Paolo Rocchi
Carmen Piccirilli

MANUALE DELLA DIAGNOSTICA

INDICE

PRESENTAZIONE di G. Carbonara
CONSIDERAZIONI di G. Macchi
MOTIVAZIONE E INTRODUZIONE di P. Rocchi
STUDIO DELLA MECCANICA DELLE MURATURE NELLA STORIA **P.R.**

PARTE PRIMA
ORIENTAMENTO SCHEMATICO ALL'USO DEL QUADRO DELLE INDAGINI CONOSCITIVE **C.P.**

PARTE SECONDA
QUADRO DELLE INDAGINI CONOSCITIVE

	A	FONDAZIONI	**P.R.**
	classe 1	**Analisi del sito**	
pag. 29	*tipo* 1	controllo della stabilità dei pendii - Inclinometri	
pag. 30	*tipo* 2	indagini piezometriche	
	classe 2	**Controlli geotecnici - in sito**	
pag. 32	*tipo* 3	analisi stratigrafica	
pag. 34	*tipo* 4	prove penetrometriche	
pag. 35	*tipo* 5	prove dilatometriche	
pag. 36	*tipo* 6	prove scissometriche o Vane -Test	
pag. 37	*tipo* 7	metodi sonici e sismici - Cross-hole e Down-hole	
	classe 3	**Prove di laboratorio**	
pag. 38	*tipo* 8	prelievo di campioni - classificazione dei terreni «indici»	
pag. 40	*tipo* 9	prelievo di campioni - definizione delle caratteristiche «meccaniche»	
	B	STRUTTURE VERTICALI - *murature, colonne e pilastri*	**C.P.**
	classe 1	**Analisi teoriche**	
pag. 45	*tipo* 1	modellazione agli elementi discreti	
	classe 2	**Analisi di tipo meccanico**	
pag. 46	*tipo* 2	prove di laboratorio su campioni estratti	
pag. 48	*tipo* 3	prove di carico in sito con martinetti piatti	
pag. 50	*tipo* 4	prove di sfilamento barre in sito	
	classe 3	**Analisi qualitative**	
pag. 52	*tipo* 5	termografia	
pag. 56	*tipo* 6	prove soniche	
pag. 59	*tipo* 7	prove sclerometriche	
pag. 60	*tipo* 8	prove dinamiche	
	classe 4	**Verifiche di stabilità**	
pag. 62	*tipo* 9	controlli di orizzontalità	
pag. 64	*tipo* 10	controlli di verticalità	
	classe 5	**Indagini elementari**	
pag. 67	*tipo* 11	prove di iniettabilità	
pag. 69	*tipo* 12	magnetometria	
pag. 70	*tipo* 13	prove endoscopiche	
	classe 6	**Analisi periodiche**	
pag. 72	*tipo* 14	letture deformometriche	
pag. 74	*tipo* 15	monitoraggio strutturale	
	classe 7	**Analisi del contenuto di umidità**	
pag. 76	*tipo* 16	misure elettriche resistive e capacitive	
pag. 77	*tipo* 17	analisi al carburo di calcio	
pag. 78	*tipo* 18	misure ponderali	

	C	STRUTTURE ORIZZONTALI - *volte e solai*	**P.R.**
	classe 1	**Analisi teoriche**	
pag. 81	*tipo* 1	modellazione agli elementi finiti	
	classe 2	**Verifiche di stabilità**	
pag. 82	*tipo* 2	prove di carico sugli orizzontamenti	
pag. 85	*tipo* 3	verifica tensionamento catene	
pag. 87		BIBLIOGRAFIA	

PRESENTAZIONE
di Giovanni Carbonara

Come già nel precedente *Manuale del consolidamento. Contributo alla nascente trattatistica* (Roma 1991), Paolo Rocchi e Carmen Piccirilli mostrano di preferire un approccio al tema di grande concretezza, nell'offerta d'uno strumento d'immediata utilizzabilità e di piena aderenza alla realtà dei problemi ed alle difficoltà che l'operatore qualificato deve ogni giorno affrontare. Intento assai meritevole in un momento come quello attuale che vede il campo del consolidamento e del restauro in pieno fermento, per l'attività di ricostruzione avviata in seguito ai gravi e perduranti fenomeni sismici che nel biennio 1997-98 hanno interessato gran parte dell'Italia centrale e per l'avvio, ormai quasi completato, dei programmi d'intervento sui beni culturali architettonici legati all'approssimarsi del grande Giubileo del 2000, con riflessi non solo a Roma e nel Lazio ma in tutto il Paese.

