

# TeknoeBook

GLI EBOOK DI TEKNORING

IL NETWORK DEI PROFESSIONISTI TECNICI DI WOLTERS KLUWER ITALIA

ingegneri.info architetto.info geometra.info edilone.it mixdesign.it  
periti.info tecnici.it chimici.info geologi.info agrinews.info

Storie di ingegneria

## Arturo Danusso e l'onere delle prove

a cura di  
**Fausto Giovannardi**

con la collaborazione di  
*Studio Giovannardi e Rontini*



Wolters Kluwer  
Italia

**Quelli tra noi che non espongono volentieri  
le proprie idee al rischio della confutazione  
non prendono parte al gioco della scienza.  
Karl Popper**

*L'ideazione non è che il mezzo per raggiungere il fine, il quale consiste tutto nella realizzazione: chi si abitua alla prima, senza il conforto e il freno della seconda, finisce col considerare il mezzo come fine, e quindi con lo snaturare le proprie facoltà creative, invece di affinarle.*

*Se costruire significa operare nella realtà, e se la realtà è, come ogni giorno ci appare dalle esperienze fisiche, estremamente complessa e concatenata, mentre la scienza per la povertà dei suoi strumenti è costretta a procedere a furia di limitazioni e di semplificazioni, lasciando fra se e la realtà un abisso, bisogna pure che l'ingegnere trovi nel suo spirito una forza che lo animi a varcare in qualche modo quell'abisso, perché la sua opera sorga sicura e prenda tra le altre il suo posto con dignità di forma e di sostanza.*

*Arturo Danusso, Pensieri introduttivi  
Scienza delle Costruzioni  
Tamburini Editore 1946*

## La vita (1880-1968)

Arturo Danusso<sup>1</sup> nasce il 9 settembre 1880 a Priocca d'Alba (CN) da Ferdinando e Paolina Dotta. Trascorre i primi anni a Genova, dove suo padre insegna matematica e fisica in un istituto tecnico. A quattro anni rimane orfano e con la madre, donna di non comune intelligenza e di forte volontà, ed il fratellino Ernesto, di appena un anno, si trasferiscono inizialmente in casa del nonno paterno<sup>2</sup> a Priocca, per poi andare ad abitare a Torino. Qui Paolina, profondamente religiosa, fa riferimento al parroco di S. Pietro e Paolo, Mons. Spandre, al quale è stata presentata dal parroco di Priocca. Arturo frequenta la scuola elementare gratuita, presso i Fratelli delle Scuole Cristiane.

Nel 1886 un'altra tragedia in famiglia, Ernesto si ammala di difterite e poco dopo muore. Anche Arturo si ammala di pertosse e perde un anno di scuola.

Non essendo di famiglia agiata, l'infanzia di Arturo sarà fortemente segnata dalle ristrettezze economiche<sup>3</sup> ed il suo carattere ne rimarrà

<sup>1</sup> Anche AD nel seguito.

<sup>2</sup> Matteo Danusso, geometra.

<sup>3</sup> Unico reddito di Paolina era la pensione di reversibilità di Ferdinando ed una piccola rendita ereditaria.

segnato in maniera indelebile, nella figura ascetica e nella profonda religiosità.

Con l'aiuto di Mons. Spandre, Paolina si trasferisce in un appartamento in via Baretto 36, vicino alla Scuola degli ingegneri del Valentino, dove prende a pensione studenti, che lo stesso prelato le raccomanda. L'ambiente casalingo si anima ed il giovane Arturo ne ricava stimolo e giovamento. Tra i pensionanti anche un giovane sardo, Giovanni Antonio Porcheddu(1860-1937)<sup>4</sup>, a Torino inizialmente con una borsa di studio, che rimarrà a pensione anche dopo scaduta la borsa con la promessa di pagare in futuro, dopo aver cominciato a lavorare. Nell'appartamento di fronte abita una giovane vedova, la veneziana Elvira Mazzaro, con i figli Beppi e Dina (Alessandra). Le due donne ed i figli diventano ben presto amici, ed una volta alla settimana le famiglie trascorrono una serata insieme a chiacchierare ed a giocare a tombola.

<sup>4</sup> **Giovanni Antonio Porcheddu** nacque in Sardegna, ad Ittiri il 26 giugno 1860. Figlio di un muratore, rimase presto orfano, e si trasferì a Sassari, dove lavorò come operaio alla costruzione del *Palazzo del Consiglio Provinciale*. Nelle ore libere si impegnò nello studio e si diplomò alla Scuola Tecnica Superiore, sezione di Fisica e Matematica. Ottenne dalla Provincia una borsa di studio per la frequenza del biennio di Ingegneria a Pisa; di qui passò a Torino, dove frequentò la Scuola di Applicazione per Ingegneri, conseguendo la laurea in Ingegneria Civile nel 1890, a trent'anni. L'anno dopo si laureò Ingegnere Elettrotecnico. Rientrato in Sardegna, gli fu prospettato un impiego nell'Amministrazione delle Miniere, per il quale però occorreva la laurea in Ingegneria Industriale. Porcheddu non esitò a tornare a Torino ed in un anno ottenne la sua terza laurea. Lo stesso anno sposò Amalia Dainesi, dalla quale ebbe sette figli. Si stabilì a Torino dove aprì uno studio tecnico con un socio. Ben presto intuì le possibilità offerte dal nascente sviluppo della tecnica del cemento armato, sperimentata e brevettata nell'ultimo decennio del 1800 dal geniale costruttore di origine belga François Hennebique e nel 1896, nonostante il parere contrario di parenti, amici e colleghi, ne prese la rappresentanza esclusiva per l'Alta Italia. I risultati non si fecero attendere, e nel giro di pochi anni la sua società divenne la più importante impresa del settore operando non solo a Torino e Genova, ma anche nel resto d'Italia. Tanti successi in opere variamente diversificate (edilizia abitativa pubblica e privata, edilizia industriale, edilizia di servizio e viaria: ponti e viadotti), gli valsero un'altissima fama e un'infinità di riconoscimenti, fra i quali il diploma di Cavaliere al Merito del Lavoro nel 1914. La Società contava, oltre quella principale, numerose altre sedi filiali, parecchie decine di ingegneri e tecnici e una fitta rete di agenti e rappresentanti sparsi per tutta la penisola. Comprendevo due settori distinti ma strettamente collegati: quello della progettazione e quello della messa in opera. In un primo momento, secondo i termini della concessione, la Società Hennebique collaborò alla formulazione dei progetti e al calcolo delle strutture in ferro; ma successivamente, col progredire e l'affermarsi dell'impresa torinese, questa assorbì tutte le competenze progettuali ed esecutive. Dell'attività costruttiva della Società Porcheddu due opere, almeno, meritano di essere qui sommariamente descritte per la loro importanza ed esemplarità: la ricostruzione integrale del famoso campanile di Piazza San Marco a Venezia, crollato improvvisamente nel 1902 per cedimento delle fondazioni, e il ponte sul Tevere a Roma detto comunemente Ponte Risorgimento. Porcheddu morì a Torino il 17 ottobre 1937.



Nel frattempo Arturo frequenta il ginnasio ed il liceo presso l'Istituto Sociale dei Padri Gesuiti, accolto gratuitamente come semiconvittore. Suoi compagni sono giovani della buona società di Torino, che talora lo umiliano, in particolare per i suoi vestiti confezionati in casa dalla madre. Ciò tuttavia non compromette il profitto di Arturo che per gli ottimi risultati ottiene una borsa di studio del Collegio della Provincia<sup>5</sup>, grazie alla quale può iscriversi alla Scuola d'applicazione per gli Ingegneri di Torino e frequentare prima il biennio presso l'Università coi matematici, poi la Scuola di Applicazione al Castello del Valentino.

E' uno studente modello, tanto da ricevere alla fine di ogni anno £. 300 come premio<sup>6</sup> (lascito Bernardi), risultando sempre primo del suo corso. Nel frattempo Antonio Porcheddu, che ha dato inizio con molta difficoltà ad una impresa di

<sup>5</sup> Carlo Alberto aveva istituito il Collegio delle Provincie per i nati negli antichi Stati Sardi (Piemonte, Liguria, Sardegna), poi il Collegio si era trasformato in una borsa di studio di £. 70 mensili per dieci mesi all'anno. Per ottenerla bisognava aver superato la licenza liceale con la media del 7 e presentarsi nella sede dell'Università ad un bis dell'esame di licenza, aggravato da altre prove scritte di fisica, matematica, filosofia, e dal componimento latino. I posti per tutti gli anni universitari erano 100. Arturo (AD nel seguito) riesce 3° su 80. Per mantenere il posto al Collegio delle Provincie bisognava dare tutti gli esami a luglio, avere la media del 27 e nessun voto inferiore al 24. AD riesce a meritare la borsa di studio per tutto il corso universitario.

<sup>6</sup> Accumulando questi premi, alla fine degli studi si troverà in tasca £. 900, che utilizzerà per andare in Germania.

“costruzioni di cemento armato” (una novità per allora) ha accettato di divenire licenziatario italiano del brevetto Hennebique, per la nuova tecnologia costruttiva del cemento armato. Nel pagare finalmente i debiti a Paolina, promette di assumere Arturo quando sarà laureato. Ma poco prima che Arturo si laurei, rimane improvvisamente vedovo, per la morte della moglie sotto parto, con una neonata ed altri sei figli. Disperato chiede a Paolina di assumersi la direzione della casa.

Il 29 agosto 1902, a soli 22 anni, Arturo si laurea con lode in ingegneria civile e riceve subito dal suo professore Camillo Guidi (1853-1941), la proposta di diventargli assistente, ma l'offerta non è accettabile, perché lo stipendio annuo è troppo basso ed insufficiente per le condizioni di Arturo. Proposta che con vivo dispiacere non può accettare, convinto com'è di dover iniziare a guadagnare, per non essere più di peso alla madre.

Nello stesso giorno deve porgere le condoglianze a Porcheddu: durante la visita, però, nessun cenno viene fatto sul futuro promesso impiego.

Intanto i Danusso sono in crisi con i pensionanti che diminuiscono e si decidono un po' a malincuore ad aderire al desiderio di Porcheddu, più volte espresso, andando ad abitare da lui.

Con i soldi dei premi faticosamente risparmiati, e stimolato dalla madre, intraprende un lungo viaggio all'estero, con un soggiorno a Koblenz, dove perfeziona il tedesco<sup>7</sup>, che aveva imparato da autodidatta, con l'aiuto di Padre Briccarelli, suo professore di liceo.

In autunno rientra a Torino, dove la mamma, suo malgrado, alloggia ancora in casa di Porcheddu; quest'ultimo, in occasione del Natale, propone ad Arturo di assumerlo e Arturo entra nell'ufficio tecnico di Porcheddu, ma ha la sensazione di essere stato assunto solo per dovere. Nel frattempo si fida con Dina, alle condizioni dettate dalle madri: i fidanzati non dovranno mai uscire da soli e potranno sposarsi solo quando lo stipendio di Arturo, sarà in grado di mantenerli. Nel lavoro Arturo, non si sente a suo agio e pensa ad una diversa sistemazione. Alla prima occasione che gli si presenta -un concorso bandito dalle Ferrovie Meridionali- partecipa e vince. Destinato a Benevento, inizia il lavoro partendo dalla gavetta, con le funzioni più umili, come quella di persuadere i viaggiatori che pretendono di discutere il prezzo del biglietto. Ricorderà con piacere l'incarico ricevuto dalla direzione, *”di indagare sulla rottura di una damigiana di liquore (la strega di Benevento) ed il successo avuto dalla sua dimostrazione che la rottura era da ascrivere non a cattivo trattamento da parte del personale, ma all'esistenza di uno*

<sup>7</sup> ed in cui stringe un forte legame culturale, che rimarrà inalterato anche quando l'Italia entra in guerra contro la Germania

stato di coazione interna per difetto di costruzione<sup>8</sup>.

Pensa di portare anche la mamma a Benevento, ma in occasione di un ritorno a Torino, Giovanni Antonio Porcheddu lo accoglie con una cordialità nuova, e gli mostra le novità nella sede dell'impresa facendogli capire che gradirebbe il suo ritorno all'ufficio studi e progetti. Arturo gli manifesta i motivi che lo avevano portato ad allontanarsi, ed i due ingegneri si chiariscono definitivamente.

Per il giovane Danusso inizia una eccezionale esperienza pratica e teorica, che testimonierà con numerosi articoli sulla rivista "Il Cemento", fondata dal dott. Morbelli, figlio di cementieri, chimico sperimentale dell'impresa Porcheddu, di cui sarà costante collaboratore<sup>9</sup>. Durante questi anni ha spesso contatti con il prof. Camillo Guidi, che lo segue con simpatia, interessandosi alle prime applicazioni del cemento armato, che ancora non ha una sua teoria scientifica.

*"Si ebbe allora un periodo di eccezionale attività: ottimi ingegneri, fra loro cordialmente affiatati, vi collaborarono, inserendo nella feconda corrente di pensiero le loro particolari fisionomie di studiosi e di progettisti. L'ingegnere Porcheddu, occupato nella direzione generale di quella che era oramai diventata una grande impresa, ..., scelti con cura i propri collaboratori lasciava loro libertà d'azione... Così quello studio fu, per tutti noi che vi passammo fervidamente parecchi anni, una scuola di rara efficacia, in un tempo in cui la teoria diceva ben poco in confronto di quello che la pratica aveva osato con felice arditezza."*<sup>10</sup>

Scriva su "Il Cemento" articoli che illustrano in dettaglio i nuovi sistemi di costruzione con il calcestruzzo armato, nonché descrive i calcoli delle fondazioni continue, della freccia di solette e travi, di travi a traliccio, di piastre, etc.

<sup>8</sup> Dal manoscritto dell'intervento commemorativo tenuto dal prof. Piero Locatelli all'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere di Milano nel Febbraio 1969.

<sup>9</sup> Pubblicata a Genova dal maggio al dicembre 1904, si trasferisce a Milano nel gennaio 1905. Esce nel capoluogo lombardo fino al 30 dicembre 1911 (a. VIII, n. 24). Dal 15 gennaio 1912 (a. IX, n. 1) al novembre-dicembre 1943 (a. XXXIX, n. 11-12) esce a Torino. Dal gennaio 1943 (a. XL, n. 1), viene nuovamente pubblicato a Milano. Fra gli aspetti più interessanti della rivista è da segnalare lo sforzo compiuto dalla redazione per cercare di rispondere alle esigenze poste dalla realtà; e tale aspetto appare con particolar evidenza in occasione dello scoppio della prima guerra mondiale, come testimoniano ad esempio gli scritti *Il cemento armato nelle opere militari* (15 gennaio 1915) e *Per la ricostruzione dei paesi distrutti dalla guerra* di Arturo Danusso (15 ottobre 1917). È da ricordare che, anche in quegli anni, interesse precipuo della redazione rimane quello del progresso dell'arte edile, come scrive, infatti Danusso al principio del 1915: "Noi non tralasciamo di ricercare le orme del progresso umano dovunque esse si rivelino, su terreno amico o nemico, e di diffonderne la visione" (*Riflessi d'attualità*, 15 febbraio 1915).

<sup>10</sup> A. Danusso, In memoria di G.A. Porcheddu, *Il cemento Armato* n.11 Nov.1937 Milano

Egli sente il contrasto tra l'educazione teorica ricevuta durante la scuola e le attuazioni pratiche del non ingegnere Hennebique, che costruisce basandosi prevalentemente sull'intuito, e le cui opere precedono di molto la scienza, che invece le reputa insicure. Da qui nasce il suo impegno nel "rivedere la teoria alla luce della pratica per giustificare le ragioni che Hennebique attua senza darne ragione."

La cultura umanista ed i valori spirituali di cui è intriso trovano sbocco anche in poesie che Arturo custodirà gelosamente per i suoi cari. Con questi versi, ad esempio, si apre un suo lungo poema dedicato a Dina prima del matrimonio (*Torino 20 maggio 1904*):

*O dolci ore che foste, o giorni miei forieri  
Or d'affanni impensati, or di più liete  
Speranze, ritornate! – La mia mente  
L'ampia fiumana dei pensier seconda.  
E rapida s'affonda  
Nel mar delle memorie.*

Nel 1906 si sposa con Dina (28 agosto 1883 –6 ottobre 1967), e dal matrimonio nasceranno quattro figli, Eleonora (1907-2006), Emma (1909-2000), Silvia (1918) ed un figlio Ferdinando (1921-2006) ai quali sarà impartita una rigorosa educazione. I due coniugi vivranno felicemente insieme per 61 anni. Nei primi anni di matrimonio abitano in via Madama Cristina, dove affittano anche un appartamento vicino per la mamma Paolina (loro sono al 3° piano e lei al 4°). Frattanto il giovane ingegnere si impadronisce



della moderna tecnica di progettazione del cemento armato e si inserisce pienamente in quel movimento di modernizzazione, che pur salvaguardando l'eredità della tradizione, si appropria dei nuovi metodi costruttivi e li utilizza. Sono gli anni del futurismo e tutto ribolle di idee nuove. Dirà poi: *il calcestruzzo armato fu una vera rivoluzione non solo nella tecnica costruttiva, ma nella stessa Scienza delle Costruzioni, in quanto nel suo organismo vi si potrà scorgere quella che di ogni organismo è la suprema perfezione, cioè la capacità dei suoi organi di associarsi in unità e di interagire efficacemente gli uni per la salvezza degli altri.*<sup>11</sup>

Danusso diviene ben presto uno degli elementi di punta dell'ufficio tecnico della società Porcheddu Ing. G.A. e nel 1907 firma il progetto per la costruzione di un **Ponte** sull'Astico presso **Calvene** (Vicenza), che sarà costruito dalla società stessa. Ponte a sezione cellulare, che riesce a superare la luce di 34.50 mt. con una unica arcata e con una freccia di soli 2 mt. Fino a quella data non era mai stato realizzato un ponte ad arco così ribassato. Generalmente per i ponti Hennebique il rapporto tra freccia e luce era dell'ordine di 1/10. Un ponte che, come scriverà anni dopo, *"... previsto per veicoli leggeri e vissuto felicemente attraverso due guerre, che non gli risparmiarono carichi ben maggiori."*

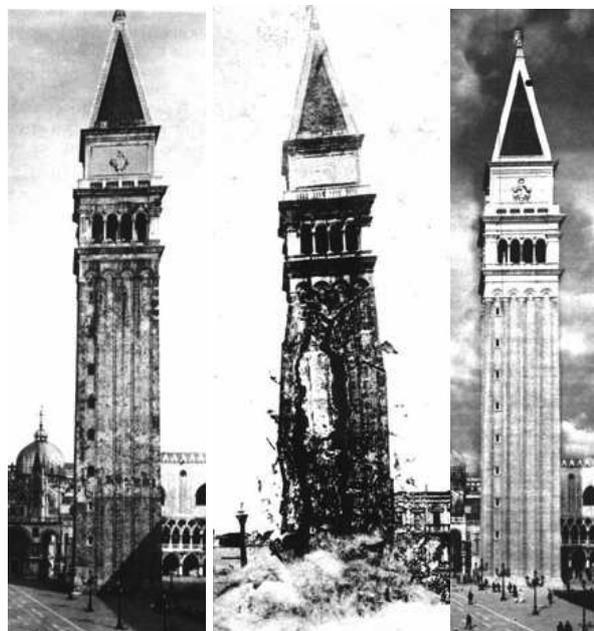
In occasione del dibattito immediatamente successivo al **terremoto di Messina** (28 dicembre 1908), Danusso espone i suoi originali studi sulla ingegneria sismica, che ne faranno un precursore a livello mondiale e primeggia nei concorsi indetti per la ricostruzione post-sismica, banditi poco dopo il terremoto.

Come vedremo negli Approfondimenti, è ad Arturo Danusso che va ascritto il merito di aver compreso la necessità di tenere conto delle proprietà dinamiche degli edifici, nella risposta alle azioni del terremoto e di aver compreso come un sistema lineare elastico, ad n gradi di libertà, possa essere considerato equivalente ad n oscillatori ad un singolo grado di libertà.

Partecipa al rivoluzionario progetto del ponte del Risorgimento a Roma, ma soprattutto si impegna in un'opera straordinaria, la ricostruzione del **Campanile di S. Marco a Venezia**, che il 14 luglio del 1902 si era sbriciolato al suolo, in un cumulo di polvere. Le murature non avevano retto al peso e da subito la Municipalità ne aveva deliberato la ricostruzione "com'era e dov'era". Ma se l'esterno non doveva sembrare diverso, all'interno la struttura doveva essere alleggerita e resa più resistente. L'appalto ed il progetto delle strutture portanti in calcestruzzo armato ed i relativi calcoli, furono affidati alla Società Porcheddu G.A. ed in particolare ad un ormai



affermato ing. Arturo Danusso, uno dei più attivi nel gruppo di collaboratori dell'ingegnere sardo. Il progetto di ricostruzione prevede quattro grandi pilastri interni di cemento armato, legati alle murature perimetrali. Alleggerita e rinforzata, rispetto all'originaria, anche la cella campanaria, formata da adeguate strutture metalliche, il cui castello deve reggere il peso di 1.500 kg di campane, e l'ardita ed elegante cuspide piramidale, alta 20 metri, resa rigida da nervature verticali e da travature orizzontali di collegamento, tutte in conglomerato cementizio armato. Alla fine dei lavori l'intera opera, opportunamente stabilizzata e rinforzata alla base con un'ampia piattaforma cementizia poggiante su oltre 3.000 pali, segnò una consistente diminuzione di peso, da 12 milioni a circa 9 milioni di chilogrammi con un sensibile abbassamento del centro di gravità. Il 25 aprile 1912 vi fu l'inaugurazione del nuovo campanile.



La risonanza di questo intervento fu mondiale, tanto che nello stesso periodo in cui si ricostruiva il campanile, a New York fu inaugurata la MetLife Tower, il più alto edificio dell'epoca con i suoi 213 mt, su progetto di Napoleon Le Brun & Sons, che avevano preso a modello il campanile di S. Marco.

<sup>11</sup> Carlo Gorla, I 75 anni della rivista Il cemento, 1978

L'attività privata di Danusso aumenta e nel 1912 si concretizza nel brevetto dei Solai DUPLEX a travetti incrociati in cemento armato e laterizi forati, che avranno notevole diffusione.



Nel 1913 progetta un ponte sul Brenta a Prunolano, ad arco ribassato con piedritti di sostegno dell'impalcato stradale, di luce 44,30mt e freccia 4,50mt, distrutto nella prima guerra mondiale e ricostruito tal quale nel 1924 ed ancora in buono stato. Sempre nello stesso anno progetta anche un ponte sul Busento a Cosenza, intervenendo su una struttura già iniziata, con una originale soluzione per le spalle che si adattarono su quelle già esistenti in muratura. E' un ponte di luce 37,0mt con freccia di 2,43mt, con sezione cellulare a 4 camere larga 7,50mt.

