto fuori dal piano, se opportunamente connessi a quelli ortogonali, beneficiano di una “resistenza” aggiuntiva che si oppone al ribaltamento, modificandone la tipologia di collasso¹⁵ e migliorandone il *momento resistente*. Vivenzio¹⁶ fornisce senza fraintendimenti la prova diretta della ricerca nel sistema governativo borbonico del collegamento tra le murature mediante l’utilizzo d’intelaiature lignee. Infatti, a compendio delle sue *Tavole* «...ravvisa principalmente tutta la connessione dei legni...»¹⁷ come contributo decisivo alla resistenza al sisma del sistema costrut-

tivo teorizzato.

La riduzione del peso proprio della costruzione e l'abbassamento del baricentro

Diversi sono gli autori nel Regno di Napoli che raccomandano correttamente la riduzione del *carico proprio* del fabbricato come accorgimento utile al fine di un aumento della capacità antisismica della costruzione. Proprio il legno, per tale intento, garantiva un peso specifico minore rispetto alla muratura e quindi un corrispondente valore delle caratteristiche inerziali ridotto. Una relazione tra azione dinamica proveniente dal terremoto e peso della costruzione di cui erano pienamente consapevoli gli scienziati illuministi che avevano chiaramente compreso che «...il moto comunicato dalla Terra tremante alle Muraglie sendo stato quasi proporzionale alle Masse delle Pietre di cui esse erano composte...»¹⁸. Una dipendenza dell'energia sismica anche dall'altezza del fabbricato, intuiva da Sarti nell'osservare diversi cinematismi derivanti da eventi tellurici che avevano provocato il crollo *dalla loro cima*. Poleni intervenendo sull'argomento afferma che «... son più che le basse Fabbriche, le alte soggette al pericolo del danno medesimo...»¹⁹ intuendo il concetto di *periodo proprio* di una costruzione che comporta, in generale, una maggiore oscillazione per fabbricati con altezze elevate, sebbene continua Poleni «... non nego già esservi il caso, che oscillino, per ragione de' terremoti, alcune volte le Torri, e poi restino a piombo, come prima intiere...»²⁰ ancora una volta l'osservazione fornisce la chiave di decodificazione, l'oscillazione dipende anche dalle caratteristiche dell'azione sismica e dalla tipologia costruttiva, esprimendo ante-litteram il *fattore di struttura* di una costruzione. Ne deriva quindi, basandosi su tali conoscenze sulla prevenzione dei terremoti, la decisa raccomandazione nel regolamento antisismico borbonico di limitare l'altezza dell'edificio²¹ fino al caso limite, per la sicurezza e la salvaguardia della vita umana in caso di scossa tellurica, evidenziato da Mori «...di rendere tutti gli abitatori in case a pian terreno...»²².

Anche Sarti ammonisce «...non dee praticarsi sollevandosi in alto col fabbricare...»²³, a tal proposito riferisce che «...i popoli del Perù, i quali ammaestrati dal bisogno, in cui si trovano di guardarsi alla meglio dei frequenti terremoti che soffrono, fabbricano le loro abitazioni di un solo piano, e quando occorra di costruirvi due piani, sogliono formare il piano superiore con dei tavolati molto leggeri...»²⁴, raccomandando di ridurre i carichi con l'aumento dell'altezza del fabbricato²⁵.

Lo scienziato Pisano applica diversi concetti, dell'ormai codificata dinamica²⁶ agli edifici, Sarti infatti dissertando sul comportamento a sisma della costruzione osserva che «...Nelle fabbriche di maggiore altezza si presentano al terremoto due elementi, che ne ingrandiscono mirabilmente la forza, cioè la resistenza Quanto più si oppone di resistenza alla forza motrice, tanto più ella diventa energica nel suo operare: e quanto più i pendoli oscillano in grande, tanto più si allontanano dal centro

detto di gravità...»²⁷ l'oscillazione causa l'allontanamento dal baricentro e quindi realizza per il setto murario condizioni di maggiore vulnerabilità al ribaltamento; inoltre con particolare rigore, enunciato di moderna ingegneria antisismica, intuisce che una maggiore rigidità dell'elemento strutturale implica un accumulo del lavoro dei carichi sottoforma di energia elastica con conseguente generazioni di tensioni elevate, difficilmente tollerabili dalla struttura portante.

