

VISIONE STORICA DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Dott. Ing. CARLO PARVOPASSU

PREMESSA.

Ho accolto con piacere l'invito, rivoltomi dall'insigne Politecnico di Milano, di dedicare al Corso di perfezionamento per le costruzioni di cemento armato 1953, quattro conferenze sul tema « Visione storica della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni ».

Avevo letto, per vero, in una dotta rievocazione storica della ricerca aeronautica ⁽¹⁾, che un grande matematico negava la tradizione scientifica, sostenendo la tesi che non bisognerebbe mai riesumare concezioni scientifiche sorpassate e che sarebbe assai utile distruggere drasticamente le documentazioni e sgomberare così gli archivi, i musei e la mente stessa dei giovani cultori: ma tale tesi non aveva scosso le conclusioni a cui l'esperienza mi aveva condotto, facendomi seguire coloro che hanno fede nell'interesse psicologico della tradizione del pensiero ed auspicano che alla storia della scienza e della tecnica si dia adeguata importanza nella preparazione dei discenti, evitando, ben inteso, i perditempo e gli inconvenienti di una sterile cultura.

Del resto, in una sua opera magistrale, Émile Picard, illustre membro dell'Istituto di Francia e professore alla Sorbona, a proposito della preferenza data ai metodi deduttivi nella trattazione della Meccanica, affermava ⁽²⁾ essere, a suo avviso, necessario mantenersi aderenti al punto di vista storico nello studio istituzionale della Meccanica (come, aggiungo io, di ogni altro capitolo della Fisica), senza lasciarsi troppo sgomentare per certe incoerenze, dovute alla straordinaria complessità dei fenomeni, e per certi così detti circoli viziosi, che non sono poi altro che approssimazioni successive convergenti. Il puro metodo deduttivo, egli dice, che parte da assiomi, i quali per la Meccanica e la Fisica in genere, non sono così intuitivi, come i postulati, riferiti alla esperienza volgare, della geometria, è evidentemente molto filosofico,

⁽¹⁾ G. A. CROCCO, *La ricerca aeronautica in Italia nel passato e nel futuro*. Aerotecnica, n. 6, 1952. Roma A.I.D.A.

⁽²⁾ É. PICARD, *La science moderne et son état actuel*. E. Flammarion, 1908. Paris.

giacchè dà luogo ad una esposizione ben connessa e logica, che è consona all'unico fine della scienza (quello cioè di cercare un sistema di immagini, che può anche non essere unico, ma che si fa corrispondere alla realtà e permette in certi casi di prevedere questa realtà, senza aver la pretesa di raggiungerla effettivamente); ma, particolarmente come metodo di insegnamento, non mostra come si è giunti a fondare la costruzione scientifica e perciò non soddisfa lo spirito: il punto di vista storico rileva il fatale succedersi delle correnti di pensiero e il divenire della scienza, vera e bella, per il quale la convergenza delle successive approssimazioni può ritenersi un postulato.

Raffaello Caverni, storiografo del metodo sperimentale in Italia, osservò, dal canto suo, ⁽³⁾ che a chi va oggi orgoglioso del suo gran sapere in fatto di scienze teoriche e sperimentali e compassiona la semplicità bonaria e l'ignoranza degli avi, potrà forse giovare il ricordo del passato, che riuscirà a togliergli stolte illusioni; giacchè gli mostrerà che i frondosi rami lussureggianti oggi sotto questo nostro Sole attinsero già il nutrimento di antiche radici, le quali, specialmente sotto il suolo d'Italia, si vanno a ricongiungere nell'albero della scienza, invisibili, ma pur sempre così efficacemente operanti.

Io trovo dunque buon appoggio nel pensare che anche per la Scienza e la Tecnica delle costruzioni possa giovare ai giovani soffermarsi sopra una succinta visione storica.

La trattazione sarà suddivisa in sette capitoli, dei quali i primi tre saranno oggetto della prima conferenza, i successivi due della seconda e gli ultimi due rispettivamente della terza e quarta.

Milano, 30 Aprile 1953

Prof. CARLO PARVOPASSU

⁽³⁾ R. CAVERNI, *Storia del Metodo Sperimentale in Italia* (in sette volumi). Civelli, 1891. Firenze. Tomo III.