Concretezza che si esprime in una capacità di sintesi di grande efficacia, in una chiarezza espositiva già apprezzata dai lettori del menzionato volume, nella capacità di condurre, in primo luogo per immagini, un discorso informativo e, più latamente, educativo sostenuto da brevi ma non aride didascalie e da appropriati testi esplicativi.

L'approccio al problema è quello esplicitato dallo stesso P. Rocchi nella sua *Motivazione e Introduzione*, che dà conto dei due volumi editi e ne annuncia un altro sul tema dell'umidità, il quale si prospetta di sicuro interesse, per le puntuali sperimentazioni a riguardo condotte dall'Autore presso l'Università «La Sapienza» di Roma: scrivere solo di cose delle quali si abbia una conoscenza personale, fondata sulla esperienza scientifica diretta e, perché no, su una frequentazione della problematica quale solo può discendere da un qualificato lavoro professionale e di cantiere.

L'intento è di 'razionalizzare e finalizzare il potenziale diagnostico' che le scienze e la tecnologia, sviluppatasi anche in altri campi, non sempre prossimi a quello edilizio, offrono a chi voglia cimentarsi con il restauro e il consolidamento delle strutture architettoniche, specie di quelle fornite di valenze culturali, per saperne di più prima d'intervenire o, se si vuole, per intervenire con quella consapevolezza che, ricordava Liliana Grassi, è la sola garanzia d'un agire non cieco, quindi non potenzialmente distruttivo.

Se abbastanza frequenti sono state, in questi ultimi anni, le pubblicazioni sul tema della diagnostica e delle analisi preliminari al progetto di conservazione, ciò ha riguardato soprattutto l'ambito dei cosiddetti beni culturali mobili o delle opere d'arte, con approfondimenti scientifico-tecnologici di tutto rispetto; meno quello proprio dell'architettura e, per tale motivo, quanto mai gradito è l'apporto di ricerca e di sistematizzazione che qui si presenta.

In esso si fa subito notare l'ordinata completezza dell'indagine, il suo puntare dritto allo scopo, la logica della presentazione per cui, ad esempio, d'ogni tecnica o modalità diagnostica si dà, in tutta evidenza, il riferimento al tipo strutturale che può meglio avvalersene, la classificazione e la tipologia, la descrizione (specificando utilità e campo applicativo, strumentazione e principi su cui il procedimento diagnostico si fonda), le modalità esecutive (sino ai limiti d'approfondimento del saggio, alla scelta dei punti più idonei ecc.), le caratteristiche proprie (con specificazione di quando, ad esempio, sia inopportuno eseguire saggi del tipo in esame, vale a dire delle controindicazioni) e note (sull'affidabilità dei risultati, sulle modalità di classificazione degli stessi, sui costi e via dicendo).

Il tutto è illustrato con fotografie, grafici e tabelle d'ottima resa comunicativa; ne deriva un'immediata leggibilità accompagnata, come si diceva, a completezza d'informazione ed a grande concretezza.

Ma proprio il tema della diagnostica in sé merita qualche considerazione, essendo questa divenuta uno degli assi portanti dello studio preliminare dei monumenti in vista d'ogni eventuale intervento. Se, come lamenta Rocchi, essa fino a qualche anno fa risultava ignorata, se non osteggiata anche da parte dei referenti pubblici che ne avrebbero dovuto, al contrario, raccomandare l'uso (fino a renderne, tramite un'accorta programmazione nel tempo dei progetti e programmi d'intervento, diffusa e agevole l'applicazione) oggi, attraverso le possibilità, più o meno dirette, che le recenti norme sulle opere pubbliche offrono, la diagnostica sembra aver trovato un buon riconoscimento, almeno dal punto amministrativo.

Ma, come spesso avviene, in mancanza d'una seria riflessione metodologica e della possibilità o capacità di condurre direttamente un attento studio generale del manufatto, emerge un fenomeno opposto a quello prima lamentato.

All'ostilità, più o meno latente, si è sostituita un'acritica fiducia nei confronti di saggi e analisi preliminari, giudicati capaci di fornire automaticamente risposte ad ogni problema, anche di comprensione storica e storico-tecnica del manufatto. Speranza assolutamente infondata, perché senza una personale e faticosa pre-comprensione critica dell'oggetto, per via di studio e di frequentazione ripetuta, non s'è realmente neanche in grado di porre le domande cui il sistema diagnostico dovrebbe rispondere e, senza accorgersene, si procede ancora una volta alla cieca.

