

DOMINARE LA MATERIA

Il calcestruzzo ha avuto un ruolo da protagonista nell'architettura del secolo scorso. Potremmo considerarlo come la pietra del XX secolo, anche se la sua popolarità come materiale da costruzione ha conosciuto alti e bassi (più di popolarità dovremmo parlare, in effetti, piuttosto che dell'opportunità o meno di essere considerato il materiale idoneo ad esprimere la cultura del secolo scorso tra i professionisti).

Non ha perso la sua forza come opzione costruttiva nonostante lo sviluppo di altri sistemi e di materiali più sofisticati, chiaramente più tecnologici.

La costruzione in calcestruzzo a vista è sinonimo di un'architettura sincera, poiché ci lascia vedere i materiali che lo compongono, così come l'elemento che lo contiene e gli dà forma, la cassaforma, e perché, per dimostrare le sue qualità, è essenziale fare attenzione alla messa in opera oltre che all'elaborazione, giacché gli errori commessi sono irreversibili.

Il calcestruzzo è simbolo di forza, di resistenza, non per altro il maggiore impulso al suo sviluppo è stato principalmente dovuto alla necessità di risolvere problemi d'ingegneria. A sua volta, il tempo trascorso dalla realizzazione delle prime opere in calcestruzzo ha evidenziato la disposizione dei suoi componenti al deterioramento.

Tutti i suoi pregi ed i suoi difetti si possono considerare, tuttavia, ancora in gioco in un periodo di continua innovazione dovuta alla costante ricerca in tutti i campi che fanno capo all'uso del calcestruzzo "in sito": da nuovi sistemi di casseforme, ai nuovi prodotti di protezione delle armature, nuove armature a base di fibre, ecc, fino all'ultima generazione di additivi che facilitano il processo, le proprietà intrinseche e l'aspetto finale del calcestruzzo.

E' necessario conoscere tutto ciò per poter operare in sicurezza con un materiale che ha l'eccezionale virtù di essere allo stesso tempo struttura e tamponamento. Anche se ciò potrebbe rappresentare, in un certo senso, anche una fonte di problemi tecnici. Un materiale che può esprimere concetti strutturali opposti (ad esempio una struttura a portici abbinata ad una struttura a guscio) offrendo un enorme campo di applicazioni, oggi poco sviluppate in gran misura a causa dell'ignoranza dei progettisti nelle nuove possibilità e tecnologie offerte da questo sistema costruttivo.

Un giusto equilibrio: è necessario che cominci una fase costruttiva nella rivoluzione architettonica del nostro secolo, basandoci però su dei principi essenzialmente tettonici, non su maniere e dialetti di senso puramente decorativo, bidimensionale e pittorico.

Quando si arriverà a un giusto equilibrio tra ciò che è strutturale o necessario e ciò che è decorativo e superficiale, quando cioè la struttura sarà di supporto alla forma, potrà dirsi raggiunta una vera architettura che valga la pena consolidare in uno stile.

IL ROMANTICISMO ORGANICO

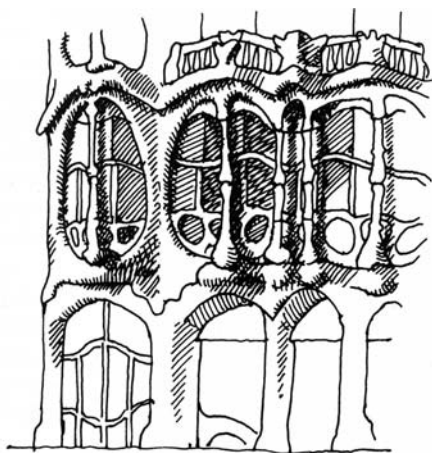


Fig.1 - Antoni Gaudí: Casa Batlló, Barcellona 1904-1906

LA CONTINUAZIONE DELLA MODERNITA' CLASSICA

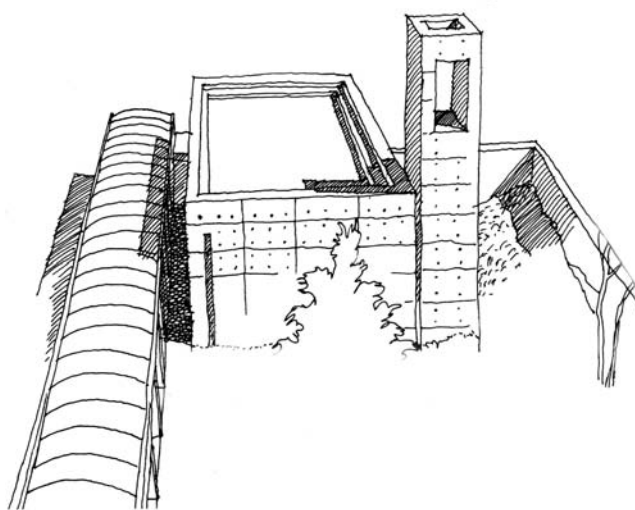


Fig.2 - Tadao Ando: Cappella sul monte Rokko, Kobe 1985-1986



STORIA DEL CALCESTRUZZO ARMATO

I numerosi brevetti registrati alla fine del XIX secolo nel campo del calcestruzzo armato, furono un sintomo delle enormi possibilità architettoniche che offriva questo materiale.

E' frequente considerare un antecedente del calcestruzzo armato nel romano opus caementicium come non meno frequente è attribuirne l'invenzione ai brevetti delle fioriere prefabbricate di Joseph Monier (1867) o alla barca di **Louis Lambot** (1849) (Fig.3), eludendo un gran numero d'esperienze e tentativi intermedi (Fleuret, R. de Charleville, Coignet, Smeaton e altri).

Però in realtà la nascita di questa tecnica avviene, sostanzialmente quasi in maniera corale e contemporanea in più luoghi, quando, cioè, lo sviluppo tecnologico del cemento e dei sistemi di messa in opera lo permisero. Dalla muratura a secco si prese l'uso della cassaforma in legno come tecnica costruttiva. Le più antiche conoscenze le possiamo ricondurre all'anno 1200 a.C., in Medio Oriente, dove durante i processi di combustione spontanea, ci fu una reazione tra calcina e argillite petrolifera che formarono depositi naturali dei componenti del cemento. Gli egizi mischiavano fango con paglia per legare i mattoni, mentre usavano gesso e calcina per la muratura in pietra, principalmente nella costruzione delle Piramidi. Posteriormente, nel VIII sec. a.C., i greci che abitavano Creta e Cipro usavano la calcina, mentre in Babilonia e in Siria, utilizzavano il bitume per legare la muratura, sia in mattoni, sia in pietra.

Finalmente i romani sono i primi a miscelare la calce con polvere di mattoni o cenere vulcanica, che veniva utilizzata con pietre per lastricare strade, per realizzare edifici e acquedotti. Per gli edifici più importanti utilizzavano la pozzolana, con la quale hanno costruito capolavori come il Colosseo e il Pantheon (Fig.4).

Dopo la caduta dell'Impero romano, l'utilizzo del cemento ebbe una lunga pausa fino al Settecento, quando l'ingegnere Smeaton sperimenta il cemento idraulico, con l'aggiunta di argilla, producendo un tipo di calce che induriva sotto l'acqua. E' nella seconda metà del XIX secolo, però, che il cemento diventa un prodotto industriale prima con l'ingegnere De Ponts et Des Chaussees, Vicat e con il suo studio e perfezionamento della calce idraulica artificiale (1818) bruciando miscele di calce e argilla; più tardi con i lavori di Aspdin a Leeds (1824) su pietra artificiale (il celebre cemento Portland), poi ancora Johnson con il suo cemento "grappiers" e finalmente Ransome con il suo forno rotatorio orizzontale.

Ma è tra il 1880 ed il 1890 che, intravisto il suo funzionamento resistente ed i suoi vantaggi come materiale costruttivo (fondamentalmente il vantaggio economico ed il suo buon comportamento al fuoco), cominciarono ad apparire innumerevoli brevetti destinati allo sfruttamento commerciale, prima di singoli elementi e più tardi di interi e completi sistemi di calcestruzzo armato.

I Brevetti di Cottancin, Mèlan, Ransome, Hyatt, Hennebique, Möller, Wunsch, Matrai, restano tra loro profondamente simili mantenendo tuttavia delle divergenze nelle caratteristiche costruttive, nelle tipologie strutturali e nel tipo di opere alle quali dirigono il loro interesse.