INDICE

PREMESSA	Pag. 99
1ª Conferenza.	
Cap. I. Introduzione.	» 102
Cap. II. Generalità e definizioni.	» 103
Cap. III. Origini e preistoria della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.	» 110
2ª Conferenza.	
Cap. IV. L'evoluzione della S. e della T. delle C. nell'antichità.	
A) Civiltà orientali, anteriori al X sec. a. Cr.	» 114
1) Assiro-Babilonese XL-VI sec. a. Cr.	
2) Egiziana L-I sec. a. Cr.	
3) Indo-Persiane e Cino-Giapponesi XL-VI sec. a. Cr.	
4) Egeo-Minossico-Micenica XXX-X sec. a. Cr.	
B) Civiltà occidentali, posteriori al X sec. a. Cr.	
1) Etrusca X sec. a. Cr.-I sec. a. Cr.	» 120
2) Laziale X sec. a. Cr.-I sec. a. Cr.	
3) Greca IX sec. a. Cr.-V sec. d. Cr.	
4) Romana VIII sec. a. Cr.-V sec. d. Cr.	
Cap. V. L'evoluzione della S. e della T. delle C. nel medio evo.	
A) dal V al X sec. d. Cr.	» 129
B) dall'XI al XIV sec. d. Cr.	» 132
3ª Conferenza.	
Cap. VI. L'evoluzione della S. e della T. delle C. nell'evo moderno.	
A) Il Rinascimento da Leonardo a Galileo, XV-XVI sec.	» 134
B) La grande marcia della scienza da Galileo a Navier, XVII-XVIII sec.	» 147
4ª Conferenza.	
Cap. VII. L'evoluzione della S. e della T. delle C. da Navier ad oggi.	
A) Il secolo XIX.	» 180
B) Il secolo XX.	» 205

VISIONE STORICA DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

Dott. Ing. CARLO PARVOPASSU

Professore ord. f. r. di Scienza delle costruzioni nell'Università degli studi di Padova

1^a conferenza tenuta il 30 aprile 1953

CAPITOLO I

Introduzione

I. La visione storica della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni, che cercherò di tracciare come meglio consentiranno le mie modeste conoscenze e la mia limitata sensibilità di studioso, non vuole essere una rigorosa e discriminata cronaca dello sviluppo del pensiero scientifico e delle applicazioni tecniche nel campo delle Costruzioni dalle origini ai giorni nostri. Una esposizione di tal genere riuscirebbe, anche nella migliore delle ipotesi, incompleta e slegata, data la vastità del soggetto nello spazio e nel tempo, e non mancherebbe perciò di suscitare una delusione assai penosa. Del resto, chiunque lo desidera può trovare in opere cospicue, monografiche o enciclopediche, di cui abbonda la letteratura, antica e moderna, in ogni parte del mondo, la storia sistematica relativa a questo o quel capitolo della scienza pura od applicata, a questa o a quella ricerca od invenzione particolare; storia che leggerà con profitto se curerà altresì di sottoporre personalmente a vaglio critico le più o meno ampie ed esatte notizie e gli apprezzamenti più o meno fondati e sereni sulle persone o sulle opere che si sono avvicendate sulla scena del mondo ed hanno lasciato traccia durevole, non disgiunta spesso dal ricordo di effimere e riprovevoli manifestazioni di superba tracotanza, di incomprendimento e di odio.

II. Mi limiterò a fissare lo sguardo, con criterio rigorosamente obiettivo, sui momenti essenziali dello sviluppo della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni, senza esprimere personali giudizi sull'opera, particolare o complessiva, dei singoli protagonisti, e tenterò di trarre, se possibile, un quadro organico atto a mettere in chiara luce le grandi conquiste del pensiero e del lavoro nel progresso dell'Ingegneria e le vie nobilmente perseguite per alimentare sempre meglio di questa il razionale sviluppo a vantaggio dell'umanità intera.

Purtroppo l'umano benessere, materiale e morale, cui il progresso scientifico e tecnico, in ogni luogo e tempo, ha inteso di fornire le propizie condizioni di accrescimento, non ha raggiunto ancora ovunque le auspiccate e possibili mete: giacchè, a parte regioni remote della terra, che ancora sono portate a difendersi dalla cosiddetta civiltà moderna (in quanto essa loro appare ed è infatti improntata a spietato egoismo e perciò squallidamente povera di contenuto morale, nonostante l'indiscutibile buona volontà di parte degli uomini), vi sono ancora luoghi ove provvidenze apprezzabili hanno portato il treno ferroviario e l'automobile, il transatlantico e la nave aerea, l'energia elettrica, il cinematografo, la radio, la televisione, la macchina da cucire, la macchina da scrivere e da calcolo e il liquigas, ma nei quali gli abitanti, tutti o in parte, continuano a vivere in tuguri, a calcare piste fangose, ad attingere acqua dal pozzo o dalle cisterne, a depositare i rifiuti nelle strade del paese o della città, a ignorare le risorse locali meno evidenti. Uno sguardo allo smagliante passato dell'attività umana potrà spronare i futuri dirigenti della vita pubblica a correggere e rimuovere le stonature ed a favorire l'equilibrato progresso di tutti i nuclei sociali.