Del 1914 è il ponte sulla Dora Riparia ad Exilles, eseguito per l'impresa Gino Morsa di Milano, che aveva vinto l'appalto di un concorso bandito dalla Provincia di Torino. Un grande ponte ad arco parabolico di luce 60,0mt e freccia 19,70mt, composto da due costoloni, collegati tra loro da un traliccio, con piedritti posti ad interasse di 5,0mt a sostenere la soletta nervata larga 5,40mt. Per accedere al ponte due viadotti curvilinei.

Nel 1916 progetta per la ditta Porcheddu, un ponte ferroviario a Loreo, vicino a Rovigo, oggi non più esistente, di luce 40,50mt con due travi arco e soletta inferiore.

Si occupa anche della progettazione di navi in calcestruzzo armato: *due piccole navi sotto le 3000 tonnellate sono costruite in un cantiere ligure (un dragamine e un cinque alberi).*<sup>12</sup>

Rimane ancora qualche anno a lavorare nella società Porcheddu<sup>13</sup> e poi a 35 anni, la grande svolta della sua vita. Nel 1915 su sollecitazione del prof. Camillo Guidi partecipa<sup>14</sup> alla selezione per la cattedra di Meccanica strutturale presso il Regio Istituto Superiore a Milano (poi Politecnico).

<sup>12</sup> Da Una piccola storia di Arturo, pag.22

<sup>13</sup> Arturo Danusso sarà sempre riconoscente al Porcheddu, ed il 25 giugno 1960, in occasione del centenario della sua nascita, scriverà per La Nuova Sardegna un lungo articolo commemorativo

<sup>14</sup> Vedi in Approfondimenti

Risulterà vincitore e si trasferirà definitivamente in questa città, per insegnarvi fino al 1950.

*"Per oltre 40 anni dedicò all'insegnamento propriamente detto la ricchezza spirituale di cui era dotato e fu docente insigne, dalla parola al tempo stesso piana ed elevata che, fondata su basi scientifiche e tecniche, portava in aula il riflesso di una attività scientifica e professionale di alto livello e, soprattutto, il riflesso di una intensa vita spirituale nutrita di profonda meditazione e di non meno profonda umiltà."*<sup>15</sup>

La famiglia va ad abitare in via Pergolesi, in un appartamento in cui, *"il bagno, l'impianto elettrico, lo studio per AD, (anche se poco luminoso e verso il giardinetto), il telefono in portineria sono novità e migliorie rispetto all'abitazione precedente"*.<sup>16</sup>

Al Politecnico, annesso alla cattedra di Danusso, vi è un Laboratorio Prove Material. Quando comincerà il collaudo dei materiali da guerra per i quali le attrezzature non basteranno, Danusso otterrà altre macchine e altri aiuti. Nel 1916 il Laboratorio è dichiarato il più piccolo stabilimento ausiliario d'Italia e Danusso viene esonerato dalla chiamata alle armi come Direttore del Laboratorio stesso. Notevole sarà il lavoro svolto in questo periodo e l'esperienza che ne consegue sarà messa a frutto negli anni futuri del dopoguerra, quando fu affiancato al laboratorio di prove dei materiali, quello per le indagini scientifiche su Modelli e Costruzioni. Ma non vi sono solo aspetti positivi. Durante la guerra (1915-18) Danusso, essendo stato esonerato dalla chiamata alle armi, porta come distintivo un bracciale bianco, rosso e verde, che richiama l'attenzione e a volte lo sdegno di chi gli passa accanto, e qualcuno lo chiama disertore.

Passata la guerra la sua carriera accademica procede congiuntamente con il lavoro di consulenza; è spesso coinvolto in commissioni di valutazione dello stato di importanti costruzioni storiche come la Torre di Pisa, il campanile di Sant'Ambrogio a Milano, la Mole Antonelliana di Torino, la Cupola di San Gaudenzio a Novara, le cattedrali di Milano e di Pavia. Prenderà parte anche nella progettazione di molte grandi strutture come ponti, dighe, linee elettriche, e grattacieli, qualificandosi per le prove su modelli.

I suoi interessi di ricerca si concentrano sulle strutture in cemento armato, che indaga nel comportamento statico e dinamico, affacciandosi anche ad esaminarne il comportamento in fase plastica, ed ai benefici effetti nelle strutture iperstatiche, in ciò stimolato dall'esperienza con Hennebique e dai recenti lavori di Gustavo Colonnetti.

<sup>15</sup> Piero Locatelli, Presentazione del libro: La scienza e lo spirito negli scritti di Arturo Danusso,

<sup>16</sup> Da Una piccola storia di Arturo, pag.21

Costante è il suo impegno nelle organizzazioni cattoliche, testimoniato dai numerosi interventi e scritti, che ci riportano la figura di un uomo intriso di un profondo sentimento religioso.

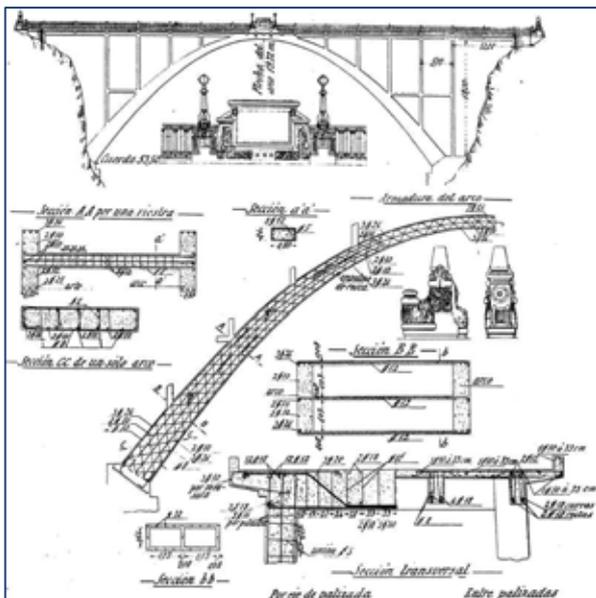
Nel 1921, nell'appartamento di via Pergolesi, nasce l'ultimo figlio Ferdinando, che fin da ragazzo rivela doti geniali e che diverrà poi un grande chimico e stretto collaboratore del premio Nobel, prof. Giulio Natta. (vedi Approfondimenti).

La famiglia Danusso trascorre le estati a Levanto, a villa Dina<sup>17</sup>, prima in affitto e poi acquistata (1926).

A tutto pensa la moglie Alessandra (Dina), che si occupa della famiglia con polso fermo e inesauribile energia, lasciando ad Arturo la possibilità di lavorare tranquillamente. Da via Pergolesi si trasferiranno poi in via Andrea Doria 7, in un bell'appartamento che Arturo e Dina non abbandoneranno più.

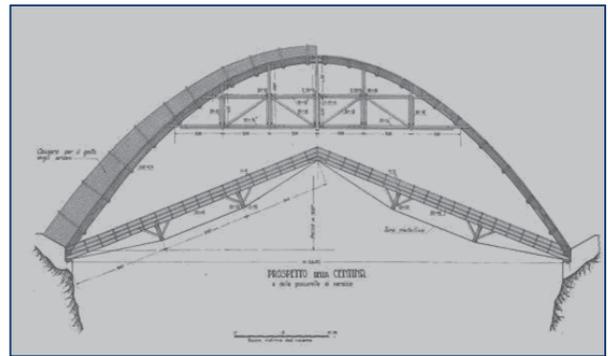
Del 1922 è il ponte sul Brembo a S. Pellegrino Terme (BG) di 5 campate in travi continue, realizzato dall'impresa di Luigi Terzi e "decorato" dal Prof. Arch. A.Cavallazzi e quello sul Trebbia a Travo (PC), un ponte a 6 campate, di luce 49,50mt con freccia di 4,90mt. e di cui segue anche la direzione lavori ed in particolare le fondazioni in alveo che richiesero l'impiego di cassoni cilindrici in cemento armato, di 9,0mt di diametro.

Del 1923 è Il famoso **Ponte della Vittoria**, un ponte ad arco di luce 53,50mt. che realizza l'attraversamento del torrente Pioverna, tra Cremeno e Maggio, in Provincia di Lecco su una incisione naturale avente circa 86 metri di



profondità. L'appalto fu vinto dalla ditta Terzi di Milano per 456.000 lire, con progetto strutturale di Arturo Danusso. I lavori furono eseguiti nella

<sup>17</sup> In precedenza dal 1922 al 1924 la villa era stata affittata da Benito Mussolini.



seconda metà del 1923 in soli 6 mesi, grazie all'utilizzo di un ardito ponte di servizio realizzato con due travi tipo Fink e di una centina, per il cui progetto Danusso si rifece al lavoro fatto dall'ing. Zucheri-Tosio, per un piccolo ponte vicino ad Aosta, con l'impresa Cavacini. Il disarmo avvenne il 9 dicembre 1923. Il ponte è stato per lungo tempo considerato uno dei più apprezzabili esempi italiani di utilizzo del cemento armato. Strutturalmente composto da due archi (funicolari del peso proprio + metà sovraccarico uniforme 400kg/mq) collegati trasversalmente da cordoli, e posti inclinati per resistere al vento. Nel 1984 è stato oggetto di un intervento di riqualificazione progettato da Francesco Martinez y Cabrera, che ha previsto l'allargamento dell'impalcato da 5.00 a 8.90 mt, il rinforzo delle arcate e dei puntoni, nonché l'aggiunta di traversi di controvento dei puntoni, che ha rispettato il più possibile, l'architettura originale del manufatto.

*Luigi Terzi dirigeva un ufficio di rappresentanza di Porcheddu a Milano. Nel 1916 o 17 si dimette dalla Porcheddu<sup>18</sup> e comincia a lavorare per conto proprio, affidando la consulenza al prof. Danusso. Notevole è per Danusso il ricordo di un lavoro eseguito con questa impresa, chiamata nel 1917 a costruire un ponte ferroviario a Loreo sulla Rovigo-Chioggia (luce di 40 metri fortemente obliquo rispetto al canale attraversato). L'opera risultava particolarmente ardita rispetto alle abituali vedute degli ingegneri ferroviari dai quali dipendeva l'approvazione; essi avrebbero richiesto una travata metallica, come forma più tradizionale, ma l'acciaio scarseggiava per motivi bellici e occorreva la costruzione in cemento armato. Supremi comandanti nel Veneto erano allora i militari; al Generale il prof. Danusso faceva presente che si sarebbe sentito di fare il ponte a modo suo, ma che gli ingegneri ferroviari lo avrebbero bocciato. Il Generale lo autorizzava allora, sotto la sua responsabilità, a progettare, poi convocava per atto di riguardo gli ingegneri ferroviari, i quali, come previsto, negavano il loro consenso. Il Generale allora decideva d'autorità per questo progetto che veniva eseguito per*

<sup>18</sup> Dalla Porcheddu, oltre a Terzi, si stacca anche Stura, che costituisce una propria impresa a Genova, con la quale Danusso collaborerà per un periodo.

azione di Danusso e di Terzi. Durante l'esecuzione Danusso si accorgeva che i ferri da mettere nel cemento erano quelli del mercato in tempo di guerra, cioè duri e gli facevano paura perché avrebbero potuto spezzarsi (un giorno uno si ruppe cadendo a terra mentre lo scaricavano dal carro); la sua speranza era che avvolgendoli di calcestruzzo resistessero, ma la responsabilità era forte e ne aveva grande pensiero fino al giorno del collaudo, riuscito poi ottimamente, presente il ministro Bonomi.<sup>19</sup>

All'alba del primo dicembre 1923, sei milioni di metri cubi di acqua e fango si riversarono, dall'enorme fenditura della **diga di Pian del Gleno** (in val di Scalve, Bergamo), sui villaggi sottostanti, causando 356 vittime accertate, ma probabilmente, i deceduti furono di più. Grande fu l'emozione che portò anche ad un didattico in parlamento. Nel processo penale che si celebrò fra il gennaio 1924 ed il luglio 1927, il tribunale nominò come periti i proff. Gaetano Ganassini e Arturo Danusso, mentre la difesa si avvale della consulenza del professor Mario Baroni e degli ingegneri Ugo Granzotto, Luigi Kambo e Urbano Marzoli. La difesa tentò di attribuire il crollo ad un'attentato anarchico, ma la perizia di Ganassini e Danusso, dimostrò che il crollo derivava da una insufficienza statica della muratura di fondazione. Il processo si concluse con la condanna del proprietario dell'impianto, (l'azienda Viganò), del progettista e direttore dei lavori, l'ingegner Giovan Battista Santangelo, e dell'impresa costruttrice, ad alcuni anni di reclusione, poi condonati. Fu un'esperienza umanamente impegnativa, che Arturo Danusso visse con travaglio.

Tra i suoi allievi al Politecnico vi fu anche il grande matematico Bruno de Finetti, che secondo il ricordo della figlia Fulvia<sup>20</sup>: "Durante il terzo anno universitario (1925 NdR) si limitò a seguire le bellissime lezioni di Elettrotecnica tenute da Riccardo Arnò e di Scienza delle costruzioni tenute da Arturo Danusso, che ancora nel 1962 pubblicò in *Civiltà delle Macchine*, la rivista fondata nel 1953 da Leonardo Sinisgalli e alla quale mio padre collaborò fin dagli inizi, l'articolo *Lo scienziato e la civiltà, che termina citando una terzina del XXXIII canto del Paradiso. Bruno superò con 110 e lode l'esame di Scienza delle costruzioni (omaggio alla memoria del papà e del nonno?) e con 110 quello di Elettrotecnica,...*"

*Ai suoi corsi compaiono allievi, come Bruno Finzi e Giulio Krall (1901-1971) forti in matematica che promuovono richieste ed obiezioni per rispondere*

<sup>19</sup> Da Una piccola storia di Arturo, pag. 24-25

<sup>20</sup> Istituto Lombardo di Scienze e Lettere Milano, 8 giugno 2006 - Palazzo Brera, Incontro di studio Bruno de Finetti — *Bruno de Finetti e l'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere* Fulvia de Finetti

alle quali la cultura di Danusso non è sufficiente. Egli capisce allora che un buon insegnante deve vedere la materia da un punto di vista notevolmente più alto di quello che il programma richiede e decide di frequentare nella Facoltà di Matematica Pura i corsi di Fisica matematica e di Meccanica superiore tenuti dal prof. Cisotti, grande maestro col quale ha fatto buona amicizia. Dispone che questo impegno sia anteposto a tutti gli impegni professionali, sicché non debba perdere alcuna lezione e, poiché si tratta di corsi monografici con programma variabile di anno in anno, decide di prendere gli appunti per poterli poi meditare. La frequenza ai corsi continua per una decina d'anni con soddisfacente risultato, prima con Cisotti («infatti, Danusso, quanti perché!») e più tardi con Finzi, titolare della stessa cattedra.<sup>21</sup>

*Oratore nato, le sue lezioni, senza fronzoli ne ricercatezze retoriche, erano spesso veri capolavori, che si ascoltavano nel più religioso silenzio, presi dal fascino che emanava dalla sua parola, dal suo sorriso. Era chiaro che gli piaceva fare lezione, era chiaro che lo considerava un esercizio di carità nel senso più nobile della parola, era chiaro che vi prodigava tutto se stesso senza riserve.*<sup>22</sup>

Tra il 1919 ed il 1922 a Milano in via Moscova, si costruisce un edificio che suscita scandalo tra la popolazione, che lo chiama da subito **la cà brutta** (la casa brutta). Il progetto è dello studio Colonnese e Barelli ed il cantiere è seguito dal giovane architetto Giovanni Muzio.

Durante la costruzione dell'edificio si verifica un fatto curioso: lo "scoppio" di un pilastro. In cantiere vi sono 400 operai e la cosa non passa inosservata, tanto che tutta la zona viene chiusa al traffico. Nel mentre che viene chiamato il prof. Danusso a studiare il singolare caso, altri 6 pilastri "scoppiano". Subito Danusso chiama una squadra di arditi carpentieri per i necessari puntellamenti e poi inizia lo studio dello strano fenomeno e si rende conto che l'edificio poggia "su tanti piedi con diversa cedevolezza".

Dopo avere rassicurato la proprietà: "Questi scoppi sono come una valvola di sicurezza; dopo un certo numero si raggiungerà l'assestamento definitivo del palazzo.", provvede a far tagliare l'edificio, riducendolo da uno a tre corpi, cosa non semplice ma che risolse definitivamente lo strano fenomeno.

<sup>21</sup> Da Una piccola storia di Arturo, pag. 28-29

<sup>22</sup> Dal manoscritto dell'intervento commemorativo tenuto dal prof. Piero Locatelli all'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere di Milano nel Febbraio 1969.

Del 1926 è l'incontro con il giovane Piero Locatelli<sup>23</sup>, fresco di laurea in ingegneria elettrotecnica, che ne diverrà il fido collaboratore ed amico per l'intera vita. A casa di questi ed a rotazione dagli altri, si terranno per vari anni le riunioni del *"Microseminario, consesso di belli spiriti composto dai colleghi Bruno Finzi, Ercole Bottani, Oscar Chisini, Giovanni Polvani, Maria Pastori e padre Giaccon, che si riuniva il giovedì sera per parlare di temi scientifici-filosofici e fare onore a dolcetti appositamente approntati"*<sup>24</sup>. I Locatelli affitteranno una casa d'estate a Levanto, affinché Piero possa lavorare con Danusso, anche in questo periodo.

Nella primavera del 1927 la Fabbrica Lapidea della **Basilica di San Gaudenzio** in Novara, lo interpella per un parere sulla stabilità della cupola Antonelliana. Inizia così un lungo e travagliato periodo in cui Danusso si trova a dover affrontare anche forti critiche per il suo lavoro, che si protrae per lunghi anni, con due successivi interventi di consolidamento. Le polemiche, alimentate dal giovane ingegnere Arialdo Daverio, allievo del Politecnico ed impiegato presso la Fabbrica Lapidea, continueranno fino al 1954, senza però che nuovi evidenti dissesti si manifestino sulla struttura. (vedi Approfondimenti).

Nel 1927 per conto della Società Italiana di Ferrovie e Tranvie (S.I.F.T), che dal 1908 gestisce la rete della Lombardia, segue le opere edili sulla strada ferrata Piacenza – Bettola e realizza il **Ponte sul Nure** a Ponte dell'Olio, uno dei



pochissimi manufatti ferroviari in curva da 300 metri di raggio ed in salita del 15 per mille, con cinque campate da 40 metri ciascuna.

Nel 1929 viene chiamato a progettare il rinforzo del **campanile dei canonici** della Basilica di Sant'Ambrogio, uno dei simboli della metropoli

<sup>23</sup> Piero Locatelli (1902-1988) dal 1943 docente di Scienza delle costruzioni al Politecnico di Mi e dal 1950 successore di Danusso come direttore del Laboratorio per la sperimentazione dei materiali. Ebbe un ruolo importante nel rilancio postbellico del Politecnico ed ebbe allievi illustri (Leo Finzi, A. Berio, G. Grandori,..)

<sup>24</sup> Testimonianza di Arturo Locatelli, figlio di Piero, a Cristina Danusso. Le riunioni avvenivano nelle varie dimore degli aderenti.

meneghina, eretto intorno al 1128, ma rimasto incompiuto ed ultimato con la cella campanaria solo nel 1889, su progetto dell'arch. Gaetano Landriani. Di proporzioni slanciate, con un fusto articolato da sottili membrature in pietra che si stagliano sulle pareti di laterizi, è stato rinforzato tra il 1929 ed il 1940, con una poderosa struttura interna in cemento armato, progettata da Arturo Danusso.

Nel 1930 progetta il suo primo "grattacielo", l'edificio INA a Brescia, nella centrale Piazza della Vittoria progettata da Marcello Piacentini.

Fonda nel 1931 il laboratorio "Prove modelli e costruzioni" all'interno del Politecnico di Milano<sup>25</sup>, allo scopo di indagare *"l'entità dei divari, nello stato di sollecitazione, tra i risultati effettivamente riscontrati e quelli desumibili dai calcoli tecnici"*. Nel 1933 entra in funzione la sezione fotoelastica e nel 1935 quella per i grandi modelli, che opera inizialmente per le indagini sulle dighe e che sarà completata nel 1939, con un impianto per le prove su condotte in pressione. Tra il 1931 ed il 1932 è consulente per il progetto strutturale del **Mercato Coperto di Perugia**.

Del 1932-33 è il **ponte Attilio Vergai** in comune di Villa Collemandina (Lucca), lungo 160 metri, con due arcate di 40 e 60 metri. Il Ponte, oggetto di un intervento di restauro nel 2008, congiunge le frazioni di Canigiano, Corfino e Sulcina e scavalca da una altezza di 83 metri una bella gola scavata nei calcari del fiume di Corfino.



Nel 1932 inizia un fecondo rapporto di consulenza con l'Ansaldo e poi con le Acciaierie di Cornigliano, interrotta durante la guerra e ripresa verso il 1950 si protrarrà fino agli anni '60 attraverso la Finsider. Consulenza che consisteva nell'incontrare periodicamente l'ufficio tecnico ed aiutare a risolvere i problemi tecnici, al momento aperti.

<sup>25</sup> con il contributo delle società Italcementi e Montandon.

Lo stesso anno “ tiene per la prima volta una conferenza all’Università Cattolica sulle analogie fra la vita morale e quella che il Creatore ha messo come legge di natura nel mondo fisico: “La meccanica e la vita”. Il pubblico accorso supera per numero il previsto e da un’aula qualunque si deve passare a quella magna. Emozione, critiche, interesse. Su questo argomento a lui caro parlerà e scriverà spesso finché, incitato più volte da Paolo VI durante la malattia, raccoglierà i suoi pensieri nel fascioletto: “L’ordine fisico specchio analogico dell’ordine morale?”<sup>26</sup>

Nel 1933 a seguito dell’incarico del progetto di ristrutturazione del **Palazzo delle Colonne** (sede della Cassa di Risparmio delle Province Lombarde (oggi confluita in Banca Intesa), affidato a Giovanni Greppi, che aveva vinto il concorso indetto l’anno precedente, al quale venne affiancato il giovane ma già famoso Giovanni Muzio, AD progetta con Emilio Noè le strutture dei sotterranei corazzati a piani multipli.

Nel marzo 1934, il Ministero dell’Aeronautica bandisce il concorso per il progetto dell’aerostazione di **Linate**, vinto dal bolognese Gianluigi Giordani. Con l’architetto Duilio Torres (1882-1972), Arturo Danusso progetta, nel 1936 la grande **aviorimessa**. Si tratta di un’opera di



dimensioni notevoli ad unica campata sostenuta da due travature metalliche paraboliche di 235 metri di ampiezza e di 64 metri di profondità con apertura totale mediante portali in ferro scorrevoli e sovrapponibili. Ai lati dell’hangar vengono sistemati i magazzini delle parti di ricambio, l’officina, gli alloggi e la mensa del personale militare, nonché gli uffici per le aviolinee.