Il deciso consiglio di limitare l'altezza nasce dalla corretta esigenza di abbassare il baricentro della costruzione, Hamilton, scienziato e ambasciatore inglese a Napoli, raccomanda che «...le case formassero tante piramidi troncate in tal modo ... sarebbe assai più difficile che il centro di gravità venisse sbalzato fuori dalla base, e le case andassero in rovina...»²⁸. L'identica deduzione è riscontrabile in Vivencio, le illustrazioni delle *Case formate di legno* infatti rappresentano in alzato un fabbricato centrale con altezza maggiore e due costruzioni minori laterali, veri e propri contrafforti che descrivono una forma trapezoidale con un conseguente, se solidali strutturalmente, abbassamento del baricentro totale e importante beneficio nel funzionamento antisismico del sistema.

La regolarità geometrica

La rappresentazione di *Case formate di legno* di Vivencio, culmine teorico per la ricostruzione, mostra una decisa regolarità in pianta ed in elevato.

Infatti, i tre edifici descritti sono caratterizzati da un organismo murario organizzato secondo una simmetria bi-assiale e conseguente regolare distribuzione degli elementi resistenti e delle masse, offrendo con tale disposizione uguale rigidezza al sisma secondo le due direzioni principali.

Anche in alzato, l'insieme composto da tre corpi, uno centrale di altezza superio-

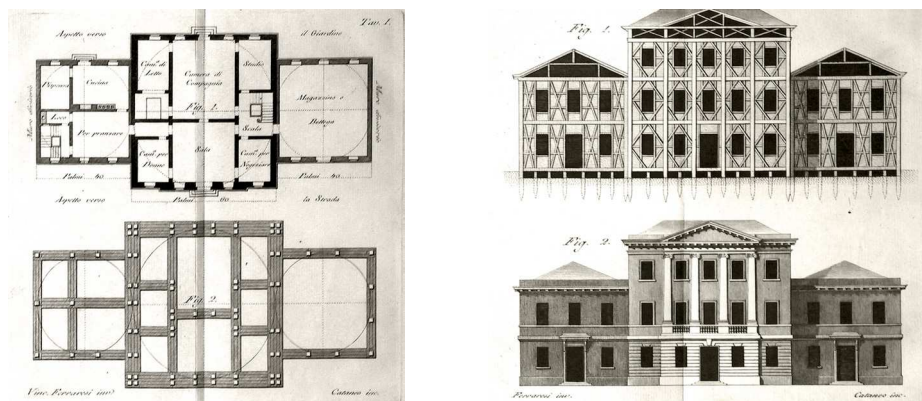


Fig. 4 - Vivencio, G., (1783), *Istoria e Teoria de' Tremuoti in generale*, Napoli.

ELEMENTI
DI
ARCHITETTURA
CIVILE
DEL PADRE
FEDERICO SANVITALI
DELLA COMPAGNIA DI GESU.
OPERA POSTUMA.

IN BRESCIA.
Dalle Stampe di GIAMMARIA RIZZARDI.
MDCCLXV.
CON LICENZA DE SUPERIORI.

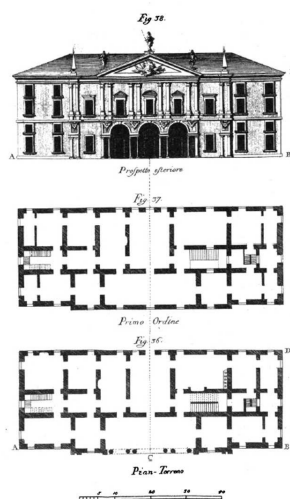


Fig. 5. Sanvitali, F. (1755), *Elementi di architettura civile*, Brescia.

re e due laterali, si dispone²⁹ in maniera simmetrica.