CAPITOLO II

Generalità e Definizioni

I. Scienza e Tecnica delle Costruzioni hanno per corrispettive, nella mia personale visione storica, le denominazioni di Teoria e di Arte del costruire; teoria ed arte intese nel loro significato più generale ed armonico, cui fanno riscontro, nelle varie branche dell'Ingegneria, altrettanti raggruppamenti particolari di teoria ed arte, scienza e tecnica, ciascuno per sè stante ma legato agli altri da fondamentali principi e metodi comuni a tutti.

II. Le costruzioni edilizie, le costruzioni stradali, le costruzioni idrauliche, le costruzioni di macchine, di strumenti, di impianti e mezzi d'opera, le costruzioni ferroviarie, le costruzioni navali, le costruzioni aeronautiche, con tutte le loro suddivisioni nei rispettivi capitoli relativi all'ingegneria civile, industriale e militare, si presentano ormai singolarmente come vastissimi corpi di dottrina scientifica e tecnica.

Le prime origini di tali discipline si perdono nei lontanissimi tempi ai quali si fanno corrispondere gli albori della vita umana, circa milleduecento millenni or sono; ma le prime codificazioni storicamente sicure di esse risalgono solo a pochissime decine di secoli e le loro costituzioni vere e proprie non sono anteriori alla rinascenza delle scienze

matematiche e naturali nel XV secolo e.v. ed al successivo graduale avvento del nuovo metodo sperimentale. Solo in questo stadio moderno della civiltà, le scienze tecniche poterono svilupparsi convenientemente, poggiando sopra una base comune ed organica, costituita da quella nuova dottrina generale, teorica e sperimentale, che prese il nome di Resistenza dei materiali. Con questa si identificano nel loro complesso la Scienza e la Tecnica delle Costruzioni, come sono modernamente intese, quali costituenti, in unità indissolubile, il fondamento universale delle particolari manifestazioni, teoriche e pratiche, dell'Ingegneria.

III. Quale posto si può assegnare alla Scienza e alla Tecnica delle Costruzioni ed alla rispettive applicazioni nel campo smisurato dello scibile?

Alle tre grandi branche delle conoscenze scientifiche raffigurate nella classificazione generale tuttora dominante, cioè la metafisica, la matematica e la filosofia naturale, sembra giunto il momento di aggiungerne decisamente una quarta sotto il nome di filosofia delle arti costruttive ed operative, destinata a raccogliere tutte le manifestazioni dell'intelletto e della volontà riguardanti l'Ingegneria civile, industriale e militare e le scienze tecniche ausiliarie.

Coloro che coltivano questo campo, complesso ed elevato, dell'attività umana possono, a buon diritto, invitare ad accedervi i cultori delle più antiche discipline, adoperando, come già fece lo Stagirita per la filosofia naturale, le parole rivolte da Eraclito di Efeso all'ospite, che si presentava nella sua casa davanti al fuoco, « Entrate, che anche qui sono gli Dei ».

Dalla metafisica questa nuova branca del sapere trae la guida logica e la concezione dei quattro valori o ideali del genere umano, il *vero*, il *buono*, il *bello*, l'*utile* (per l'ingegnere è superata a priori la questione della realtà del mondo esterno, intendendo egli questa realtà nel senso più volgare, come quella che si riferisce a fenomeni che si svolgono sotto i suoi occhi e di cui cerca di fissare e applicare le leggi). Dalla matematica essa deduce i mezzi potenti per le rappresentazioni, per le calcolazioni esatte o approssimate e per l'analisi informatrice dei processi creativi. Dalla filosofia naturale, che con Aristotele opponeva al regno astratto e statico delle idee matematiche di Platone la ricchezza del concreto, della qualità e della vita, ricava, attraverso la Meccanica e gli altri rami della Fisica, la congruenza alla realtà, con approssimazione quanto maggiore è possibile al vero.

In questa branca della conoscenza figurano al primo posto la Scienza e la Tecnica delle Costruzioni.

