

tale carico, si trova $f = 1,385$ cm. D'altra parte il carico critico di Eulero, da calcolare una volta tanto, vale $P_E = -\pi^2 EJ_{max} / l^2 = \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 573 / 400^2 = 74225$ kg. Quindi la (4) da

$$M_{max} = 74225 \cdot 1,385 = 102800 \text{ kgcm}.$$

7. — È ovvio l'impiego inverso che si può fare della (4) per determinare sperimentalmente, e in modo semplice, il carico critico di Eulero.

Si carica la trave in esame con un carico di valore totale Q noto, distribuito in modo pressoché sinusoidale (per conseguire l'approssimazione migliore), e si calcola il momento flettente massimo, che per la (2), e avendo presente che $Q = (2/\pi)q_m l$, è dato da

$$(8) \quad M_{max} = \frac{Ql}{2\pi}.$$

Si misura la freccia f provocata dal carico. Quindi per la (4) si ottiene

$$(9) \quad P_E = \frac{M_{max}}{f}.$$

Se si vuole il carico critico minimo, cioè quello relativo alla trave libera di inflettersi per instabilità nel piano di minima rigidità, si disporrà la trave in modo che il carico Q la infletta in tale piano, e produca la freccia f massima possibile.

Come con altri procedimenti sperimentali per la determinazione di PE ⁽¹²⁾, anche con questo possono essere incogniti i valori di E e di J .

Odone Belluzzi

Università di Bologna - Istituto di Scienze delle costruzioni.

⁽¹²⁾ Luogo citato nella nota 1, esercizi 354, 355; luogo citato nella nota 8, n. 025, esercizi 0128-0130.

a Giuseppe Albenga

Classificazioni dei materiali e delle opere in base al concetto di "individualità costruttiva"

Concetto di « individualità » dei materiali da costruzione e delle opere strutturali. Valore di tale concetto come stimolo all'inventiva ed al progresso tecnico, specie se appoggiato ad una sistematica documentazione e ad un'organica classificazione che contengono non solo le idee strutturali dell'uomo ma anche i modi di realizzazione della natura. Le classificazioni di Seidl e Lambertz del 1937 (Staatliche Material-prüfungsamt). Schemi di classificazioni con « ordini » costituzionali, geometrici e meccanici intesi ad accordare le esigenze delle discipline interessate, con particolare riguardo alla resistenza dei materiali ed alla architettura tecnica.

Il cospicuo e straordinario fiorire di forme nuove nella tecnica costruttiva è indubitabilmente una delle conseguenze dei progressi pratici della tecnologia dei materiali. Ma questa tecnica progredita ha uno stimolo ben più profondo e che va ricercato nella sempre più matura ed acuta conoscenza della vita che governa i materiali e le strutture con essi ricavate. Si inventano materiali nuovi e strutture nuove, non per casuale circostanza o per meccanica concatenazione di fortunati ritrovamenti tecnologici, ma perché l'era attuale ha affermato dei principi e delle leggi generali, cioè delle idee che, tradotte in concreto, le materializzano.

L'inventiva, alla quale presiede sicuramente un pensiero razionale formidabilmente attrezzato, sa ormai individuare tra molte strutture, realizzate talora in tempi ed in materiali differenti, le proprietà vitali comuni; e conseguentemente sa prevedere e costruire le rimanenti possibili forme apparentate, anch'è se non ancora comparse nella storia architettonica.

Perciò, in tempi in cui si esalta a dismisura il valore della più rigida specializzazione anche disgiunta da ognirultura umanistica, è bene rivendicare al divenire tecnico l'esigenza di un estro geniale e sintetizzatore ma affondante le sue radici in un terreno anche fecondato dalle classificazioni sistematiche e dalle documentazioni storiche. Oggi nelle facoltà universitarie tecniche, se c'è una ca-

renza, questa è difetto di amore per la ricerca storica. Nelle facoltà d'ingegneria, per esempio, non si insegna la storia dell'ingegneria; ed è male.

È ovvio che quanti più casi risolti avremo sott'occhi e quanto più completo sarà l'archivio dei successi e degli insuccessi antichi e recenti, tanto più fecondi saranno i motivi d'ispirazione e tanto più sicura e rapida la via della realizzazione.

E utile non sarà solamente la consultazione della tecnica umana, ma altresì, lo studio della natura come attività tettonica. Si guardi anche, e prima che alle opere dell'uomo come architetto, a quelle di Dio come architetto che sempre opera magistralmente ed esemplarmente fornendo all'uomo la più completa antologia di problemi tettonici risolti.

Non v'è architettura ad opera umana, che non trovi riscontro in qualche esperimento della Creazione: dai primitivi *musgu* del Sudan che riprendono forme delle conchiglie di molluschi gasteropodi (fig. 1 e 2) al recentissimo *Club Sportivo* a Hollywood di Wright, che ripete motivi noti al mondo vegetale, per esempio quelli del fungo *Poly-porellus squamosus* (fig. 3 e 4). Qui, anzi, non è inutile ricordare che GIUSEPPE ALBENGA, il quale di ricerche storiche in campo tecnico è autorevole fautore, ha recentemente additato uno sbocco nell'evoluzione delle strutture metalliche leggere, cioè a sezione tubolare, proprio prendendo lo spunto dal