Effettivamente si può parlare, in certi casi, d'abuso diagnostico, esattamente come avviene in campo medico, quando si rifiuta, quasi per scelta, l'approccio fisico al malato. In architettura questo avviene anche perché l'ambito della conservazione delle testimonianze culturali è praticato, sempre più, da persone sfornite delle adeguate competenze storico-critiche specialistiche e riversatesi – come pur accade nel caso di molte ditte genericamente edili – dal campo della produzione del 'nuovo', come si suol dire, a quello della conservazione.

Progettare o, peggio ancora, intervenire senza analisi né studi preliminari significa rimandare ad un momento certamente meno favorevole per il committente e per il monumento il confronto con nodi e difficoltà che non tarderanno

a presentarsi una volta aperto il cantiere; meno favorevole perché allora ci si dovrà duramente confrontare con le ragioni dell'impresa esecutrice dei lavori e con l'esigenza che il cantiere non subisca interruzioni.
Il manifestarsi di cospicue novità rispetto a quanto preventivato (ad esempio, sotto l'aspetto dei problemi strutturali o dell'affidabilità intrinseca di settori murari apparentemente solidi ed omogenei, rivelatisi invece frutto di molteplici disordinati rifacimenti) obbliga ad un ripensamento del progetto e a consistenti varianti in corso d'opera; spesso ciò vuol dire consegnarsi all'iniziativa, tutt'altro che disinteressata, dell'impresa, lasciando ad essa scelte che dovrebbero restare saldamente in mano al progettista e direttore dei lavori. Questo non solo riguardo a questioni tecniche o propriamente di consolidamento, ma anche di natura storica, inerenti la consistenza stessa del bene e la sua perpetuazione. Molte volte è accaduto che, dopo l'apertura del cantiere, ci si è trovati di fronte a circostanze che hanno richiesto il fermo dei lavori ed un loro radicale ripensamento, a tutto danno del manufatto che, com'è ben noto, durante la fase dei lavori si trova in una situazione di rischio e di potenziale accentuato degrado. Ciò comporterebbe una serrata programmazione e conduzione delle opere, non incertezze o ripensamenti.
Si sa che il restauro non è campo di sicurezze assolute, tantomeno preventive, e che lo stesso cantiere è occasione feconda di nuove conoscenze, quindi di sorprese, sovente non gradite; ma questo non deve giustificare l'alibi di rimandare *sine die* la stesura del progetto, d'avviare i lavori con progetti carenti o finanche senza progetto, sulla base di semplici perizie di spesa. Al contrario, tale circostanza dovrebbe spingere alla migliore possibile definizione attuale del progetto ed, in tal senso, la menzionata nuova legislazione, pur carente sotto molti aspetti, è d'ausilio. Non alibi per disimpegnarsi dalla conoscenza e dalla progettazione su solide basi, dunque, ma esattamente il contrario, facendosi ogni sforzo per definire al meglio linee d'intervento e relative tecniche, sapendo che comunque sorprese e conseguenti richieste di aggiustamento, a questo punto serenamente accettabili, non mancheranno.
Quando si parla di conoscenza preventiva non ci si riferisce solo a quella diagnostica ma a tutta una serie d'indagini e di studi, fondata in primo luogo sul rilievo architettonico e sulla ricerca storico-critica condotta secondo le due consuete linee, archivistico-documentaria e bibliografica da un lato, filologica e di 'lettura' diretta del manufatto – analizzando materiali, tecniche esecutive, tipologia, linguaggio e qualità figurative – dall'altro, estesa fino a quella che Gustavo Giovannoni avrebbe chiamato conoscenza 'integrale' dell'edificio, unica vera base per ogni consapevole proposta d'intervento.
Entro tale prospettiva il volume di Rocchi e Piccirilli dà il suo sostanzioso contributo, con peculiare attenzione all'ambito tecnico e del consolidamento, nel quale i due Autori più si riconoscono. Non si può che essere loro grati, esprimendo compiacimento per il lavoro compiuto e per il servizio fornito alla disciplina, augurandosi di poter vedere al più presto pubblicato il terzo volume della serie, ormai quasi pronto per le stampe.
Si conferma così il programma iniziale d'una serie d'agili strumenti di consultazione, di contributi didattici e illustrativi validi, come si diceva, tanto per gli specialisti quanto per funzionari e professionisti investiti di responsabilità nel campo della tutela. Nel caso specifico, d'un repertorio completo delle tecniche oggi disponibili, aperto alla libera scelta dei singoli operatori.