Nel 1938 il Vescovo Costantini incarica Don Pellegrino Daneri di costruire una **Chiesa Parrocchiale in Levanto**, che viene subito dedicata, per espresso volere della Comunità, alla Madonna della Guardia. Viene chiesto al Prof. Danusso, che da tempo vi soggiornava per le vacanze estive con la famiglia, di redigere il progetto. Le vicende della costruzione della Madonna della Guardia sono tormentatissime, a causa della guerra, dei problemi finanziari e burocratici, sia con lo Stato che col Vaticano e gli enti ecclesiastici, e degli impegni di Danusso, che

<sup>26</sup> Da una piccola storia di Arturo.



veniva ripetutamente sollecitato. Il 23 agosto 1939 hanno inizio i lavori per la costruzione delle fondazioni della Chiesa. Nell’aprile 1940 don Daneri chiede per lettera a Danusso informazioni circa la sua parcella e questi gli risponde: “Quanto al compenso per il lavoro fatto e per le spese di disegnatore, che Ella mi offre di sostenere, ha già provveduto la Madonna della Guardia”<sup>27</sup>. Ma la costruzione procede con lentezza e la chiesa è inaugurata nel 1958. In una lapide, successivamente apposta, la gratitudine della gente semplice lo ricorderà con il titolo di “Architetto”.



Poi arrivò la tragedia della guerra. La famiglia Danusso sfolla a Cernobbio.

Per un periodo si rifugia da loro Carlo Pesenti, per evitare di essere trasferito in Germania al servizio dei tedeschi.

“La seconda guerra mondiale trova Arturo già 62enne, per la prima volta incerto e preoccupato per il proprio avvenire. Sfollato a Cernobbio, si sente messo da parte e dimenticato, tanto da temere veramente di non poter più riprendere la professione a guerra finita. Invece il periodo di vita che ancora lo attende è per lui interessante e nuovo”<sup>28</sup>.

La figlia Silvia, ricorda che Danusso studiava in casa e forse faceva qualche lavoretto e spesso andava con suo marito, Renato Targetti, a Desio alla fabbrica tessile di questi, ove pare facesse

<sup>27</sup> Storia della parrocchia santuario di N. S. della Guardia il Levanto attraverso le pagine di cronaca del suo fondatore don Pellegrino Daneri – Genova, Compagnia dei Librai, 1998

<sup>28</sup> Da Una piccola storia di Arturo.

grandi conversazioni con il capomastro... *per imparare.*

Con il dopoguerra Arturo Danusso sente il bisogno di impegnarsi nella vita civile. E' il primo presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano e per il biennio 1946-48 è presidente del Rotary Club di Milano. Viene eletto Consigliere Comunale a Milano, nelle file della Democrazia Cristiana per tre mandati, nelle elezioni del 7 aprile 1946, 27 maggio 1951 (con 242417 voti) e del 27/28 maggio 1956 (con 260267 voti). Rimane in carica fino al 12 novembre 1956, quando il Consiglio Comunale ratifica le sue dimissioni.

Ma non era adatto a questo tipo d'incarichi, tanto da suscitare l'ironia in una sagace vignetta, che lo raffigura, insieme al collega consigliere Prof. Bottani, in un angolo dell'aula consiliare, assorti in "nirvanica beatitudine."



Nel 1946, al convegno di Torino organizzato dal Centro Studi del CNR di Gustavo Colonnetti, Arturo Danusso presiede la seduta dedicata alle grandi strutture, in cui saranno gli interventi di Guido Oberti e di Pier Luigi Nervi ad evidenziare l'importanza della ricerca sperimentale, da lui avviata, su modelli.

Partecipa attivamente ai seminari di Milano Matematica e Fisica, dove nel 1949 contribuì ad istituirci un pionieristico corso di Meccanica delle vibrazioni.

Nella riorganizzazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, da parte di Gustavo Colonnetti, viene creato un nuovo centro studi di ricerche teoriche e sperimentali sulla stabilità delle costruzioni, e gliene viene affidata la direzione. Come tutti i centri dispone di pochi fondi, ma Danusso seppe trovare i suoi finanziatori, grazie soprattutto al progetto per lo sfruttamento elettrico del bacino imbrifero del Piave, che prevedeva la costruzione di una serie di sbarramenti artificiali, per la cui progettazione era necessario eseguire prove su modelli. Il laboratorio del Politecnico era

troppo piccolo per eseguire prove su di un modello di grandezza significativa della diga. Ne occorreva uno di dimensioni eccezionali, che fu costruito grazie all'entrata in campo della Italcementi di Carlo Pesenti, a suo tempo allievo di Danusso, che si accordò con la concessionaria SADE. Grazie al grande impegno di Danusso si costituisce un nuovo soggetto, che prenderà il nome di ISAC (Istituto Sperimentale per Applicazioni in Calcestruzzo) e che realizzerà, alla periferia di Bergamo, il laboratorio. Già alla fine del 1948 vengono eseguite le prove su di un primo modello, con risultati positivi. E' un grande successo che in breve coinvolge tutti i soggetti interessati a sviluppare le risorse idroelettriche nazionali e che porterà nel 1951 alla costituzione dell'ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture), una società per azioni senza fini di lucro, di cui il prof. Arturo Danusso sarà presidente ed anima fino a che le forze glielo consentiranno. (vedi Approfondimenti).

Nel mentre che giungeva a fine l'estenuante vicenda della cupola della Basilica di San Gaudenzio a Novara, fu chiesto a Danusso un parere per un altro immobile religioso, **la Chiesa dei Santi Cornelio e Cipriano**, a Pessano con Bornago, costruita nel 1935 e chiusa nel 1949 per il diffondersi nei muri di crepe e screpolature causate dall'assestamento. Il Prof. Arturo Danusso dopo aver fatti studi approfonditi, nel 1953 constatò che la statica della chiesa si era ormai normalizzata. Sotto la sua direzione, dall'autunno del 1954 alla primavera del 1955, si eseguirono i lavori di restauro e di consolidamento della chiesa, con la posa di grandi catene di ferro alla base degli archi al di sopra dei cornicioni. La chiesa venne così riaperta domenica 10 aprile 1955, giorno di Pasqua.

Nel 1948 progetta i **grandi tralicci** (232 mt) per l'attraversamento elettrico dello Stretto di Messina, premio ANIAI 1957 come migliore opera dell'elettrotecnica italiana.

Collabora con l'arch. Antonio Cassi Ramelli (1905-1980) e realizza un edificio in piazzale Principessa Clotilde a Milano ed uno stabilimento industriale a Rovato (Bs).

I suoi scritti, successivi alla seconda guerra mondiale, sono caratterizzati da una riflessione di carattere filosofico-spirituale sul ruolo della scienza e della tecnica, anche alla luce dei rischi a cui l'innovazione può portare. Danusso, profondamente religioso, ritiene che "la tecnica apre nuove vie allo spirito, e quando le vie sono aperte lo spirito non sosta". Da professore ritiene che l'università debba formare i giovani con una buona cultura generale e che la specializzazione sia successiva.

Le sue riflessioni contribuiranno a sdoganare la tecnica dal ghetto d'inferiorità in cui era confinata, elevandola ad un piano più alto al pari delle discipline umanistiche<sup>29</sup>.

Tra il 1950 ed il 1960 lavora ai progetti dei tre **grattacieli di Milano**, la torre Galfa, la torre Velasca ed il grattacielo Pirelli ed affronta anche un lungo viaggio a Caracas in Venezuela, per il progetto di un grattacielo, che poi non si farà. Progetta e dirige la costruzione del **ponte sull'Adda a Lecco**, all'uscita di quel ramo del lago di Como di Manzonianiana memoria:



*“Quel ramo del lago di Como, che volge a mezzogiorno, tra due catene non interrotte di monti, tutto a seni e a golfi, a seconda dello sporgere e del rientrare di quelli, vien quasi a un tratto, tra un promontorio a destra e un'ampia costiera dall'altra parte; e il ponte, che ivi congiunge le due rive par che renda ancor più sensibile all'occhio questa trasformazione e segni il punto in cui il lago cessa, e l'Adda ricomincia per ripigliar poi nome di lago dove le rive, allontanandosi di nuovo, lascian l'acqua distendersi e rallentarsi in nuovi golfi e in nuovi seni...”.*

Inaugurato nell'ottobre 1955 è un ponte in cemento armato in tre campate dalla lunghezza complessiva di circa 100 metri.

Nel 1955 a Milano, nell'aula Magna del Politecnico, si tenne, alla presenza del prof.ing. Gustavo Colonnetti presidente del CNR, un Symposium Internazionale su **La plasticità nella Scienza delle Costruzioni**, indetto in onore di Arturo Danusso, che ne era stato uno dei pionieri e che da poco ha lasciato l'insegnamento per limiti d'età, nominato all'unanimità professore emerito del Politecnico. Al convegno partecipano tra gli altri William Prager ed Eduardo Torroja. Il prof. Piero Locatelli, fedele collaboratore di Danusso e successore nella sua cattedra, dirà nel suo intervento:

*“Trentaquattro anni or sono, in un'aula del Museo di storia Naturale ai giardini pubblici – un'aula che*

*il Museo prestava al Politecnico – io ascoltavo a bocca aperta un giovane professore, un professore diverso dal solito. Era entrato in aula assai poco solennemente, quasi di corsa. Si seppe poi che il bidello vedendolo passare con tanta fretta l'aveva avvertito: non corra, non corra, il professore non c'è ancora!... Era chiaro che gli piaceva essere lì, che non considerava una degnazione da parte sua l'insegnare (come già cominciava ad essere di moda); si sarebbe anzi detto che godesse all'idea di iniziare un nuovo corso.”*

Nell'occasione il primo e l'ultimo dei suoi allievi (Luigi Crosti e Marco Locatelli) gli consegnano una medaglia d'oro che riproduce il ponte di Calvene, una delle sue prime audaci opere, disegnata da un altro suo ex allievo, il prof. Cavallè. Danusso commosso dalla manifestazione d'affetto che gli è stata tributata, ringrazia con un breve, ma intenso discorso, in cui afferma che il progresso tecnico è un meraviglioso strumento, ma può anche diventare un'arma molto insidiosa, ed invita i suoi ex allievi, molti dei quali insegnanti, a preoccuparsi, oltre che della preparazione didattica dei propri allievi, anche della loro coscienza.

Nel suo saluto, per niente formale il prof.ing. **Gustavo Colonnetti**, rende omaggio a Danusso, come lui allievo a Torino del prof. Camillo Guidi, riconoscendone i grandi meriti di pioniere nel campo dell'ingegneria sismica, di insigne docente e, con riferimento al Simposio, per il contributo alla comprensione del fenomeno elastoplastico.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Gli studi compiuti nel campo della Scienza delle Costruzioni vennero adattati al cemento armato, convenzionalmente sostituito, per i calcoli, ad un materiale elastico omogeneo ideale, al quale si applicano le teorie della originaria resistenza dei materiali. E' quello che allora (1907) venne chiamato Metodo regolamentare, e successivamente metodo delle tensioni ammissibili o anche metodo "n". Esso si basa sulle ipotesi seguenti:

1. le sezioni si mantengono piane anche dopo la deformazione ( Hp. di Navier)
2. il calcestruzzo non reagisce a trazione
3. perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo
4. cls ed acciaio si comportano come materiali elastico-lineari

In forza di queste ipotesi ed a partire dalla legge di Hooke ( $\epsilon = \sigma/E$ ), sviluppando l'equazione della perfetta aderenza ( $\epsilon_a = \epsilon_c$ ) si ottiene:  $\sigma_a/E_a = \sigma_c/E_c$  da cui  $\sigma_a = \sigma_c E_a/E_c$  e quindi, ponendo  $n = E_a/E_c$ ,  $\sigma_a = n \sigma_c$ . Il ritenere il rapporto tra i moduli elastici dell'acciaio e del calcestruzzo una costante ed i materiali perfettamente elastici è una grossolana approssimazione, che semplifica certamente i calcoli ma non risulta aderente alla realtà dei fenomeni, e soprattutto trascura quella riserva di resistenza che i materiali hanno una volta superata la fase elastica.

L'opposizione a questa teoria approssimata, si è manifestata nel tempo, soprattutto ad opera di quei tecnici e costruttori ( Hennebique, Maillart, Freyssinet, etc.) che si accorsero anche di altri fenomeni, non secondari, come la deformazione differita sotto carico (scorrimento viscoso o fluage). Arturo Danusso, in particolare, forte del lavoro svolto con Hennebique, si rese ben presto conto dell'ineguatezza della teoria regolamentare a rappresentare compiutamente il comportamento delle strutture reali che invece beneficiano delle deformazioni plastiche, soprattutto se trattasi di strutture iperstatiche in cui i fenomeni plastici portano al graduale

<sup>29</sup> Per gli scritti di questa natura vedi: La scienza e lo spirito negli scritti di ARTURO DANUSSO, Morcelliana Brescia 1978.

*“E che i tempi fossero ormai maturi per procedere oltre, tu – amico Danusso – puoi, meglio di chiunque, attestare; tu che, insieme con un altro tra i migliori allievi del Guidi – penso ad Emilio Giay- eri chiamato ad assistere, nell’ufficio tecnico di Porcheddu, alle irruenti e geniali intuizioni con cui l’Hennebique col suo progetto del Ponte del Risorgimento avrebbe aperto la via a impensati ardimenti.*

*Tu eri allora l’uomo che, dotato di quella non comune preparazione matematica che ti avrebbe permesso di affrontare i problemi della dinamica delle strutture e di gettare la base di una regolamentazione razionale delle costruzioni in zone sismiche, meglio di chiunque poteva comprendere le concezioni dell’Hennebique, intuirne la grande portata innovatrice e sentire il bisogno di una loro impostazione razionale. Io ricordo certi nostri incontri, certi nostri colloqui – ed in particolare uno che risale al 1936 quando ancora non possedevamo alcuno strumento matematico che ci permettesse di approfondire il problema – ricordo il nostro concorde riconoscimento della importanza che avrebbe potuto assumere una teoria della influenza delle deformazioni plastiche su l’equilibrio elastico. Quel colloquio, quel tuo riconoscimento fondato su di una esperienza di progettista e di costruttore che io non possedevo, fu per me prezioso incitamento a quegli studi che, pochi mesi appresso, dovevano condurmi alla prima enunciazione del teorema generale su l’equilibrio dei corpi deformabili.”*

Arturo Danusso, anche se oramai in pensione, è sempre impegnato ed attivo.

*Ricalcava malvolentieri vie già battute ed anche anziano era alla ricerca del nuovo. A ottant’anni studiava come un giovane di venti per arricchire la sua cultura e sapeva far appello, quando riteneva ne valesse la pena, ai più validi e più moderni strumenti matematici.<sup>31</sup>*

---

trasferimento delle tensioni interne dalla parti più sollecitate a quelle che inizialmente lo sono meno, con una migliore utilizzazione globale della struttura. Con Danusso si dividerà il merito di queste scoperte Gustavo Colonnetti, entrambi allievi di Camillo Guidi. Essi proposero un modo nuovo di considerare l’iperstaticità delle strutture, introducendo il concetto di “stati di coazione” (Colonnetti) o “autotensioni” (come le chiamerà Danusso) a significare gli stati di tensione e deformazione che si verificano in assenza di forze esterne (cedimenti vincolari, deformazioni termiche). Le difficoltà di calcolo furono notevoli sia per l’inapplicabilità del principio di sovrapposizione degli effetti, che per la non dipendenza lineare tra le deformazioni plastiche e le incognite iperstatiche, che imposero il ricorso al metodo delle approssimazioni successive. L’estensione della teoria dei corpi deformabili al di là dei limiti della perfetta elasticità ha permesso di avvicinare lo studio alle soglie della rottura e quindi anche alla “*determinazione del vero coefficiente in grado di cautelare una costruzione rispetto al collasso*”, come scriverà Odone Belluzzi nel suo vol.III della Scienza delle Costruzioni (Zanichelli, pag.551)

<sup>31</sup> Leo Finzi, In memoria di A.Danusso, Costruzioni metalliche, N.1 1969

Nella sua lunga vita Arturo Danusso è stato membro di numerose prestigiose istituzioni, quali l’Accademia delle Scienze di Torino, l’Istituto Lombardo di Scienze e Lettere e del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Dal 1948 al 1966 ha fatto parte del Consiglio di amministrazione della veneranda Fabbrica del Duomo di Milano. Nel 1958 è nominato Presidente del Congresso di Messina tenuto in occasione del 50° del terremoto, congresso a cui parteciparono sismologi e ingegneri di tutto il mondo.

Nominato in vari Consigli d’amministrazione, fra i quali quello del Banco Ambrosiano, è stato Presidente dei Laureati Cattolici quando Mons. Montini, poi Paolo VI, era loro assistente. Presidente del Comitato centrale Docenti Cattolici.

*“Insegna con soddisfazione e con vero piacere nella Scuola Antincendi di Roma a ingegneri che si devono specializzare. E’ un corso preparatorio per selezionare le domande di arruolamento fra gli ufficiali destinati poi al delicato incarico di comandare i corpi dei Vigili del Fuoco con sapienza, coraggio e prudenza. Deve per questo recarsi alle Capannelle dove gli è riservata una bella stanza da letto nel silenzio assoluto. L’ing. Cuomo, Comandante dei Vigili, gli è amico affezionato. A. conserverà questo incarico finché la malattia lo coglierà. Darà allora le dimissioni durante l’estate del 1963 con una lettera all’ing. Cuomo: «... lascio a malincuore la nostra scuola e tutti voi colleghi carissimi, sottomesso al volere di Dio che mi fu sempre largo di doni».<sup>32</sup>*

Nel 1967, quando era già gravemente malato, venne istituito in suo nome il Centro Internazionale d’Ingegneria Sismica “Arturo Danusso”, per iniziativa del Politecnico di Milano e dell’ ISMES, sotto l’egida del l’UNESCO e del Consiglio Nazionale delle Ricerche. (vedi Approfondimenti).

Lo fermerà ad 82 anni, un grave problema circolatorio, che lo immobilizzerà tra il letto e la poltrona. Piero Locatelli gli farà fare un regolo speciale, pesante affinché lo potesse manovrare con l’unica mano rimasta attiva. Vivrà ancora sei anni, nella serenità dello spirito, sostenuto dall’amore della famiglia e dalla sua profonda religiosità.

*Si rassegnò sereno, così come sereno sopportò la morte della sua fedele compagna (1967), sicuro di raggiungerla presto; sereno attese la morte; sereno sorridente, con un ultimo segno di croce, pienamente cosciente morì<sup>33</sup>.*

---

<sup>32</sup> Da: Una piccola storia di Arturo

<sup>33</sup> Dal manoscritto dell’intervento commemorativo tenuto dal prof. Piero Locatelli all’Istituto Lombardo di Scienze e Lettere di Milano nel Febbraio 1969.

Arturo Danusso muore a Milano il 5 Dicembre 1968.

**Era un discente, ossia uno che impara sempre. ... E siccome sapeva quanto sia difficile l'imparare bene e il "provare" a fondo, non si ostinava mai di fronte alle affermazioni, magari presuntuosamente sbrigative di chi "doveva" saperne più di lui: semplicemente sorrideva e taceva. Avrebbe, poi, studiato meglio e più a fondo, ascoltato di nuovo e con maggior pazienza.**

Da Moderno.  
In morte di Arturo Danusso (g.br.)

## Approfondimenti

### **A proposito di François Hennebique<sup>34</sup>**

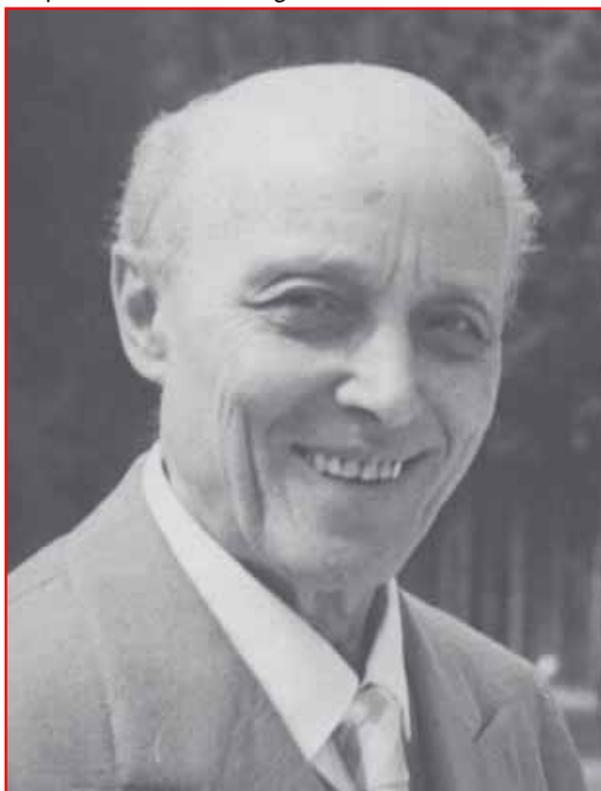
*"... ebbi la ventura di iniziarmi alla sua scuola e di seguirne le ispirazioni durante i primi dodici anni della mia vita professionale, alle dipendenze dell'ing. Porcheddu al quale egli aveva affidato, sulla fine del secolo scorso, la rappresentanza del suo sistema costruttivo... il Bureau Hennebique di Parigi, che nei primissimi anni aveva accentrato i progetti delle strutture, fornendo gli esecutivi e nascondendo gelosamente i calcoli, si era un bel giorno deciso a rivelarli mossa dall'urgenza che lo sviluppo delle applicazioni imponeva. Ho ancora vivissimo il ricordo della meraviglia che provai, quando, nutrito dall'insegnamento chiaro e preciso del mio venerato maestro Guidi, entrai in quell'ufficio ed ebbi in lettura il piccolo codice in cui si raccoglieva il succo dei calcoli coi quali avrei*

<sup>34</sup> **François Hennebique** (Neuville-Saint-Vaast, 26 aprile 1842 – Parigi, 7 marzo 1921) è stato un imprenditore francese. Fu riconosciuto come l'inventore del cemento armato, che brevettò nel 1892, anche se 10 anni dopo la paternità dell'invenzione venne accreditata all'analogo brevetto di Joseph Monier del 1878. Apprendista muratore ad Arras, a 25 anni si mise in proprio e andò a lavorare a Bruxelles. All'Esposizione di Parigi del 1867 aveva visto i contenitori in cemento rinforzato realizzati da Joseph Monier. Nel 1879 gettò la sua prima soletta di cemento e nel 1892 brevettò a Bruxelles il suo materiale, iniziando la costruzione del suo primo edificio in cemento armato, l'immobile di rue Danton 1, a Parigi, che fu la sede della sua azienda dal 1900 al 1967. Nel 1894 realizzò il primo ponte in cemento armato a Wiggen, in Svizzera, e nel 1899 un primo progetto per la Diga di Assuan. Con lo slogan "*Plus d'incendies desastreux*" (Basta incendi disastrosi), tra il 1892 al 1908 egli creò una grande organizzazione commerciale internazionale con 42 agenti all'estero che vendevano il "*Systeme Hennebique a l'épreuve du feu, breveté*" in Europa, Africa, America ed Asia. In Italia il sistema fu introdotto nel 1894 dallo "Studio Tecnico degli ingg. Ferrero e Porcheddu", di Torino, e venne applicato in alcune grandi opere come i Silos Granari del porto di Genova, il Ponte Risorgimento a Roma, la Fiat Lingotto a Torino. Fonte wikipedia.