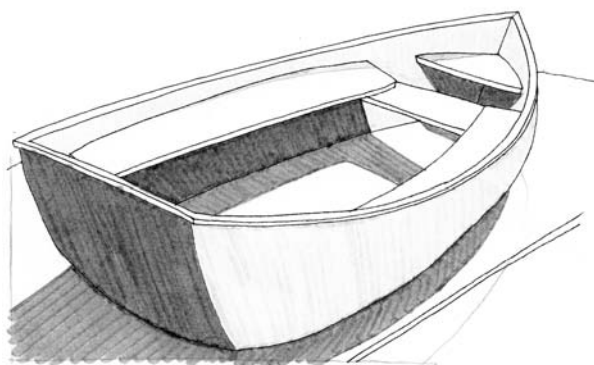


Fig.3 - Barca in cemento di Louis Lambot, 1849

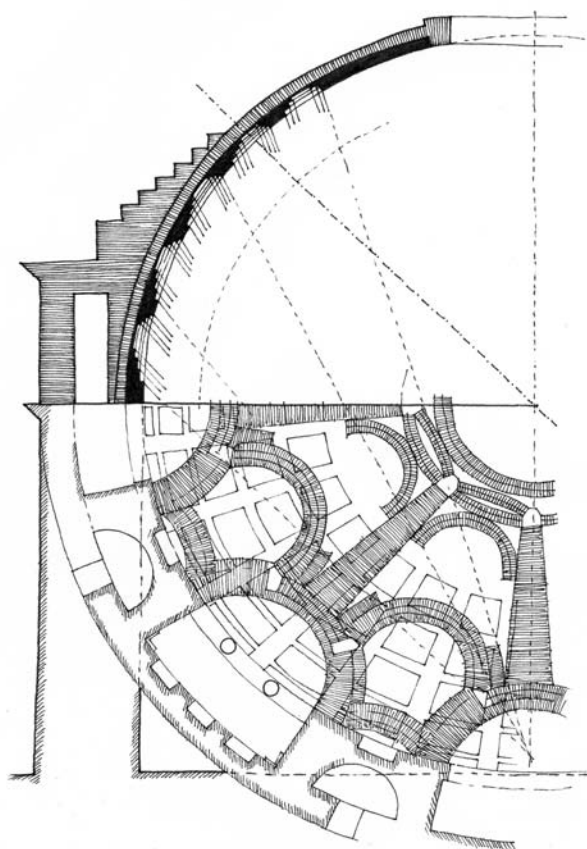


Fig.4 - Pantheon, Roma, 118 - 125 d.C.

Con il rapido entrare in auge della tecnica e l'urgenza di occuparsi del nascente e ancora artigianale mercato della costruzione, si privilegiano lo sfruttamento di brevetti industriali ormai consolidato nell'Europa del 1884.

I PRIMI BREVETTI

François Hennebique (1824-1921), costruttore d'origine belga stabilitosi in Francia aveva cominciato la sua carriera restaurando i tetti lignei delle cattedrali gotiche. Poco dopo aver realizzato la sua prima opera in calcestruzzo armato (una villa nella quale introdusse innovazioni costruttive che sarebbero state le basi per i posteriori brevetti) comincia un ambizioso progetto di studio con il fine di stabilire un sistema costruttivo completo basato proprio sull'utilizzo di questo materiale. Dodici anni dopo, nel 1892, dopo aver ottenuto il brevetto per il suo sistema in Francia e Belgio (Fig.5), fonda un'impresa allo scopo di assicurarsi il monopolio dei brevetti, del calcolo e del controllo delle opere. In poco tempo, riesce a dominare totalmente il mercato francese e diffondersi in altri paesi europei. Egli stesso si stabilisce a Parigi come ingegnere consulente e affilia alla sua impresa un gran numero di costruttori perché utilizzino il suo brevetto in cambio di percentuali che arrivavano fino al 20% del preventivo, affinché osservassero scrupolosamente le sue indicazioni ed il suo controllo d'opera.

Fin dal principio, la società di Hennebique si impegna in un'aggressiva attività propagandistica con il doppio fine di divulgare l'utilizzo del calcestruzzo e di monopolizzarne l'utilizzo. Questa attività comprende una grande quantità di contatti personali, di congressi annuali ai quali partecipano pubblico e concessionari, prove pubbliche d'elementi costruttivi e la pubblicazione di volantini e depliant con caratteristiche ed esempi di realizzazioni del sistema Hennebique. Dal 1898, pubblica la rivista "Le béton armé" stampata in due parti indipendenti, destinata a pubblico e concessionari. Queste pratiche aggressive fanno sì che la casa parigina diventi pioniera della propaganda commerciale.

Hennebique studiò la sua strategia commerciale convinto che la diffusione del suo prodotto fosse imprescindibile dall'elaborazione dei calcoli e dei disegni in maniera indipendente, centralizzata e precisa, basandoli, almeno apparentemente, su certezze fisiche e matematiche. I suoi calcoli, in realtà, sono più pratici che teorici, e si basano su quella che lui chiamava una piccola e semplice ricetta⁽¹⁾, sufficiente per fare del calcestruzzo solido ed economico. Il suo sistema strutturale si basa sull'utilizzo del pilastro e della trave rettilinea di calcestruzzo, per la quale propone l'utilizzo di staffe e di una piegatura dei ferri in prossimità dei pilastri; non propone, dunque, grandi innovazioni tipologiche o strutturali, ma sostituisce in pratica i sistemi di travi e pilastri di legno o acciaio convenzionali con altri di calcestruzzo armato, più economici e più resistenti al fuoco. Questa semplicità è ciò che gli permette di imporsi velocemente nel mercato della costruzione.

In pochi anni entrano in scena numerosi appaltatori e brevetti con piccole varianti rispetto a quella di

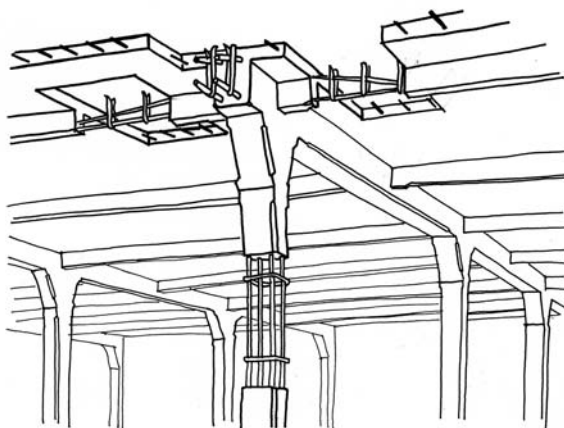


Fig.5 - Pubblicazione del sistema Hennebique del cemento armato

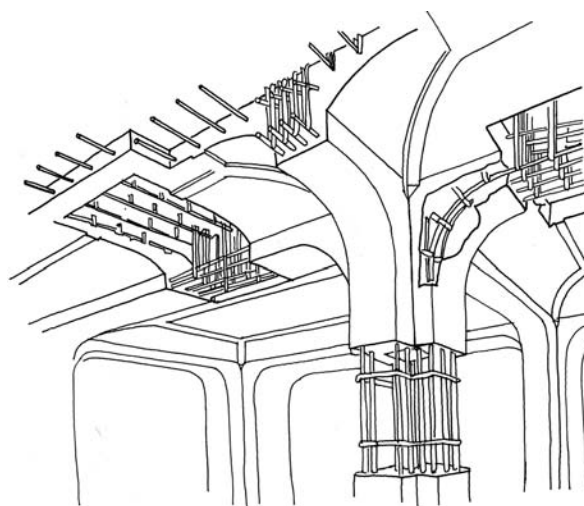


Fig.6 - Armatura trave voltata del sistema Hennebique del cemento armato

(1). Citato in Gwenaél Delhumeau, "Hennebique e la costruzione in calcestruzzo armato intorno al 1900", in *Rassegna* n°49, 1992, pp.15-25

Hennebique desiderosi di approfittare del suo successo di diffusione.

Il governo francese decide quindi di formare una commissione, diretta da Considère, al fine di regolamentare le condizioni di applicazione, messa in opera e calcolo del calcestruzzo armato. Dopo lunghe dispute con Hennebique la circolare regolamentare viene alla luce nel 1906 e segnerà l'inizio della discesa della società dell'ingegnere, poiché vengono messe a disposizione di imprese e progettisti non specializzati le teorie e gli strumenti di calcolo e di disegno del calcestruzzo armato.

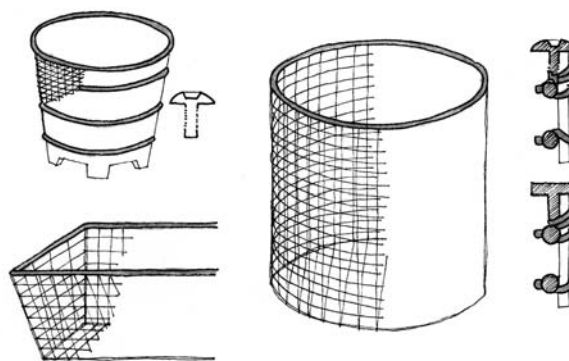


Fig.7 - Joseph Monier: disegni esplicativi del brevetto del 1880

LA SCUOLA TEDESCA

In Germania e in Austria la diffusione del calcestruzzo armato è legata allo sviluppo dei brevetti di **J. Monier** (Fig.7) e si svolge in modo totalmente diverso.