IV. Come si possono definire i problemi generali della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni?

In occasione della lezione di chiusura del mio insegnamento universitario in Padova, tenuta il 21 Maggio 1951, riassumevo i criteri seguiti in esso, ricordando:

a) che nei corsi affidatimi attinenti alle dirette applicazioni della meccanica, avevo sempre, seguendo la luminosa guida di Leonardo, di Galileo e di Newton, cercato di trattare, con unitario ed armonico sviluppo, i principi compenetrantisi della Cinematica, della Statica, della Cinetostatica e della Dinamica dei corpi e sistemi di corpi, poggiando tale sviluppo armonico, a carattere prevalentemente formativo, sulla solida base della Fisica e sull'uso ampio e completo della sintesi geometrica e grafica e dell'analisi algebrica ed infinitesimale;

b) che avevo dato molto rilievo alle questioni relative alla meccanica dei sistemi continui, solidi, liquidi, ed aeriformi, con particolare sviluppo delle teorie, statica e dinamica, della Elasticità ed anche, cautamente, della Elastoplasticità, della Plasticità e della Rottura, tenendo conto rigoroso delle equazioni di stato anche nei riferimenti necessari all'idrodinamica ed all'aerodinamica;

c) che avevo curato con particolare attenzione l'esposizione completa e sistematica dei concetti relativi ai caratteristici scalari, vettori, tensori ed invarianti della cinematica, della statica e della dinamica, con larga esemplificazione ed esame approfondito delle applicazioni tecniche ai sistemi costruttivi, piani o spaziali, fissi o in movimento, di tipo comune o di classe più elevata, facendo uso di chiari procedimenti numerici, analitici e grafici opportunamente associati;

d) che avevo dedicato assiduo lavoro alle prove o ricerche sperimentali sui materiali da costruzione, su elementi delle strutture e su strutture finite, per corrispondere alla esigenze didattiche, al progresso delle conoscenze scientifico-tecniche sulla resistenza e la durata e per il perfezionamento dei processi costruttivi.

In questa rievocazione delle mie personali fatiche sta l'indiretta definizione dell'oggetto e del contenuto delle discipline di cui ci occupiamo, ma non sarà inutile completare con alcuni chiarimenti tale definizione.

V. Definiamo pertanto subito esplicitamente i problemi generali concreti della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni, quali si pro-

spettano nel presente e si profilano per il futuro, considerando i loro specifici oggetti, i presupposti tecnici, gli enunciati formali, il complesso dei mezzi scientifici necessari per la loro soluzione.

a) Oggetto dei problemi da considerare sono i corpi materiali isolati ed i sistemi ordinati di corpi materiali, esistenti in natura od artificialmente prodotti, siano essi in quiete o in movimento, destinati a servire come strutture resistenti od operanti, di forma macroscopicamente invariabile, sia con vincoli completi o isostatiche sia con vincoli sovrabbondanti o iperstatiche (elementi costruttivi o membri di macchine, ossature, telai, scafi), ovvero di forma macroscopicamente variabile, con vincoli incompleti o ipostatiche ad uno o più gradi di libertà (macchine motrici, operatrici, trasmettitrici o indicatrici).

I corpi isolati, elementi costruttivi e membri di macchine, possono essere:

α) di forma allungata, con dimensione longitudinale prevalente sulle dimensioni trasversali, sia senza curvatura (come travi, nastri, verghe, cordoni, fili o fibre rettilinee), sia con semplice o doppia curvatura, a semplice o duplice connessione (come travi ad arco, ganci, anelli, cingoli aperti o chiusi, molle a spire);

β) di forma piatta, con dimensioni trasversali prevalenti sulla grossezza, sia senza curvatura (come piastre o lastre piane, più o meno spesse o sottili, membrane, veli piani), sia con semplice o doppia curvatura, a semplice o multipla connessione (come volte o cupole, involucri e recipienti a parete spessa o sottile);

γ) a forma di blocco, con dimensioni dello stesso ordine di grandezza secondo le varie direzioni, sia senza curvatura (come massi parallelopipedici, trapezoidali o piramidali, conci o cunei), sia con semplice o doppia curvatura (come serraglie di volte o cupole o pezzi speciali).

Quanto alla natura dei materiali costituenti, possiamo distinguere gli elementi costruttivi nei seguenti tipi:

α) corpi omogenei, formati con materiali coerenti, isotropi o meno, teneri o duri, fragili o tenaci, elastici o plastici, come le pietre naturali (rocce) o le pietre artificiali (conglomerati, laterizi, vetri ecc.), i metalli o loro leghe, i legnami e altri prodotti vegetali (paste e materiali cellulosici, caoutchou e resine, fibre tessili, fili e tessuti, corde e funi), alcuni prodotti di origine animale (cuoi, setole, avori, fibre tessili, fili e tessuti, corde e funi);

β) corpi non omogenei, ottenuti con l'impiego di due o più dei materiali sopraelencati, associati tra loro intimamente nella resistenza (strutture miste plurimetalliche, strutture miste di ferro e di legno, di ferro e conglomerato cementizio, di ferro e laterizio, di metallo e vetro, ecc.), in stato di coazione o meno;

γ) elementi, omogenei o meno, di opere stradali, fondazioni ecc. formati con materiali semicoerenti o incoerenti, come terre, sabbie ed altri ammassi granulari più o meno umidi o secchi;

δ) elementi di strutture particolari non omogenei, in cui si presentano, come mezzi di irrigidimento o di trasmissione di sforzi, materiali liquidi od aeriformi sotto pressione.