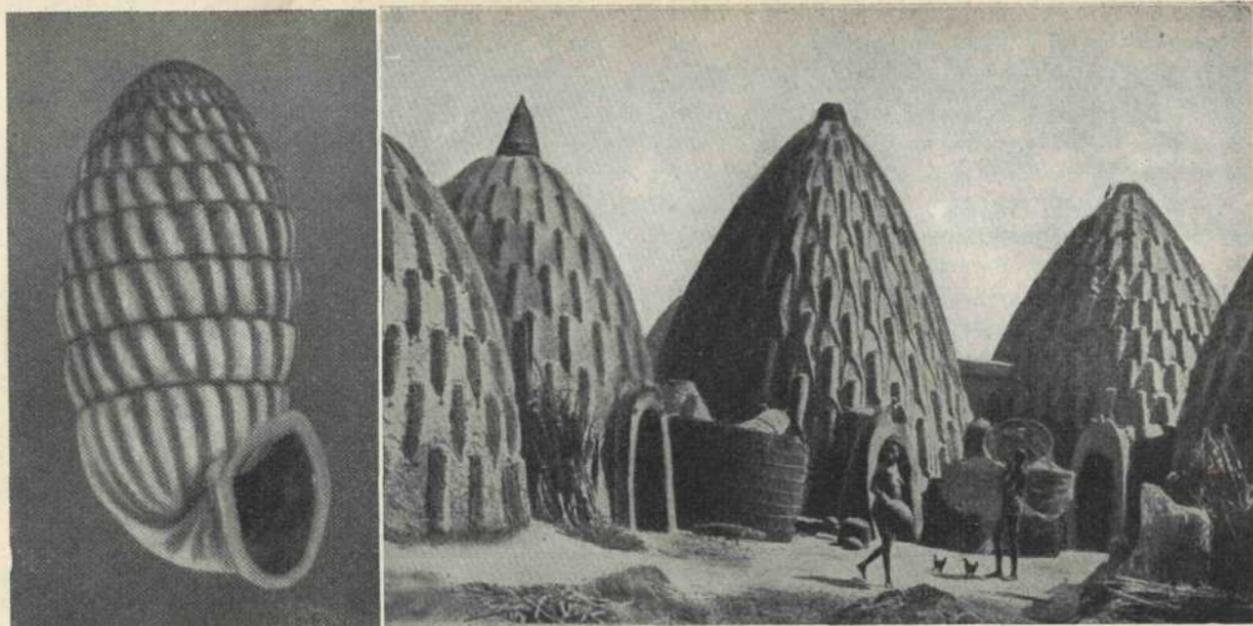


Fig. 1 e 2.

fusto vegetale cavo dell'*Equisetum Tetmaleja* con anello esterno rinforzato da nervature radiali studiato da SIMONE SCHWENDERER (fig. 5) ⁽¹⁾. Altri suggerimenti all'architettura del mondo vegetale troviamo tentati da FRED M. SEVERUD ⁽²⁾ (fig. 6). Se fossimo in grado di sistemare tutti gli spunti costruttivi del Creato, grandi e piccini, in una classificazione ampia e comoda, sul tipo di quelle impostate in altre discipline (per esempio dal LINNEO per le specie vegetali ed animali e dal MENDELEJEFF per gli elementi chimici) ne sortirebbero delle prospettive quanto mai interessanti. E come in quelle celebri classificazioni c'è la possibilità di giudicare i posti vacanti, e quindi di prevedere l'esistenza o la possibilità di scoperta di soggetti ancora ignoti, così questa vagheggiata classificazione tettonica ci consentirebbe di preconizzare i tipi strutturali ancora tentabili perchè possibili, specialmente oggi che il progresso scientifico ha rimossi gli attriti secolari tra idea e realizzazione pratica.

Un avviamento a questa sistematica lo abbiamo in uno studio impostato qualche lustro addietro dalla Società tedesca delle prove sui materiali. Una

⁽¹⁾ SCHWENDERER, *Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik*, bearbeitet von K. HOLTER MANN, Leipzig, 1909; G. ALBENGA, *Il ponte e la costruzione metallica leggera* (II), Costruzioni metalliche, n. 2, 1951. Vi è anche ricordato il richiamo di Galileo GALILEI « ai solidi vuoti dei quali l'arte e più la natura si serve in mille operazioni », di guisa che « senza crescere peso si cresce grandemente la robustezza, come si vede nell'ossa degli uccelli ed in moltissime canne che son leggiere e molto resistenti a piegarsi e a rompersi ».

⁽²⁾ FRED. M. SEVERUD, *La natura è una fonte di ispirazioni strutturali*. Metron, 4-5, 1945. Vi si esaltano in modo particolare i principi usati dalla Natura: la « corrugazione » di lamelle; la « campanulazione » usata da Lescaze e da Workmann in coperture di grande ampiezza; infine i sistemi costruttivi del guscio, del sacco flessibile e della ragnatela.

elegante pubblicazione ⁽³⁾ riassume varie proposte di unificazione dei criteri d'indagine per le prove di laboratorio da utilizzare nella resistenza dei materiali; e specialmente questo criterio prevale: non accontentarsi di estrarre dalle macchine e dai provini dati inespressivi, ma indirizzare la ricerca con particolare riguardo ai modi d'impiego del materiale da costruzione nelle varie strutture, in guisa da lumeggiare di tale materiale le attitudini ai vari lavori cui può essere destinato, considerandolo cioè come un individuo (*Körper-individuum*), dotato di individualità. A. LAMBERTZ ed E. SEIDL, che dei lavori del 1937 della *Staatliche Materialprüfungsamt* furono gli animatori, considerano necessario a questo scopo riferirsi ai fondamenti della teoria dei materiali ed in modo particolare alle ipotesi di rottura. Sotto questo aspetto sarebbe principalmente utile la ricerca di quelle configurazioni di deformazione permanente che in un provino visibilizzano il complesso delle azioni e reazioni che potrebbero aver luogo nelle condizioni limite d'impiego della struttura: tale è il criterio di indagine che fu battezzato « *Formungs-Prinzip* ». Inoltre sarebbe necessario, specie per le strutture composte, esaminare come il comportamento delle parti non possa semplicemente lasciare prevedere il comportamento del complesso (*Ganzheit*). Infatti il lavoro di deformazione del tutto, accumulato come energia potenziale, non si determina sempre come somma dei lavori di deformazione delle parti; ed anche la deformazione può avere forme differenti a seconda del come le parti sono state congiunte insieme, così, ad esempio, la freccia d'una trave a sezione massiccia non è uguale alla freccia di una trave a sezione

⁽³⁾ « *Leitgedanken einer neuzeitlichen Werkstoff-Forschung* ». Herausgegeben vom Präsidenten des Staatlichen Materialprüfungsamt - Berlin, J. Springer, 1937.

di area equivalente ma composta di più parti sovrapposte e non cucite insieme.