*dovuto avviare l'esercizio professionale. Avevo appreso a scuola che, postulata la parentela elastica tra forze e deformazioni, dovevano imprescindibilmente essersi l'equilibrio delle prime e la congruenza delle seconde. Invece in quel codice, il legislatore si muoveva con una inconsueta e sorprendente libertà: della congruenza non si preoccupava affatto, e dell'equilibrio fino ad un certo punto... A mettere qualche ordine nella sconnessione di questo garbuglio teorico, emergeva costante un postulato ottimista, secondo il quale gli elementi costruttivi associati, tenderebbero ad aiutarsi reciprocamente per alleviare le fatiche della costruzione...*

*Su questo postulato ricadevano in vario modo tutte le risposte dell'Hennebique alle perplessità dei collaboratori... "per quanto bene voi progettate" egli ammoniva "la natura avrà sempre una parola da dire, un correttivo da apportare più sapiente delle vostre previsioni, preoccupatevi dunque innanzi tutto di assegnare alla struttura una sufficiente snellezza perché essa accolga facilmente quel correttivo."*

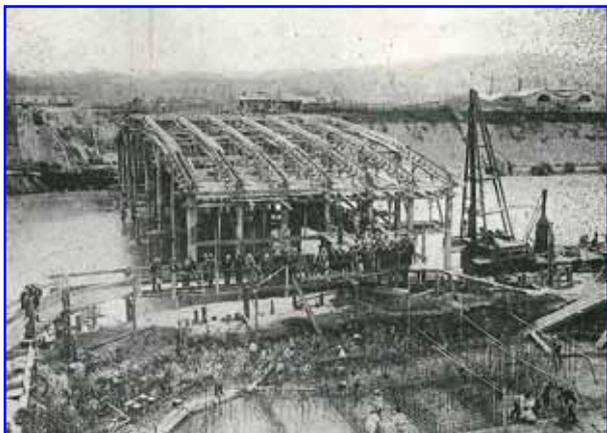
Significativo è il caso del **ponte del Risorgimento** sul Tevere (1911), per il quale il Comune di Roma, in previsione dell'Esposizione Internazionale d'Arte, aveva accettato (1909) la proposta rivoluzionaria di Hennebique di un ponte ad unica arcata di 100 metri di luce, 10 di monta e 24 di larghezza, con il solo obbligo di costruirlo in diciotto mesi, su di una centina stabile, su cui l'arcata potesse appoggiarsi in caso di pericolo, non compromettendo il transito all'esposizione. Opera che "aveva gravemente scandalizzato il



mondo della scienza: quello tedesco in particolare, che ne aveva chiesto a gran voce la demolizione per pericolo imminente.”

... “Il nostro gruppetto di giovani ingegneri, che godeva ormai la simpatia del maestro, fu posto al cimento con l'arduo problema per cui egli si era impegnato. Ma l'estrapolazione rispetto agli ardimenti precedenti metteva paura, e la paura induceva ad aggrapparsi ancora alla teoria classica; di tentativo in tentativo il manufatto continuava ad appesantirsi. Comparimmo mortificati di fronte al maestro: egli sorrise, poi si trasse in disparte ad elucubrare da solo. In un paio di giorni venne fuori lo schizzo dell'opera con le principali dimensioni; l'arcata ridotta ad una volta di 20 a 50 cm di spessore, sormontata da sette sottili pareti di timpano, da qualche legamento trasversale e da una soletta d'impalcato... alla nostra meraviglia per aver osato ripetere in grande gli stessi ardimenti che finora aveva sperimentato per luci molto minori, rispose che non per questo la natura si sarebbe smentita.”

“Ricordava volentieri un episodio occorsogli col Genio Civile Francese che, avendogli commesso, come primo esperimento, un'arcata di 20 metri di luce, lo aveva pregato di raddoppiare, per creduta prudenza, lo spessore che egli aveva assegnato.



Dopo un anno il ritiro, e forse più l'influsso termico stagionale, avevano prodotto leggere fenditure degradanti dai lembi verso il nucleo interno rimasto intatto; e l'Hennebique, ai funzionari che lo interrogavano preoccupati, aveva risposto, con



sottile umorismo, che la natura, liberando l'arcata dall'eccessiva rigidezza, tendeva a riportarla verso al forma più esile che egli aveva progettato.”

Le prove di collaudo con carichi statici e dinamici furono effettuate nei giorni 7,8,9 e 10 maggio, da un'apposita commissione composta dai Prof. C. Ceradini, Direttore della Scuola degli ingegneri di Roma, Camillo Guidi del Regio Politecnico di Torino e dell'ing. Rinaldi Vice direttore delle Ferrovie dello stato.

Da allora il ponte “impossibile” svolge egregiamente le sue funzioni.

Il Ponte Risorgimento fu uno dei primi grandi ponti del mondo ad unica campata (100 metri di lunghezza e 10 metri di freccia) ed a minimo spessore nella chiave di volta (85 centimetri complessivamente tra soletta di carreggiata, vuoto cellulare e volta vera e propria dell'arco). Tutti questi primati tecnici (struttura cellulare, lunghezza della campata e leggerezza) furono conservati per un decennio, fino a quando, nel 1921, furono superati dal grande ponte di Minneapolis (USA) con una campata unica di 122 metri .

### **La Relazione al Concorso per la cattedra al Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano.**

All'On. Commissione Giudicatrice del Concorso per la Cattedra di “Meccanica applicata alle Costruzioni” nel Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano.

La Relazione sulla mia operosità scientifica e didattica si raccoglie in brevi termini: Mi iscrissi nell'ottobre del 1897 nella facoltà d'ingegneria all'Università di Torino e due anni dopo iniziai il triennio d'applicazione per ingegneri civili nella scuola del Valentino.

Trascorsi il periodo scolastico cercando soprattutto di fondarmi nella parte teorica delle varie discipline. Presi ad amare particolarmente l'Architettura, specie per quanto si connette all'organismo costruttivo, e per penetrarne più vivamente lo spirito, viaggiai durante le vacanze del triennio d'applicazione dapprima in Italia, poi in Francia, poi, dopo la laurea, in Germania. Quivi prolungai il soggiorno per tre mesi, trattenendomi specialmente nelle città renane, visitandone la grandiosa esposizione universale di Düsseldorf e cercando d'impraticarmi bene della lingua tedesca al cui studio mi ero lungamente dedicato, perchè rappresenta oggi uno dei mezzi più efficaci di cultura.

Il chiarissimo prof. Guidi ebbe la bontà di propormi, prima della laurea, e ancora durante il soggiorno in Germania, la nomina di assistente alla sua cattedra. Ne fui lusingato e commosso, sia perchè nutrivo altissima stima verso il mio illustre Maestro, sia perchè la via ch'Egli mi apriva era quella che nel cammino degli studi avrei

senza esitazione prescelto. Ma il mio temperamento pareva sospingermi verso l'immediata realtà pratica, che rassoda ed integra la cultura quando alle occasioni di meditare, che offre abbondantissime, si presti volenteroso pensiero.

Entrai nello studio tecnico dell'ing. Porcheddu che era allora di recente salito in fama per il rapido e grandioso sviluppo delle costruzioni in cemento armato cui egli –primo e solo- aveva dato impulso in Italia. E' noto che il cemento armato non solo ha risolto un grande quesito economico, ma altresì ha reso possibili ardimenti insperati nella costruzione di tipo murario. L'opera dei colleghi e mia, doveva dunque improntarsi di continuo alla saggia ricerca di questi ardimenti. Io mi vedevo naturalmente ricondotto agli studi preferiti; mentre le responsabilità di fatto che le opere ovunque velocemente ergentesi traevano con sé volta a volta, incoraggiavano, correggevano, moderavano le conclusioni teoriche.

In questa scuola naturale io ho vissuto fino ad oggi, per quasi dodici anni, vigilando –durante i lavori- sui progressi che la Scienza delle Costruzioni andava rapidamente compiendo, poiché ogni nuova esperienza mi riconfermava nella necessità di una soda cultura scientifica, mi valsero per questa, oltre alla letteratura nostra, quella tedesca, che rispecchia specialmente nelle riviste il movimento scientifico universale.

Per incitarmi a proseguire continuamente su questa via, accettai di collaborare nella redazione della rivista "Il Cemento" nella quale dal 1908 in poi ebbi occasione di pubblicare numerose recensioni critiche, di riassumere importanti pubblicazioni straniere, di riferire della mia visita all'Esposizione delle Costruzioni in Berlino, e di stampare alcuni miei studi con essenza teorica, ma con riflessi pratici immediati.

Era naturale infatti che dal mio posto d'osservazione io udissi le voci dei teorici e dei pratici della costruzione e fossi indotti a rivolgere le deboli forze del mio pensiero dovunque apparisse tra le due una discrepanza, certo che in quel punto l'una voce o l'altra o forse entrambe si scostavano dalla verità.

Due studi in particolare nacquero da questo concetto.

- a) Il "contributo al calcolo delle piastre, et." si propone di riavvicinare per via d'intuizione e con mezzi scientifici elementari i risultati della teoria a quelli che i collaudi quotidiani ci mostrano. Questo studio ebbe l'onore di una traduzione tedesca in due diverse edizioni.
- b) "La statica delle costruzioni antisismiche" (venute in luce pochi mesi dopo il terremoto calabro-siculo e classificato primo al concorso di Milano) combatte i due concetti estremi dell'eccessiva rigidità e dell'eccessiva elasticità dei fabbricati;

tenta i primi passi sulla via di mezzo, e cerca di sottrarla all'empirismo mostrando come si debba sperare di ridurre il complesso fenomeno della vibrazione elastica dei fabbricati colpiti dall'urto sismico ad un'analisi teorica sufficiente per i fini pratici, e come questi possano conseguirsi con ossature resistenti che non impegnano in alcun modo strano la forma del fabbricato né richiedono spese eccessive.

Un altro studi recentissimo: "Raffronto fra sistemi elastici diversamente vincolati" è di carattere prevalentemente teorico.

Degli studi rimanenti, alcuni sono allegati in estratto, altri si possono rintracciare nella rivista "il cemento". Ricordo tra questi soltanto un "Contributo al calcolo delle fondazioni continue" che esamina diffusamente le condizioni statiche delle platee di fondazione tenendo conto di un cedimento elastico del terreno.

Altri documenti della mia attività difficilmente si potrebbero produrre. Sono progetti di lavori nelle condizioni statiche più svariate. Mi sono limitato ad elencare i titoli e presentare qualche fotografia dei lavori eseguiti; assai maggiore è il numero di quelli non eseguiti e pure studiati a fondo, non solo dal punto di vista economico, ma anche da quelli statico, talvolta per presentare una relazione di calcolo ufficialmente richiesta, tal'altra, perché presentandosi difficili le condizioni statiche dell'opera, bisogna confrontare diverse soluzioni prima di comprometersi con un'offerta impegnativa. Aggiungerò soltanto che il compito a me affidato per ogni singolo lavoro si estese sempre dai preliminari di progetto, fino alla preparazione dei minimi particolari d'esecuzione – ogni qual volta poi ragioni speciali lo richiedessero, feci visite sui cantieri e prestai assistenza ai collaudi.

L'attività didattica si riduce a lezioni private di Scienza delle Costruzioni date per diversi anni, e ad un triennio d'insegnamento professionale sulle "Costruzioni civili" nelle scuole operaie di San Carlo. L'una e l'altra modestissima occupazione stimolarono sempre più in me l'antico desiderio ch'io nutro – fors'anco per eredità paterna – di dedicarmi all'insegnamento.

Per questo e per rendere omaggio ad autorevoli consigli mi sottopongo umilmente al giudizio dell'Onorevole Commissione.

Torino, 10 settembre 1914

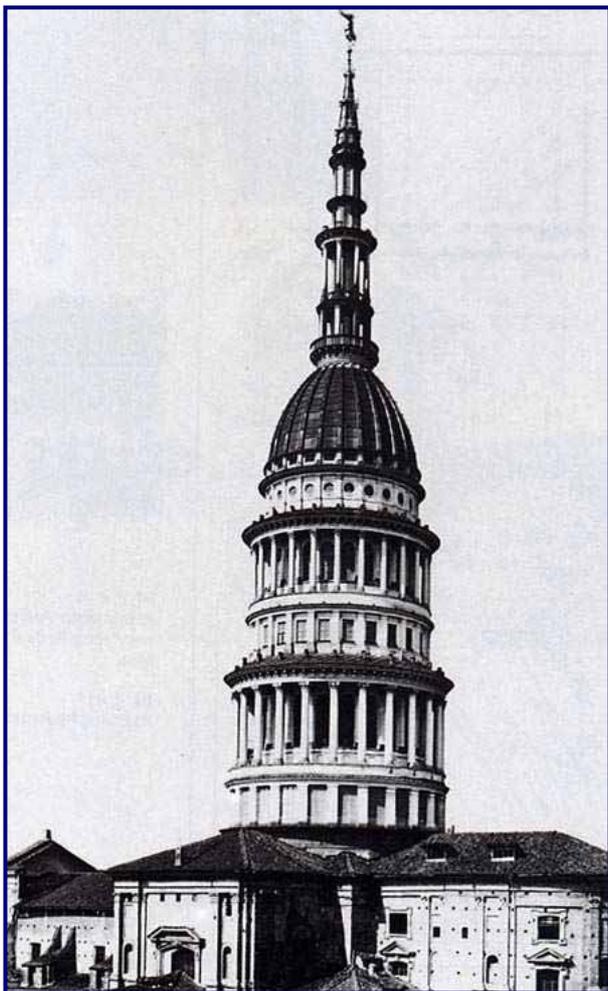
Ing. Arturo Danusso

## **Il restauro (con polemiche) della cupola della Basilica di San Gaudenzio a Novara.**

Nella primavera del 1927 la Fabbrica Lapidea della basilica di San Gaudenzio in Novara, chiamò

Arturo Danusso per un parere sulla stabilità della cupola. Ma andiamo per ordine e torniamo indietro di quasi 400 anni, quando la Basilica fu costruita sull'area occupata precedentemente dalla Chiesa di San Vincenzo, a partire dal 1577 su progetto dell'architetto Pellegrino Pellegrini, detto il Tibaldi. Sulla basilica poggia la spettacolare cupola<sup>35</sup> che domina la città, alta 122 metri, realizzata da **Alessandro Antonelli** (Ghemme, 14 luglio 1798 – Torino, 18 ottobre 1888) e completata nel 1878. Il campanile settecentesco della basilica è opera di Benedetto Alfieri.

Come per la Mole di Torino, l'Antonelli costruì la cupola modificandone continuamente il progetto, verso soluzioni più audaci. Il primo progetto della cupola venne presentato alla municipalità nel 1841. Tre anni dopo iniziarono i lavori, e nel 1855 l'Antonelli, in seguito a ritardi causati dalle guerre d'indipendenza, presentò un secondo progetto che innalzava l'altezza della cupola. Nel 1860 presentò un ulteriore progetto, che elevava ancora l'edificio. Nel 1862 la costruzione era terminata, con la sola esclusione della guglia che fu costruita tra il 1876 e il 1878. Alla sommità fu



<sup>35</sup> interamente in mattoni e calce, senza impiego di ferro.

posta una statua del Cristo Salvatore, realizzata in bronzo ricoperto di lamine d'oro e alta quasi 5 metri, opera di Pietro Zucchi.<sup>36</sup>

Ma una cupola di queste dimensioni e con un peso che supera le 5.500 tonnellate, poggiate su di una imposta che 200 anni prima non era stata progettata per reggere un simile peso, cominciò subito a dare segni di un cedimento strutturale. Fu lo stesso Antonelli a realizzare il consolidamento dei quattro piloni della basilica portanti la cupola e della loro fondazioni. Terminati i lavori, per circa vent'anni, non vennero più sollevati dubbi sulla sua sicurezza.

Una nuova fase di allarmi si riaprì nel 1907 a seguito del crollo improvviso della copertura del Santuario di Boca, sempre dell'Antonelli, e poi sull'onda del terremoto di Messina e Reggio Calabria del 28.12.1908.

Le indagini misero in risalto un fenomeno del tutto nuovo ed inaspettato: il dissesto del cupolino (piccole screpolature concentrate nei giunti degli elementi granitici). Il fenomeno si sviluppò progressivamente, fino a che nel marzo del 1927, la situazione fu giudicata allarmante e la Fabbrica Lapidea stabilì l'urgenza di un intervento e si rivolse al prof. Arturo Danusso. Questi attribuiti i dissesti alle continue oscillazioni provocate dalla spinta del vento ed all'effetto della gelività. Si limitò inizialmente a suggerire di tenere il monumento sotto osservazione, redigendo poi un primo progetto di consolidamento, che prevedeva la demolizione e ricostruzione della cuspide mediante una nuova struttura in cemento armato, ed il consolidamento delle strutture sottostanti con una struttura interna cilindrica in cemento armato e l'incamiciamento degli otto pilastri in muratura posti alla base del cupolino. I lavori furono realizzati tra il 1931 ed il 1932. Ma il comparire di nuovi dissesti in alcuni capitelli delle colonne interne dei due ordini inferiori del cupolino rialimentò le preoccupazioni e nel 1935 fu convocato nuovamente Arturo Danusso. Nel 1936 egli redasse un secondo progetto di consolidamento, che prevedeva la costruzione "*di pilastri in cemento armato, a ridosso delle colonne interne esistenti, costituenti come una grande camicia opportunamente sbadacchiata da traverse e collegata trasversalmente da un elicoide, atta a formare la struttura portante della nuova scala*", sempre in cemento armato. Tutta la nuova struttura doveva appoggiare su un basamento in cemento armato che trasferiva i carichi alle strutture sottostanti ed il consolidamento era esteso anche ai ritzi inferiori interni alla grande cupola, che venivano fasciati con una camicia di cemento armato, mentre le

<sup>36</sup> Attualmente la statua che si trova in cima alla cupola è una moderna copia in vetroresina, mentre quella originale, danneggiata dal tempo, si trova all'interno della basilica, nei pressi dell'altare.

colonne interne ed esterne dei due ordini inferiori dovevano essere sbadacchiate con elementi metallici radiali e trasversali. Il progetto suscitò numerosi dubbi nei tecnici della Fabbrica Lapidea, che temevano che l'aggiunta di nuove strutture in cemento armato potesse incrementare eccessivamente i carichi gravanti sulle strutture sottostanti in muratura. Danusso rispose sostenendo che si trattava di un "cucchiaino di cemento armato" che non avrebbe influito in alcun modo sul comportamento della costruzione sottostante. I lavori iniziarono nell'estate del 1937. Pochi mesi dopo, con i lavori in corso, vi fu un ulteriore allarme, perché comparvero piccole lesioni negli arconi di base, in corrispondenza della chiave e dei bolzoni di ancoraggio delle catene. Danusso propose di concludere i lavori in corso e fece installare degli strumenti per il monitoraggio della struttura, che iniziarono subito a segnalare movimenti in atto. L'allarme fu grande tanto che con un comunicato del 29 ottobre il Comune "suggeriva" ai residenti nel raggio di 90 metri dalla basilica di lasciare le proprie abitazioni. Danusso diede subito disposizioni per un intervento di puntellatura d'urgenza, ma già alla fine di dicembre, la puntellazione non sembrava più efficace ed i cunei posti negli arconi risultavano allentati, mentre gli strumenti di monitoraggio continuavano a segnalare nuove deformazioni e nuovi dissesti si manifestavano anche sui pennacchi. Danusso attribuì questi dissesti alla "singolare audacia" di Antonelli, al terreno di fondazione ammolato da infiltrazioni piovane ed alla demolizione, scoperta solo di recente, di alcune parti della struttura per l'introduzione di una scala di servizio, che aveva ridotto la sezione resistente, e ribadì che il peso aggiunto nei restauri comportava un modesto aggravio delle strutture portanti dell'edificio. Ma di fronte al progredire dei dissesti, venne meno la fiducia della popolazione nei confronti del prof. Danusso, tanto più che scese apertamente in campo contro il suo operato, l'ing. Arialdo Daverio, un giovane tecnico della Fabbrica Lapidea che da tempo seguiva la lettura degli strumenti. La critica di Daverio era radicale e contestava sia le procedure e gli strumenti di monitoraggio, predisposti dai tecnici del Politecnico di Milano ed in particolare dal prof.ing Piero Locatelli, assistente di Danusso, sia gli interventi progettati da Danusso, che riteneva ingiustificati e dannosi.

Daverio sosteneva che gli iniziali danni al cupolino erano dovuti allo zolfo impiegato da Antonelli per connettere tra loro con elementi metallici i conci lapidei costituenti la struttura, e non dalle oscillazioni indotte dal vento, e che gli interventi di consolidamento realizzati da Danusso, oltre ad aver creato un aumento di peso, avevano anche portato ad un aumento della rigidità della parte superiore della struttura, modificandone il

comportamento dinamico. Quindi per lui "La cupola ora soffre per le parti ortopediche che le sono state imposte". Inoltre i danni rilevati negli arconi alla base della cupola a partire dal 1937 erano da attribuire, oltre che alle modifiche subite dalla struttura, con un innalzamento del baricentro ed un aumento dei pesi in gioco, anche alle variazioni termiche derivanti dal fatto che nell'inverno tra il 1937 ed il 1938, per la prima volta dopo più di trent'anni, la basilica non fu riscaldata artificialmente e quindi era probabile che le rotture che si verificarono in quel periodo fossero derivate dall'eccesso di tiro nelle catene, prodotto dalla diminuzione di temperatura. Per Daverio l'allarme non era stato giustificato e le puntellazioni realizzate d'urgenza erano "il monumento della paura". Per anni egli chiese la demolizione delle opere in cemento armato progettate da Danusso, adducendo come motivazioni la paura per l'effetto di un ciclone o di un terremoto ed il valore dell'architettura Antonelliana. La sua proposta, però, non fu mai accettata.