CONSIDERAZIONI
di Giorgio Macchi

Due importanti novità hanno contribuito a rendere più rilevante il ruolo delle indagini, delle modellazioni e dei monitoraggi nella cura degli edifici esistenti: il concetto sempre più accettato di conservazione, il travolgente sviluppo delle tecniche di indagine.
Il principio della conservazione è oggi prevalente anche per edifici di modesto valore, anche quando sono presenti gravi degradi, sia materici che strutturali, o gravi danneggiamenti, ad esempio dovuti al sisma. Ancora non molti anni fa, in molti casi si preferiva l'abbandono di tali edifici alla semplice demolizione, magari mascherata da una ristrutturazione con una sana nuova destinazione, una robusta struttura ed un impeccabile restauro della facciata.
L'intento di conservare si deve misurare però giornalmente non solo con le difficoltà di ridare qualità alle superfici, ma anche di ridare consistenza e sicurezza strutturale. Ciò è risultato difficile, incerto, incline (quando non addirittura obbligato) a stravolgimenti della struttura originaria. Di qui ha avuto origine una diffusa, e spesso giustificata, avversione agli interventi strutturali, talora inutili, spesso non rispettosi dell'intima natura dell'edificio. È nostra opinione che, con un migliore utilizzo delle conoscenze scientifiche e dei conseguenti mezzi d'indagine, si possa fare meno e meglio.
La seconda novità di questi anni è anch'essa positiva, ma anch'essa presenta delle difficoltà.

Lo spettro delle proprietà fisiche applicate alle indagini strutturali si è straordinariamente allargato, e nuove strumentazioni hanno raggiunto livelli impensati di sensibilità grazie alle potenzialità dell'elettronica e dell'informatica. Le memorizzazioni ed elaborazioni dei dati dei monitoraggi hanno aggiunto alle misure una straordinaria efficacia nel consentire di conoscere i dati con continuità e con facilità, confrontando in tempo reale comportamenti teorici e reali. L'uso di strumentazioni dinamiche consente anche una identificazione meccanica delle strutture senza applicare loro delle forze rilevanti.
Tali progressi consentono agli strumenti di indagine di arricchire la diagnosi tradizionale con ulteriori preziose informazioni; tuttavia, le informazioni necessitano dell'intermediazione sia degli strumenti sia degli specialisti della singola tecnica. Tale intermediazione presenta delle difficoltà e dei rischi: ben venga dunque un conciso e semplice «Manuale della diagnostica» capace di fornire una prima guida a chi deve decidere l'effettuazione di indagini diagnostiche fare una scelta tra di esse, valutarne costi e benefici, utilizzare i risultati nella valutazione globale delle risorse della struttura e nella definizione di un eventuale intervento. Se poi il Manuale è accompagnato da numerose esemplificazioni vissute, come in questo caso, il lettore potrà gradualmente arricchire l'esperienza appresa con la propria, che si formerà con la pratica diretta.