Il « *Körper-Individuum* » viene quindi assimilato ad un organismo biologico che, soggetto a determinati stimoli « cerca » il suo stato di equilibrio in funzione delle sue possibilità costitutive. Tale è il criterio definito « *Individual-Prinzip* », che è stato sintetizzato nello schema di fig. 7.

Poche parole per illustrare il concetto di individualità del corpo di SEIDL e LAMBERTZ.

Le forze sollecitanti il « *corpo-individuo* » possono essere interne ed esterne e come tali, nello sviluppare le loro azioni, interessano solamente il corpo considerato oppure anche i corpi delle vicinanze ai quali il corpo stesso sia vincolato (mondo esterno, interno, *Umwelt*). Gli effetti delle sollecitazioni interne ed esterne dipendono dalla qualità del materiale, considerato naturalmente come materiale da costruzione (sotto il solo aspetto tecnico, escludendo l'aspetto puro della fisica e della chimica) e dalla forma geometrica del corpo (la quale quel materiale contiene come fosse un recipiente). E dipendono altresì dal contenuto energetico e dai precedenti nel tempo, cioè dalle variazioni ed accumulazioni di energia meccanica, termica, elettrica, magnetica, avvenute precedentemente all'applicazione della sollecitazione che viene considerata. Questi richiami al contenuto energetico delle strutture, che potrebbero apparire di natura squisitamente teorica, vanno assumendo oggi anche significati pratici correnti in molte tecniche costruttive.

La necessità di aggiornamento delle prove sui materiali in vista di queste importanti evoluzioni della tecnica può venire dimostrata dai più conosciuti esempi del cemento armato precompresso e della cerchiatura dei cannoni che hanno imposto come usuale lo studio sistematico della viscosità d'vi materiali e dei rilassamenti progressivi delle strutture sotto carico.

La forma geometrica che racchiude una porzione di materiale va conseguentemente definita anche nella sua posizione nei riguardi dello spazio esterno. Entro il corpo tecnico possiamo trovare porzioni di materiale differenziate per qualità e per forma: esempio ne è il calcestruzzo dove a breve distanza troviamo o malta o inerte lapideo. Di qui la necessità di classificare mediante un ordine numerico le porzioni di materiale che possono costituire l'intera massa del provino. Così se abbiamo dato al corpo composto la numerazione di ordine primo, le porzioni differenziate dovranno assumere la classifica del secondo ordine.

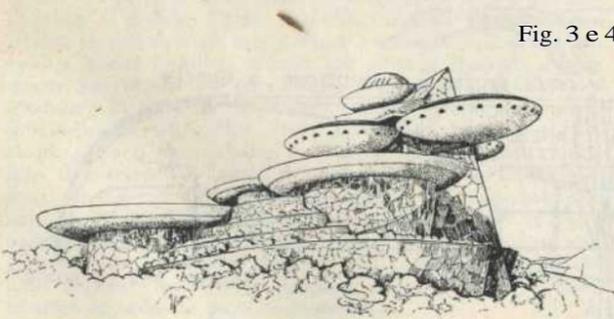


Fig. 3 e 4.

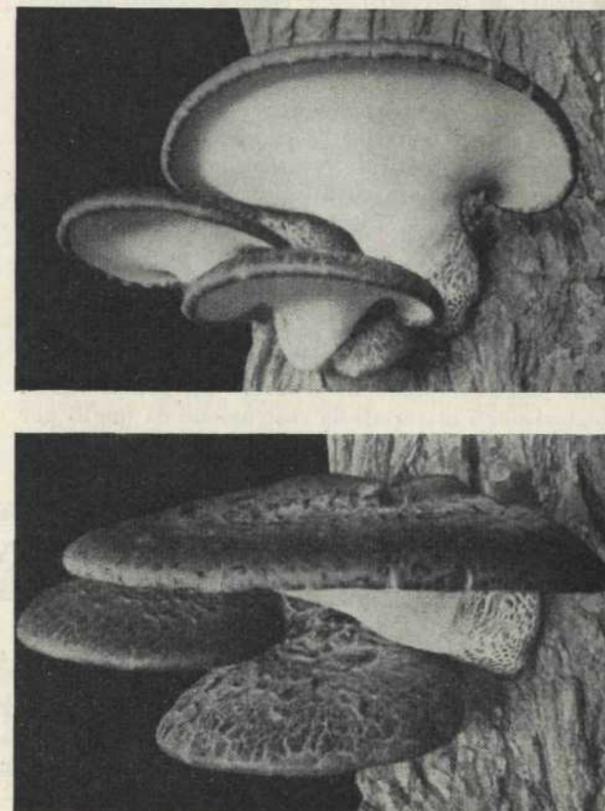
Questa scomposizione in porzioni differenziate, sappiamo, è possibile oltre gli elementi molecolari ed i nuclei atomici, ma allo studioso di prove sui materiali interessa solo la scomposizione sino al limite sotto il quale la struttura non ha più significato come « materiale da costruzione ». Continuare oltre avrebbe interesse solo per la fisica o per la chimica; per la resistenza dei materiali basta fermarsi ove la cristallizzazione dello stesso elemento porta a due ben differenziati materiali: ad esempio nei prodotti del carbonio ci si fermerà dove si presentano due materiali differenti ma ben individuati, il diamante e la grafite.