L'ingegneria antisismica del '700, con deduzioni derivanti dall'esperienza, era consapevole che le forme regolari³⁰ mostrano minore vulnerabilità al sisma, infatti rispondono, a parità di caratteristiche costruttive, inerziali e di vincolo dei vari pannelli murari, con rigidità simile all'azione dinamica, scongiurando possibili effetti torsionali. Gentile indica nel cerchio la figura geometrica da perseguire in pianta «... per resistere alla forza dé terremoti...»³¹ un'intuizione che è derivata dall'osservazione, durante il terremoto del 1742 a Livorno della torre di Marzocco che proprio per essere «...di figura all'esterno ottagonale e nell'intima struttura si approssima alla cilindrica...» ha presentato una risposta al terremoto migliore dei comuni fabbricati. Gli scienziati illuministi raccomandano di preferire «... gli edifici... specialmente li rotondi, o di forma quadrilatera...», indicazione corretta in quanto tale sviluppo in pianta comporta, a parità di caratteristiche costruttive e carichi, che il centro delle masse corrisponda geometricamente a quello delle rigidità e conseguentemente «...vi abbisogna una Forza straordinaria per allontanare la normale dalle loro basi...»³². Sanvitali consapevole che «... la figura circolare sia la più capace di tutte, fortissima a resistere, e gratissima alla vista...»³³ avverte però che i costi per la sua realizzazione sono elevati e la distribuzione interna risulta condizionata, quindi in alternativa è possibile sviluppare la pianta secondo «...la figura quadrangola, e specialmente la quadrata si dee preferire...»³⁴

Conclusioni

Le ricerche svolte da Galilei vengono implementate nel '700 con applicazioni pratiche delle leggi della meccanica: è la nascita della tecnica della costruzione una scienza tutta concreta utile a «...*combinare gli artifizii del calcolo con la natura delle cose...*»³⁵. La speculazione scientifica viene intesa come investigazione di problemi applicativi e legati alla pratica trovando piena espressione nel sistema antisismico Borbonico sviluppatosi in Calabria dopo il terremoto del 1783. Il Regno di Napoli non primeggia nell'avanzamento scientifico, tuttavia gli scienziati Borbonici risultano particolarmente aggiornati sulla tecnica di prevenzione contro i danni derivanti dai terremoti sviluppata nel '700 in Italia e nel mondo. Il sistema governativo, anche nelle sue numerose varianti³⁶, rappresenta un primato nella storia della scienza d'Europa nell'applicazione e nella perfetta sintesi dei principi della nascente ingegneria antisismica.

Bibliografia

- Lutio D'orsi (1640). *I terremoti di Calabria fedelissimamente descritti dal sig. Lutio D'orsi*, Napoli.
- Christiani Wolfii (1738). *Elementa Matheseos Universae*, Pellissari & soc., Genevae.
- Poleni, G. (1748). *Memorie istoriche della Gran Cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque*, Stamperia del Seminario, Padova.
- Vittone, B., A. (1760). *Istruzioni elementari per indirizzo de' giovani allo studio dell'architettura civile*, Agnelli stampatori, Lugano
- Sanvitali, F. (1765). *Elementi di Architettura civile opera postuma*, Giammaria Rizzardi, Brescia.
- Carletti, N. (1772). *Istituzioni d'Architettura civile*, Stamperia Raimondiana, Napoli.
- Frisi, A.D.P. (1777). *Istituzioni di Meccanica, d'Idrostatica e dell'Architettura Statica, e Idraulica*, Giuseppe Galeazzo Regio stampatore, Milano.
- Lorgna, A., M. (1782). *Saggi di Statica e Meccanica applicati alle arti*, Dionigi Ramanzini, Verona
- Sarti, C. (1783). *Saggio di congetture su i terremoti*, Francesco Bonsignori, Lucca.
- Lamberti, V. (1781). *Statica degli edifici*, Giuseppe Campo, Napoli
- Vivenzio, G. (1783). *Istoria e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del MDCCLXXXIII*, Stamperia Regale, Na-

poli.