Nel 1885 un ingegnere civile di Berlino, G.A. Wayss, conobbe in occasione della Expo di Anveres le travi in cemento armato che Monier aveva registrato nel 1877 in un brevetto nel quale per la prima volta era esplicitato il ruolo del ferro nel conglomerato. Poco tempo dopo Wayss acquisisce i diritti per la Germania e fonda una società per il suo utilizzo.

Mediante l'acquisizione di diritti e lo stipulare alleanze comincia gradualmente a controllare il mercato del calcestruzzo armato nell'area centroeuropea e, nel 1893, si associa con C. Freytag formando la compagnia Wayss & Freytag.

Gli interessi di quest'ultima si dirigono subito più verso il mondo dell'ingegneria (fondamentalmente silos, ponti e depositi), (Fig.8), che all'edilizia, ed i suoi sistemi girano intorno ad elementi come solai, volte o archi, il cui comportamento risulta analiticamente più complesso. Per questo, sia Wayss & Freytag che Dyckershoff & Widmann, un'altra impresa che utilizza i brevetti di Monier nell'ambito tedesco, sono i primi ad affrontare il vasto campo teorico e danno massima importanza alla ricerca sul materiale, al suo comportamento ed ai metodi di calcolo. Mathias Koenen, che elabora una teoria sul comportamento del solaio, E. Morsch e J. Bauschinger, direttore del Politecnico di Monaco, lavorano in collaborazione con Wayss & Freytag per dare al sistema Monier una base scientifica che renda possibile un'egemonia commerciale del calcestruzzo armato. L'interesse della scuola tedesca per la teoria e la posizione pragmatica di Hennebique daranno luogo a linee di pensiero divergenti nel campo della struttura, quando i progettisti prenderanno il posto delle grandi imprese nelle realizzazioni di avanguardia.

Le esperienze di Hennebique nell'impiego del reticolo strutturale di solai, travi e pilastri di calcestruzzo armato come sistema chiuso di costruzioni industriali a più piani, condurranno in pratica alla riduzione dell'edificio a scheletro portante.

Nelle industrie tessili di Tourcoing (1895) e Fives (1896), il tradizionale tamponamento di mattoni o mattoni forati, necessari a proteggere dalle intemperie le strutture metalliche o lignee, lasciano spazio all'esposizione in facciata del reticolo di pilastri e solai in calcestruzzo

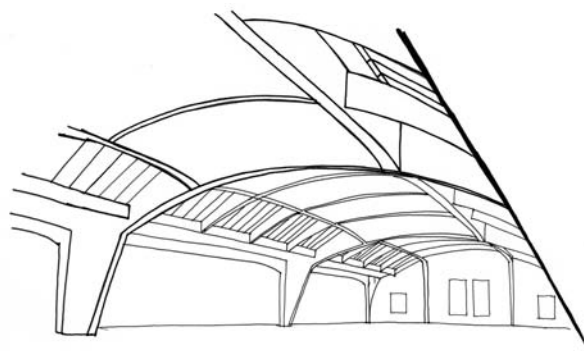


Fig.8 - Hangar per aeroplani costruito per la Wayss e Freytag a Huggensturm

armato, tamponati soltanto da lamine di vetro, che danno la possibilità di aumentare l'illuminazione naturale e controllare l'abbagliamento.

Così la sostituzione, per motivi di resistenza al fuoco, delle strutture interne usualmente utilizzate, fino a quel momento, nelle costruzioni industriali, e la conseguente trasposizione di tipi strutturali diventa, nelle mani di Hennebique, un sistema costruttivo, strutturale e spaziale completo e realizzato interamente in cemento che gli permette di affrontare competitivamente la domanda di questo tipo di edifici.

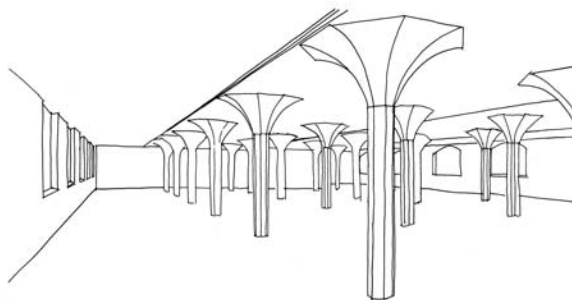


Fig.9 - Robert Maillart: Almacèn Geissshubel, Zurigo, 1910

SVILUPPO DELLA FABBRICA DIÀFANA

Ma sarà solo in America dove, abbandonate da Hennebique queste esperienze, lo sviluppo e semplificazione della fabbrica diáfana acquisisce una maggior rilevanza, favorito dall'impulso della nascente industria automobilistica e di distribuzione. Ernest L. Ransome, nato in Ipswich nel 1852 (il padre era stato un precursore dell'utilizzo del calcestruzzo), sviluppa tra il 1900 e il 1902 il suo sistema costruttivo⁽²⁾.

Debitore in molti aspetti a Hennebique, costituisce il paradigma americano della costruzione reticolare di quegli anni. In parte prefabbricato, il suo sistema elimina i muri di tamponamento e li sostituisce con una griglia resistente nella quale i solai degli interpiani avanzano rispetto al piano dei pilastri e del tamponamento, costituendo così un sistema a sbalzi e una nuova concezione di facciata.

Le virtù della fabbrica diáfana di Ransome (resistenza al fuoco, semplicità e rapidità della messa in opera, impiego di un solo materiale, aumento dell'illuminazione naturale ed economia) favorisce la formazione del modello di una moltitudine di edifici industriali americani.

Tra questi forse ci sono quelli progettati e realizzati tra il 1903 e 1917 dall'organizzazione dei fratelli Albert e Julius Kahn di Detroit, per le catene di montaggio della industria dell'automobile. Che poi sono i progetti che hanno avuto più diffusione e influenza tra gli architetti europei d'avanguardia.

Alle loro caratteristiche costruttive e tecniche, che includevano l'eliminazione della dicotomia tra struttura interna ed esterna, intendendola come un reticolo tridimensionale, si unisce la leggenda della organizzazione industriale e dell'automatizzazione della catena di montaggio di Henry Ford, vicino ai loro ideali di razionalizzazione e funzionalismo.

In realtà il modello della fabbrica diáfana divenne rapidamente obsoleto per l'industria di automobili, sostituito dalla lunga navata a pianta unica, che si adattava meglio al sistema di produzione a catena.

Allo stesso modo del discepolo di Ransome, C.A.P. Turner, l'ingegnere svizzero **Robert Maillart** (1872-1940), formatosi sotto l'influenza di Hennebique, sviluppa contemporaneamente un sistema di solai piani senza travi, poggianti su pilastri funghiformi (Fig.9).

Per lui, il calcestruzzo armato è un materiale radicalmente nuovo la cui fluidità e continuità richiedono configurazioni appropriate che si allontanano dai modelli

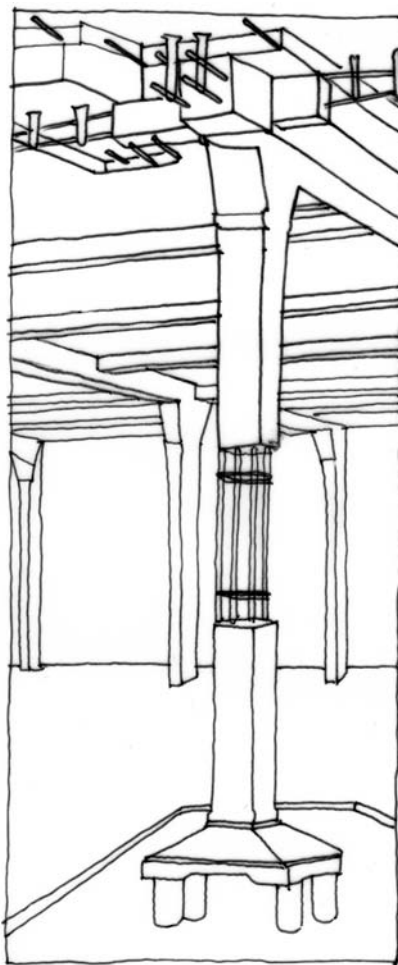


Fig.10 - Sistema Hennebique del cemento armato

(2). Reyner Banham, *A concrete atlantis*, The MIT Press, Cambridge (Mass.), 1986

creati per i materiali antichi⁽³⁾.

Il suo brevetto del 1909 per solai senza travi introduce una concezione tridimensionale delle strutture già accennata dal ponte di Zouz (1901), per la cui determinazione, impossibile analiticamente, Maillart ricorre a prove in scala reale (Fig.11).

Questo brevetto nasce fondamentalmente dall'intuizione strutturale di Maillart e non da dati sperimentali o da uno sviluppo scientifico. Il valore di questa proposta si ritrova nella riflessione attuata sull'espressività naturale e sulle caratteristiche astratte del materiale, più che sulla definizione di un sistema strutturale dettagliato.