Evidentemente, e lo vedremo meglio in seguito, tanto il limite superiore quanto quello inferiore della scomposizione hanno un valore relativo (ed anche variabile) con le finalità dello studio. Comunque il « *Körper-Individuum* » allestito dagli studiosi germanici e configurato con l'uso di una classificazione in vari ordini è concetto istruttivo e vale la pena darne un completo esemplare. Ecco il materiale da costruzione *opera lapidea*, muro in pietra naturale.

Esso sarebbe una struttura del 1° ordine; alla sua volta costituito di parti del 2° ordine che possono essere o conci lapidei o corsi e giunti di malta.

Al 3° ordine troveremmo gli elementi minerali ed al 4° ordine gli atomi. Cioè, riassumendo, per scindere nelle minime parti differenziatrici (sotto l'aspetto tecnico) le opere murarie semplici occorrerebbero, agli effetti delle prove sui materiali, quattro ordini.

Il numero di gradini può diminuire per alcuni



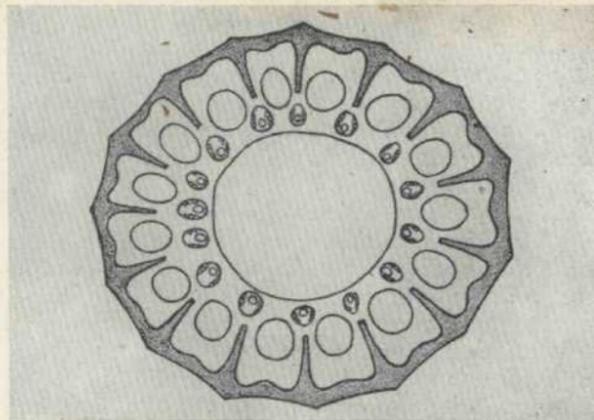


Fig. 5.

materiali, com'è nelle strutture in vetro che avrebbero tre ordini; oppure aumentare notevolmente come nelle strutture lignee, dove al 1° ordine sarebbero le opere, al 2° gli elementi strutturali (travi, tavoloni, assicelle, listerelle), al 3° gli strati di accrescimento stagionale, al 4° le cellule elementari, al 5° le fibrille, al 6° i cristalli, al 7° le catene di molecole. Pari sarebbe il numero degli ordini nei materiali organici, quali la carta ed i tessuti.

Ho già anticipato il carattere di relatività del limite inferiore della scomposizione in ordini della forma geometrica. Evidentemente deve porsi anche un limite superiore. Ma questo è ancor più dipendente dalle finalità della classificazione. Gli studiosi tedeschi avevano di mira esclusivamente prove su materiali da costruzione come mezzi di impiego in opere elementari di ingegneria; ed in questo senso mi sembra che talvolta abbiano esorbitato dai loro compiti; anche nella individuazione di un limite superiore avrebbero dovuto considerare che ad un certo punto il materiale da costruzione non è più indiscriminato ed intercambiabile materia d'impiego, ma elemento strutturale. Così come un elemento strutturale, alzando lo sguardo oltre, diviene struttura ed anche architettura.

La frequente necessità occorsami di usare per scopo didattico e descrittivo una terminologia morfologica che serva tanto per la resistenza dei materiali quanto per l'architettura tecnica, mi ha convinto della necessità di separare gli ordini classificatori per i materiali da costruzione da quelli per le strutture. Una sistematica delle forme architetto-

niche elementari e complesse, deve considerare due scale, le quali ovviamente debbono concordare ma non confondersi; il che impone per prima cosa il sacrificio di alcuni ordini (quelli ad indice più piccolo) della scala germanica del SEIDL e del LAMBERTZ. Operata questa decurtazione, che s'è visto nasce con scopi indiretti, ne consegue una razionalizzazione della scala dei materiali che sembra strana non sia sorta nella mente degli ideatori.

Ma nel contempo il concetto di individualità dei materiali, introducendoci nelle attitudini vitali dei corpi, ci suggerisce la strada per definire il soggetto della classificazione superiore che chiameremo delle forme architettoniche. Anche la forma architettonica ha una individualità, più complessa e completa di quella del materiale da costruzione, in quanto ha sostanza costruttiva ed espressiva insieme.

Ci si spinge così ai margini della tecnica costruttiva laddove essa confina con l'estetica, i cui problemi non possono più venire ignorati dai tecnici. Anche i trattati di scienza delle costruzioni, e specie quelli della teoria dei ponti (4), cominciano ad introdurre capitoli intitolati ad esempio « l'architettura della tal struttura », in quanto si ammette che in realtà la schematizzazione ideale fisico-matematica, impostabile e trattabile razionalmente, subisca nel corso della traduzione in opera delle alterazioni dovute al gusto che sono essenziali elementi della forma costruibile (i tedeschi chiamano *Gestaltung*, questa fase di dar forma costruibile agli schemi scientifici) (5).

Si tratta dunque di definire i caratteri di una individualità contemporaneamente costruttiva ed espressiva.

L'espressione d'una architettura, a bene indagarla, nasce dal processo intuitivo dell'artefice, che nella successione dei tempi della gestazione vede a poco a poco cc formarsi » l'individualità dell'opera architettonica. Dapprima scegliendone i materiali costitutivi, valutandoli come materia tecnica inerte; ma poi sentendoli capaci di una attività vitale per la loro intrinseca reattività alle azioni meccaniche, termiche, igroscopiche e così via. Poi organizzandoli in sistemi geometrici, che una fredda analisi potrebbe ricondurre a forme puramente

(4) Anche la nuova edizione del celebre trattato di G. ALBENCA, *Ponti*, Utet, Torino, 1952 e segg. ha appunto un lungo capitolo dedicato all'architettura del ponte.