- Hamilton, G. (1783). *Relazione dell'ultimo terremoto delle Calabrie e della Sicilia inviata alla Società Reale di Londra*, Stamperia della Rovere, Firenze.
- Milizia, F. (1828). *Principii di Architettura civile di F. Milizia edizione arricchita di note ed aggiunte importantissime*, Tipografia Cardinale e Frulli, Bologna. (prima edizione 1781)
- Mauri-Mori, G. (1909). *Riedificazione di Reggio Calabria*, Nuova Antologia, Roma.
- Aricò, N., Milella, O., (1984), *Riedificare contro la storia. Una ricostruzione illuminista nella periferia del regno borbonico*, Gangemi, Napoli.
- Tampone, G., (1996), *Il Restauro delle Strutture di legno*, Hoepli, Milano
- Ruggieri, N., (2005), *La casa antisismica*, International Conference on the Conservation of Historic Wooden Structures, Firenze, in Atti del convegno.
- Ruggieri, N., (2011), *Il legno nel '700, aspetti meccanici e d'anatomia*, in Bollettino degli Ingegneri, n. 6, Firenze, pp. 3-16.
- Ruggieri, N., Tampone, G., Zinno, R., (2013) *Typical Failures, Seismic Behavior and Safety of the Bourbon system with Timber Framing*, in *Advanced Materials Research Vol. 778*, Trans Tech Publications, Switzerland, pp 58-65.

Note

1. Ruggieri, N., Tampone, G., Zinno, R., (2013), *Typical Failures, Seismic Behavior and Safety of the Bourbon system with Timber Framing*, in *Advanced Materials Research Vol. 778* Trans Tech Publications, Switzerland, pp 58-65.
2. La normativa Borbonica e Vivencio non descrivono il congegno antisismico come casa baraccata solo nel XIX secolo tale definizione identifica il sistema costruttivo costituito da muratura rinforzata da telai di legno e ideato alla fine del Settecento. Cfr. Ruggieri, N., 2013, *Il sistema antisismico borbonico muratura con intelaiatura lignea genesi e sviluppo in Calabria alla fine del '700*, in Bollettino degli Ingegneri, in corso di pubblicazione.
3. Il governo Borbonico realizza infatti, istituti di ricerca come l'orto botanico e l'osservatorio astronomico. Particolarmente interessante, vera e propria eccellenza in Europa, è il gruppo di studiosi che investiga intorno alle eruzioni del Vesuvio in cui primeggia, alla fine del '700, il famoso ambasciatore e scienziato inglese William Hamilton.
4. Vivencio, G., (1783), *Istoria e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del MDCCLXXXIII*, Stamperia Regale, Napoli, pag. 53.
5. La baracca sembra che nel XVIII secolo definisca in generale una costruzione a struttura di legno sia nell'accezione di costruzione provvisoria che in quella di palazzo nobiliare. Cfr. Ruggieri, N., (2013) *Genesi op. cit.*
6. Lutio D'orsi, (1640), *I terremoti di Calabria fedelissimamente descritti dal sig. Lutio D'orsi*, Napoli.
7. *"Istruzioni sul metodo da tenersi nella riedificazione dei paesi diruti della Calabria"* in Aricò, N., Milella, O., (1984), *Riedificare contro la storia. Una ricostruzione illuminista*