Ed è così che il punto focale d'interesse del calcestruzzo armato, si sposta dal mondo degli imprenditori armati di potenti organizzazioni al settore dei progettisti indipendenti.

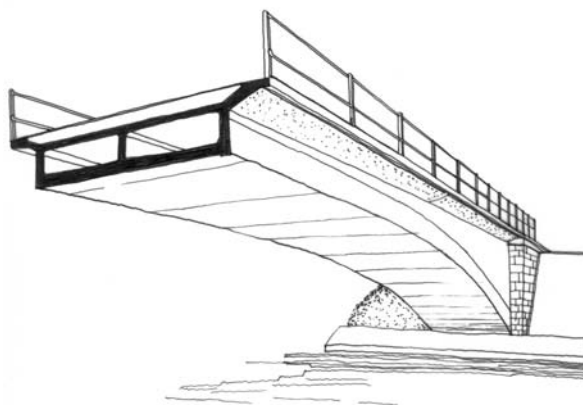


Fig.11 - R. Maillart: sezione trasversale Ponte Zouz

DEFINIZIONE ARCHITETTONICA DEL NUOVO SISTEMA COSTRUTTIVO: PERRET, LE CORBUSIER, GROPIUS

E' il belga **Auguste Perret** (1874-1954)⁽⁴⁾ colui che traspone alcune delle esperienze più interessanti di questi anni al dominio dell'architettura, allontanandosi dalle questioni industriali e commerciali che dominano il dibattito architettonico sul calcestruzzo armato agli inizi del secolo in Europa.

Infatti è lui che affronta il problema della decorazione con il calcestruzzo e quello del suo trattamento superficiale.

Discepolo di Viollet-Le-Duc e formatosi nell'Ecole des Beaux-Arts, Perret capisce che il calcestruzzo è il materiale che può rendere possibile la sintesi della tradizione accademica francese, sfigurata dall'eclettico del novecento, con il razionalismo strutturale di Viollet Le Duc.

Il reticolo strutturale di Hennebique è per Perret la trasposizione del sistema costruttivo ligneo in un organismo non deperibile⁽⁵⁾, così come i templi greci di pietra erano la riproduzione di quelli primitivi in legno.

In una delle sue prime opere come progettista, il famoso 25bis Rue de Franklin a Parigi (Fig.13), il rivestimento ceramico manifesta la dicotomia tra struttura portante e materiale di tamponamento, rendendo però esplicito l'utilizzo di un telaio strutturale con supporti puntuali che renda possibile l'ottimo sfruttamento del lotto.

Contrapponendosi alla teoria della continuità tridimensionale fatta da Maillart, per Perret la struttura reticolare è uno scheletro composto da elementi formalmente indipendenti e articolati tra loro, come succede negli ordini classici. Già nelle prime opere, l'incastro tra pilastro e trave, presente in quasi tutti i brevetti, scompare sottolineando l'indipendenza formale di entrambi.

In opere posteriori il supporto si trasforma in un elemento cilindrico indipendente (Fig.12) e si separa definitivamente del tamponamento, già concepito come non portante, diventando un elemento isolato nello spazio, come succede nella chiesa di Notre Dame in Le Reincy (1922-1924) (Fig.15).



Fig.12 - Auguste Perret: Ministère Travaux Publics

(3). Veda. Max Bill, Robert Maillart, Verlag fur Architektur, Zurigo, 1949

(4). Veda. Peter Collins, Concrete. The vision of a new Architecture, Faber and Faber, Londra, 1959

(5). Auguste Perret, Contribution à une théorie de l'Architecture, Cercle d'Etudes Architecturales, Parigi, 1952