MOTIVAZIONE ED INTRODUZIONE
di Paolo Rocchi

Il Manuale della diagnostica segue quello del «Consolidamento», edito nel 1991, e precede l'ultimo, sull' «Umidità», già redatto ed in corso di prossima stampa.
C'è un'inversione apparente nella cronologia del primo e del secondo testo, sembrerebbe infatti più logico anteporre il momento della conoscenza (la Diagnostica) a quello dell'intervento (il Consolidamento).
Tuttavia come ho avuto più volte occasione di dire e di scrivere (in particolare negli Atti del «Corso di qualificazione professionale per architetti e ingegneri», ASS.I.R.C.CO. Saturnia, settembre 1996) a me piace trattare argomenti dei quali abbia conoscenza diretta, per esperienza personale, o al massimo - per un numero limitato di essi - per la vicinanza stretta con l'azione di colleghi di provata esperienza ed affidabilità.
Sono stati necessari alcuni anni per raccogliere e selezionare criticamente tutto il materiale inerente il tema in questione, relativo all'attività professionale e di ricerca che soprattutto alcuni importanti lavori, dei quali ho redatto il progetto e la diagnostica (La Galleria Borghese, Castel Sant'Angelo, gli Uffizi, etc...), hanno consentito di sviluppare, controllare, mettere a punto.
Non avrei avuto il tempo né la forza di intraprendere da solo questa faticosa iniziativa.
Mi ha stimolato e rassicurato ancora una volta Carmen Piccirilli, alla quale va l'indubbio merito di essersi dedicata con grande impegno e con la consueta capacità ed intelligenza a questo lavoro.
Pur con le riflessioni di cui si è detto dianzi, sono certo del momento opportuno per portare all'attenzione di un vasto pubblico di Professionisti e di Studiosi questo tema e ne spiego di seguito le ragioni.
Negli ultimi dieci anni i principi e le leggi che regolano la Conservazione e la Tutela dei Beni Culturali hanno raggiunto un numero sempre maggiore di neofiti desiderosi di apprendere le «Regole» per potersi cimentare consapevolmente nell'agone del Restauro architettonico del quale – come più volte ho avuto modo di ribadire – il Consolidamento è parte, non solamente tecnica.
A questo processo non è certo restata estranea l'ASS.I.R.C.CO. (Associazione Italiana Recupero e Consolidamento Costruzioni, fondata nel 1977, e presieduta dal sottoscritto) che in ogni possibile occasione ha richiamato la necessità di Conoscere prima di Intervenire.
Tale presa di coscienza ha però trovato ostacolo pressoché insormontabile in non pochi funzionari della Pubblica Amministrazione e, dispiace dirlo, anche in talune Soprintendenze per i Beni Ambientali ed Architettonici.
Si vedeva (ed ancora in parte si continua a vedere) la Diagnostica come una sottrazione di risorse destinate ai lavori, tantoché, nella programmazione delle attività cantieristiche, i famosi pre-progetti (sostenuti già quindici anni orsono da Giovanni Di Geso, Soprintendente carismatico) non trovano un momento preventivo autonomo – un anno zero – al quale far seguire interventi fondati su un progetto preliminare.
Ed eccoci al punto!
Ciò che non aveva potuto ottenere una logica culturale e di buon senso - per la quale, in ambito privato, ognuno di noi non darebbe benestare ad eseguire lavori su manufatti di sua proprietà senza conoscerne il motivo appropriatamente diagnosticato - si sta ottenendo (sia pure parzialmente e con fatica) a seguito della Legge 109/'94 (e 216/'95) che fissa una nuova scansione della progettazione, tripartita in progetto preliminare, definitivo ed esecutivo, precisandone i contenuti.
In tali norme è indicato, anche se in modo non del tutto esaustivo, l'iter di accertamento ed acquisizione dati da porre a base di una progettazione nella quale gli ambiti per le famigerate «varianti» risultino assai contenuti e che, per i beni ambientali ed architettonici, sarà bene precisare ulteriormente tenendo conto delle loro specificità.
In tale stato di cose è quanto mai opportuno razionalizzare e finalizzare il potenziale diagnostico.
Buona parte di esso, infatti, si è originato ed è stato utilizzato per materiali omogenei (acciaio, calcestruzzo) e non è di reale sussidio per quelli tradizionali (muratura, legno) eterogenei.
Lo scopo principale di questo Manuale, così come di quello che lo ha preceduto, è proprio d'illustrare il campo delle prove e degli accertamenti disponibili ed affidabili, raccolti in un repertorio selezionato criticamente organizzato, nella forma già adottata per il Manuale del Consolidamento, "Descrizione" "Esecuzione" "Caratteristiche" "Note" e supportato da originali disegni schematici esplicativi, inerenti la conduzione delle indagini.
Alcune delle metodologie di analisi sono corredate da illustrazioni fotografiche dello strumento esaminato, o di fasi relative allo svolgimento della prova in oggetto, o di opportuni grafici.
Per le caratteristiche intrinseche dell'argomento trattato non è stato infatti possibile redarre delle schede tecniche con particolari esecutivi, così come era stato fatto per gli interventi di consolidamento; essi sono stati pertanto sostituiti con immagini significative.
In maniera, come già accennato, del tutto analoga a quanto avveniva nel più volte citato Manuale del Consolidamento, il presente volume si articola in due parti:

1ª Parte: Orientamento schematico all'uso del quadro delle indagini conoscitive
In essa le principali metodologie diagnostiche vengono descritte brevemente, suddivise per capitoli, in funzione dei principali elementi costruttivi da analizzare.
A = fondazioni; **B** = strutture verticali -murature- colonne e pilastri; **C** = strutture orizzontali - volte - solai.
Va in merito precisato come tale suddivisione sia per alcune tipologie di indagine piuttosto indicativa in quanto, ad esempio, nel caso della *modellazione agli elementi finiti*, questa è stata classificata nel gruppo **C** – strutture orizzon-