(5) A. CAVALLARI-MURAT, *Architetture a scheletro metallico*. In « Costruzioni Metalliche », n. 1, Milano, 1949.

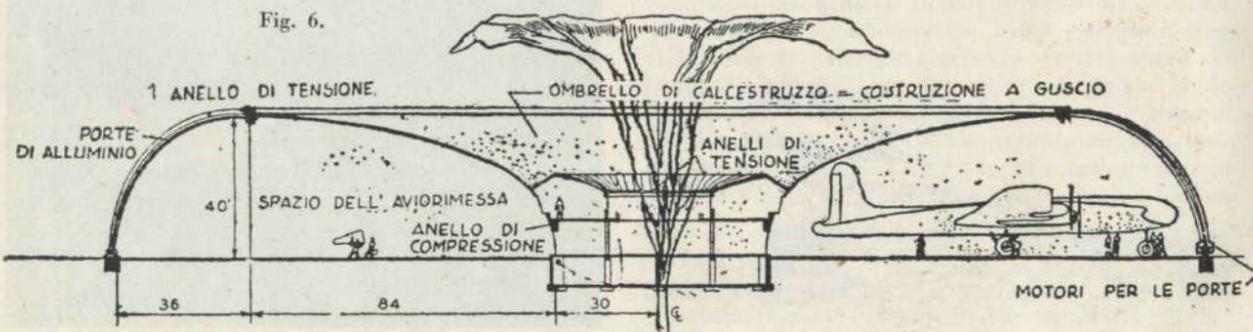


Fig. 6.

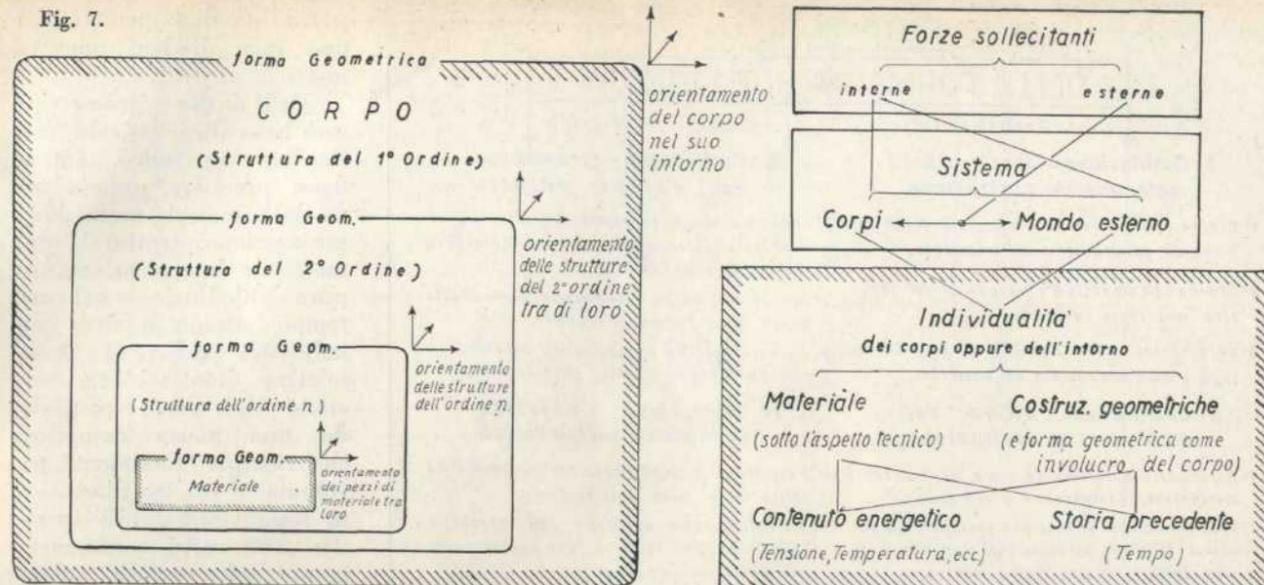


Fig. 7.

razionali e funzionali (6), ma che in realtà, benché vagliate e controllate con calcoli dall'artefice, sono forme alteranti in qualche modo le configurazioni puramente logiche perché visibilizzano un fantasma poetico che ha turbato e che commuove. Diventano pertanto delle forme espressive, dei segni di un linguaggio figurativo.

La successione dei tempi così fuggacemente delineata ci impone di prendere in considerazione almeno quattro grandi lineamenti della individualità delle « forme architettoniche »: I, caratteristiche della costituzione inerte dei materiali da costruzione; II, caratteristiche della costituzione attiva dei materiali stessi; III, caratteristiche della forma geometrica implicita organizzante meccanicamente in edificio i materiali da costruzione; IV, caratteristiche della forma architettonica, organizzante I, II, III in individuo estetico. Ordinandole in schema, che prenda le mosse da quello solo apparentemente tecnico del SEIDL, riassunto quasi totalmente in I e II, ma che tenga conto di quanto non può venire registrato da alcuno strumento sperimentale che non sia l'uomo con la sua psiche, con il suo sentimento e con la sua cultura, ecco delinearsi lo

(6) Diceva il MILIZIA, a proposito della « solidità delle fabbriche », nella parte terza della sua « Architettura Civile », 1785: « Solida è una fabbrica, qualora considerata in se stessa, e nelle sue parti, va esente per lunghissimo tempo dal pericolo di rovinare, o di deteriorare. Or siccome il caldo, il freddo, l'aria, l'umidità, il peso proprio, l'uso stesso, le scosse e gli urti ordinari, e accidentali si oppongono a questa stabilità, convien perciò aver riguardo a tutte queste cose; non già per affatto liberare, ma almeno per difendere la fabbrica dalla loro efficace azione tendente a pregiudicarla. Gli edifici, come gli uomini, e come tutti i corpi, portano fino dal loro concepimento il principio della loro distruzione, la quale deve essere dall'arte tenuta più lungi che si può ». Più oltre afferma: « Qualunque edificio deve considerarsi come un tutto composto di varie parti unite insieme e collegate. Queste parti chiamansi volgarmente materiali. La forza della fabbrica dipenderà dalla maggior forza di ciascuna, e dalla unione di tutte insieme le suddette parti componenti ».