A loro volta i sistemi costruttivi possono essere costituiti da elementi costruttivi o membri, omogenei o non omogenei, di tipo anche diverso l'uno dall'altro, associati in strutture piane o spaziali, ipostatiche, isostatiche o iperstatiche, continue od articolate, con speciali strutture di collegamento ed accoppiamento mutuo delle parti, come bullonature, chiodature, saldature, coppie prismatiche, coppie rotoidali, coppie di rotolamento ecc.

b) I presupposti tecnici o dati fondamentali da assumere per lo studio di un sistema materiale resistente o dei suoi elementi costruttivi o membri e dei ripetitivi collogamenti o accoppiamenti devono essere indicati, caso per caso, da quel ramo speciale delle Scienze tecniche nella cui sfera il sistema rientra.

Si tratterà di un edificio, architettonico o meno, di un manufatto stradale od idraulico, di una macchina, di un apparecchio industriale, di uno strumento di misura, di un'automotrice, di una nave, di un aeroplano: ebbene saranno l'ingegneria edilizia, l'ingegneria stradale, l'ingegneria idraulica, l'ingegneria meccanica, l'ingegneria elettrotecnica, l'ingegneria chimica, l'ingegneria ferroviaria, l'ingegneria navale o l'ingegneria aeronautica che forniranno i dati fondamentali occorrenti alla impostazione, efficace e risolutiva, dello studio dell'opera.

L'ubicazione e le condizioni ambientali di essa, le dimensioni obbligate dell'insieme e delle parti, i carichi da sopportare, le altre azioni esterne di carattere statico e dinamico o di carattere termico, previste nelle loro massime grandezze e nelle loro variazioni, i tipi di strutture materiali corrispondenti ai vari elementi costruttivi o membri del sistema, i tipi di collegamento o di accoppiamento interno od esterno, tutto ciò dovrà essere specificato o per rilievo diretto, se trattasi di opera già esistente, ovvero per deduzione analogica o per intuizione inventiva, confermata con calcolo sommario preventivo, se si tratta di opera da costruire.

Per il progetto di nuove strutture si terrà presente il particolare scopo della struttura e si assicurerà il rispetto delle essenziali caratteristiche che ogni degna opera tecnica deve presentare, quali sono la rispondenza piena alla leggi dell'estetica e dell'economia, in rapporto al fine, bello ed utile, da raggiungere, e la garanzia assoluta di stabilità e durata, cui deve presiedere un opportuno fattore o grado di sicurezza.

c) I problemi di studio più particolarmente propri della scienza e della Tecnica delle Costruzioni, che debbono essere affrontati in base ai dati fondamentali sopra definiti, concernono segnatamente la determinazione del grado di sicurezza effettivo, corrispondente alla garanzia di stabilità e di durata, di un'opera già esistente od il calcolo definitivo della forma e delle dimensioni di progetto delle varie parti di un'opera da costruire, in relazione all'assegnato grado di sicurezza.

Essi possono ridursi a quattro, fondamentali e correlativi, riflettenti essenzialmente questioni di massimo e minimo, e precisamente:

Problema di collaudo di un'opera esistente, di antica o recente costruzione.

Con la sua soluzione, oltrechè a costatare il carattere di funzionalità dell'opera, si tende a determinare, mediante studio statico o dinamico approfondito, teorico e sperimentale, le sollecitazioni effettive massime e minime (tensioni, deformazioni e spostamenti) provocate dai carichi e dalle altre azioni esterne o interne prevedibili, nelle condizioni più pericolose, per confrontarle con quelle ammissibili per i materiali costituenti, in relazione al grado di sicurezza da imporsi per l'assoluta garanzia della stabilità e della durata dell'opera.

Ove si riscontri un grado di sicurezza troppo scarso, l'opera non verrà collaudata e dovrà essere adeguata alla sua funzione mediante lavori di rinforzo, per essere poi sottoposta a nuovo collaudo;

Problema di perizia di un'opera esistente, di antica o recente costruzione.