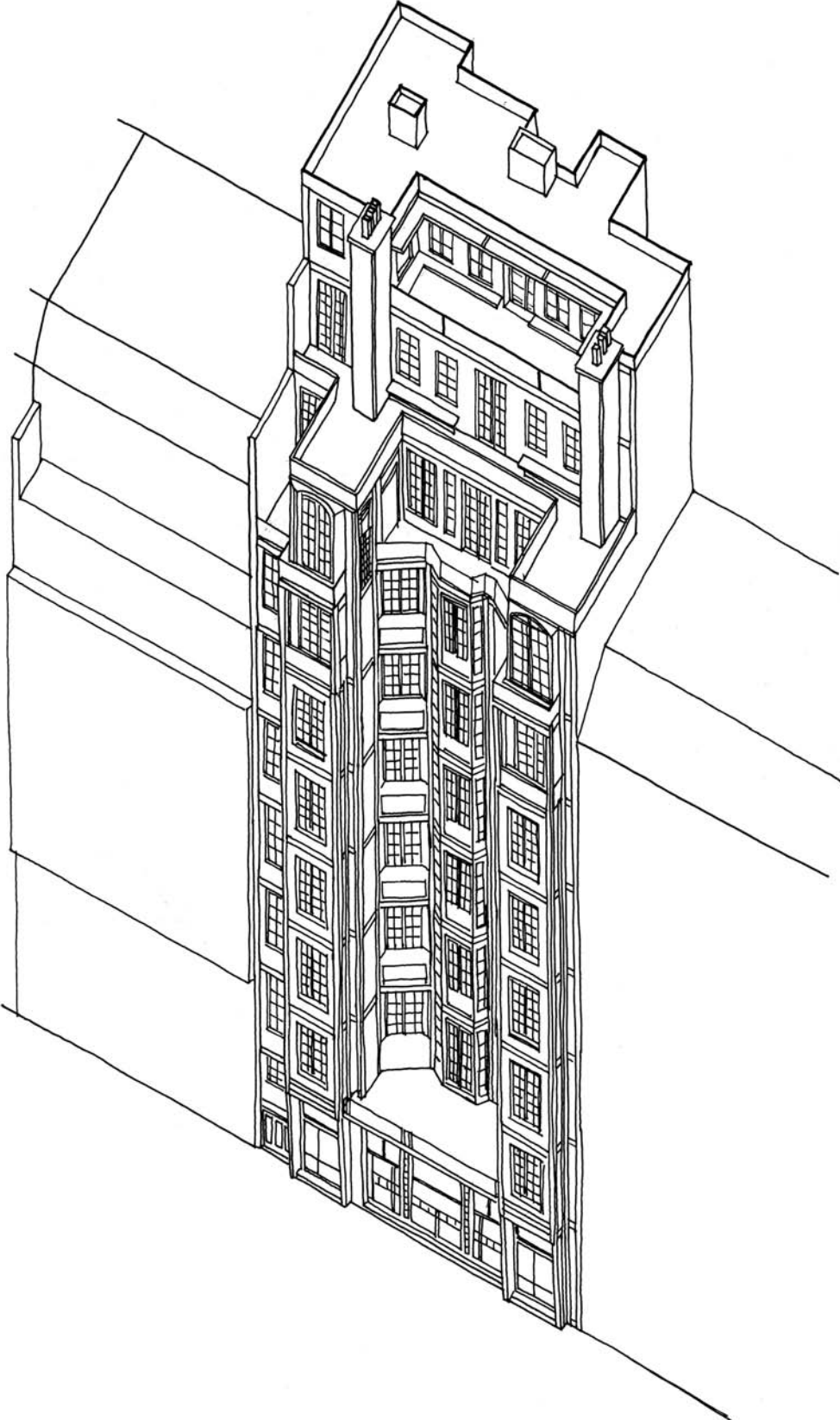


Fig.13 - August Perret: 25 bis de la rue Franklin, Parigi, 1903



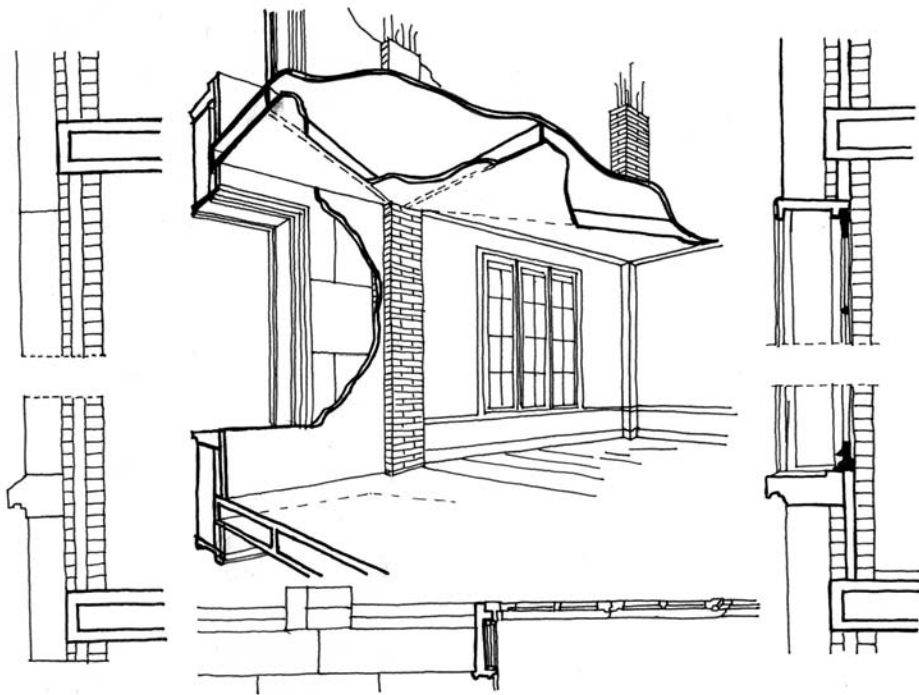


Fig.14 - August Perret:
25 bis de la rue Franklin,
Parigi, 1903

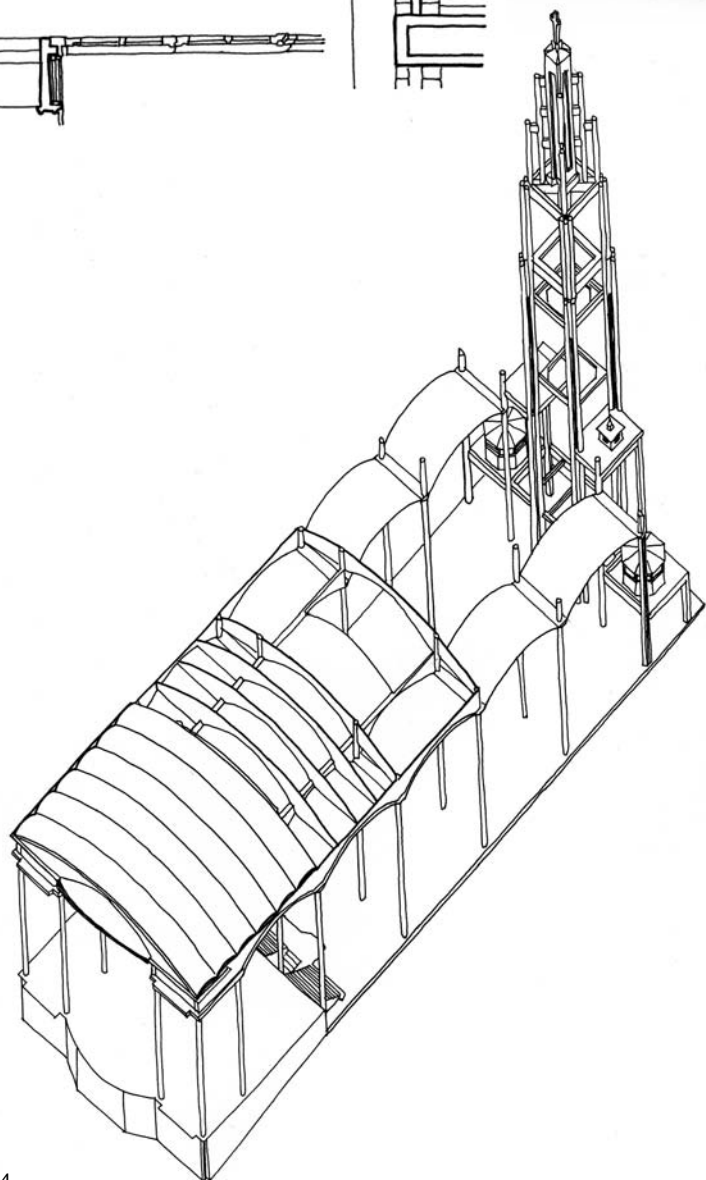


Fig.15 - Auguste Perret:
Chiesa di Nòtre Dame en Le Raincy, 1922-24

Il terrazzo piano, presente nell'edificio di Rue Franklin, è indissolubilmente legato alla diffusione del calcestruzzo armato. Reso possibile dall'apparizione in commercio dei cartoni bituminosi e del cemento vulcanico agli inizi del XIX secolo, è largamente pubblicizzato negli opuscoli propagandistici dei diversi brevetti del calcestruzzo armato, ed è presentato come uno dei più importanti vantaggi che comporta il suo utilizzo.

Per il terrazzo-giardino, di grande tradizione costruttiva in Germania già prima del 1840⁽⁶⁾, appare come suo naturale completamento, un isolante economico che protegga la copertura piana da dilatazioni e contrazioni indesiderate.

In quel momento storico, la terrazza-giardino si afferma come un'alternativa alla vita suburbana proposta da numerosi teorici alla fine del novecento, nell'onda di principi igienici vantati dalla propaganda del calcestruzzo.

La villa che, tra 1902 e 1904, **F. Hennebique** si costruisce in Bourg-le-Reine, concepita come una dimostrazione delle possibilità del nuovo materiale e largamente citata nella pubblicità dell'impresa, viene completata, in tutta la sua superficie, da un gran tetto-giardino che conquista spettacolarmente uno spazio fino ad ora inutilizzabile, ospitante un giardino all'inglese, orto, frutteti ed una serra (Fig.16).

La casa Dom-ino (1914) del maestro svizzero **Le Corbusier**, progettata con l'aiuto degli ingegneri M. Du Bois e I. Scheneider⁽⁷⁾, si concepisce originalmente come un sistema strutturale valido ad affrontare la costruzione di case in serie, un mercato aperto dopo l'inizio della guerra del 1914 (Fig.17).

La sua progettazione oltrepassa il sistema e le tecniche costruttive che utilizza, anticipando in un certo senso la formulazione dei famosi "cinque punti" (1. i pilotis, 2. i tetti-giardino, 3. la pianta libera, 4. le finestre a nastro, 5. la facciata libera).

L'ordine strutturale di supporti isolati e solai piani in calcestruzzo armato, basato su un sistema proporzionale, esprime per la prima volta il concetto di spazio moderno: isotropo nel piano, esteso, scandito e misurato da supporti e suscettibile di essere replicato in altezza un numero indefinito di volte.

La sua struttura reticolare di calcestruzzo, al di fuori delle metafore macchiniste che Le Corbusier impiegherà profusamente, si propone come un organismo speciale astratto e tridimensionale.

Lontano dal condizionarne pesantemente l'architettura, dona all'architetto una libertà in teoria illimitata per la composizione degli interni e della facciata e modifica radicalmente il rapporto dell'edificio con il terreno.

Non rappresenta un concetto rivoluzionario né tecnico né costruttivo, però rivoluzionario lo è da un punto di vista architettonico sintetizzando esperienze e relazioni di venticinque anni nel mondo dell'ingegneria e della costruzione. I suoi famosi "cinque punti" formulati nel 1925, possono essere visti come la conseguenza teorica dell'apparizione del reticolo strutturale del calcestruzzo armato nel mondo dell'architettura. D'altra parte, nel modo di presentare le immagini e nella retorica impiegata in questo e in altri testi di Le Corbusier è possibile capire l'influenza dei metodi propagandistici delle imprese che diffondono i nuovi materiali.

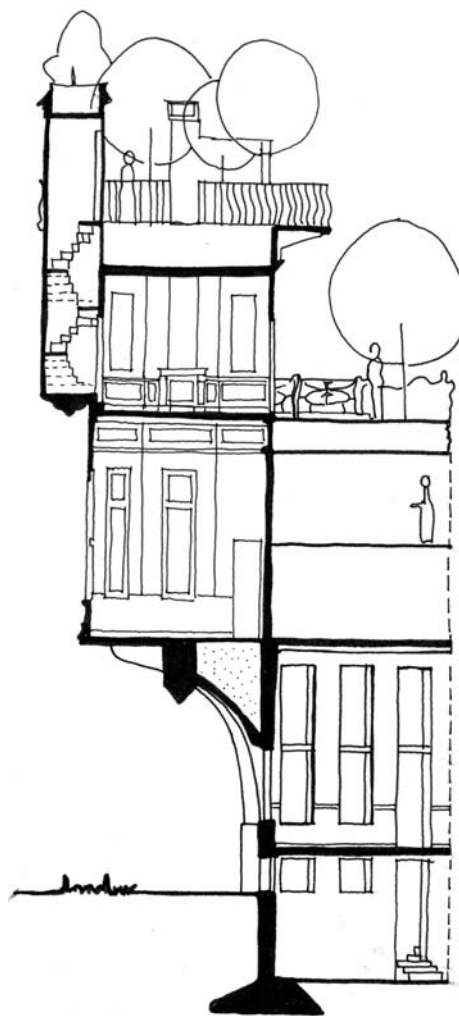


Fig.16 - F. Hennebique: Villa Hennebique, Bourge-La-Reinè, 1904

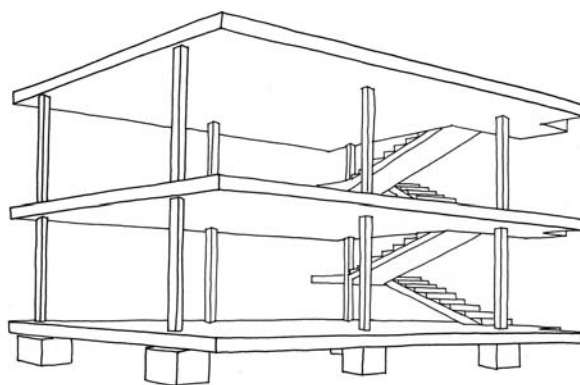


Fig.17 - Le Corbusier: sistema strutturale della casa Dom-ino, 1914

(6). Pierre Alain Croset, *Il tetto-giardino: ragione tecnica e ideale estetico*, in *Rassegna* n°8, pp.25-38

(7). Eleanor Gregh, *The Dom-ino idea*, in *Oppositions* n°15-16, pp.61-87, 1979

Poco prima della Prima Guerra mondiale, Walter Gropius pubblica un articolo sullo sviluppo dell'architettura industriale che avrà grande influenza nella cultura architettonica europea nel periodo tra le due guerre⁽⁸⁾.