tali, volte e solai –, e la *modellazione agli elementi discreti*, da essa derivante, in quello **B** – strutture verticali – murature, colonne e pilastri –, perché maggiormente adattabile all'effettivo comportamento della muratura.
Ciò non significa che una discretizzazione agli elementi finiti non possa essere condotta anche su strutture verticali, o viceversa quella agli elementi discreti, pur se notevolmente complessa, su elementi voltati.
Questa suddivisione va dunque interpretata come la volontà d'indirizzare il lettore verso le applicazioni «ottimali» dei singoli metodi in relazione alla maggiore affidabilità della prova in quello specifico campo, ed in rapporto all'uso corrente.
Le indagini vengono così suddivise e classificate in relazione al loro utilizzo nell'ambito di una tipologia piuttosto che di un'altra, nonché in funzione dei dati che si intendono rilevare, e della loro finalità.

2ª Parte: Quadro delle indagini conoscitive
Seguendo la suddivisione per elementi strutturali già descritta (A fondazioni; B strutture verticali; C strutture orizzontali) le indagini vengono distinte ulteriormente per classe e tipo:

1° Esempio	Indice A	= Indagini sulle fondazioni
	Classe 1	= Analisi del sito
	Tipo 1	= controllo della stabilità dei pendii - Inclinometri
2° Esempio	Indice A	= Indagini sulle fondazioni
	Classe 2	= Controlli geotecnici - in sito
	Tipo 3	= Analisi stratigrafica

Gli autori condividono l'impostazione generale del lavoro, tuttavia, ad utilità del lettore, aggiungono le loro iniziali nell'indice del volume, al fine di distinguere le proprie responsabilità nell'ambito dei singoli capitoli. Con Carmen Piccirilli abbiamo ritenuto giusto che la presentazione di questo volume mantenesse i due punti di osservazione – pur se tra loro non strettamente separabili – derivati principalmente dalla cultura del Restauro e da quella della Tecnica, ed espresse da:
– Giovanni Carbonara, che già inizialmente lo fece per il Manuale del Consolidamento, e che da sempre è tra i più attenti cultori dell'esigenza di scientificità e sperimentazione nella logica del Progetto.
– Giorgio Macchi, verso il quale anche recenti comuni esperienze hanno in me rafforzato l'antica stima per la sua conoscenza della Meccanica delle Murature ed anche per la consapevolezza che egli dimostra verso i principi della Conservazione.

A essi, amici illustri di vecchia data, il ringraziamento di Carmen Piccirilli e mio personale, per il tempo e l'impegno che, con generosa disponibilità, hanno accettato di sottrarre alla loro già densa attività che li vede protagonisti.

Trattandosi di elaborati di riferimento, ed editi in prima edizione, sarà cura del Lettore verificarne eventuali mancanze od inesattezze prima di applicarli praticamente.

Gli autori declinano a riguardo ogni responsabilità.