In sua difesa Danusso sostenne "che l'aumento di peso o di massa se si pensa alle azioni dinamiche influenti sugli arconi si è limitato al 4% circa di quello primitivo..." e relativamente all'aumento di rigidità "... lo sforzo dinamico: prodotto di massa per accelerazione, ha subito col rinforzo un aumento del primo fattore, ma una diminuzione del secondo. Se la torre si riducesse, per falsa ipotesi, ad un solido elastico privo di massa all'infuori di quella della guglia, un calcolo semplicissimo direbbe subito che la variazione dei due fattori porta ad un perfetto compenso".

Nonostante le polemiche in corso, la Fabbrica Lapidea ed il Comune decisero di accordare nuovamente fiducia a Danusso, anche a seguito del parere di una apposita commissione Ministeriale, formata dai professori Albenga, Modesto e Pugno del Politecnico di Torino, chiamata ad esprimersi sulla tanto invocata opportunità della rimozione delle opere di consolidamento in cemento armato. Forte del parere positivo della commissione ed avendo finalmente a disposizione un rilievo, Danusso proseguì i suoi studi sulla struttura, ed elaborò un ultimo intervento di consolidamento, consistente nella formazione di un anello in cemento armato all'imposta della prima cupola interna. Il 10 Maggio 1947 l'anello in cemento armato, attualmente visibile dall'interno della Basilica, risultava realizzato; ciò, finalmente, consentì la rimozione dei puntelli orizzontali posizionati a contrastare le deformazioni dell'anello d'imposta. Le polemiche su questo e sui precedenti interventi di consolidamento continuarono fino al 1954, senza però che nuovi evidenti dissesti si manifestassero sulla struttura. La questione più accesa fu sempre quella della demolizione o meno del cupolino, tanto che il 16 Aprile 1954 lo

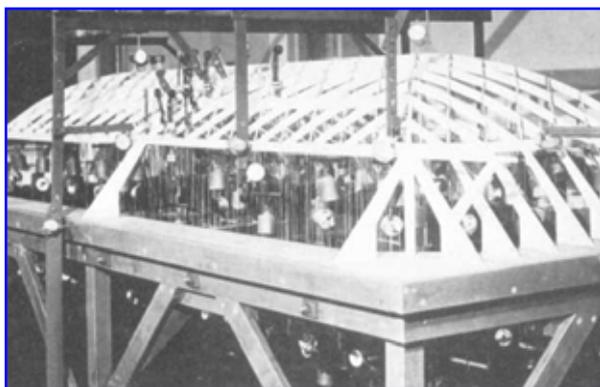
stesso Arturo Danusso, ammettendo di fatto l'approssimatività del primo intervento, giustificato dall'urgenza, si dichiarò favorevole alla demolizione e ricostruzione dello stesso. Per la suddetta ricostruzione, fu stabilito di formare un apposito gruppo di lavoro incaricato di progettare la nuova struttura, composto da Arturo Danusso, Giuseppe Albenga e Arialdo Daverio. Ma i tempi oramai erano cambiati e di questo progetto e dei dissesti di San Gaudenzio non si è avuto più notizia.

## L'onere delle prove (su modelli)

*“Diceva Michelangelo: “ che i più benedetti denari che si spendono a chi vuol fabbricar son i modegli” ed aveva ragione, poiché si impara a leggersi in umiltà, senza pregiudizi, la diretta lezione della natura.”*

Arturo Danusso

Danusso, grande teorico ha però avuto sempre ben presente “il cumulo di restrizioni che la teoria è costretta ad imporsi per ridurre a schema di calcolo gli ordinari problemi ed il conseguente suo difetto di validità, a cui l'esperimento può ovviare in notevole misura”. Scettico sulla possibilità di interpretare matematicamente, a tavolino, la risposta della struttura, si affida ad una “macchina calcolatrice degli sforzi”, cioè al modello in scala ridotta, da sottoporre a prove di carico in laboratorio, che simula, indica, mostra il comportamento dell'opera e, se correttamente stimolato, si comporterà proprio come sarà capace di fare il suo emulo in scala reale. Ritenendo che “il modello avvicina la natura meglio del calcolo”, fonda già nel 1931 il laboratorio “Prove modelli e costruzioni” all'interno del Politecnico di Milano<sup>37</sup>, allo scopo di indagare “l'entità dei divari, nello stato di sollecitazione, tra i risultati effettivamente riscontrati e quelli desumibili dai calcoli tecnici”. Nel 1933 entra in funzione la sezione fotoelastica e nel 1935 quella per i grandi modelli, che opera inizialmente per le indagini sulle dighe e che sarà completata nel 1939 con un impianto per le prove su condotte in



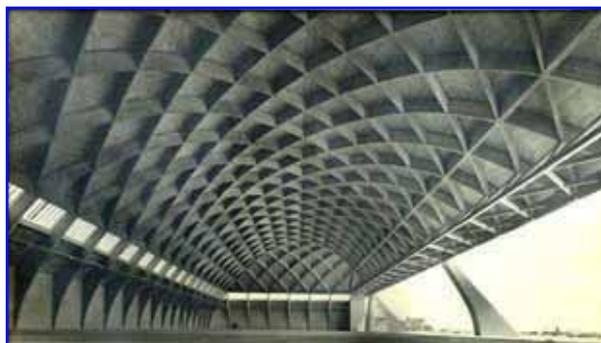
pressione.

Per le prove vengono preparati modelli in scala di cemento o di cellulose. Il primo sarà quello per le aviorimesse di Nervi ad Orvieto, e proprio il sodalizio con Nervi porterà lustro alla scuola di modelli di Danusso, perché Nervi resterà fedele a questo tipo di verifica per tutta la sua lunga carriera progettuale.

*“Torna qui a proposito la rievocazione di un bel ricordo che mi ha lasciato un'antica collaborazione con Pier Luigi Nervi, che nel campo delle invenzioni architettoniche può ben annoverarsi tra quegli spiriti eletti, per mondiale consenso. Noi avevamo modellato una delle sue invenzioni ardite e stavamo insieme eseguendo la prova del comportamento statico del modello sotto carico. Nel momento in cui il modello spasimava sotto l'azione del carico massimo, Nervi battendo la mano sul tavolo esclamò improvvisamente: “ non ti pare, Danusso, che in certi momenti sembra di dover propriamente dire che le strutture vogliono star su?”, e accentuò fortemente la parola “vogliono” quasi per significare come egli vedesse le strutture determinate da natura ad organizzare nel più efficiente dei modi la propria resistenza”.*

Nella casa di Levanto vi è ancora una gigantografia dell'aviorimessa di Orvieto, con una dedica:

*Al caro amico e all'illustre Professore con profondo affetto e illimitata considerazione - P.L. Nervi - Aeroporto di Orvieto 1926-1927*



Al termine della guerra, Danusso presiede la seduta dedicata alle grandi strutture, al convegno di Torino del 1946 organizzato dal Centro Studi del CNR di Gustavo Colonnetti, in cui saranno gli interventi di Guido Oberti e di Pier Luigi Nervi ad evidenziare l'importanza della ricerca sperimentale su modelli.

Nella riorganizzazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche, da parte di Gustavo Colonnetti, viene creato un nuovo centro studi di ricerche teoriche e sperimentali sulla stabilità delle costruzioni, affidato ad Arturo Danusso, che come tutti i centri dispone di pochi fondi, ma Danusso saprà trovare i suoi finanziatori, grazie soprattutto al progetto per lo sfruttamento elettrico del bacino imbrifero del Piave, dato in concessione nel marzo del 1948 alla SADE (Società Adriatica di

<sup>37</sup> con il contributo delle società Italcementi e Montandon.

Elettricità), che prevedeva la costruzione di una serie di sbarramenti artificiali, il primo dei quali era una diga dal funzionamento statico ad arco-gravità, da realizzarsi a Pieve di Cadore. Le conoscenze teoriche non erano però, all'epoca tali da poter convenientemente progettare l'opera ed il tecnico della SADE ingegner Carlo Semenza, chiese la collaborazione al prof. Danusso, il quale coinvolse nell'opera anche il giovane prof. Guido Oberti.

Il funzionamento statico della diga presupponeva la ripartizione della spinta idrostatica fra gli elementi orizzontali ad arco e gli elementi verticali a gravità. I calcoli di progetto furono eseguiti con il metodo " *trial load*", utilizzato per il progetto della *Boulder Dam* sul Colorado, che imponeva la congruenza degli spostamenti sotto carico dei nodi d'incrocio fra archi e mensole. Ma questa diga presentava una anomalia nel contatto al suolo, che non era possibile studiare con gli strumenti allora disponibili e Danusso propose di affidarsi a prove su modelli.

Il laboratorio del Politecnico era però troppo piccolo per eseguire prove su di un modello di grandezza significativa (in scala 1:40) della diga. Occorreva un laboratorio di eccezionali dimensioni.

Nel frattempo l'ing. Carlo Pesenti, amministratore della Italcementi, ben noto ad Arturo Danusso di cui era stato allievo, decise di entrare nell'operazione e di costruire una cementeria a Vittorio Veneto, da cui rifornire il legante necessario per le opere.

Le due società SADE ed Italcementi, si accordano e Danusso si fa promotore della costituzione del nuovo soggetto, che realizzerà il laboratorio e che prenderà il nome di ISAC (Istituto Sperimentale per Applicazioni in Calcestruzzo). L'Italcementi mise a disposizione un terreno alla periferia di Bergamo e l'impresa Torno, che nel frattempo aveva acquisito l'appalto per la costruzione della diga, si impegna alla costruzione dell'edificio e del vascone (mt.10,0x5,0x2,5H) al cui interno posizionare il modello.

Già alla fine del 1948 furono eseguite le prove su di un primo modello, con risultati positivi, ma che fecero intravedere la possibilità di una ottimizzazione dei volumi di progetto per i quali venne preparato e testato un secondo modello, che sarà quello su cui si eseguirà il progetto esecutivo e che permetterà un risparmio di un miliardo di lire del tempo, rispetto al progetto a base d'asta.

Fu un grande successo che coinvolse tutti i soggetti interessati a sviluppare le risorse idroelettriche nazionali ed il 6 settembre 1951, presso lo studio del notaio Neri, in Milano, venne costituito l'ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture), una società per azioni senza fini di lucro.

Presidente Prof. Dr. Ing. Arturo DANUSSO  
Vice Presidenti Dr. Ing. Carlo PESENTI  
Dr. Ing. Carlo SEMENZA

Direttore dell'Istituto Prof. Dr. Ing. Guido OBERTI  
Le quote di partecipazione erano così ripartite:

35% ITALCEMENTI S.A.

Tre grandi imprese di costruzione in quote uguali:

10% IMPRESA GIROLA  
IMPRESA LODIGIANI  
IMPRESA TORNO

Imprese produttrici di energia elettrica in quote proporzionali all'energia prodotta:

55% ACCIAIERIE FALCK S.A.  
ADRIATICA DI ELETTRICITA' (SADE) .  
AZIENDA COMUNALE  
ELETTRICITA' ED ACQUE, ROMA  
AZIENDA ELETTRICA PIEMONTESE  
AZIENDA ELETTRICA  
MUNICIPALE MILANO  
IDROELETTRICA (SIP) S.A.  
OROBIA (GRUPPO EDISON) S.A.  
MERIDIONALE DI ELETTRICITA' SME  
MONTECATINI S.A.  
ROMANA DI ELETTRICITA'S.A.  
SELT-VALDARNO S.A.  
TERNI S.A.

Oltre alle dighe, all'ISMES, Danusso, Oberti ed i loro collaboratori, eseguiranno prove e ricerche sperimentali anche su altre strutture complesse. Numerose quelle di Pier Luigi Nervi, e di quegli ingegneri (Riccardo Morandi, Sergio Musmeci, etc.) che per naturale inclinazione non potevano limitarsi ad operare in soluzioni già codificate.

Le opere più interessanti, realizzate grazie all'ausilio dei modelli e delle prove dinamiche strutturali svolte nei laboratori ISMES, sono un esempio di alta ingegneria. Riportiamo solo le più famose:

- la torre Velasca a Milano
- il grattacielo Pirelli a Milano,
- la cattedrale di S. Mary a S. Francisco, California,
- la copertura a volta sottile dell'Aeroporto di Newark in New Carolina,
- i grattacieli di Montreal,
- la coperture a volta sottile del Centro Culturale di Norfolk,
- la nuova sala delle udienze del Papa, detta Sala Nervi in Vaticano.

Oltre al ponte sul Bosforo, al metanodotto che collega l'Algeria e la Tunisia alla Sicilia, al Duomo di Milano e a quello di Pavia, la torre di Pisa, e molte altre opere di simile importanza.

Al convegno sul tema "I modelli nella tecnica", tenutosi a Venezia, nell'ottobre del 1955 per il cinquantenario della fondazione della SADE, Danusso giustificava l'ancora scarsa diffusione in Italia delle prove su modelli come strumento di progettazione, a causa del contrasto tra "la

*visione sintetica dell'intuito che guarda al fenomeno nell'insieme della sua obiettività fisica e la visione analitica della scienza che, entro i confini degli schemi ideali di cui dispone, controlla, precisa, afferma. Così avviene che alcuni, legati per tradizione a questi schemi, trovino nei calcoli il riposo della perfezione logica e vi si adagino, diffidando dell'intuito come di una buccia di limone che faccia scivolare verso l'empirismo".*

Nel decennio di presidenza Danusso, tra il 1951 e il 1961 verranno sperimentate circa 60 grandi dighe in cemento armato, di cui 24 estere distribuite in 5 continenti (Svizzera, Spagna, Jugoslavia, Messico, Australia, Argentina, Bulgaria etc.)

Dopo il crollo della diga di Malpasset in Provenza (1959), la Banca Mondiale deliberò che i progetti di dighe da lei finanziati dovevano essere verificati su modello all'ISMES. I governi di Svizzera e Spagna, preso atto di non disporre di laboratori idonei, si affidarono all'ISMES.

Un ruolo fondamentale dell'ISMES è stato anche quello in ambito antisismico, con la realizzazione della **prima tavola vibrante**, che consentiva di simulare l'azione di terremoti, su modelli di strutture realizzati applicando studi e ricerche su materiali particolari, che consentivano la riduzione in scala di tali fenomeni. L'Istituto svolse inoltre anche attività collegate alla sorveglianza delle strutture e del territorio, come l'imponente sistema che consente la sorveglianza della Valtellina, il sistema di sorveglianza del muro del Cenacolo di Leonardo da Vinci, lesionato dalla bomba del 1945; nonché studi in campo geologico e geofisico, di meccanica delle rocce e per migliorare la sicurezza del trasporto dell'energia sulle linee ad alta tensione, etc. Il 9 ottobre 1963 la tragedia del Vajont (circa 2000 morti), con la frana del monte Toc dentro il bacino artificiale formato dalla diga, completata nel 1961 e che con i suoi 265 metri di altezza da record, è uno degli ultimi tasselli del progetto Piave. La diga, testata con tre modelli a diversa scala a partire dal 1958 e poi mentre si completava l'invaso, resistette egregiamente all'impatto della frana, ma la sua costruzione aveva alterato gli equilibri instabili del territorio.

Intanto il Prof. Guido Oberti, chiamato a coprire la cattedra di Tecnica delle Costruzioni al Politecnico di Torino, lascia la direzione dell'ISMES, pur continuando a partecipare come consulente tecnico.

Danusso, nel frattempo, ha lasciato la presidenza per una grave malattia: il suo posto viene affidato a Nervi, che lungi dal considerarlo un incarico onorifico, farà del suo meglio per salvare l'istituto, ma nonostante il prestigio che l'anziano ingegnere ancora riesce a trasmettergli, il modello fisico è destinato a cedere il passo a quello matematico. E' oramai iniziato il tempo dei metodi numerici con

la diffusione degli elaboratori elettronici. Nel 1969 l'Istituto apre una sezione di studio proprio sul metodo agli elementi finiti per cercare di allinearsi alle sperimentazioni già evolute negli altri paesi europei, ma non è più certo all'avanguardia.

Nel frattempo l'ENEL, interessata durante la crescita del nucleare in Italia alle competenze presenti in ISMES, decise di diventare l'azionista di maggioranza, acquisendo due importanti centri di ricerca: il CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) ed il CISE (Centro Informazioni Studi ed esperienze), per le ricerche di fisica applicata all'energia, ambedue dislocati a Milano.

L'Enel fece assumere il personale necessario e diede i finanziamenti per lo sviluppo di laboratori e di centri o unità di calcolo numerico. In ambito dell'ingegneria strutturale, negli anni 90 venne realizzata una tavola vibrante di grandi dimensioni (4 metri per 4 metri), che è stata utilizzata per centinaia di simulazioni di terremoti reali su modelli di grattacieli antisismici (come il grattacielo ENEL di Napoli), le cassette antisismiche studiate per l'Umbria, su apparecchiature elettriche per le centrali dell'Enel e l'ISMES poteva considerarsi al pari dei grandi centri di ricerca antisismica nel mondo. Con la fine del nucleare iniziò il declino dell'ISMES ed in parte anche degli altri due centri di ricerca.

Oggi l'Ismes è diventata la Divisione ambiente e Territorio di CESI SpA.

Danusso così ricorderà questa emozionante storia:

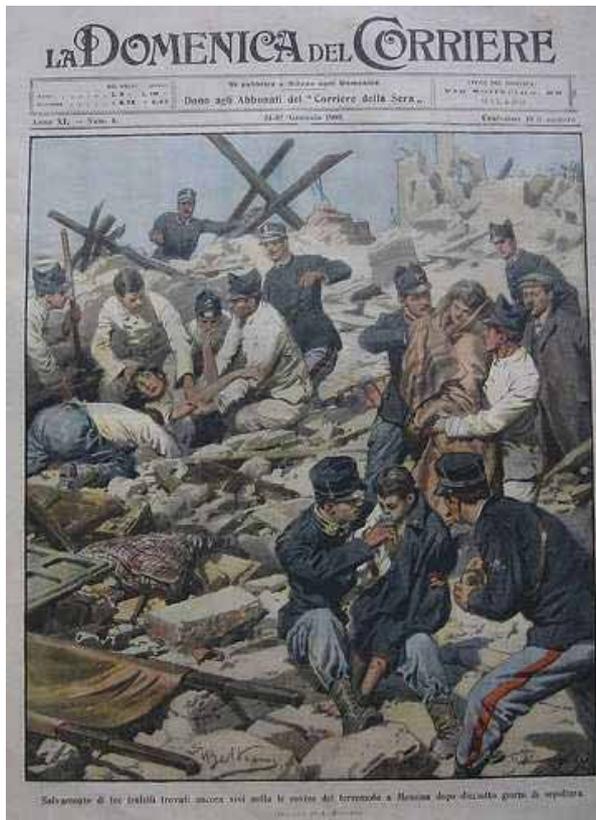
*"Della mia attività sperimentale che si svolse in collaborazione con gli assistenti nel laboratorio annesso alla cattedra, l'elemento più saliente fu il passaggio che io volli istituire dalle prove sui soli materiali a quelle sul comportamento delle strutture mediante modelli. Il tirocinio fu molto lungo e difficile per mancanza di mezzi che lo Stato non concedeva in alcun modo e tanto meno l'industria, rappresentata dalle imprese di costruzioni che dei modelli non sapevano nulla e che alla richiesta di finanziamenti rispondevano di essere già iugulati dalla concorrenza e quindi di non avere denaro a disposizione. Tuttavia qualche piccola prova finanziata da rari committenti che ne capivano l'utilità fu fatta e servì a mantenere accesa la fiammella che profondamente mi animava. Un giorno la fiammella ebbe un primo guizzo: il sen. Pesenti mi portò un assegno di £. 200.000; io pensai che Don Bosco con 8 soldi aveva piantato ben altro laboratorio, e cominciai a riaccendere le mie speranze.*

*Fra i committenti incominciarono a segnalarsi gli idroelettrici per la singolarità e l'importanza delle loro costruzioni. Verso il 1950, quando stavo per andare in pensione, mi fu chiesto dalla S.A.E. il*

modello della grande diga di Pieve di Cadore. Impossibile collocarlo nel Politecnico; d'altra parte, prevedendo che ciò potesse essere l'inizio di un notevole sviluppo e vedendo dai primi studi che conveniva passare dai piccoli ai grandi modelli, proposi nuovamente il problema all'Italcementi, la quale offerse un terreno a Bergamo e la propria partecipazione finanziaria all'avviamento di un nuovo laboratorio che fosse indipendente da qualsiasi onere burocratico. Tanto la SADE quanto la S.A.E. concorsero alla costruzione di un primo capannone di fortuna e all'acquisto delle prime attrezzature.

Il modello di Pieve di Cadore, lungo 10 metri, fu eseguito e provato in base ad un progetto preliminare e rivelò che a tale progetto rispondeva un eccessivo margine di sicurezza. Prendendo da ciò coraggio si costruì e si provò un secondo modello che diede risultati ancora più soddisfacenti e servì di base per costruire la diga. La SADE disse in pubblico congresso internazionale che il risultato economico del modello fu tale da ridurre di un miliardo il costo della diga. Di qui il risveglio della coscienza di tutto il mondo idroelettrico e l'accorrere al mio nuovo laboratorio per modellare le dighe che dovevano costruirsi.

Così nel 1951 il laboratorio con la sigla ISMES (Istituto Sperimentale Modelli e Strutture) fu istituito in regolare società anonima i cui frutti anziché dare dividendi agli azionisti dovevano impiegarsi in ampliamento del laboratorio e delle sue attrezzature. Nel '61 il decennale fu celebrato con una pubblicazione riassuntiva da cui appare



Salvataggio di tre feriti trovati ancora vivi nella rovina del terremoto a Messina dopo duecento giorni di sepolture.

la rinomanza acquistata all'estero e l'importanza delle commesse che la confermano.

Purtroppo alcune circostanze sfavorevoli sembrano opporsi all'avvenire dell'Istituto:

1° la diminuzione dei nuovi impianti idroelettrici per esaurimento graduale delle fonti di energia idraulica

2° la mancanza ancora grave di una coscienza del valore scientifico ed economico delle esperienze su modelli in ogni altro campo dell'attività costruttiva

3° infine l'incertezza derivante dall'attuale legge sulla nazionalizzazione delle imprese elettriche.

La novità principale che l'ISMES ha realizzato è quella di non limitare l'esperimento al regime normale dei carichi ma di spingerlo fino al collasso per riconoscere la riserva di stabilità che la natura concede alla struttura. Questo richiede una particolare confezione dei modelli sia per i materiali che li compongono, sia per le dimensioni che occorre loro assegnare per realizzare condizioni pratiche di lavoro".<sup>38</sup>

## Il contributo all'ingegneria sismica

Le 5,20 del 28 dicembre 1908: "fu in quel momento che dalle viscere della terra salì un rombo. Inizialmente simile a un gorgogliare profondo, come se qualcosa ribollisse nella pancia buia del pianeta, per poi risalire potente e veloce, fino a esplodere in un boato che spaccava timpani e anime, che trasformava la vita in qualcosa di oscuro e di sconosciuto. Che spazzava via dagli occhi il presente senza sostituirlo con nient'altro. Il mondo dopo non sarebbe stato più lo stesso".