È problema correlativo del precedente e riflette la determinazione, mediante studio statico o dinamico approfondito, teorico e sperimentale, delle grandezze massime e minime dei carichi e delle altre azioni esterne, operanti sul sistema costruttivo, compatibili con il grado di sicurezza per l'assoluta garanzia della stabilità e della durata dell'opera;

Problema di progetto di un'opera da costruire per determinato scopo.

È il problema scientifico-tecnico di carattere creativo, correla-

tivo dei precedenti, nel quale le incognite non sono nè le grandezze delle sollecitazioni effettive (tensioni, deformazioni, spostamenti), nè le grandezze ammissibili dei parametri che definiscono le cause sollecitanti, come i carichi e le altre azioni esterne od interne, ma tutte o in parte le dimensioni dei vari elementi costruttivi o membri, dei collegamenti od accoppiamenti, legate eventualmente tra loro da condizioni opportune di forma e valutate in relazione all'impiego più appropriato di materiali di elevate qualità o di qualità imposte dalla disponibilità locali.

Le basi del calcolo di tali dimensioni includono non solo l'adozione di un congruo grado di sicurezza, che garantisca in modo assoluto la stabilità e la durata dell'opera, ma anche, fin dove è possibile, l'utile applicazione del concetto di uniforme resistenza, che favorisce insieme l'estetica e l'economia della struttura;

Problema di esecuzione di un'opera progettata per determinato scopo.

È il problema scientifico-tecnico di carattere esecutivo, che riguarda il procedimento costruttivo, di cantiere o d'officina, il controllo delle proprietà caratteristiche dei materiali da costruzione, naturali o artificiali, effettivamente impiegati, la traduzione in realtà del progetto dei singoli elementi costruttivi o membri e del loro collocamento in opera con i rispettivi collegamenti ed accoppiamenti, la verifica delle condizioni pratiche reali di sollecitazione, il rilievo dello stato di tensione e deformazione e degli spostamenti dovuti al peso proprio e alle eventuali cause di coazione.

d) I mezzi scientifici per la soluzione, più o meno rigorosa od almeno sufficientemente approssimata, dei sopraenunciati problemi hanno carattere fisico-matematico.

Essi sono attualmente già assai potenti, ma non sono sempre di facile uso, data la complessità delle indagini da eseguirsi e la complessità dei mezzi stessi di indagine.

Occorrerà ancora una lunga ed accurata, forse inesauribile, attività di ricerche fisiche per illustrare chiaramente le proprietà canoniche dei materiali da costruzione e migliorare, con adatte modificazioni dei trattamenti produttivi, le proprietà stesse; soprattutto quelle attinenti alla resistenza meccanica, nelle varie condizioni ambiente, sotto le azioni esterne, stazionarie o variabili, statiche o dinamiche, applicate ad essi in tutto il campo delle possibili deformazioni (elastiche, elastoplastiche e plastiche) fino alla rottura, tenendo conto della simultaneità di diverse sollecitazioni semplici, delle altissime o bassissime temperature, delle pressioni elevatissime.

Occorrerà ancora una elaborazione oculata e profonda dei me-

todi matematici, analitici e sintetici, particolarmente di quelli più attinenti alle varie branche della meccanica applicata, per consentirne una abbastanza semplice, chiara ed agevole applicazione alla determinazione delle forze operanti, costanti o variabili, conservative o dissipative, applicate, come azioni o reazioni, agli elementi costruttivi dei sistemi ipo-iso-iperstatici in equilibrio statico o dinamico, nonchè alla definizione e rappresentazione degli stati pericolosi di tensione e deformazione degli elementi stessi, con particolare riguardo ai vari criteri di stabilità che teoria ed esperienza suggeriscono come attendibili.

A tutti i cultori della fisica e della matematica spetta intensificare i contributi per rendere praticamente possibile l'esecuzione e l'interpretazione sicura dell'analisi sperimentale dei materiali e delle strutture finite e accessibile praticamente l'applicazione di metodi idonei di calcolo analitico e sintetico ai sistemi costruttivi: tali risultati permetteranno la sostituzione della tendenza odierna di affidare all'intuito la soluzione di questioni per le quali il calcolo riesce troppo arduo ed incerto (ciò che può essere consentito, come lo fu sempre necessariamente in passato, a personalità di altissimo intelletto ed eccezionale capacità) con una prassi cosciente convalidata dall'esperienza rigorosa e da calcolazioni perspicue alla portata di tutti i costruttori di classe elevata. I contributi pratici a sì segnalato progresso dell'alta Ingegneria costituiscono un impegno d'onore per i cultori di Scienza, giacchè l'elaborazione dei corpi di dottrina è allora veramente raggiunta quando se ne può parlare con semplicità e chiarezza tale da renderli accessibili ed assimilabili da ogni persona colta cui possano interessare.