- nella periferia del regno borbonico, Gangemi, Napoli.
8. Cfr. Ruggieri, N., (2011), Il legno nel '700, aspetti meccanici e d'anatomia, in Bollettino degli Ingegneri, n. 6, Firenze, pp. 3-16.
 9. Appartenente pienamente al XVIII secolo è anche la *Gaiola*, il congegno antisismico utilizzato a Lisbona dopo il terremoto del 1755, nella cui definizione, *gabbia*, è chiaramente insita la ricerca di collegamento tra le pareti murarie. Con simile proposito, all'indomani del terremoto dell'Aquila del 1703, in area Borbonica quindi, si segnala la presenza dei "radiciamenti" membrature lignee all'interno della muratura con lo scopo di connettere le pareti murarie.
 10. Christiani Wolfii, Breslavia 1697 - Halle 1754. Cfr. Ruggieri, N., (2005), La casa antisismica, International Conference on the Conservation of Historic Wooden Structures, Firenze, in Atti del convegno.
 11. «**.Craticulam ad firmitatem fundamenti parare. Resolutio. I Pali ad distantiam 7 pedum juxta longitudinem Fundamenti Sublicae machinis adigantur; capitibus prominentibus. II Capita palorum B attenuentur ut intra crenas trabiam longiorum AA immitti possint. III Trabes AA decussatim compagentur cum aliis transversis minoribus C, & clavis ligneis firmentur. IV Trabes transversae C ulterius coegmantentur ope trabis EE extremis AA paralelae. V In areis quadratis G defigantur pali ut supra. Scholio I. In Terrae motibus hac ratique partiam dissociatio impeditur usum quoque habet insignem craticula...**» Christiani Wolfii, 1738, *Elementa Matheseos Universae*, Pellissari & soc., Genevae, p. 344.
 12. Ibidem, p. 344.
 13. Carletti riporta in maniera pedissequa le indicazioni di Wolf «...La graticola... si è osservato, esser necessaria e di somma lode nelle Fondamenta, in tutti quei siti spesseggiati dai terremoti; perché con essa resta umanamente impedito lo scompaginamento delle parti, e del Fondamento...» Carletti, N., (1772), *Istituzioni, op. cit., p.48*, rimarcando, prima di Milizia, la necessità, nel caso di sisma di contrastare lo *scompaginamento delle parti* mediante la realizzazione di una solidarietà tra i vari componenti del sistema strutturale.
 14. «...Per difendersi dè tremuoti vogliono essere case di legno, ma in maniera che ciascun pezzo sia così ben connesso e incassato cogli altri, che formino tutti insieme una sola massa ... le scosse potranno farla tremare, ma non mai rovesciare, né precipitare: ella è una cassa...» Milizia, F., (1828), *Principii di Architettura civile di F. Milizia edizione arricchita di note ed aggiunte importantissime*, Tipografia Cardinale e Frulli, Bologna, pp. 217-218, capitolo IX.
 15. Modalità di rottura intuita e correttamente teorizzata da Rondelet in *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* che descrive dettagliatamente il ribaltamento di pareti murarie caratterizzate da differenti vincoli. Una tipologia di collasso trattata anche dal Prof. Giorgio Croci nella interpretazione del comportamento resistente della muratura che, soggetta ad una forza orizzontale, si dispone secondo un "arco" con innesco del cinematismo di rottura a causa della formazione di tre cerniere. Cfr. Croci, G., Cerone, M., (1979), *Lo sviluppo dell'effetto arco nelle pareti in muratura*, P.F. Geodinamica - CNR, Rep. 263, Giugno 1979, Convegno del Gruppo di Ricerca CNR Azioni sismiche e del vento sulle costruzioni - Genova, dicembre 1979.