Il giorno 28 novembre 1997 il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici approvava le «Istruzioni generali per la redazione di progetti di restauro nei Beni Architettonici di valore storico-artistico in zona sismica» conseguendo un primo e straordinario obiettivo inseguito senza successo per oltre trenta anni: coniugare le esigenze della sicurezza strutturale con quelle del rispetto del Bene Culturale Architettonico.
Per tutto questo tempo infatti, alcuni soloni della meccanica del continuo hanno elargito ricette normative, rivelatesi ai fatti spesso di dubbia efficacia, in ciò debolmente contrastati dagli eruditi della conservazione incapaci di far sentire alta e chiara la voce di un consapevole e non ideologico dissenso.
Il Comitato Nazionale per la prevenzione del Patrimonio culturale dal rischio sismico ha svolto a riguardo un'azione meritoria (redigendo Raccomandazioni e Direttive), ma non sufficiente (non ha prodotto, ad esempio, un manuale operativo per la prevenzione e per i pronti interventi in caso di sisma).
Un ampio riconoscimento gli va comunque dato per l'aver pervicacemente ricercato un concerto, o se si preferisce, un compromesso, il migliore al momento possibile, tra le posizioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e quelle del Ministero dei Lavori Pubblici, per lunghi anni tra loro assai diverse, tanto da produrre raccomandazioni, norme e circolari spesso in contrasto fra loro.
E sarebbe stato ancora così se non si fosse costituita per illuminata iniziativa del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici una Commissione capace di superare le distanti posizioni di partenza e di produrre appunto il richiamato documento di «Istruzioni generali».
Perché, ci si chiede, è stato tanto arduo definire un preciso percorso progettuale che «passi» per la fase diagnostica?
Per comprendere a fondo le cause di tale difficoltà è sufficiente ragionare su alcune semplici circostanze di carattere storico.
La diagnostica è una disciplina recente o meglio, recente è l'aver preso coscienza della sua importanza quale strumento conoscitivo di manufatti architettonici e quale necessaria premessa alla redazione del progetto di conservazione; il suo processo di sviluppo è legato all'evolversi del concetto di Restauro ed alla definizione dei più attuali orientamenti di metodo.
Senza dubbio l'approccio verso i manufatti antichi è oggi diverso da quello dei secoli passati: si pensi, ad esempio, alla diffusa «abitudine al riuso dei pezzi antichi» nel medioevo, agli interventi in stile di Viollet-le Duc od alla «decorosa morte» implorata da Ruskin. Più maturo, discreto e rispettoso, l'atteggiamento attuale prevede, come primaria ed essenziale condizione, «la conservazione della materia dell'opera d'arte» con la conseguente necessità di «conoscerne» i potenziali dissesti e le relative cause.
Purtroppo, allo stato attuale, pur avendo individuato l'importanza della disciplina all'interno di un corretto iter metodologico (conoscenza-diagnosi-progetto) e pur avendone definito e perfezionato le specifiche tecniche, alcune ulteriori problematiche di ordine pratico aggravano la situazione di ritardo: l'inesperienza nel campo applicativo e la «difficoltà al confronto tra le varie esperienze» (dovuta a volte alla mancanza di un criterio univoco di acquisizione dei dati ed a volte alla «impenetrabilità» stessa dei cantieri), sono causa della mancanza di un adeguato bagaglio disciplinare nel settore.
Lo studio delle murature, sviluppato in modo diffuso è, quindi, piuttosto recente ed ancora più recente è l'introduzione della disciplina nel mondo accademico.
Nonostante questo e solo in apparente paradosso, nel tentativo di ricostruire una sorta di «Storia della Diagnostica» i riferimenti (e talvolta i fondamenti) più utili per l'impostazione di progetto attuale, vanno ricercati in tutto l'arco storico degli studi filosofici e matematici applicati alla meccanica delle murature.
La grande produzione dei sempre attuali «trattati storici sull'Architettura» è la dimostrazione della particolare attenzione da sempre rivolta al «costruire» ed al «costruito».
Pur nascendo da diverse necessità questi studi rappresentano oggi con la diagnostica un insieme, una funzione biunivoca di apprendimento, gli uni stimolando l'altra ed essendone a loro volta stimolati.
Non si sbaglia, pertanto, facendo derivare la «Storia della Diagnostica» dalla «Storia della Meccanica» semprechè si tenga presente l'evoluzione storica delle due discipline e delle loro diverse finalità essendo quest'ultima rivolta nel passato alla «nuova edilizia» e rivolgendosi esclusivamente alla Conservazione del passato la prima.
In tema di diagnostica quindi, l'insieme degli apporti storici cui riferirsi riguarda studi teorici di meccanica pura e verifiche sperimentali; i trattati riportano sufficienti descrizioni ed immagini di macchine elementari di prova ma è assai raro veder trasferito questo settore di ricerca in applicazioni su modelli od al vero.
Le intuizioni iniziali di Aristotele, Archimede, Galileo, Cartesio, fino ai più vicini contributi di Hooke, Eulero, Young e Saint Venant per la definizione delle leggi di proporzionalità e per la nascita della teoria della elasticità, aprono scenari, accendono entusiasmi, pongono di fatto i presupposti ancora oggi essenziali per il tema in questione, dei quali necessariamente, continua a giovarsi la Scienza anche in tempi di studi sulla non linearità, sugli elementi finiti, sulla discretizzazione.
In questi ultimi anni se la Diagnostica dei dissesti – applicata ai materiali ed alle strutture moderne – è stata ripensata e sviluppata criticamente, onde consentirne l'applicazione appropriata sulle strutture murarie, si deve allo studio che pochi e sensibili studiosi non improvvisati, soprattutto giovani, hanno rivolto alla meccanica delle murature ed alla sua storia.
L'intera vicenda sta trovando un suo approfondimento organico in studi generali che consentono di vedere la materia

globalmente, derivando da essa, come già detto, la storia «minore» della Diagnostica e dai quali è possibile estrapolare i principi e le intuizioni basilari, riportate nelle pagine successive, che consentono di individuare scientificamente l'evoluzione dei sistemi diagnostici applicati alle murature.

III secolo a.C.