VI. Chiudo il capitolo avvertendo che tutte le soluzioni dei problemi della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni potranno solo ottenersi con metodi di successive approssimazioni e potranno considerarsi soddisfacenti solo quando terranno conto, con sufficiente margine di sicurezza, di tutte le cause esattamente prevedibili di cimento e di eventi complessi pur dotati di scarso grado di probabilità.

CAPITOLO III

Origini e preistoria della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni

I. 1) Si può affermare con certezza che una rudimentale Tecnica ed una rudimentale Scienza del costruire dovettero senz'altro formarsi, pur non differenziate, fin dai primordi dell'era antropozoica, che si vuole iniziata, con gli ominidi, da oltre dodicimila secoli, alla fine del

terziario e più decisamente all'avvento del quaternario; in questo periodo quattro grandi glaciazioni si alternarono con manifestazioni alluvionali, dando luogo alla formazione del terreno agrario e perciò alle condizioni favorevoli per la vita umana ⁽⁴⁾.

Invero senza una capacità costruttiva ed operativa non sarebbe stato possibile ai primi uomini provvedere alla conservazione della specie: tale capacità trasse forse alimento dall'imitazione sagace degli animali sociali più evoluti, come le termiti, i ragni, le api, gli uccelli, i mammiferi, ed è quella che si riscontra ancor oggi nelle tribù cosiddette selvagge di alcune regioni del globo terrestre tuttora inviolate dalla civiltà.

2) Sono i sensi, soprattutto la vista ed il tatto, l'occhio e la mano, che, affiancando l'osservazione e la percezione all'intuito, espressione incosciente e primitiva della intelligenza, guidarono gli originari rappresentati della specie umana nella prima infanzia sociale, assimilabile a quella dell'infante nei primi mesi di vita, così eloquentemente raffigurata da Sant'Agostino d'Ippona nella sue mirabili Confessioni ⁽⁵⁾.

L'occhio e la mano, come consentono l'istituzione di una Aritmetica e di una Geometria rudimentali, non ancora astratte, ponendo in grado di distinguere, di numerare, di ordinare e di misurare nello spazio, rendono anche possibile la concezione meccanica rudimentale di sostanza e di resistenza, di deformabilità elastica e plastica, di movimento e di quiete, di forza e di energia; dopodichè la mente si apre gradualmente alla riflessione, da cui derivano le prime astrazioni e la formazione del sapere.

Nelle lingue più antiche esistono le voci per indicare le nozioni di acuto, piatto, rotondo, liscio, scabro, tenero, duro, la numerazione, la misura, la condizione di quiete o di moto relativo, lo sforzo: da esse le lingue moderne trassero con criterio analogico le parole esprimenti concetti astratti.

Principalmente dai sensi e dall'intuito dovevano dipendere le manifestazioni dell'uomo paleolitico, specie eurafricana ed eurasica, nel passaggio dalla vita nomade del cacciatore primordiale (Urjäger a quella fissa del pastore e coltivatore primordiale (Urbauer). In questo lunghissimo periodo si giunse certo, con l'ingegno e l'operosità, a moltiplicare l'effetto della mano con i primi strumenti, quali la clava, la lancia, il giavellotto, la fiocina, l'arco per scoccare frecce, gli uten-

⁽⁴⁾ A. UCCELLI, *Enciclopedia storica delle Scienze e delle loro applicazioni*. Hoepli. Milano, 1941-2-3.

⁽⁵⁾ Sant'AGOSTINO, *Le Confessioni*. Libro primo: cap. VI, VII, VIII.

sili fondamentali, la pietra focaia, che consentirono il dominio delle forze avverse alla vita, fino ad affermare la supremazia umana con l'uso permanente del fuoco, uso che implicava il ritrovamento tecnico dei mezzi per conservare un fuoco acceso, impedendo che si affievolisse o divampasse oltre certi limiti.

La costituzione dei primi nuclei di vita associata, in famiglie, tribù e villaggi, che permisero il sorgere delle prime abitazioni, strade e macchine, ed il manifestarsi delle grandi migrazioni, furono i veri fattori decisivi del progresso materiale e morale dell'uomo e dell'avvento di una superiore coscienza. E poichè ogni affermazione del genere riguardante la realtà segna un forzo verso una conoscenza riflessa e ragionata, in fase di elaborazione, i primi rudimenti della Tecnica e della Scienza delle Costruzioni, sia pure ancora non differenziati, si affermano già chiaramente prima della preistoria vera e coll'iniziarsi di quel perfezionamento psichico col quale, nella civiltà nascente, cominciò ad esercitarsi il raziocinio, l'esperienza, la riflessione, la formulazione di concetti astratti.