schema di fig. 8, nel quale si nota una certa qual simmetria nelle caratteristiche I e III, II e IV, quasi ad indicare una larvata parentela tra il modo di operare della tecnica e della natura nel settore inorganico ed organico e quello dell'uomo geniale ed artista. Parentela che la filosofia idealistica potrà cercare di diminuire o tenterà di rimandare di risolvere, ma non può negare, perché certe forme dell'architettura del Creato rivivono, commovendone la psiche e la fantasia, nell'uomo estetico con altrettanta vivezza di altre affini forme prodotte dall'uomo artista. Ma questi sono problemi che esulano dal nostro assunto, e che i filosofi studiano in capitoli intitolati « del bello di natura ».

Ora invece interessa precisare il significato di quelle dizioni « ordine costituzionale », « ordine geometrico », « ordine meccanico » che compaiono nello schema dianzi esaminato.

Dell'ordine costituzionale del materiale da costruzione ormai s'è detto, trattandosi di precisare il numero delle decomposizioni necessarie per pervenire alla porzione indifferenziata che sia ancora materiale da costruzione. La dizione è stata completata con l'aggettivo per evitare di confondere questo processo analitico-classificatorio con i seguenti, pur essi utili. Nella tavola I s'è dato un quadro riassuntivo quantunque sommario dei sistemi costruttivi più usati e dei materiali che li costituiscono. Si vedono persino costituenti di 6° ordine, che, con quelli prodotti per sintesi organica o per utilizzazione di elementi base vegetali, vengono sempre più sfruttati nell'edilizia in omaggio ai modernissimi criteri della produttività. Il legno ne è un esempio tipico: materiale principe dell'avvenire dacché si è imparato che il massimo rendimento commerciale e tecnico è possibile solo disintegrandolo in trucioli, in fibre, in cristalli e poi ricostituendolo sotto forma di lastre, travi, assicelle.

L'ordine costituzionale delle strutture composte in edificio geometrico che vediamo nel numero III non ammette un prontuario semplicistico essendo

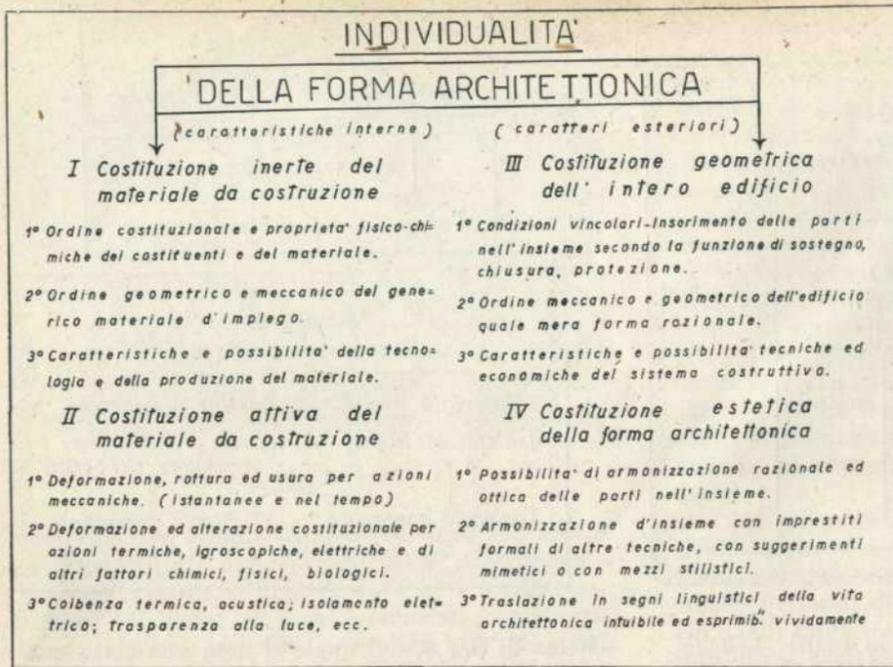
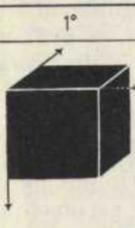
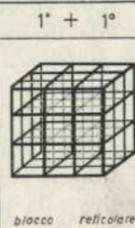
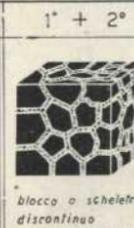
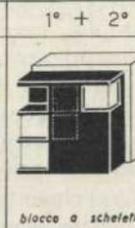
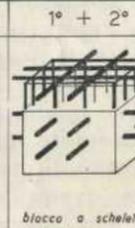
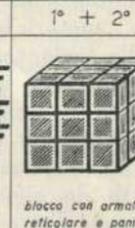
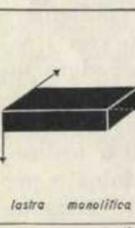
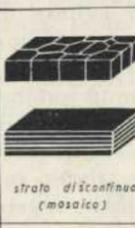
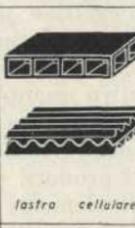
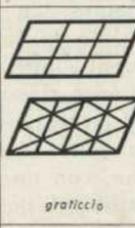
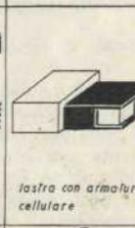
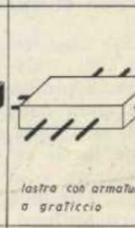
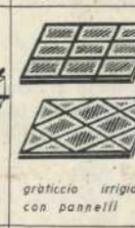
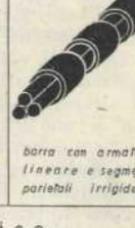