Dal romanzo L'Alba nera di Mario Falcone, Fazi 2008

Il 28 dicembre 1908 un terremoto di magnitudo 7,1 distrusse la vita di più di 100.000 persone e le città di Messina e Reggio Calabria.

Con questa tragedia ha inizio la storia dell'ingegneria sismica moderna ed Arturo Danusso, allora giovane vent'ottenne, ne è il geniale e dimenticato pioniere.

A Milano, d'iniziativa privata, viene bandito un concorso internazionale con piena libertà di espressione per la soluzione del problema dei criteri per la ricostruzione. Danusso pensa che il cemento armato abbia una parola da dire e affronta l'argomento per proprio conto, pervenendo a un risultato teorico incoraggiante, accompagnato dalla dimostrazione di applicabilità pratica. Presenta il suo lavoro al concorso nella primavera del 1909 e una Commissione di 20 professori di statica e di sismologia lo classificano primo su 230 concorrenti, di cui 37 stranieri,

<sup>38</sup> Da Una piccola storia di Arturo, pagg.32-35

(premio £. 2000). La commozone che il terremoto ha suscitato dà risonanza al suo lavoro, che viene così variamente pubblicato nella letteratura scientifica. Di conseguenza gli viene proposto dal Ministero dei LL. PP. (auspice il prof. Panetti) l'incarico di affiancare, in qualità di ingegnere capo del Genio Civile, l'opera dell'Ispettore designato a dirigere la ricostruzione delle città crollate. L'offerta lusinghiera non garantisce la stabilità dell'impiego e nemmeno una gratifica di buonuscita quando l'impiego cessasse, così Danusso è costretto a rifiutare. Alcune offerte private di consulenza lo inducono a visitare



Reggio e Messina nell'agosto 1910, per assumere qualche incarico che naturalmente non sarà in concorrenza con l'impresa Porcheddu.<sup>39</sup>

Il suo lavoro intitolato "**La statica delle costruzioni antisismiche**" presentato alla Società degli Ingegneri ed Architetti in Torino e pubblicato l'anno seguente, contiene già tutti gli elementi di approccio scientifico al problema.

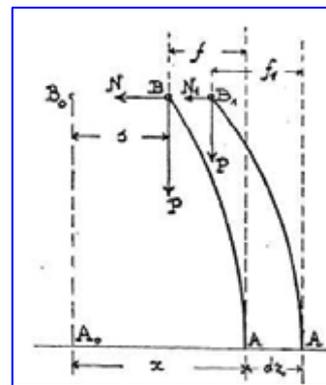
*"Noi sappiamo che alcune fra le case di Messina e di Reggio erano mal costrutte, inaccettabili per regola d'arte persino nei paesi dove il terreno a memoria d'uomo è rimasto stabile. Ma non possiamo logicamente inferire che se fossero state osservate le migliori regole dell'arte oggi note, la rovina non sarebbe avvenuta, poiché ci manca totalmente il termine di confronto fra la resistenza dei nostri migliori edifici e le forze da cui essi sono minacciati per effetto delle scosse telluriche.*

*Prima di riedificare le città distrutte conviene procurarsi questo termine di confronto, con criteri strettamente scientifici, ricercando da una parte le caratteristiche meccaniche dei movimenti sismici, dall'altra l'effetto dinamico da essi prodotto sulle membrature resistenti degli edifici.*

*...Anzitutto per studiare la stabilità delle costruzioni antisismiche non occorre risalire alle cause geologiche del terremoto. Lasciamo ai sismologi questo difficilissimo compito: a noi basta conoscere il fenomeno sismico quale si presenta alla superficie del suolo,*

*...possiamo ridurre lo studio di un terremoto normale a quello di due ondulazioni rettilinee, l'una verticale, l'altra orizzontale, purchè si ammetta, per quest'ultima, un'orientazione comunque variabile.*

*Rendere minima, compatibilmente colle esigenze pratiche di una casa, la somma di energia che si trasmette dalla commozone tellurica al fabbricato. Consideriamo dell'edificio antisismico soltanto l'ossatura resistente formata da un complesso di piedritti e di solai piani ... un sistema di masse concentrate alle altezze dei diversi piani e ...trascurabile la massa dei piedritti fra piano e piano in confronto con quella dei solai e dei sovrapposti carichi accidentali.*



*La scossa sismica fa oscillare il fabbricato, al quale durante le considerazioni teoriche daremo il nome di pendolo elastico per l'analogia che passa (come vedremo in breve) tra il moto della nostra ossatura e quello di un pendolo ordinario.*

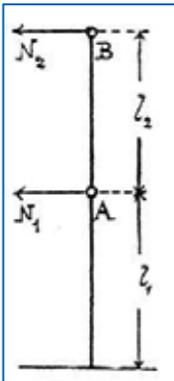
*un pendolo ordinario.*

*Ricercando in tal modo la massima fra le sollecitazioni istantanee dell'asta durante tutto il movimento, si giunge con formole finali che hanno il pregio di un'estrema semplicità, al seguente notevolissimo risultato: che il rapporto fra la massima accelerazione delle masse costituenti il fabbricato e la massima accelerazione del terremoto è funzione di un solo termine numerico, il quale a sua volta è il rapporto fra il periodo dell'ondulazione sismica e quello naturale di oscillazione del pendolo elastico. A questo termine numerico, per l'importanza che assume nel calcolo delle costruzioni antisismiche, mi è parso conveniente dare il nome di caratteristica. Esso riconduce il problema dinamico delle costruzioni antisismiche ad un ordinario calcolo di statica dei sistemi elastici.*

*... tra la sismologia, che cerca la forma dei terremoti e le loro caratteristiche meccaniche, e la scienza delle costruzioni era necessario inserire una teoria di collegamento del tipo di quella da me proposta.*

<sup>39</sup> Da Una piccola storia di Arturo, pagg. 15-16

Per utilizzarla bisogna conoscere una funzione  $f(t)$  che rappresenti con sufficiente approssimazione la proiezione del moto tellurico sugli assi coordinati.



D'accordo coi sismologi dovrà il progettista raccogliere i sismogrammi relativi alla regione su cui si deve costruire e scegliere in essi, con giusto criterio, l'onda di massima intensità sulla quale i calcoli dovranno basarsi.

Cerchiamo ora di spingere innanzi la teoria verso l'edificio a più piani, e per semplicità seguiamo dapprima il caso del fabbricato a due piani. Sia un pendolo elastico a due masse  $m_1$  ed  $m_2$ . La conclusione è questa: Il moto di ciascuna delle due masse del pendolo doppio si può ridurre ad una combinazione lineare dei moti delle masse di due pendoli semplici ideali soggetti a dati movimenti alla base e dotati di speciali costanti elastiche. Inutile oramai ripetere che analoghe conclusioni si possono trarre per case con qualsivoglia numero di piani."

Il giovane e brillante Arturo Danusso si impegna fortemente nelle iniziative successive al terremoto, che vedono coinvolto tutto il mondo tecnico-scientifico nazionale.

Partecipa e vince il concorso indetto dalla Società Cooperativa Lombarda di Lavori Pubblici, sotto gli Auspici del Collegio degli Ingegneri ed Architetti di Milano, per ottenere tipi e sistemi di Costruzioni Antisismiche civili, rurali ed industriali da costruire nelle regioni Italiane soggette al terremoto. Concorso con elaborati da presentare entro il 31 marzo 1909 ed a cui parteciparono oltre 200 concorrenti.

La proposta di Danusso incontra il favore della commissione esaminatrice con la sua fondazione a platea, il baricentro tenuto in basso per mezzo della riduzione nella superficie dei piani superiori e la buona connessione realizzata attraverso telai in cemento armato, posti ortogonalmente nei due versi, che sono più facilmente costruibili nel Sud Italia rispetto a telai in legno o in acciaio. Sono apprezzati anche i calcoli di accompagnamento del progetto, perché "è di massimo interesse dare al costruttore una guida più rigorosa di un semplice criterio intuitivo, al fine di consentire l'applicazione al presente ramo dell'arte delle costruzioni di quei calcoli e metodi di verifica, che costituiscono la base degli strumenti della scienza delle costruzioni", pur con qualche critica sull'assunzione del moto armonico del terreno per il terremoto e la scarsa importanza attribuita alla componente verticale, mentre viene particolarmente apprezzato il calcolo fornito della deformazione sotto l'azione sismica, come qualcosa che lo ha reso in grado di spiegare il motivo per cui "una eccessiva rigidità dell'edificio non contribuisce alla sua stabilità".

Nel corso dello stesso anno, un nuovo concorso viene bandito dal Collegio Toscano degli Ingegneri e Architetti, in occasione del XII congresso degli Ingegneri ed Architetti da tenersi in Ottobre. Il termine è il 30 giugno, poi prorogato

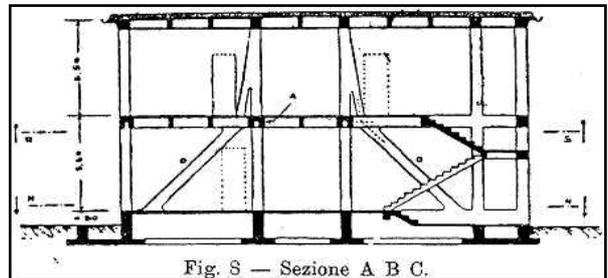


Fig. 8 — Sezione A B C.

Costruzione antisismica per abitazione. — Disposizione costruttiva.

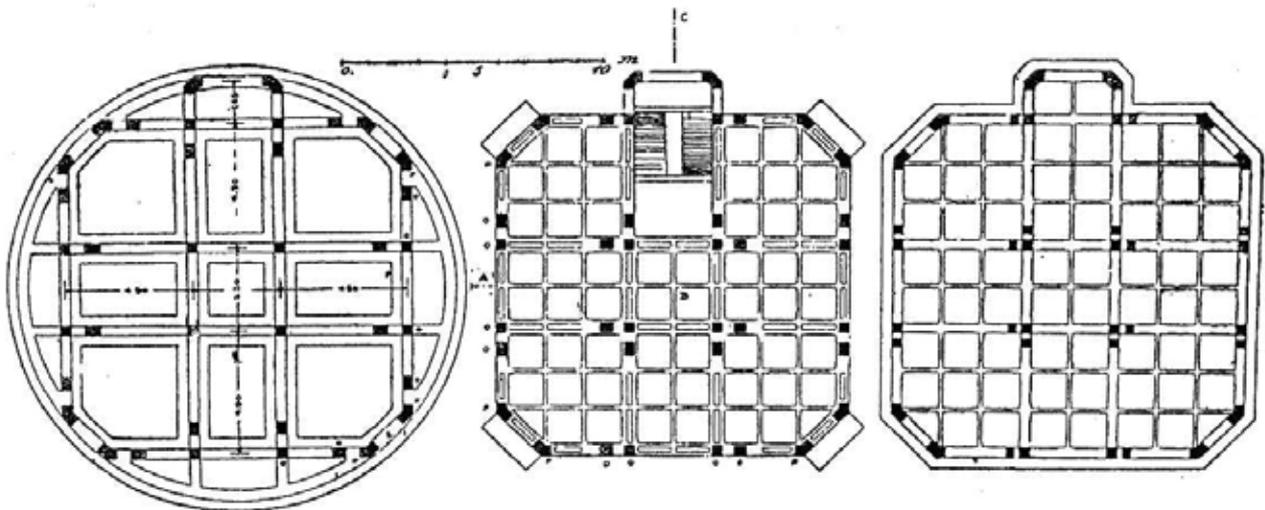


Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Platea di fondazione - Pianta secondo M. N. Solaio sul pianterreno - Pianta secondo R. S. Solaio sul primo piano.

Nota - I pantoni O (vedi sezione) si ripetono anche nelle quattro facciate, come si vede dalle piante, e vanno da P in basso verso Q in alto.

al 31 agosto. Solo 18 progetti saranno presentati e quello di Danusso (una evoluzione di quello di Milano) risulta anche qui vincitore, anche se molte sono le resistenze da parte dei tecnici all'impiego del Cemento armato, che non conoscono e per la cui esecuzione non vi è disponibilità di mano d'opera specializzata.

Nell'Ottobre del 1909 partecipa al XII Congresso degli Ingegneri ed Architetti tenutosi a Firenze, con una comunicazione su "La Statica delle Costruzioni Antisismiche", poi pubblicata della Tipografia dell'Unione Editrice, Roma, ed in cui formula una proposta:

*"Perciò mi è parso utile proporre al Congresso di Firenze un voto: cioè che il Governo nomini una Commissione permanente di sismologi e di ingegneri sperimentati, la quale svolga uno studio teorico-pratico continuato sull'edilizia antisismica, coordinando in un solo sistema tutto il contributo di studi e di esperienze che sarà prodotto dal mondo tecnico, e in pari tempo abbia facoltà di discutere, modificare e quindi approvare rapidamente e con unità di criteri i progetti che saranno presentati per la ricostruzione."*

Scrive numerosi articoli che escono sulle principali pubblicazioni del settore:

- "Le Case che non Crollano (A Proposito del Terremoto Calabro-Siculo)", Il Cemento, Vol. 5, No. 1, 1909
- "Il Problema delle Case nei Paesi del Terremoto", Il Cemento, Vol. 5, No. 2, 1909
- "La Statica delle Costruzioni Antisismiche", Il Monitore Tecnico, Vol. 15, No. 33, 1909
- "Contributo al Calcolo delle Fondazioni Continue in Cemento Armato", Il Cemento, Vol. 5, No. 3, 1909
- "La Statica delle Costruzioni Antisismiche", Giornale dei Lavori Pubblici e delle Strade Ferrate, Vol. 37, No. 6, 1910
- "La Revisione delle Norme Asismiche Ministeriali", Il Monitore Tecnico, Vol. 18, No. 10, Il Cemento, Vol. 9, No. 8, 1912
- "Il Terremoto", Il Cemento, Vol. 12, No. 2, 1915

Frattanto la Commissione Reale per le Norme tecniche di costruzione nei comuni colpiti da terremoto, porta all'emanazione, prima del Regio Decreto n. 193 del 18 aprile 1909 poi modificato con il R.D. 1080 del 6 settembre 1912, che pur con importanti novità, si limitano a fornire divieti e prescrizioni costruttive.

Il clima è già cambiato ed il fervore dei primi anni lascia il posto alla ordinaria routine. Nel 1914 muore Italo Maganzini, presidente del Comitato chiamato a scrivere le norme del 1909; anche Silvio Canevazzi (1852-1918), membro importante del Comitato, si disimpegna per motivi di salute; Modesto Panetti (1875-1957), da scaltro politico quale si rivelerà nel seguito, superando indenne e sempre in primo piano, il fascismo, la guerra e la ricostruzione, capisce che non vi è più da ottenere

gloria<sup>40</sup> e si dedica alla carriera universitaria a Torino ed alla politica. Egli comunque conobbe ed apprezzò il lavoro di Arturo Danusso, tanto da scriverne pubblicamente le lodi<sup>41</sup>:

*"Lo studio matematico di questo fenomeno nel campo delle costruzioni soggette a scosse sismiche è merito dell'Ing. Danusso, il quale ne ha tratte delle conclusioni importanti, che confermano la legge generale ora indicata. Non è il caso di rinnovare qui la esposizione delle sue ricerche geniali, che egli stesso ha esposto in questa sede, nelle quali considerando le strutture degli edifici come ritte elastici incastrati al piede e con le masse concentrate alla estremità superiore dove si collegano coi ripiani, indaga il movimento di tali masse in relazione con quello, supposto armonico, dei piedi dei ritte, e ne deduce il rapporto fra le accelerazioni massime dell'uno e dell'altro segnalando il pericolo della risonanza per costruzioni eccessivamente flessibili e quello della esagerazione della forza d'urto per costruzioni eccessivamente rigide. Naturalmente in questa indagine egli è costretto a trascurare l'influenza delle resistenze smorzanti del moto, le quali hanno l'effetto di renderlo ben presto indipendente dalle sue condizioni iniziali. Ma d'altra parte il problema di cui si tratta è precisamente tale da porre in giuoco innanzi tutto gli istanti iniziali della scossa, ossia il termine di quel brevissimo periodo nel quale si è prodotta nel suolo la quantità totale di energia, che si rivela poi nel moto sismico susseguente. In oltre l'Ing. Danusso riuscì a dimostrare che un moto oscillatorio del suolo di ampiezza crescente o decrescente produce effetti sempre minori di un moto oscillatorio di ampiezza costantemente uguale alla massima. Le sue deduzioni meritano dunque tutta la nostra attenzione, se non come misura, almeno come indice dei fenomeni da considerarsi."*

L'interesse cessa soprattutto perchè non era più tempo per le opere di pace. Dal 28 luglio 1914 l'Europa viene sconvolta dal primo conflitto mondiale, ed anche l'Italia, con il Patto di Londra del 26 aprile 1915 entrò in guerra.

Per Arturo Danusso inizia una nuova avventura con la vittoria al concorso di professore al Regio Istituto Superiore a Milano.

<sup>40</sup> Oggi è doloroso dover riconoscere che la lotta contro tale nemico non è abbastanza attiva, nè abbastanza rapido il progresso, e ciò pel fatto che fra i perfezionamenti tecnici ed il problema economico non c'è in questo campo convergenza di intendimenti, ma contrasto, si direbbe, incompatibilità ...

<sup>41</sup> "Sulla Tecnica delle Costruzioni Asismiche. Comunicazione dell'ing. Modesto Panetti fatta nella Seduta del 26 Giugno 1914. Estratto dagli Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino", Tip. P. Celanza e C., Torino

Egli tornerà a scrivere di ingegneria sismica<sup>42</sup> nel 1928 in un lavoro, poi presentato a Liegi nel settembre 1930, alla prima conferenza sul Calcestruzzo armato, dove presenta nuovamente i risultati ottenuti nel 1909-1910, mediante l'uso di un più efficace simbolismo e l'aggiunta di nuovi risultati. In particolare, studia il caso di una massa-molla sottoposta sia ad una eccitazione che è il prodotto di due funzioni seno ed ad una prodotto di una funzione coseno ed una seno, dimostrando che sono meno pericolose rispetto a quelle precedentemente studiate. Poi egli esamina un sistema con  $n$  gradi di libertà, generalizzando la soluzione già trovata per i due gradi di libertà e ribadendo che "è facile riconoscere nel movimento di massa di un qualsiasi pendolo  $n$ -uplo una combinazione lineare del movimento di  $n$  pendoli semplici". Infine, studia il caso di una torre prismatica elastica ed omogenea.

Nel suo ultimo lavoro sulle costruzioni resistenti al terremoto (1946), Danusso riconsidera i risultati precedentemente ottenuti, utilizza una terminologia oggi più comunemente usata quando scrive di "autovalori", e fa riferimento ai lavori di T. Levi-Civita, Rayleigh, e G. Krall, ma senza nuovi significativi risultati.

Danusso, almeno apparentemente non sembra essere a conoscenza delle attività di ricerca sviluppate nel frattempo da Maurice Anthony Biot (1905-1985), allievo di Theodore Von Karmann (1881-1963) al Caltech, che portarono alla enunciazione del metodo dello spettro di risposta (RSM) per la soluzione dei problemi in ambito sismico<sup>43</sup>.

---

<sup>42</sup> (1928). "Sulla Statica delle Costruzioni Antisismiche", Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano, Vol. 2, .

(1931). "Sulla Statica delle Costruzioni Asismiche", Atti La Partecipazione Italiana al Primo Congresso Internazionale del Calcestruzzo Semplice ed Armato, Liegi settembre 1930, Tipografia del Senato, Roma.

(1946). "Costruzioni Asismiche" in "Tecnica del Cemento Armato (G.Albenga)", Edizioni della Bussola, Roma.

(1952). "Vibrazioni degli Edifici" in "Lezioni sulle Vibrazioni Meccaniche (B.Finzi)", Tamburini, Milano.

<sup>43</sup> Ad inizio novecento, lo sviluppo della matematica applicata e la diffusione del suo insegnamento in ambito universitario ed il verificarsi di alcuni terremoti disastrosi (San Francisco 1906, Messina-Reggio 1908) sono all'origine della nascita dell' Ingegneria Sismica.

Nella California del Sud si deve al Prof. R. Millikan (1868-1953), l'attivazione di studi di ingegneria sismica. Dopo aver completato il suo dottorato in fisica alla Columbia University nel 1895, egli trascorre due anni in Germania tra Berlino e Gottinga. Questa esperienza Europea sembra abbia influenzato molto le sue iniziative quando ha assunto la guida del Caltech (California Institute of Technology) due decenni più tardi, chiamandovi dalla Germania Theodor von Karman (1881-1963) che nel 1930 divenne il primo direttore del Laboratorio "Guggenheim" di Aeronautica. La formulazione matematica del Metodo dello spettro di risposta (RSM) apparve per la prima volta nella tesi di dottorato in ingegneria aeronautica di Maurice Anthony Biot (1905-1985), un giovane originario di Anversa in Belgio. Biot studia presso l'Università Cattolica di Lovanio in Belgio, dove ottiene un diploma di laurea in

Ma è ad Arturo Danusso, fin dai suoi primi lavori del 1909, che va ascritto il merito di aver compreso la necessità di tenere conto delle proprietà dinamiche degli edifici nella risposta alle azioni del terremoto e di come un sistema lineare elastico ad  $n$  gradi di libertà possa essere considerato equivalente a  $n$  oscillatori ad un singolo grado di libertà.

Nel 1949 per iniziativa di Danusso, il Seminario Matematico e Fisico di Milano promosse, insieme al Politecnico (con la collaborazione di A. Masotti, L. Amerio, M. Pastori, O. Sesini, B. Finzi, G. De Marchi, I. Bertolini) un Corso sulla Meccanica delle vibrazioni,

L'impegno principale di Danusso è ora coi modelli ed in Italia nessuno sembra più dare importanza scientifica al problema sismico.

Sarà l'incontro tra l'ISMES ed il CNR di Colonnetti a riaccendere la scintilla della ricerca in Italia, con il coinvolgimento di uno degli assistenti di Danusso, il prof. Piero Locatelli (1902-1988) e del prof. Giuseppe Grandori (1921), che così ricorda<sup>44</sup>:

*"... è iniziata una collaborazione strettissima con l'ISMES, che era allora un grosso laboratorio in espansione. Una delle esperienze più importanti fu con Lauletta il viaggio in Nuova Zelanda del 1965 alla terza Conferenza Mondiale di ingegneria sismica; per noi italiani erano i primi vagiti mentre l'International Association of Earthquake Engineering, si era già costituita da 10 anni nel 1956 in California. Da allora, però, il contributo della comunità scientifica italiana risultò tanto evidente ed importante da attribuirmi il ruolo di organizzatore della quinta conferenza internazionale a Roma nel 1973. Un impegnativo lavoro conclusosi in modo lusinghiero".*

Nel frattempo l'UNESCO, sotto la presidenza di Fournier D'Albe, era interessato a finanziare iniziative volte a far progredire l'area Mediterranea dell'Europa, ancora in fase di decollo economico e sociale, peraltro particolarmente esposta al rischio sismico.