Si presentano le architetture industriali americane come modelli da seguire, relazionabili alla monumentalità primitiva di alcune architetture antiche.

Subito dopo la guerra, Le Corbusier darà eco a queste teorie, proponendo le fabbriche diafane ed i silos dalle geometrie pure come modelli della nuova architettura, riproponendo le stesse fotografie presenti nell'articolo di Gropius.

Così, il calcestruzzo armato, che già nutriva apprezzamento tecnico, indissolubilmente legato alla "estetica dell'ingegneria", viene ora elevato dai teorici tra le due guerre a precursore delle nuove forme.

La futura architettura reclama nuovi materiali e, il calcestruzzo armato, unito al vetro, si consacra come garanzia di modernità.

Le sue caratteristiche (plasticità, omogeneità, funzionamento resistente nascosto) sono esaltate in maniera straordinaria da quasi tutti i movimenti d'avanguardia, dall'espressionismo alla nuova oggettività.

Però lo spostamento dal campo dell'ingegneria è puramente iconografico, basato nella maggior parte dei casi sul potere della fotografia e si produce senza spiegazioni tecniche o disegni descrittivi.

In questo modo il potenziale raggiunto dal nuovo materiale come ideale estetico, relega ad un secondo piano gli autentici fondamenti costruttivi e tecnici.

ESPRESSIVITÀ SPERIMENTALE: DE BAUDOT, FREISSENET, DISCHINGER, TORROJA E NERVI

L.E. Anatole De Baudot (1834-1915) discepolo di Labrouste e Viollet-le-duc, forse l'ultimo rappresentante dello strutturalismo razionalista francese, studiando il sistema del cemento armato elaborato da Cottancin, trova il modo di superare le limitazioni della costruzione in ghisa e pietra di Viollet Le Duc nel progetto di grandi spazi pubblici.

Questo sistema, opposto nelle sue caratteristiche e in competizione a quello di Hennebique, impiega solai di spessore ridotto in cemento armato, ad alta percentuale di cemento e senza inerti, irrigiditi da nervature dello stesso materiale.

Come risultato del lavoro di avvicinamento di P. Cottancin, suo creatore, al mondo degli architetti, Anatole De Baudot impiega nella chiesa de Saint Jean di Montmartre (1894-1904) (Fig.18) il cemento armato per la prima volta in uno spazio sacro. Concepita come un tempio di organizzazione tradizionale a tre navate, una centrale e due laterali con tribune, la chiesa si costruisce internamente in cemento armato col sistema Cottancin e, nelle nervature e paramenti verticali, utilizza come casseforme per il calcestruzzo dei filari armati di mattoni.

Le nervature che irrigidiscono diagonalmente la navata centrale si intrecciano formando una trama tridimensionale di reminiscenze gotiche e orientali.

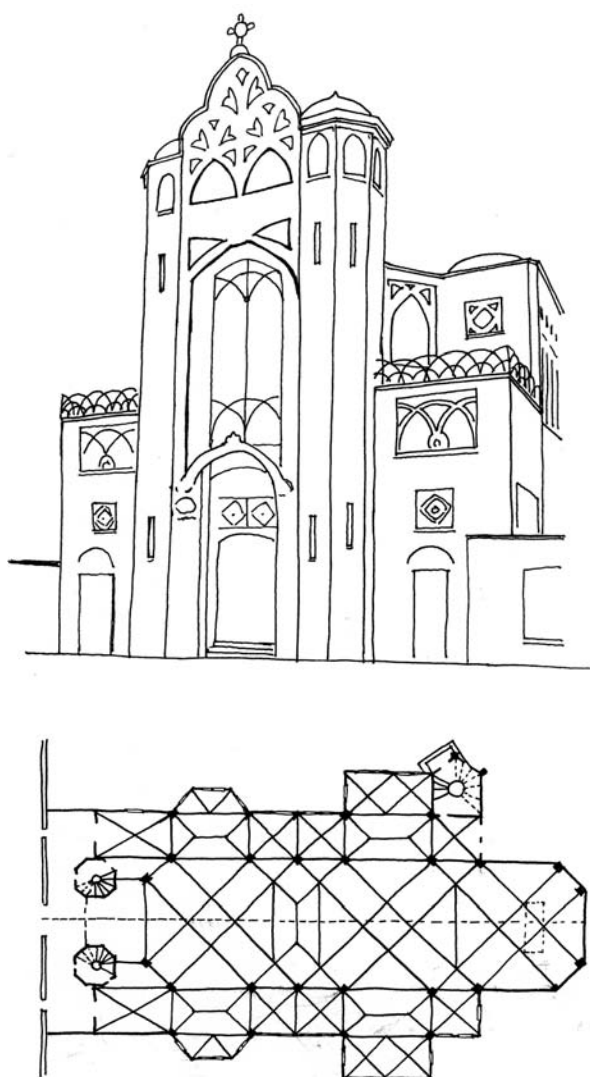


Fig.18 - Anatole de Baudot: facciata e pianta della Chiesa di Saint-Jean de Montmartre, Parigi, 1894-1904

(8). Walter Gropius, *Die Entwicklung moderner Industriebaukunst*, in *Jahrbuch des Deutschen Werkbundes*, pp.17-22, 1913

Al di sopra delle stesse poggiano sottili gusci in cemento armato.

Le difficoltà di realizzazione, alle quali De Baudot si sottrasse, come le peculiarità del sistema e lo sconcertante stile compositivo impiegato, impedirono che questa opera e gli altri progetti posteriori realizzati dallo stesso autore (mercati, saloni di festa), si convertissero in esempi validi per l'adozione del cemento armato nella progettazione di spazi pubblici rappresentativi.

Nonostante il lavoro teorico e di insegnamento svolto da De Baudot, il sistema Cottancin diventerà rapidamente obsoleto come sistema commerciale e, dopo la guerra, il suo utilizzo sarà ristretto soltanto al campo del restauro di monumenti storici.

E' nel campo delle costruzioni industriali però, che, lontano dai grandi spazi paradigmatici dell'era industriale (la stazione, il mercato...) e associato figurativamente all'acciaio per mano di **Eugène Freyssinet**, il calcestruzzo comincia il suo sviluppo come materiale in grado di competere con la struttura metallica nelle grandi luci. E. Freyssinet (1879-1962), autore d'opere capitali nella storia dell'ingegneria e di scoperte rivoluzionarie nel settore costruttivo⁽⁹⁾ (tra queste, basta segnalare la pre-compressione, la vibrazione del calcestruzzo, il disarmo meccanico delle casseforme e la variabilità del modulo di elasticità del calcestruzzo) presenta al governo francese nel 1913 un progetto per la costruzione di un hangar in calcestruzzo armato.

Tra 1915 e 1929 progetta e costruisce, con l'impresa Limousin, varie coperture di grandi luci in calcestruzzo armato per hangar e fattorie, nelle quali prova, in molti casi per la prima volta, configurazioni strutturali che finiranno per essere applicate in tutto il mondo: le volte a doppia curvatura di Montluçon (1915-1917), le nervature di Avord (1915), i primi hangar di Villacoubly e le tre volte ad arista di 40 per 45 m, le volte piegate di Palyvestre (1926), i conoidi di Bagneaux (1927) e Mammarié-les-Lys (1926) o la nave mercantile di Austerlitz, a Parigi (1929).

Senza dubbio, le più rinomate e celebrate sono le lamine piegate di direttrice parabolica degli hangar gemelli per dirigibili ad Orly (1916-1921), di 88 m di luce e 50 m d'altezza (Fig.19)

In questi, mediante un profondo studio dei mezzi d'esecuzione, Freyssinet arriva ad accelerare notevolmente il processo di costruzione dotando la struttura di rigidità alla flessione mediante la piega della lamina riesce a ridurre la quantità di materiale, con rapporti spessore/luce fino ad ora impensabili. La struttura non risolve più problemi di resistenza in termini di sezione, ma lo fa mediante la pura forma.