Fig. 8.

ovvio che la casistica è quanto mai complessa specie laddove si abbiano strutture miste, partecipanti cioè a più sistemi costruttivi. Ad esempio si incontrano archi lapidei costituiti da conci elementari in pietra naturale, ma si incontrano anche archi con conci molto complessi, come quegli originali conci prefabbricati in cemento armato che danno alla volta del Salone delle Esposizioni di Torino la

volume in cui due dimensioni sono prevalenti sulla terza (lastre) i quali sono ancora geometricamente semplicissimi (1° ordine geometrico) ma più deformabili (2° ordine meccanico). Si hanno inoltre dei corpi individuati da un volume in cui una dimensione prevale sulle altre due (barre, aste) che appartengono allo stesso grado di semplicità geometrica ma sono ancor più deformabili (3° ordine

Fig. 9. - Tavola esemplificativa degli ordini geometrico e meccanico per materiali e strutture.

 masso monolitico	 ammasso	 blocco cellulare	 blocco reticolare (gabbia)	 blocco a scheletro discontinuo (conglomerato)	 blocco a scheletro cellulare	 blocco a scheletro reticolare	 blocco con armatura reticolare e pannelli irrigiditi	1° ordine meccanico
 lastra monolitica	 strato discontinuo (mosaico)	 lastra cellulare	 graticcio	 lastra a scheletro discontinuo	 lastra con armatura cellulare	 lastra con armatura a graticcio	 graticcio irrigidito con pannelli	2° ordine meccanico
 barra monolitica	 barra discontinua (pila)	 barra cellulare	 fascio di barre	 barra composta a segmenti alternati trasversali, longitudinali	 barra composta con armatura cellulare	 barra composta con armatura reticolare	 barra con armatura lineare e segmenti parietali irrigiditi	3° ordine meccanico
1° ordine geometrico	2° ordine geometrico		3° ordine geometrico					

possibilità di impennarsi su una luce di ben novanta metri.

Dell'ordine geometrico sarà bene dire insieme con l'ordine meccanico. Intendono precisare, prescindendo dalla materia usata, l'organizzazione strutturale del materiale da costruzione oppure dell'edificio; e nel contempo mirano a dare una indicativa graduazione della relativa deformabilità. Esistono dei corpi costituiti da una massa omogenea che riempie totalmente un volume le cui tre dimensioni sono equiparabili (massi): sono corpi geometricamente molto semplici a definirsi (1° ordine geometrico) ed anche molto rigidi, cioè poco deformabili (1° ordine meccanico).

Esistono poi dei corpi massicci ma contenuti in un volume in cui due dimensioni sono prevalenti sulla terza (lastre) i quali sono ancora geometricamente semplicissimi (1° ordine geometrico) ma più deformabili (2° ordine meccanico). Si hanno inoltre dei corpi individuati da un volume in cui una dimensione prevale sulle altre due (barre, aste) che appartengono allo stesso grado di semplicità geometrica ma sono ancor più deformabili (3° ordine

ORDINE COSTITUZIONALE DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

TAVOLA I.

Carte da parato e cartoni isolanti	foglio o lastra	fibra o fascio di fibre	lamelle	fibrille	crystallo	catena di molecole
Pellami e derivati per arredamento	pannello o fodera o ritagli	fibra	fibrilla	micella	molecola	
Tessuti per coperture e tendaggi	pannello tessile o feltro	trefolo oppure fune	fibra elementare o fascio di fibre	fibrilla	crystalite	catena di molecole
Materiali vetrosi	pannello vitreo	intercapedine	molecola			
		strato di vetro				
Strutture in materie plastiche	strato globale	foglio o ritaglio tessile o cartoni	molecola			
		strato di resina				
Strutture di rivestimento o pavimentaz.	strato	getti di calcestr., bitume, malte	elemento minerale			
		blocchi piastrelle tessere musive				
Strutture in legno	squadrato ligneo o pannello compensato o rigenerato	stato di crescita (anelli annuali) o conglomerato di cellule	cellula elementare	fibrilla	crystalite	molecola
Strutture in metallo	profilato o pezzo metallico fuso	crystalite o crystallo	atomo			
Strutture in cemento armato	blocco di cemento armato	tondino (v. metalli)	inerte (vedi conci lapidei)	crystallo	molecola	
		calcestruzzo		gelo		
Strutture murarie	blocco di muratura	giunto di malta	elemento minerale	atomo		
		conco laterizio o lapideo (v. calcestr.)				
Ordine 1°		Ordine 2°	Ordine 3°	Ordine 4°	Ordine 5°	Ordine 6°

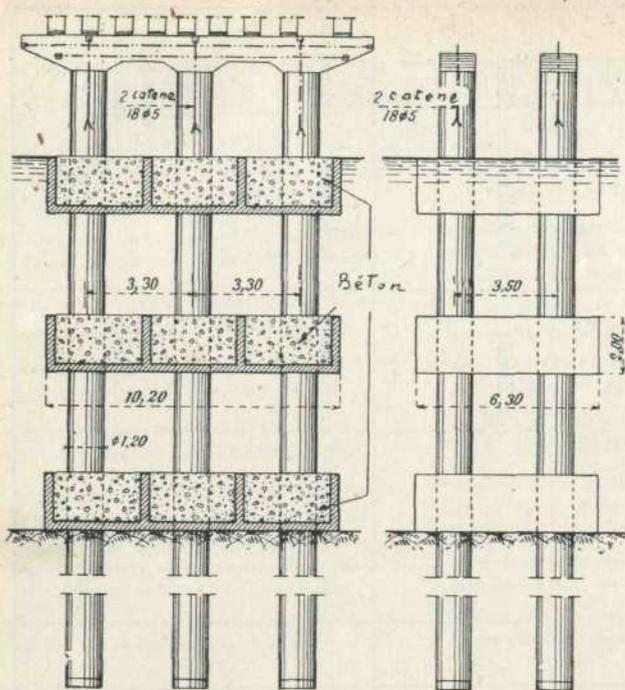


Fig. 10.

meccanico). Questi tre termini di corpi, essendo tutti parimenti semplici dal punto di vista geometrico, possono prendere posto nella prima colonna della tabella di fig. 9.