Nel 1965 il presidente del CNR Vincenzo Caglioti convocò a Roma Locatelli e Grandori e propose loro di coordinare il progetto di tenere un corso

---

filosofia (1927), in ingegneria mineraria (1929) ed in ingegneria elettrica (1930), con dottorato nel 1931, allievo di Von Karmann che svolse un ruolo chiave nel guidare il suo allievo e nella promozione dei suoi risultati.

Dalla sua formulazione il metodo è rimasto nella sfera accademica fino all'inizio degli anni '70 del secolo scorso, quando la disponibilità di moderni dispositivi di acquisizione dei dati di eventi sismici e di elaboratori elettronici ha reso possibile, con la registrazione di 241 accelerogrammi del terremoto di San Fernando in California, di ottenere la prima analisi empirica di risposta spettrale.

<sup>44</sup> Carla M. Kovsca Colani, Enzo Lauletta: la modellazione fisica e l'approccio dello studio di grandi strutture presso l'ISMES, Istituto Sperimentale Modelli e Strutture

annuale di Ingegneria Sismica come specializzazione post-laurea.

Nella riunione del Consiglio di Amministrazione dell'ISMES che si tenne presso la sede dell'ENEL di Roma il 22 novembre 1966, il prof. Guido Oberti diede notizia ufficiale della collaborazione con il CNR per l'avvio del primo corso Internazionale di Ingegneria Sismica. Pier Luigi Nervi, presidente dell'Istituto esprime, oltre al compiacimento, la speranza che in questo contesto, avrebbero potuto scaturire i necessari aggiornamenti del regolamento antisismico vigente, da lui espressamente sollecitati da tempo. Nasce il **Centro Internazionale d'Ingegneria Sismica ICEE** che viene intitolato ad Arturo Danusso.

Dal gennaio a luglio 1967 si tenne nelle due sedi di Milano e Bergamo, il primo Corso Internazionale post-laurea in Ingegneria Sismica e con crescenti difficoltà sotto il profilo finanziario, ma con motivazioni scientifiche ed istituzionali sempre maggiori, i corsi dell'ICEE si protrassero lungo i due anni seguenti fino al 1969. L'ing. Lauletta<sup>45</sup> ne fu il coordinatore.

Poi improvvisamente il quadro di riferimento istituzionale cambia radicalmente, con i vertici del CNR che non ritenevano più importante proseguire con dei finanziamenti in questo settore e l'UNESCO che individua altri paesi nell'area mediterranea a cui devolvere risorse per lo sviluppo.

Ma questa esperienza dell'ICEE aveva prodotto una trasformazione profonda nell'ambito accademico.

Grazie a questa esperienza presero l'avvio negli Atenei di Ingegneria numerosi corsi di ingegneria sismica ed ebbe inizio un lavoro di ricerca che ha permesso all'Italia di recuperare il ruolo di leader in Europa. Furono quelli anche gli ultimi anni di lavoro all'ISMES di Lauletta (che morì nel 1971) e che riuscì ad organizzare una settantina di prove sul problema sismico.

In questa storia, che non si è comunque conclusa, trova sbocco quel cammino della ricerca sui modelli tanto cara al prof. Danusso, che così aveva ben illustrato, in un suo scritto al tempo della nascita dell'ISMES:

*“L'idea viene attuata, il primo tentativo si compie. L'orizzonte del problema si allarga, appare la necessità di perfezionare l'impostazione; il processo di ricerca si acuisce, si approfondisce.*

*Nuove idee, nuovi bagliori si annunciano: il secondo, il terzo tentativo vanno attuandosi. L'oggetto di tutte queste cure si trasforma e si plasma in forme sempre più armoniche [...]. Altri ricercatori intanto si fanno avanti, ansiosi di associarsi a questa creazione. Nuovi contributi, nuovi perfezionamenti; ma, ad onta della varietà delle menti che collaborano, ecco che la serie di tentativi va convergendo visibilmente verso un limite che non si tocca, ma che si continua a sfiorare.”*

Sarà con il terremoto del 23 novembre 1980, quando verso le 19.00 della sera una lunghissima scossa della durata di un minuto e venti secondi, di magnitudo 6,8 della scala Richter, rase al suolo 36 paesi situati al confine tra la Campania e la Basilicata, in Irpinia, che il nostro paese prenderà coscienza della necessità di affrontare con decisione ed in maniera organica il problema della difesa dai terremoti. Si contarono 2.735 morti e 8.850 feriti. Fu un disastro gigantesco e tutta l'Italia si mobilitò commossa come non mai.

Il 10 dicembre 1980 i Proff. Franco Barberi e Giuseppe Grandori, presentarono alle competenti Commissioni del Senato, alla presenza del Presidente della Repubblica, una ormai storica **“Relazione del C.N.R. sulla difesa dai terremoti, in merito alla lezione traibile dal sisma del 23 novembre 1980”**. In essa si esprimevano valutazioni e proposte di notevole rilievo metodologico sul ruolo della comunità scientifica, valide anche per la gestione delle calamità naturali in generale.

In tale documento si affermava: *“Ma vi è un altro ordine di difficoltà, che deriva dal fatto che il mondo scientifico non può dettare in modo diretto le soluzioni operative; queste infatti hanno enormi implicazioni sociali in termini di vittime, di danni diretti ed indiretti, di distribuzione del peso economico di una politica di prevenzione fra tutti i membri della comunità nazionale. Ai ricercatori spetta il compito di chiarire le conseguenze delle diverse decisioni possibili, ma la scelta finale spetta all'intera comunità attraverso meccanismi decisionali adeguati”*.

Nasce presso il CNR, il Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti, diventa operativa la Protezione Civile e si attiva un percorso virtuoso, anche se con risorse umane e finanziarie sempre esigue, culminato con la costituzione della Rete Sismica Nazionale Centralizzata. Poi avviene qualcosa, con il terremoto del Molise del 2003 ed il crollo della scuola di San Giuliano, inizia il tempo delle ordinanze e nel 2004 cessa l'attività il GNDR. Nella lettera di commiato il presidente prof. Claudio Eva esprime rammarico per *“la fine della ventennale esperienza di stretta collaborazione tra le varie anime scientifiche che convergono nella mitigazione del rischio sismico.”*

---

<sup>45</sup> Lauletta ha fornito in ambito italiano i più importanti contributi teorico sperimentali sull'utilizzo del paraboloide iperbolico in architettura, avviò la partecipazione dell'ISMES alla collaborazione internazionale con la IASS, *International Association of Shell Structures*, fondata da Eduardo Torroja nel 1959, nella quale Guido Oberti e il Comitato Scientifico dell'ISMES mantennero un ruolo di preminenza fino alla fine del XX° secolo. Ricordiamo in particolare il Convegno Internazionale IASS, svoltosi nel 1995 a Milano: *Spatial Structures: Heritage, Present, and Future*, edito da Gian Carlo Giuliani, dove l'ISMES ha contribuito come ente organizzatore.

Siamo oramai ai giorni nostri e la storia lascia il posto alla cronaca, e forse è meglio tacere ancora per un po'.

## Ricordi e testimonianze

### **Prof. Ing. Giuseppe Grandori Politecnico Milano.**

Arturo Danusso, un grande maestro con il quale ho avuto la fortuna di poter discutere i miei primi lavori sulla plasticità.

Nel campo dell'ingegneria sismica Danusso è stato "un geniale e dimenticato pioniere". I suoi studi, apparsi dopo il terremoto di Messina, proponevano concetti e metodi innovativi per lo studio degli effetti dei sismi sulle costruzioni; concetti e metodi che anticipavano l'impostazione successivamente adottata come base dell'Ingegneria sismica moderna. Questa fiorì negli anni '30 e raggiunse una struttura scientifica condivisa solo nel dopoguerra. Purtroppo gli studi di Danusso erano pubblicati in italiano su riviste non specialistiche e non raggiunsero apprezzabile diffusione a livello internazionale. D'altra parte in Italia gli studi di ingegneria sismica fiorirono solo negli anni '60 e si innestarono direttamente nel grande fiume della ricerca internazionale, guidata essenzialmente dai Californiani e Giapponesi. A dire il vero, i contributi di Danusso sono citati con molto onore in una importante opera in lingua inglese apparsa nel 1932. Si tratta di un importante lavoro di raccolta delle osservazioni allora disponibili sugli effetti di molti significativi terremoti verificatisi nel mondo. L'autore, Jhon Freeman, era un autorevole ingegnere americano il quale si lamentava del fatto che la sismologia studiasse cause e caratteristiche dei terremoti ma non fornisse agli ingegneri i dati fisici necessari per prevedere gli effetti sulle costruzioni. Da ciò l'indagine "Earthquake effects and earthquake insurance" in cui un corposo capitolo è dedicato alla "lesson from Italians earthquake" ed alla minuziosa descrizione degli studi di Danusso.

### **Ing. Emanuele Fumagalli Direttore Generale dell'ISMES, dimessosi nel 1979 ed "emigrato" in Canada.**

*Dietro una cortesia bonaria d'alta classe si celava un animo quasi francescano. Grande maestro (docente emerito di Scienza delle Costruzioni al Politecnico di Milano), sorprende per l'acume del suo ingegno. Ogni onesto studente uscendo da una prova d'esame non aveva motivo di risentimento per una sonora bocciatura. Il suo non era un esame, era un colloquio cui occorreva partecipare con conoscenza della materia e senso critico. Peraltro non mancava di una certa arguzia che l'età matura rendeva garbatamente impertinente. Ricordo l'incontro*

*avuto all'ISMES quando, su invito di Pesenti, il conte Cini fece visita all'Istituto, perché i due grandi promotori dovessero compiacersi reciprocamente del buon successo dell'iniziativa. A Danusso toccò di far gli onori di casa. Egli interloquì dicendo: "Ed ora che i due portafogli si sono abbracciati, vediamo che si può fare per soddisfare alle nostre modeste necessità". Lo scrivente ebbe motivo di conoscerlo meglio solo in età avanzata, quando la memoria talora lo tradiva. Ricordo quando fu chiamato a progettare la ricostruzione della guglia della Mole Antonelliana, caduta nel corso di un fortunale. Dell'Antonelli come statico non nutriva una particolare stima, ma peraltro anche sul grande Brunelleschi aveva le sue riserve, perché . a suo dire . la statica del Cupolone di Santa Maria del Fiore non era in fondo ben equilibrata. Era invece pieno d'ammirazione per la saggezza di Michelangelo. Orbene, in quel periodo ogni martedì era all'ISMES, dove si doveva maturare il progetto prima di dar seguito alla verifica su modello. Io venivo convocato per colmare le lacune mnemoniche e mi chiedeva a che punto si era giunti il martedì precedente. Prudentemente io mi ero fatto un appunto che gli esprimevo con diligenza, leggendo in lui quasi l'ammirazione di vedere riapparire il quadro della situazione, soddisfatto di quanto andavo dicendo, quasi che lo sviluppo del progetto fosse in buona misura opera mia. Quando la mia esposizione era finita, ecco emergere l'uomo d'ingegno che . preso il timone . procedeva nello sviluppo dei calcoli e nel dimensionamento delle opere con chiarezza e semplici note, affidate ad un modesto foglio che gli avevo fornito. All'occasione non mancava di humour. Pregato dal Vescovo di Bergamo di verificare la statica di una chiesa di una parrocchia in Valle, vi si recò e ne decretò la condanna. Sprovvedutamente la chiesa era stata costruita per metà su fondazioni in roccia, mentre la parte restante gravava su terreno di riporto non consolidato che, con il tempo, aveva iniziato ad assestarsi e a scivolare lungo il pendio, portandosi dietro metà del fabbricato. Cercò, mi disse al rientro, di spiegare al parroco con semplici parole la gravità del caso, ma questo, irrigidendosi, non se ne dava per inteso finché alla fine mandò a chiamare il capomastro del paese il cui parere, a giudizio del parroco, doveva valere almeno quanto il suo. Il dialogo si svolse in buona misura in purissimo dialetto orobico, a lui alquanto ostico, ma alla fine - mi disse - riuscì a convincere il tecnico del luogo e questo portò a smussare e ad appianare in parte l'ostilità che il suo giudizio di condanna aveva determinato nel parroco (evitandogli per l'occasione un anatema). E di norma che il maestro esprima la propria benevolenza verso gli allievi più meritevoli. Per Danusso era esattamente l'opposto. Mia moglie conserva un*

*biglietto a me inviato, che chiude con la frase "Perché lei mi vuol bene, vero?". Questo era, per finezza d'animo, il Prof. Danusso che io ho conosciuto."*

#### **Prof.ing.Leo Finzi:**

*L'ingegneria moderna gli deve moltissimo. Danusso è riuscito a trovare un punto d'incontro (e non era facile) tra la scienza e l'arte del costruire.*

### **Arturo Danusso e la sua famiglia.**

La famiglia Danusso viveva a Milano e passava le estati a Levanto, a villa Dina. A tutto pensava la moglie Alessandra (Dina), che mandava avanti egregiamente la famiglia, lasciando ad Arturo la possibilità di lavorare tranquillamente, cosa che faceva sempre, anche nelle estati a villa Dina. La loro è stata una famiglia unita. Ai quattro figli fu impartita una educazione rigida. Noretta (Eleonora) nata nel 1907 e sposata a Franco Pozzi ginecologo, non ebbe figli ed è vissuta 98 anni, che dal padre aveva ereditato il carattere ascetico. Emma, (1909-1999) dal carattere vivace come quello della madre, sposò un allievo del padre, l'ing. Aldo Tommasini, con cui ha avuto una vita avventurosa tra l'Africa (dove Aldo fu fatto prigioniero per 5 anni ed Emma rinchiusa in un campo di concentramento inglese per 3 mesi, ed il Brasile, nel Minas Gerais dove adottarono un bimbo mulatto. Silvia (1918) che ancora oggi è una alta ed elegante signora, da tempo vedova dell'ing. Renato Targetti, con tre figli (Roberto, Lorenza e Raimondo).

Ferdinando, l'ultimo dei figli di Arturo ed Alessandra. Nacque infatti il 18/10/1921 a Milano. Ancora giovane studente attrezzò nella soffitta di casa un piccolo laboratorio di chimica per i suoi esperimenti ed a 18 anni scrisse un libro di chimica per i licei, edito da La Prora. Dopo che ebbe terminato il liceo classico all' istituto «Gonzaga», si iscrisse al Politecnico di Milano, ma con lo scoppio della seconda guerra mondiale fu chiamato alle armi, come ufficiale di artiglieria. L'8 settembre 1943 lo colse in Francia, dove l'esercito si disgregò: riuscì a raggiungere sano e salvo la sua famiglia sfollata a Cernobbio e decise di fuggire in Svizzera, dove rimase internato fino alla Liberazione. Tornato a Milano, riprese gli studi e nel 1948 sposò Lorenza Serafini, dalla quale ebbe due figlie, Cristina (1951) e Cecilia (1960). Nel 1950 si laureò in Ingegneria industriale (con indirizzo chimico) e iniziò la sua carriera universitaria, tutta all'interno del Politecnico di Milano. Prima come assistente alla cattedra di Chimica Industriale, poi nel 1955, dopo aver ottenuto la libera docenza in Chimica Fisica, come professore incaricato di Materie Plastiche

ed Elastomeri. Nel 1962 divenne coordinatore del Centro Nazionale di Chimica delle Macromolecole del CNR, carica che manterrà fino al 1969.

Nel 1963 risultò vincitore del concorso a cattedra in Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata e fu successivamente chiamato alla cattedra di Chimica Macromolecolare, di nuova istituzione, tenuta fino al collocamento a riposo, nel 1992.

Fu il primo scienziato italiano ad applicarsi allo studio delle macromolecole con studi sulla sintesi, caratterizzazione e proprietà fisiche e ingegneristiche di composti e materiali macromolecolari di nuova struttura e concezione.

Nel 1954, essendo nell'équipe del prof. Giulio Natta, partecipò con altri cinque colleghi alla scoperta della polimerizzazione stereospecifica (Moplen) che valse a Natta il Nobel nel 1963, ed ebbe il privilegio di leggere, al posto dello stesso Natta, già malato di Parkinson, il discorso-conferenza di fronte a Re Gustavo ed agli accademici di Svezia.

All'interno del Politecnico di Milano fu per un periodo presidente del Consiglio di Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e promotore dell'istituzione del nuovo corso di Laurea di Ingegneria dei Materiali.

Membro di Advisory board di riviste ed enciclopedie internazionali (Polymer, Polymer Science, Comprehensive Polymer Science, ecc.), coautore del libro "Stereoregular Polymers and Stereospecific Polymerizations. The contributions of Giulio Natta and his school to Polymer Chemistry" (Pergamon Press, 1967), con cui Natta spiegò la scoperta del polipropilene isotattico, espose i risultati delle sue ricerche in oltre 200 pubblicazioni, prevalentemente nel campo della chimica macromolecolare.

Morì il 1 febbraio del 2006 e per tutti coloro che lo conobbero, ... *se n'è andato Nandin.*



## Alcune opere significative

### Il Ponte sull'Astico a Calvene

Realizzato nel 1907-08 dall'impresa Porcheddu su progetto di Danusso è un ponte ad arco fortemente ribassato, con sezione cellulare. Luce di 34.50mt. larghezza della carreggiata di 3,0mt freccia 2,0mt. L'arco è largo 2,6mt di spessore



costante pari a 50cm, sostiene la soletta di 12cm di spessore attraverso due muretti laterali di sp.30cm. Le spalle pure a sezione scatolare, con due pareti di 90 cm lunghe 5,50mt, la soletta superiore di sp.12cm e quella di base sp.20cm che appoggia sulla platea di fondazione.

*Il progetto e la calcolazione di questo ponte e la perfetta esecuzione mettono quest'opera fra le migliori ideate strutture in cemento armato. La leggerezza e l'eleganza del manufatto sono notevoli, se si considera l'epoca in cui fu eseguito<sup>46</sup>.*



Nel 1935 Danusso in Le autotensioni (LEP Milano) scriverà:

*"... da un quarto di secolo in ottime condizioni di funzionamento e quindi largamente sperimentate, in contrapposto coi risultati del calcolo statico oggi consacrato da norme di legge, calcolo che, applicato a quelle costruzioni, condurrebbe a risultati disastrosi."*

Nella relazione di calcolo si legge: ... proponiamoci di contrappesare l'arco con rinforzi dietro le spalle... potremo così contare su tutto quel grado d'incastro che la forma dell'arco consente."

Durante la guerra il ponte ha sopportato il passaggio dei tank tedeschi in ritirata.

Nel 2004 è stato oggetto di un intervento di restauro e le prove di carico hanno attestato una portata di 350 ton.

### I Tralicci dello stretto di Messina

I cosiddetti **Piloni dello Stretto** sono ora dei tralicci in disuso della linea elettrica ad alta tensione a 220 KV che attraversava lo stretto di Messina fra la Calabria e la Sicilia. Il Pione di Torre Faro, alto 232 metri, fu costruito tra il 1948 ed il 1955 ad opera della S.G.E.S. (Società Generale Elettrica della Sicilia) su progetto di Arturo Danusso, per collegare l'isola al continente con un elettrodotto aereo, la cui campata era lunga 3.650 metri, mentre il traliccio calabrese, situato sulla sommità della *collina di Santa Trada* è alto 224 mt. Pur con dimensioni minori, supera comunque l'altezza del primo perché collocato a



un'altezza maggiore.

Dopo il loro completamento, la durata ed estensione delle oscillazioni delle strutture furono determinate in un modo molto insolito: i tecnici hanno montato tre razzi con una spinta di 9800 kN sulle parti superiori dei piloni e li hanno accesi. L'inaugurazione avvenne il 15 maggio 1956, in occasione del decennale della nascita della Regione siciliana, e l'opera con due piloni



<sup>46</sup> Ponti Italiani in C.A. Sanaterella Miozzi Hoepli 1924

autoportanti rappresentò, con l'elettrodotto aereo di 3650 metri, la più grande campata elettrica del mondo.

Un'opera faraonica per quei tempi, che dopo avere vinto il Premio ANIAI nel 1957, come migliore realizzazione dell'elettrotecnica italiana, fu dimessa nell'1985 per far posto ad un collegamento elettrico sottomarino di nuova generazione.

Pur non avendo più alcuna funzione pratica, i piloni non furono abbattuti, e oggi rappresentano un'attrazione turistica dello Stretto.

Ricorda il prof. Leo Finzi<sup>47</sup>: *sul finire degli anni quaranta collaboravo con lui alla progettazione delle torri a tralicci in acciaio, alte oltre 200 metri, per l'attraversamento dello stretto di Messina con linee a 220 Kv e lo ricordo nel suo studio la sera intento a raffrontare con acume in termini di efficienza statica e dinamica una ricca rosa di soluzioni che si era proposto e a migliorarle e a correggerle sereno ed entusiasta ad un tempo.*

### La torre Galfa

Costruita tra il 1956 ed il 1959 su progetto dell'architetto Melchiorre Bega, e consulenza al progetto strutturale di Arturo Danusso, si trova nel cuore del centro direzionale milanese, a pochi passi dalla Stazione Centrale e dal vicino Grattacielo Pirelli, tra le vie Galvani e Fara, dalle



quali deriva l'acronimo (Gal-fa) con cui è chiamata

sin dal tempo della sua costruzione. Dalla piastra di fondazione si innalza l'edificio, che supera i 102 metri di altezza con 33 piani complessivi, di cui due interrati. La struttura portante è in cemento armato, non basata su pilastri ma su quinte orientate diversamente per garantire la massima resistenza di fronte alle fortissime spinte derivate dall'altezza, e dalla relativamente contenuta dimensione in pianta. Salendo verso l'alto, la sezione delle quinte si assottiglia e si biforcano. Quattro delle sei pilastrate sono arretrate di mt. 2,50 all'interno del perimetro della base, un rettangolo di m 30 x 18, determinando così lo sbalzo continuo dei solai.