E' questa, intesa come risultato dell'adeguarsi a condizioni costruttive e strutturali, quella che soddisfa il principio d'economia del materiale, presente in tutta l'opera di calcestruzzo armato del maestro francese.

Come abbiamo già commentato, le imprese tedesche che sfruttano commercialmente i brevetti di Monier iniziarono un programma di ricerca sulle possibilità delle cosiddette volte Monier.

L'impresa Dyckerhoff & Widmann costruisce per la Zeiss, nel 1922, una cupola emisferica nella quale una trama autoportante costituita da barre d'acciaio è, allo

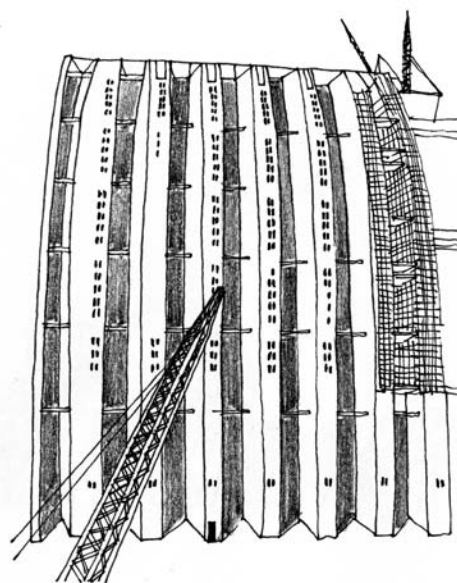
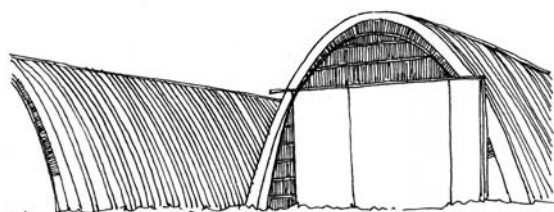
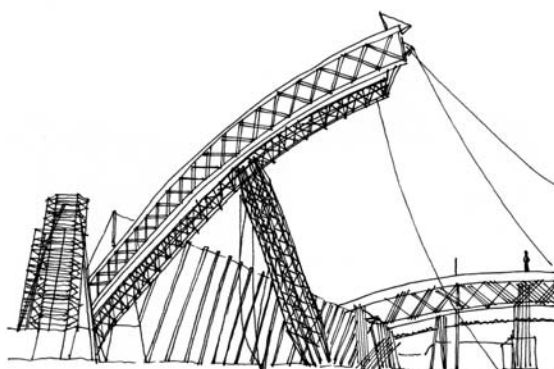


Fig.19 - E. Freyssinet: hangar gemelli per dirigibili ad Orly, 1916-21

(9). Ved. Josè Antonio Fernandez Ordonez, Eugène Freyssinet, 2 c Ediciones, Barcellona, 1978

stesso tempo, sostegno delle casseforme e armatura del guscio in soltanto 6 cm di spessore.

In poco tempo, le ricerche di W. Bauersfeld prima, poi di Franz Dischinger e Finsterwalder per la Dywidag, riescono a mettere a punto un brevetto per la realizzazione di superfici di rivoluzione di spessore ridotto in calcestruzzo armato.

Nel 1928 elaboreranno le basi matematiche necessarie all'analisi di superfici di rivoluzione e traslazione secondo la teoria della membrana.

Tre anni più tardi **F. Dischinger** costruisce per la Dywidag il primo guscio cilindrico, di sezione ellittica di 1,5 cm di spessore per una luce di 6 m.

Questa approssimazione matematica della scuola tedesca favorisce lo sviluppo e la costruzione di soluzioni geometriche facilmente descrivibili, facilmente abbordabili dal punto di vista analitico.

Nonostante ciò, in alcuni testi di notevole influenza e critici del calcestruzzo armato, pubblicati alla fine degli anni venti⁽¹⁰⁾, si presentano la plasticità, la continuità e la libertà creativa come valori che dovrebbero essere associati ad ogni costruzione in calcestruzzo armato, mentre si fanno sempre più ricorrenti le comparazioni delle forme monumentali dell'architettura antica, soprattutto romana, con le coperture e le costruzioni di calcestruzzo moderne.

Però le illimitate possibilità formali delle coperture laminari appaiono in chiara contrapposizione con l'analisi delle tensioni e la sua realizzazione, che impongono una razionalità geometrica. Rimane cioè ancora eccessivamente complicata la necessità di un gran apporto di mezzi ausiliari e manodopera che la rendono antieconomica, benché impieghi quantità ridotte di materiale.

Nei casi di **Eduardo Torroja** (1899-1961) (Fig.20) e di **Pier Luigi Nervi** (1891-1979) (Fig.21-22) la dicotomia tra libertà formale e la necessaria razionalità geometrica si risolve mediante l'impiego della sperimentazione su modelli ridotti, che permettono di controllare l'affidabilità delle novità strutturali o di calcolo complicato. La prefabbricazione parziale degli elementi e l'invenzione del cemento ferroso danno a Nervi la possibilità di continuare ad affrontare fino a tempi relativamente tardivi costruzioni in calcestruzzo armato di coperture di grandi luci, nervate o di sezione ondulata.

Mediante testi divulgativi⁽¹¹⁾, la copertura di calcestruzzo armato si presenta agli occhi di critici e architetti come l'alternativa alla miesiana struttura d'acciaio architravata d'uso, tipica dei due materiali.

All'omogeneità e alla monotonia visuale di quest'ultima si contrappongono le libertà formali delle lamine di calcestruzzo armato.

L'economia di materiale che il suo utilizzo comporta, la corrispondenza tra spazio interno e volumetria esterna, così come le sue possibilità formali, convertono queste coperture alla costruzione di spazi monumentali moderni. Spazi che potranno essere ora conformati con strutture di un materiale di solito utilizzato per esprimere modernità e che unisce espressività materiale e costruttiva.

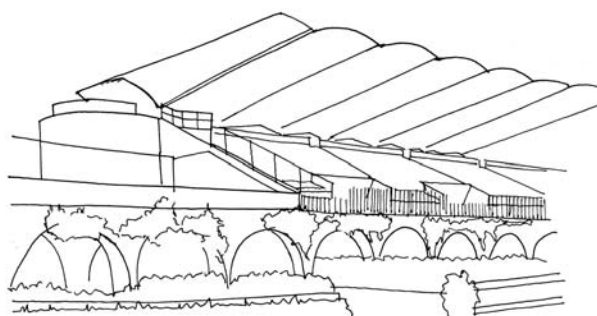


Fig.20 - E. Torroja, C. Arniches, M. Dominguez: Hippodromo del la Zarzuela, Madrid, 1935

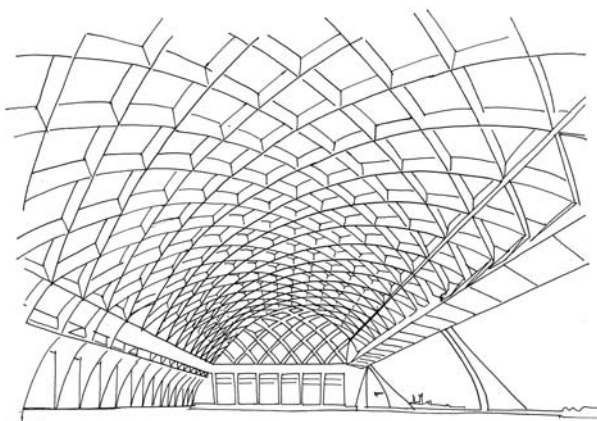


Fig.21 - Pier Luigi Nervi: Salone principale B, Palazzo delle Esposizioni di Torino, 1949-50

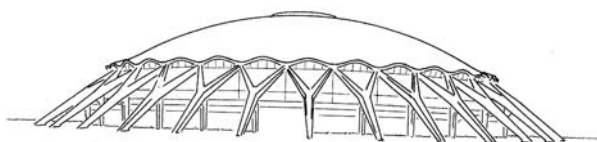


Fig.22 - Pier Luigi Nervi: Palazzetto dello Sport, Roma 1956-57

(10). Ved. Sigfried Giedion, *Bauen in Frankreich, Bauen in Eisen, Bauen in Eisenbeton*, Klinkhardt & Biermann, Leipzig-Berlino, 1928; Ludwig Hilberseimer e Julius Vischer, *Beton als Gestalter*, Julius Hoffmann, Stuttgart, 1928; Francis S. Ondertok, *The Ferro-Concrete Style*, New York 1928 e T. P. Bennet e Frank Yerbury, *Architectural Design in Concrete*, Ernest Benn Ltd, Londra 1927

(11). Pier Luigi Nervi, *Scienza "Arte del costruire"*, Edizioni della Bussola, Roma 1945 e Eduardo Torroja Miret, *Razon y ser de los tipos estructurales*, Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento, Madrid 1958

Nel caso del Kurashiki City Hall, **Kenzo Tange** (Fig.23) del rivestimento in facciata ne fa una trama semplice, ma attentamente studiata, di pannelli cavi distanti l'uno dall'altro da giunture sufficientemente profonde da creare un interessante gioco d'ombre, sintetizzando così un tradizionale linguaggio visivo giapponese all'espressività occidentale urbana del cemento.