16. Vivenzio medico della Casa reale dei Borbone è l'autore di "Case formate di legno", prototipo antisismico, in accordo con il codice antisismico di Ferdinando IV, contenuto nel trattato *Istoria e teoria de' tremuoti in generale ed in particolare di quelli della Calabria, e di Messina del MDCCLXXXIII*.
17. Vivenzio, G., (1783), *Istoria e teoria*, op. cit., p.54.
18. Sarti, C., (1783), *Saggio di congetture*, op. cit.
19. Poleni, G., (1748), *Memorie storiche*, p. 77.
20. *Ibidem*, p. 78.
21. Il Regolamento borbonico, redatto immediatamente dopo il terribile terremoto del 1783, rappresenta la prima normativa antisismica d'Europa, tra le altre istruzioni comprendenti la tecnica costruttiva da utilizzare e indicazioni di vera e propria moderna protezione civile, prescrive «...l'altezza...da sopra allo zoccolo fino al gocciolatoio sia di palmi 28...» Istruzioni sul metodo da tenersi nella riedificazione dei paesi diruti della Calabria, in Aricò, N., Milella, O., (1984), *Riedificare contro la storia. Una ricostruzione illuminista nella periferia del regno borbonico*, Gangemi, Napoli.
22. Mauro-Mori, G., 1909, *La riedificazione di Reggio*, op. cit.
23. Sarti, C., (1783), *Saggio*, op.cit., p. 175
24. *Ibidem*.
25. Sono numerosi i trattati scritti da docenti napoletani che contengono l'indicazione di ridurre lo spessore della muratura proporzionalmente all'altezza del fabbricato. Istruzione dettata non da ragioni antisismiche, bensì dalla consapevolezza che la riduzione dei carichi consente una minore sezione resistente.
26. Huygens, un orologiaio, nel 1671-73 è il primo ad aprire alla dinamica con l'analisi del moto pendolare. Tra le diverse raccomandazioni di prevenzione sismica Sarti suggerisce che «...Le muraglie di faccia di una casa, che attaccano con quelle di un'altra casa collaterale, non devono, né possono essere di differente costruzione né in riguardo alla loro altezza, né in riguardo alla loro grossezza, numero di aperture, e qualità dei materiali, per non rendersi di due gravità specificatamente diseguali, giacchè nel caso di uno scuotimento o di un urto il moto loro risulterà differente ed ineguale...» Sarti, C., (1783), *Saggio di congetture*, op. cit.. Ribadisce nuovamente il concetto che l'azione del sisma è direttamente proporzionale alla massa ed alla rigidità della struttura investita, intuendo in aggiunta, che due fabbricati contigui, al fine di scongiurare il martellamento murario, devono garantire un'oscillazione sincrona. Tale spostamento è possibile unicamente se le costruzioni abbiano caratteristiche costruttive, di altezza e di aperture simili.
27. Sarti, C., 1783, *Saggio di congetture*, op. cit., p.178.
28. Hamilton, G., (1783), *Relazione dell'ultimo terremoto*, op. cit.
29. Vivenzio è consapevole che i corpi bassi posizionati lateralmente al fabbricato principale centrale rappresentano dei contrafforti che, nell'eventualità di evento sismico, comportano una più alta resistenza al ribaltamento «...un vantaggio notevole, qual'è degli angoli di tutte le strade occupate da fabbriche basse, le quali contribuendo alla solidità apporterebbero meno ruina in caso di violentissimo, e sovversivo Tremuoto...» Vivenzio, G., (1783), *Istoria e Teoria*, op. cit., p. 55.
30. Una ricerca intorno alla forma della costruzione resistente ai terremoti che rappresenta il preludio agli approfonditi studi effettuati successivamente, agli inizi del '900, da

Masciari-Genoese e Ruffolo.

31. Da Di Pasquale, S., (1983), *Architettura e terremoti*, in *Restauro* LIX, LX, LXI.
32. *Ibidem*.
33. Sanvitali, F., *Elementi di Architettura, op. cit.*, p. 72.
34. *Ibidem*, p. 73.
35. Lorgna, A., M., (1782), *Saggi di Statica, op. cit.*, p. XV.
36. Cfr. Ruggieri, N., (2013), *Genesi e sviluppo, op. cit.*