Analogamente potremo riempire una colonna con i termini morfologici di corpi cosiddetti cellulari (blocco cellulare, lastra cellulare, barra tubolare), i quali potrebbero essere derivati da quelli del 1° ordine essendo costituiti da tante lastre unite insieme; e perciò vengono detti corpi del 2° ordine geometrico. Poi una colonna con strutture a gabbia, costituite da tante barre, quindi del 2° ordine geometrico. Inoltre due classi di corpi ottenuti immergendo in un corpo del 1° ordine quelli del 2°

(7) A. CAVALLARI-MURZAT, *Evoluzione delle centine da ponte metalliche, rimovibili ed incorporabili*, in « Atti e Rassegna Tecnica », maggio 1949.

(8) A. CAVALLARI-MURAT, *Contributo torinese alla storia dell'evoluzione dei ponti del tipo Risorgimento*, in « Atti e Rassegna Tecnica », aprile-maggio 1950.

(9) Asserì giustamente SEVERUD nell'opera citata in (2): « In natura spesso la forma è più importante del materiale ».

(10) Par. 6. Nel *Trattato della Pittura* di LEONARDO.

(11) Esempio pratico. Entrando nella tabella lungo la 2ª riga orizzontale (2° ordine meccanico), potremmo elencare nell'ordine geometrico 1° mattonelle; nel 2° ordine geometrico ciottolato, tavelle Perret e coperchio da tombino; nel 3° ordine geometrico mosaico, muricelo di mattoni, soletta in cemento armato e soletta in vetro cemento. Oppure, ricorrendo a materiali ancora più significativi, ordinandoli come prima: lastre di materie plastiche omogenee, strato di sughero sciolto, cuscinetto isolante di gomma, materassino di paglia di vetro, manto di pietrischetto bituminoso, pannello di sughero, lastre di eternit, manti di materie plastiche armati con tessuti.

(12) Esempio pratico. Entrando nella Tabella alla 1ª riga orizzontale, in successione incontriamo al 1° ordine geometrico: dighe a gravità, dighe di pietrame sciolto, dighe a gravità alleggerite, refrigeratori, dighe in muratura legata, cassoni di fondazione, plinti in cemento armato.

ordine; e questi corpi chiameremo di 3° ordine perchè assommano o qualità della 1ª e 2ª colonna oppure qualità della 1ª e 3ª colonna.

Anche i corpi così foggiate hanno differenti gradi di deformabilità meccanica facilmente intuibili. Pertanto la tabella fornisce l'elencazione in colonne (verticali) degli ordini geometrici ed in righe (orizzontali) degli ordini meccanici. Le colonne potrebbero accrescersi: e con la più progredita tecnica della prefabbricazione siamo già giunti in vista di ordini geometrici superiori al terzo. Nella fondazione da ponte di fig. 10 i pali in cemento armato sono strutture geometriche del 3° ordine e vengono infilati in cassoni cellulari riempiti con calcestruzzo, perciò pure essi del 3° ordine, riconducendoci a strutture geometriche del 6° ordine. A tanta complessità è giunta la tecnica civile!

Altrettanto potrebbe dirsi delle righe, che danno il grado di deformabilità della struttura, in quanto si dovrà introdurre il già maturo concetto meccanico che la deformazione è funzione dello stato di tensione delle strutture stesse. Così una pretensione o precompressione ci porta a differenziare notevolmente il cemento armato normale da quello del precompresso pur avendo apparentemente eguali le visibili forme geometriche. E così i ponti Mélan (7) dovranno avere un ordine meccanico che differisce da quello degli archi cellulari in cemento armato (8).

Ne si vuoi tacere che la graduatoria della deformabilità meccanica ha un'altra complicazione, che è precisazione insieme, se si considera la necessità di tener conto delle curvature oggi tanto sfruttate ai fini dell'irrigidimento delle strutture a guscio.

Se proviamo a sostituire nelle ventiquattro caselle della tabella di fig. 9 i termini della nomenclatura convenzionale con i termini della nomenclatura tecnica pratica, otteniamo un panorama affascinante della genialità inventiva dell'umanità. Ed il fascino si accresce se riusciamo a porre accanto alle opere dell'uomo quei pretesti naturali che sono stati o che avrebbero potuto essere utilizzati nella loro ideazione.

S'apparentano allora idee strutturali realizzate nella stessa scala e — cosa forse più interessante — idee realizzate imprevedibilmente in scale macroscopiche o microscopiche, magari con materiali differenti (9). La figura 9, che potrebbe apparire oziosa esercitazione di pazienza, ci dà la chiave per meglio « penetrar dentro » nelle cose, per usare una espressione leonardesca (10). Specie questa penetrazione ci illumina nei riguardi dei materiali da costruzione, oggi così vari nelle molteplici pubblicitarie proposte dell'industria che sforna i suoi ingombranti sottoprodotti (11). Ma non minore risalto d'utilità ha in merito agli edifici, specie per quelli complessi alla cui descrizione e catalogazione sono insufficienti i vocaboli ed i metodi dell'antica trattatistica (12).

Augusto Cavallari-Murat

Politecnico di Torino - Istituto di costruzioni in legno, ferro e cemento armato e Istituto di Architettura Tecnica.