II. 1) La preistoria dell'umanità non si differenzia nettamente dal periodo iniziale della storia nel quale essa si dissolve inavvertibilmente. In quest'ultimo compaiono però testimonianze trasmesse per scrittura od altra rappresentazione positiva, mentre alla preistoria possiamo solo annettere documenti antropologici ed archeologici, ed argomenti etnografici e sociologici: pur essendo tali documenti ed argomenti di alto valore, riesce spesso arduo e talora impossibile, servendosi di essi, ricostruire, specialmente per la preistoria remota, il corso degli eventi con quella sufficiente certezza con la quale si può operare per il periodo storico.

Non esiste una preistoria uniforme cronologicamente per tutta l'umanità, ma il suo limite più vicino a noi può essere segnato, per le varie regioni e popolazioni, dalla scoperta e dall'applicazione diffusa dei metalli: noi conterremo la preistoria nel periodo neolitico, che corre tra il 150° ed il 50° secolo avanti Cristo, riferendoci alle più remote grandi civiltà di cui può interessare lo sviluppo.

2) La Tecnica, essenzialmente operativa e difensiva, è, nella preistoria, strettamente legata alla Scienza: però si presenta solo sotto forme religiose o mitiche, ispirate al concetto del dominio del mondo da parte di spiriti, begnini o maligni, più forti di qualunque uomo, di cui sia necessario propiziarsi la benevolenza o placare l'ira con offerte di sacrifici o con l'ausilio di magiche formule scongiuratorie. Mentre queste pratiche sembravano concedere protezione o

difesa contro i danni dei terrificanti fenomeni meteorici, le cui cause erano completamente ignote, esse erano ritenute indispensabili anche per far riuscire la semplice lavorazione di qualunque strumento o per poterne effettuare con buon successo l'impiego.

Alla fine dell'epoca neolitica, prima dell'inizio delle grandi civiltà orientali, l'attività manuale dell'uomo, intelligente e volitivo, era già molto progredita: i numerosi utensili, le armi, le prime macchine elementari, le rappresentazioni figurative, le industrie di prima necessità, come la filatura, la tessitura, la ceramica, la metallurgia, le prime costruzioni in legno o in pietra, i mezzi di trasporto e di comunicazione, gli approvvigionamenti idrici, l'utilizzazione degli animali domestici anche per le pratiche agricole e la pastorizia ecc. erano state le manifestazioni ergologiche più evidenti di cui la paleografia e l'archeologia forniscono testimonianze nello studio dei grandi cicli di cultura.

Gli utensili, con o senza impugnatura, erano derivati da sassi o da schegge di pietra o di ossa, corna o denti, naturali e, più tardi, lavorati: si poteva esercitare con essi l'azione di percussione normale (cuneo, martello, piccone, ascia, bulino,) o obliqua (mole, lime, seghe) o circolare (trapani): si ebbero anche coltelli, a uno o due tagli, aghi, arponi, zappe ecc.

Le armi, a partire dal bumerang, erano giunte al pugnale, alla lancia, all'arco con freccia a punta, alla fiocina ecc.

L'arte figurativa era apparsa con grandi rappresentazioni parietali di animali.

Le macchine elementari erano apparse col rullo o curro (mankana o varkana) e forse già si impiegavano la leva ed il piano inclinato.

Le macchine per l'industria rudimentale erano apparse come prime applicazioni delle macchine elementari (fusi e telai per filare e tessere fibre vegetali, torchi, torni e forni per prodotti ceramici, laterizi e metallurgici).

Le prime costruzioni in legno o in pietra erano sorte col passaggio dalla vita cavernicola alle palafitte ed alle abitazioni familiari, semplici ma progredite.

I trasporti per terra e per acqua si eseguivano mediante slitte sulle prime strade o sentieri, creati a simiglianza delle piste che già servivano agli animali superiori e, sulle vie fluviali, mediante imbarcazioni monossili ottenute con tronchi d'albero scavati longitudinalmente, arrotondati ed acuminati agli estremi, con propulsione a remo.

Gli approvvigionamenti idrici, l'agricoltura e la pastorizia avevano già raggiunto una affermazione primordiale ragguardevole.

Erano già ben progrediti i processi di astrazione mentale su cui nel periodo storico poggierà l'organizzazione del sapere.