### La torre Velasca



La Torre Velasca, con i suoi 99 metri di altezza (28 piani e 2 interrati), si trova a sud del Duomo di Milano, nella piazza omonima. Progettata dallo studio BBPR con la collaborazione di Arturo Danusso per la parte strutturale, venne realizzata tra il 1956 e il 1958 dopo un iter progettuale lungo



<sup>47</sup> Leo Finzi, In memoria di A. Danusso, Costruzioni metalliche, N.1 1969

e complesso. L'edificio è diviso in due parti che ne individuano le funzioni differenti: il volume inferiore destinato al terziario e commerciale, quello superiore, aggettante, dove si trova la funzione residenziale. Il rivestimento in pietra, unitamente alla raffinatezza dei dettagli costruttivi, ne fanno un manifesto della ricostruzione italiana. Qui la forma è struttura, enfatizzata dall'ampliamento della parte superiore (determinato da esigenze di massimo sfruttamento della cubatura costruibile). A garantire l'equilibrio di questo colossale fungo in cemento armato gettato in opera, un nucleo centrale rettangolare e 16 pilastri perimetrali. Due piastre orizzontali, dissimulate nei solai, mantengono la risultante dei pesi lungo la linea spezzata dei pilastri: un sistema di tiranti stringe verso l'interno i pilastri all'altezza del diciassettesimo piano mentre una doppia soletta compressa li puntella al quattordicesimo. I pilastri hanno sezione rettangolare alla base che si trasforma a T nello sviluppo in altezza. Dal 15° al 18° piano la pianta si allarga, i pilastri si inclinano all'esterno, con uno sbalzo di 3,20mt, per poi sorreggere gli ultimi 10 piani. Per dimensionare e verificare la complessa struttura, la cui conformazione varia piano per piano, Danusso ricorse ad una serie di prove su modelli nel laboratorio dell'ISMES di Bergamo.

## Il grattacielo Pirelli

Nel 1950 Alberto Pirelli, presidente dell'omonima società, decise di costruire un grattacielo in cui trasferire la sede direzionale dell'azienda, nell'area di piazzale Duca d'Aosta, dove sorgevano i vecchi stabilimenti della Pirelli, e su cui vi erano imposti pochi vincoli architettonici. Il suo principale progettista è Giò Ponti, cui si deve la definitiva scelta formale, con lui hanno collaborato Antonio Fornaroli, Alberto Rosselli, Giuseppe Valtolina e Egidio Dell'Orto.

Ultimata la demolizione delle preesistenti fabbriche, tra il giugno e il dicembre del 1955 vi si installò il cantiere con l'impianto di produzione del calcestruzzo. L'impresa esecutrice fu la Bonomi in associazione con la ditta Comolli. Il cantiere ed i lavori furono gestiti direttamente dalla Pirelli. Il 12 luglio 1956 fu ufficialmente posata la prima pietra. La costruzione del grattacielo fu seguita dai giornali e dalla televisione fino all'inaugurazione avvenuta nel 1960. Nel 1978 l'edificio fu venduto alla Regione Lombardia. Le trattative furono condotte da Leopoldo Pirelli e da Cesare Golfari, l'allora presidente della Regione.

Il Pirellone, come lo chiamano affettuosamente i milanesi è uno dei più celebri simboli della città. È un'opera architettonica importante, propria del razionalismo italiano; con i suoi 127,10 metri di



altezza è uno degli edifici in cemento armato più alti al mondo.<sup>48</sup>

Questo "piccolo grattacielo" affilato (m 127,10 di altezza, 18,50 di profondità al centro, 70,40 di larghezza) "emerge", con la sua forma "essenziale", che deve molto alla "semplicità" della sua struttura portante, in cui come raccontava Pier Luigi Nervi "si è andati a caccia dei pesi inutili". È una "forma finita", nata da una "invenzione strutturale" che per realizzarsi richiese il meglio dei pensieri di Nervi e Danusso, per garantire la stabilità all'azione del vento, in un edificio in cui il rapporto larghezza/altezza è molto piccolo, e che costituiva un problema senza precedenti per soluzioni in cemento armato. La struttura così come realizzata è scaturita dal confronto tra Giò Ponti e gli altri architetti e gli ingegneri Nervi e Danusso, di cui Ponti così scriverà:

*"l'uno di fama internazionale d'audacia e bellezza di opere dove brilla una immaginatività d'eccezione; l'altro per fama altrettanto internazionale in questo campo di dottrina e d'insegnamento, di rai valori e virtù: affascinanti personalità umane ambedue, entrambi due grandi maestri."*<sup>49</sup>

Per arrivare alla soluzione finale sono state necessarie cinque successive soluzioni che hanno portato dalla prima ipotesi di una maglia

<sup>48</sup> È uno degli edifici più alti d'Italia dopo la Torre Telecom Italia di Rozzano (187 metri), la Mole Antonelliana di Torino (167 metri), la basilica di San Pietro a Roma (136 metri) e la Torre Telecom Italia di Napoli (129 metri).

<sup>49</sup> Domus, n.316 anno 1956.

regolare di pilastri e travi alla megastruttura alla fine realizzata con la caratteristica forma lenticolare. È una struttura composta di pochi grandi elementi: le punte scatolari e i due grandi setti trapezoidali fortemente rastremati ed alleggeriti dal basso in alto, che sostengono i solai di grande luce, fino ai 24 metri della campata centrale<sup>50</sup>.

Per le fondazioni, che dovevano sorreggere un peso di 60.000 ton. fu organizzata una livellazione di precisione che rilevò un abbassamento di 10 mm con variazioni relative trascurabili.

Per mettere a punto i dettagli Nervi e Danusso utilizzarono, oltre ai calcoli, prove su modelli (all'ISMES di Bergamo ne vennero costruiti due: uno dell'insieme alto undici metri, ed uno di un elemento del solaio in scala 1:5).

*Per questo progetto, la cui mole supera tutti quelli precedenti, Arturo Danusso non si sente di seguire la sola via teorica poiché non può affidarsi alla sua esperienza e chiede ai Pirelli di affiancare lo studio con un modello dicendo che: «la scienza delle costruzioni ha bisogno del continuo controllo dell'esperienza perché i suoi schemi non hanno la possibilità di rappresentare interamente il fenomeno naturale a cui si riferiscono».*

*Ottiene così il consenso, e il modello di 10 m di altezza è costruito all'ISMES, mentre un modello minore è sperimentato nella galleria del vento al Politecnico, e dimostra che il grattacielo avvolto dal vento agisce all'incirca come un'ala di aeroplano e quindi tutto quello che è sostentamento per l'ala diventa gravame contro la torre. In particolare l'azione massima di risucchio del vento propone il problema della resistenza dei vetri delle finestre ed obbliga a prevederne il rinforzo.<sup>51</sup>*

Agli atti rimane la definizione dispregiativa di Bruno Zevi di "mobile bar ingrandito alla scala di grattacielo". Evidentemente non era d'accordo con lui Walter Gropius (1883-1969) che con lo studio Emery Roth & sons progettava il Pan Am Building (246mt) di New York, inaugurato nel 1963 e chiaramente ispirato al Pirellone.

Il giorno 18 aprile 2002, alle ore 17,50, un aereo privato ha colpito il Pirellone all'altezza del 25° piano, causando tre morti e decine di feriti, ma senza danni importanti alla struttura.

## Crediti

- Il ponte del Risorgimento attraverso il Tevere in Roma, Tip. Artero Roma 1911
- A. Danusso, In memoria di G.A. Porcheddu, Il cemento Armato n.11 Nov.1937 Milano

<sup>50</sup> Solai che inizialmente dovevano essere precompressi per limitare la freccia, ma che non fu necessario fare a seguito delle prove all'ISMES che assicurarono del buon risultato anche senza.

<sup>51</sup> Da una piccola storia di Arturo, pag.37

- A. Danusso, *Il problema spirituale nel processo formativo della tecnica*. In: *L'ingegnere*, n. 4, 1951
- Memorie presentate al Symposium su La plasticità nella Scienza delle Costruzioni, Zanichelli Editore BO 1956
- La scienza e lo spirito negli scritti di ARTURO DANUSSO, Morcelliana Brescia 1978.
- Arturo Danusso, Tra scienza e tecnica. Tesi di laurea di Giorgia Favaretti IUAV 1999-2000, relatore prof. Enzo Siviero
- Calderini Chiara, I monumenti della paura: cultura e tecnica del cemento armato nel restauro dei monumenti in Italia (1900-1945), Cap. 6 Il Consolidamento della cupola di San gaudenti a Novara: rapporti e scontri tra tradizione e modernità (1931-1947). Tesi di laurea, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, 2000
- Enzo Siviero Ilaria Zampini *L'ingegneria dei ponti in Italia nel XX secolo*.
- Tullia Iori, *Il boom dell'ingegneria italiana: il ruolo di Gustavo Colonnetti e Arturo Danusso*
- [http://www.storiadimilano.it/citta/milanotecnica/volo/linate\\_malpensa.htm](http://www.storiadimilano.it/citta/milanotecnica/volo/linate_malpensa.htm)
- Francesco Ogliari. *Linate, dagli idrovolanti ai jet*, Trasporti in Lombardia n.6 /2001
- Carla M. Kovsca Colani, *L'International Center of Earthquake Engineering: una tappa importante dell'Ingegneria Strutturale italiana (1967-1969)*
- Carla M. Kovsca Colani, *Enzo Lauletta: la modellazione fisica e l'approccio dello studio di grandi strutture presso l'ISMES, Istituto Sperimentale Modelli e Strutture*
- Sergio Poretti, *Ingegneria e architettura nel modernismo italiano: strutturalismo e realismo*
- [http://www.asim.it/ismes/ismes\\_It/default.htm](http://www.asim.it/ismes/ismes_It/default.htm)
- Franco Manzoni, *Danusso, dalle macromolecole all'invenzione del «Moplen»* - Corriere della Sera del 21 febbraio 2006
- Roberto Gori, *THE EARLIER HENNEBIQUE R/C BRIDGES BUILT IN ITALY TICCIIH Congress 2006 Terni 14-18 september 2006*
- Umberto Barbisan Matteo Guardini, *Reinforced concrete: A short History*, 2007 Technologos Editore
- Luigi Sorrentino, *The Early Entrance of Dynamics in Earthquake Engineering: Arturo Danusso's*, ISET JOURNAL OF EARTHQUAKE TECHNOLOGY vol.44 anno 2007
- S. Poretti, *L'ingegneria e la "scomparsa delle lucciole"*, in A. Buccaro, G. Fabbriatore, L.M. Papa (a cura di), *Storia dell'ingegneria*, 1° convegno nazionale, Napoli 8-9 marzo 2006, vol. 1, pp. 157-166;
- S. Poretti, *"Ingegneria e architettura nel modernismo italiano"*, *Storia dell'Ingegneria* Atti del 2° Convegno Nazionale Napoli, 7-8-9 aprile 2008 a cura di Salvatore D'Agostino vol. 1, pp. 331-338; Entrambi disponibili su [www.aising.it](http://www.aising.it)
- S. Poretti, *Un tempo felice dell'ingegneria italiana. Le grandi opere strutturali dalla ricostruzione al miracolo economico, «Casabella»*, N.739-740, 2006, pp. 6-11;

- Oltre ai numerosi lavori sull'argomento della Prof.sa Ing.Tullia Iori riportati sul sito: [www.tulliaiori.com](http://www.tulliaiori.com)

*Non si può seriamente pensare a chiudere nella cerchia ferrea di norme legali gli accorgimenti teorici e pratici di un ramo qualunque della tecnica, accorgimenti mutevoli col progredire d'ogni giorno, suscettibili di varie interpretazioni, resi efficaci soltanto dalla sapienza e dalla discrezione di chi, vivendone il quotidiano esperimento, impara a coordinarli per un buon fine. Chi penserebbe mai a regolamentare i precetti diagnostici della medicina, o gli accorgimenti operatori della chirurgia, e a presentare al prefetto il programma di cura di un malato, perché venga verificato ed approvato?...*

*Ma vi è di peggio. Non si possono sempre avere, per l'applicazione di un regolamento, funzionari di grande valore, capaci di interpretarne lo spirito più che la lettera, capaci soprattutto di superarlo di fronte alla richiesta di un progettista che proponga qualche novità o qualche sano ardimento. E siccome soltanto alla somma di questi ardimenti, frutto di forti meditazioni individuali, è dovuto il progresso della costruzione, poiché uno avrà osato per primo, e gli altri oseranno sull'esempio di quello... Non si racchiuda in norme protocollari il sacro fermento degli spiriti. Si istruisca e si educi fortemente il futuro costruttore col valido insegnamento dei fondamenti culturali nella scuola e con un tirocinio pratico, sotto l'altrui responsabilità, nei primi anni di lavoro. Dopo gli si conceda la libertà dei suoi atti pareggiandola con la contropartita della responsabilità personale. Meglio arrischiare qualche immeritata concessione di fiducia in regime di libertà, che tarpare le ali ai migliori con la tirannia di una costruzione legale, che rende illusorio il buon fine della prevenzione dei crolli, mentre realizza in pieno il cattivo fine di inceppare il progresso e di dare agli inetti l'albagia del sapere falso e posticcio.*

*Arturo Danusso,  
intervista al Corriere della sera 1929*

## Scritti<sup>52</sup>

- Contributo al calcolo delle fondazioni continue in cemento armato, Il cemento 1907
- La statica delle costruzioni antisismiche, Atti Società degli Ingegneri ed architetti in Torino 1909
- Il massimo momento negativo nelle travi di cemento armato perfettamente incastrate agli estremi, Il cemento n.17 1910
- Sul calcolo corrente delle travi a traliccio con maglie rettangolari, Il Cemento n.3 1910, n.6 1919, n.7 1928
- Il calcolo delle sezioni di cemento armato sollecitate separatamente da due momenti flettenti di opposto segno, Il Cemento n.14 1910
- Il cemento armato nel campanile di S.Marco, Il cemento n.9 1912
- La ghisa cerchiata, Il cemento n.10 1913
- Reitrag zur Berechnung der kreuzweise bewhrten Eisemetonplatten und deren Aufnahmetrager, Berlin 1913
- Il palazzo delle feste in Breslavia, Il cemento n.23 1913 n.1 1914
- I solai monolitici nervati in due direzioni, Rivista tecnica, Venezia 15.06.1913
- Raffronti fra sistemi elastici diversamente vincolati, Monitore tecnico n.24 1914
- libertà di stampa in materia scientifica, Il cemento n. 9 1914
- Ponte ad arco ribassato sul Busento a Cosenza, Il cemento 1914
- Sul calcolo dei sistemi costruttivi incastrati alle due estremità, Il Cemento n.5 1917
- Il laboratorio per le prove dei materiali nel Regio Istituto tecnico superiore di Milano, L'industria vol. 32 n.6 1918
- Sul calcolo delle ossature che supportano macchinario e trasmissioni. Un caso di sincronismo, Il Cemento n.2 1919
- Le navi in cemento armato nella realtà, Il Cemento n.12 1919
- Calcolo delle sezioni di cemento armato sollecitate separatamente da due momenti flettenti di segno opposto, Il Cemento n.5 1921
- Il massimo momento negativo nelle travi di c.a. perfettamente incastrate agli estremi, Il Cemento n.5 1921
- Fondazioni in acqua con affondamento di canne armate, Il Cemento 1922
- Il solaio duplex a travi incrociate nascoste in c.a. e mattoni forati, Il costruttore edile, n.1 1923
- Contributo al calcolo pratico delle piastre appoggiate sul contorno, Il Cemento armato, 1925
- Calcolo dei solai duplex dell'ing. Pietro Vaccarelli, LEP Milano 1926
- Esperimenti sui tubi Eternit, laboratorio prove materiali, 1926
- Notizie sull'impiego della matematica negli ordinari problemi di scienza delle costruzioni, Rendiconti Seminario matematico e fisico di MI, vol.1 1927
- Contributo al calcolo delle fondazioni continue in c.a. Il Cemento armato 1927
- Sulla statica delle costruzioni antisismiche. Atti convegno internazionale sul beton semplice e armato Liegi, 1930
- Il calcestruzzo armato, L'industria italiana del cemento 1928
- Esperienze su traverse in eternit armate, Boll.n.2 Ist.Meccanica costruzioni Politecnico Milano
- La meccanica e la vita, Vita e pensiero Milano 1932
- Indagini sperimentali sulle costruzioni: la foteelasticità, con G. Oberti. Seminario Matematico e fisico Milano n.1-2 vol.VI 1932
- Le autotensioni – spunti teorici ed applicazioni partiche, Seminario Matematico e fisico Milano n.4 vol.VIII 1934
- La tecnica e lo spirito, Vita e pensiero milano 1935
- Prove comparative sopra elementi di solai di C.A. con particolari casseforme laterizie, con G.Ceruti e G. Oberti. Boll.n.2. Politecnico MI, 1935
- Relazione su traversine in cemento amianto con armatura metallica. Bollettino del Politecnico 1936
- Cultura e specializzazione, Atti 1° convegno laureati cattolici, FI 1936
- Determinazioni sperimentali su particolari tipi di solai a struttura mista di C.A. e laterizi. con G.Ceruti e G. Oberti. Il cemento armato n2. 1937
- Indagini sperimentali su di un telaio multiplo in C.A. di G. Oberti, nota introduttiva . Boll.n3 Politecnico MI, 1937

<sup>52</sup> Elenco tenuto dalla Prof. Cristina Danusso

39. Sul comportamento statico di archi incastrati notevolmente ribassati tipo ponte del risorgimento, di G. Oberti Nota introduttiva Boll. Politecnico n. 6 1937
40. Orizzonti nello studio della stabilità delle costruzioni, Realtà 1.12.1938
41. Il laboratorio " Prove modelli e Costruzioni" dell'istituto di Scienza delle Costruzioni del R. Politecnico di Milano, con G. Oberti Boll. Politecnico n.4 1939
42. Lezioni di scienza delle costruzioni, Milano 1940
43. Sulla riforma delle scuole per Ingegneri. Atti sindacato Prov. Fascista Ingegneri di Lombardia, n.1-2, 1942
44. Orientamenti nella ricerca scientifica, Nella scuola e nella vita, 1943
45. Tecnica del cemento armato, con Albenga, Colonnetti, Giannelli, Krall, Martinelli, La bussola 1943
46. Costruzioni asismiche, Lez. Corso La tecnica del C.A. Failli Roma 1945
47. Le ragioni e i fondamenti della ricerca sperimentale sulle costruzioni, Lez. Corso La tecnica del C.A. Failli Roma 1945
48. Nuove ricerche nelle costruzioni civili, con Cestelli, Martinelli, Oberti, Pistolesi, Sobrero, ed. Bussola Roma 1946
49. Sulla riforma dei politecnici, Il Cemento n.8 1950
50. Riflessi spirituali nella scienza e nella tecnica, Humanitas II, 10, 929 1947
51. Nuovi orientamenti nel campo delle costruzioni, Soc. Italiana per il progresso delle scienze, Roma 1949
52. Sull'arte di costruire stabilmente, Il Cemento n.5 1950
53. Ordine fisico e ordine morale, Il Cemento n.4 1950 Scienza e civiltà Roma 1951
54. Contributo al calcolo pratico delle piastre di C.A. rettangolari e triangolari vincolate al contorno. Il Cemento nn .7 a 12 1949
55. Il problema spirituale nel processo formativo della tecnica, l'ingegnere, aprile 1951
56. Intuito e scienza nel C.A. Rend. Politecnico fasc.1 1952, Rotary MI 485
57. Unità del sapere: scienza ed intuito, L'ingegnere n.8 1952
58. Nuovi orientamenti nella scienza delle costruzioni, Il Cemento nn-5,9,10,12 1052
59. Scienza e natura, L'elettrotecnica vol.40 n.1 1954
60. Le autotensioni – spunti teorici ed applicazioni pratiche, Il Cemento n.11.12 1953 e n. 1 1954
61. Vibrazioni degli edifici, Il Cemento n.12 1954
62. Contributo ad una tavola rotonda interdisciplinare, agosto 1954
63. Stabilità dei grattacieli, Il progresso della tecnica RAI vol.III pag. 91
64. I ponti in C.A., Il progresso della tecnica RAI vol.III pag. 99
65. Risposta alla relazione dell'ing. Uccelli, comitato Museo Naz. L.da Vinci, 1955
66. lo scienziato al servizio della civiltà, MI 1955
67. I rapporti tra scienza e fede, Vita e pensiero, Fasc.IX 1955
68. Diga arco-gravità sul Piave. Criteri di progetto e ricerche sperimentali, L'energia elettrica n.12 vol.32 1955
69. Inticin y ciencia en la historia del hormigon armado, Instituto Técnico de la construcción y del cemento, n.160 1955
70. Scienza ed intuito nell'arte di costruire. Tamburini, Mi, 1957
71. Intuition und wissenschaft in der geschichte des stahbetons, Die bautechnik 34, 325 1957
72. scienza e natura, studium n.3 Roma 1957
73. Scienza e coscienza dell'ingegnere, atti collegio Ing. Milano n.3-4 1959
74. Intuito, scienza e coscienza, Istruzione tecnica e professionale n.1 1959
75. Nel cinquantenario del terremoto di Messina, Il Cemento n. 1 1960
76. L'Università Italiana e la formazione spirituale degli studenti, atti I congresso nella cittadella cristiana dei Professori Universitari, 1960
77. I terremoti e le case, Rotary club Mi, 659 1960
78. Sul valore educativo della scienza, Atti VI convegno Scholè, 1960
79. Il sapore della scienza, Elettrotecnica n.3 1963, Il Cemento n.9 1965
80. Scienza ed arte del costruire, rend. Ist. Lombardo Accademia delle scienze e lettere, vol.97 1963
81. L'ordine fisico specchio analogico dell'ordine morale? Vita e pensiero MI 1965
82. Spiritualità dell'architettura sacra, confidenze di un vecchio ingegnere agli amici architetti.
83. Il carattere costruttivo della natura, quaderni di San Giorgio
84. Luci ed ombre sulle costruzioni antisismiche
85. Problemi universitari ad un convegno in Cittadella
86. Lo scienziato e la civiltà
87. Orientamenti nella ricerca scientifica
88. Prima l'esperienza e poi la ragione, Pirelli VIII n.6 dic. 1955



## Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare alla prof.sa **Cristina Danusso De Pol**, figlia di Nandin, per la piena disponibilità e la cordiale collaborazione e per aver fornito numerosi documenti inediti ed in particolare per "Un piccola storia di Arturo", 45 pagine dattiloscritte dalla figlia Eleonora, tra il 1963 ed il 1966.

Al prof. **Giuseppe Grandori** per le parole di sostegno ed apprezzamento e per la testimonianza originale sull'importanza del prof. Danusso nella storia dell'ingegneria sismica.

Al prof. **Duilio Benedetti** per la sua copia del libro introvabile "La scienza e lo spirito negli scritti di Arturo Danusso", e per la sua fiducia nelle operazioni impossibili.

All'arch. **Giorgia Favaretti** per aver messo a disposizione la sua originale tesi di laurea. Cosa che sembra ovvia, ma che invece spesso non lo è.

1 edizione Giugno 2009

Fausto Giovannardi

[www.giovannardierontini.it](http://www.giovannardierontini.it)

Questa opera è pubblicata sotto

Licenza Creative Commons

Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/deed.it>