ARISTOTELE (384 – 322 a.C.)
Nell'opera «Problemi meccanici»(1) enuncia la legge di composizione dei movimenti, anticipazione di quella che due millenni più tardi sarà la legge di composizione dei vettori o regola del parallelogramma.
Nell'affrontare il problema della leva individua tre elementi: il peso esercitato dalla persona, il fulcro, il «*grave*» da sollevare; i due pesi sono inversamente proporzionali ai relativi bracci e tanto più la forza agente è lontana dal fulcro tanto più agevolmente e rapidamente si riesce a sollevare il peso.

II secolo a.C.

ARCHIMEDE (287-212)
Nel trattato «Sull'equilibrio dei piani»(2) enuncia sette proposizioni fondamentali o assiomi.
Nel primo assioma afferma come «*pesi uguali a distanze uguali si facciano equilibrio*» mentre a distanze disuguali «*producano pendenza dalla parte del peso che si trova a distanza maggiore*». Il secondo ed il terzo assioma sono dedotti dall'uso della stadera, strumento a bracci disuguali; aggiungendo o sottraendo qualcosa ad uno dei pesi non si avrà più una condizione di equilibrio.

I secolo a.C.

ERONE DI ALESSANDRIA nelle sue «meccaniche»(3) affronta il problema della determinazione dei pesi sopportati da colonne che sorreggono un architrave continuo.
La «scienza dei pesi» di Archimede trova nei suoi studi una possibile applicazione a problemi concernenti la statica degli edifici.

VITRUVIO nel X Libro del suo «De Architectura»(4) descrive la legge della leva derivandola dalla teoria aristotelica. Riguardo alle strutture voltate e ad arco, come nota lo Choisy(5), egli si limita ad illustrare la costruzione di piccole cupole in mattoni crudi (all'epoca non era ancora diffuso l'uso del mattone cotto) terminanti in un grande occhio circolare, come nelle terme, od all'analisi di volte cilindriche. Vitruvio scrive nel periodo di sviluppo della Roma delle grandi costruzioni voltate; l'architettura non ha ancora la padronanza dei metodi costruttivi originali nei quali dominerà la volta ma egli conosce già gli effetti che un arco realizzato in conci di pietra può produrre sui piedritti qualora questi non abbiano uno spessore adeguato.
Nel III Libro tratta, in senso moderno, di una «*trave composta*» ove affidare al legno lo sforzo di trazione ed alla pietra quello di compressione.

IV secolo d.C.

Lo Choisy (1841-1909), oltre a Vitruvio, cita altri due trattatisti: PALLADIO e FAVENTINO.
Il primo nel «De Agricultura» si occupa di costruzioni rurali, il secondo scrive un compendio d'arte architettonica per usi privati: *Artis architectonicae privatis usibus adbreviatus liber*. Gli argomenti sono quelli già trattati da Vitruvio e non vi è alcun riferimento ai progressi compiuti, nel frattempo, dalla tecnica costruttiva.
Questi trattati, a carattere strettamente applicativo, erano destinati ai tecnici che si occupavano di edilizia corrente e non delle grandi opere di architettura, affidate ad altri ingegni.
Non è da escludere ad esempio che già APOLLODORO DI DAMASCO (II secolo d.C.) architetto di Traiano, a differenza di Vitruvio, conoscesse profondamente l'opera di Archimede: egli dimostra una notevole dimestichezza con opere di carpenteria e con la pratica edificatoria. Nel suo scritto di poliorcetica si sottintende inoltre l'intuizione, pur se non esplicitamente dichiarata, del concetto di baricentro.

VI secolo

ISIDORO DI MILETO ed ANTEMIO DI TRALLE studiosi di meccanica teorica, sotto Giustiniano costruiscono S. Sofia a Costantinopoli. Il primo curò una edizione di Archimede e compose un commentario sui lavori di Erone; al secondo viene attribuito un manoscritto su problemi di fisica e di geometria.

Dal VI al XII secolo

Al declino nell'Occidente degli studi di meccanica, fa seguito la riscoperta dei testi classici nel mondo arabo, con l'introduzione intorno al IX e X secolo, della notazione numerica indiana.
Traduzione in latino dei manoscritti arabi avviata nel 1126 dall'arcivescovo di Toledo RAIMONDO. Introduzione in Europa dell'astronomia alessandrina e delle prime nozioni di trigonometria a seguito della traduzione dell' «Almagesto» di Tolomeo, del II secolo d.C., da parte del GHERARDI DA CREMONA nel 1175.