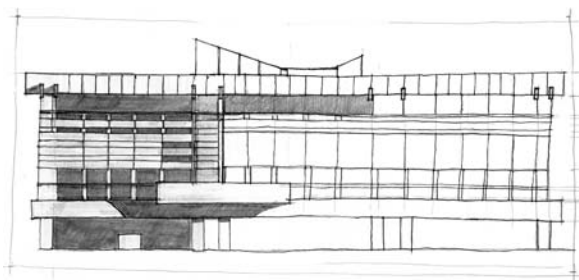


Fig.23 - Kenzo Tange: Kurashiki City Hall, 1958-60

In maniera ancora più coraggiosa, allontanandosi dalla concezione tradizionale del cemento, ed appropriandosi totalmente del linguaggio, **Louis Kahn**, nella First Unitarian Church and School a Rochester, nello stato di New York (1959-69) (Fig.24), si concentra sulla figura del quadrato riprendendo le tesi di Wittkower sulle chiese a pianta centrale del Rinascimento.

Per la prima volta Kahn sembra trattare gli elementi portanti del programma in modo più approfondito, tralasciando l'aspettativa modernista della coerenza geometrica.

Negli schemi finali della Unitarian Church concepì i muri perimetrali in termini di spessore percepibile, infondendo nell'edificio una qualità di massa sovrabbondante, assolutamente nuova nel suo lavoro.

A differenza della libera disposizione di forme diverse della Unitarian Church, nell'Assembly Building (Fig.25) Kahn elaborò una contrapposizione dinamica di elementi, in cui l'evidenza delle connessioni sembrava fondamentale.

In nessun altro luogo tale istanza di connessioni si manifestò in modo più evidente come nel collegamento tra la moschea e l'edificio dell'Assemblea, centro focale del piano di Dacca.

Qui, come nel Kimbell Art Museum, accosta i pannelli prefabbricati di cemento a pannelli in marmo, attribuendo una volta per tutte la destinazione d'uso dei suoi materiali.

Il primo edificio in cui i tratti dello stile maturo di Kahn si delineano chiaramente è la biblioteca per la Exeter Academy, progettata nel 1966-68 (Fig.26).

Su un impianto semplice Kahn ha costruito una grande stanza piena di luce, che se dal punto di vista funzionale risulta una biblioteca, spiritualmente è un santuario.

Al primo piano, il lettore era introdotto nell'edificio attraverso uno spazio quadrato, chiaramente definito dalla struttura e dalla luce: cerchi di calcestruzzo modellavano i prospetti interni, controventando i pilastri principali agli angoli, la luce naturale filtrava dall'alto conferendo all'interno una diffusa luminosità.

Silenziosa ed equilibrata la sala centrale assumeva come *leitmotiv* il cerchio iscritto nel quadrato; intorno allo spazio centrale, su tutti i quattro lati, erano collocate le scaffalature, che parevano sospese tra i pilastri angolari, come mensole di una gigantesca libreria.

Questo ambiente rispondeva a ciò che Kahn riteneva fosse l'istintivo comportamento del lettore: "Un uomo con un libro va verso la luce/Così nasce una biblioteca" (tratto da "The continual renewal of Architecture comes from changing concepts of space", Kahn, *Perspecta*, 4, 1957, p.3).

Ai giorni nostri, l'uso del cemento si presenta in maniera alternativa a quello che già e che anche grandiosamente è stato fatto poichè notoriamente la modernità per

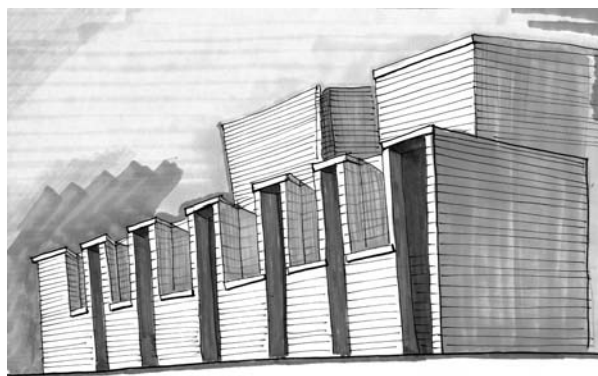


Fig.24 - Louis Kahn: First Unitarian Church and School, Rodester, New York, 1959-69

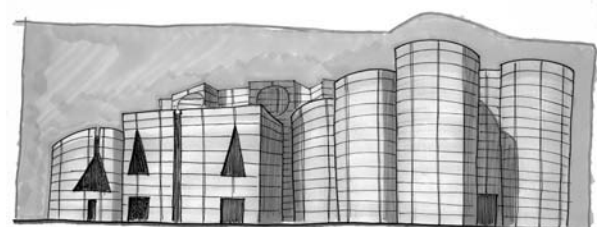


Fig.25 - Louis Kahn: Assembly Building, Dacca, Bangladesh, 1962-83

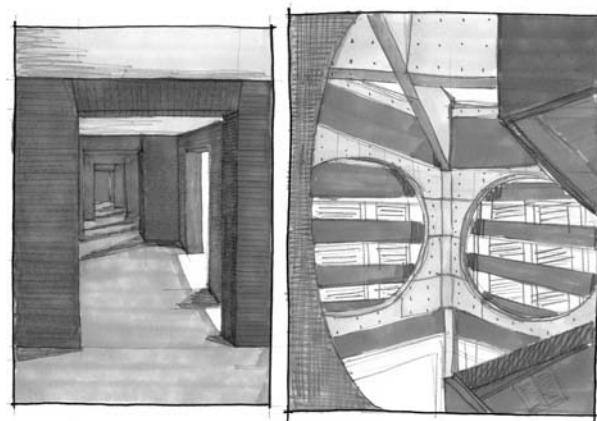


Fig.26 - Louis Kahn: Biblioteca Philips Exeter Academy, Exeter, New Hampshire, 1965-72

autonomia tende a contrapporsi al passato, per semplice formalismo o per nuove esigenze.

In questo senso, a volte il suo uso ripercorre strade già esplorate, come il linguaggio del *beton brut* di Le Corbusier (cemento a vista), unito però a una forte sincerità formale impressionante e fortemente espressiva.

La libertà costruttiva del cemento permette all'architetto finlandese, **Eero Saarinen** nell' Aeroporto Kennedy di New York (Fig.27), di trattare in maniera virtuosa grandi superfici morbide, che coprono ampi spazi, completandone così storicamente l'elogio formale di questo materiale. Saarinen riesce a dare, così, al suo oggetto architettonico una continuità di superfici che avanzano nello spazio, grazie proprio ai forti e saldi sbalzi e al fatto che il cemento a vista non presenta giunture.

LA CONSACRAZIONE DEL "FACCIAVISTA": TADAO ANDO, RICHARD MEIER E ZAHA HADID

Invece il giapponese **Tadao Ando**, cui ultimamente l'Università "La Sapienza" ha conferito la laurea ad honorem, del cemento non solo ne esprime la sua identità formale, ponendolo a vista, ma anche quella costruttivo-esecutivo.

Sono presenti nelle facciate delle sue architetture i segni del disarmo delle casseformi (Fig.28-Fig.28a-b-c), sistemi di montaggio anch'essi entrati nella produzione di massa che oramai sono costituite da veloci e pratici elementi di centinatura e ancoraggio.

Sono evidenti nelle superfici verticali esterne anche le fughe ottenute dalle distanze tra le casse della messa in opera.

Può sembrare, questo, un limite della modularità esecutiva, ma se si capisce dove collocare i punti di ancoraggio delle casse, la loro forma e composizione è possibile realizzare grandi opere in poco tempo.

E' il caso della grande volta paraboloidale di **Richard Meier**, l'architetto americano autore della chiesa romana "Dives in misericordia" di Tor Tre Teste, la cui realizzazione superba è stata fatta con un cemento di ultima generazione (Tx Millennium) che riporta l'uso di questo materiale alla vivacità di una pietra viva ed autentica (Fig.29 e Fig.29a).

La purezza del bianco, la brillantezza e conservazione nel tempo delle qualità estetiche, sono le richieste pervenute dall'architetto all'azienda incaricata di realizzare l'opera (Italcementi), la quale riesce a soddisfarle grazie al brevetto del cemento bianco fotocatalitico.

Questo tipo di cls mantiene inalterate le prestazioni fisico-meccaniche del cls tradizionale, e offre una straordinaria lucentezza dovuta alla capacità di "autopulirsi": la fotocatalisi è un fenomeno naturale per cui una sostanza, chiamata fotocatalizzatore, attraverso l'azione della luce naturale e artificiale, attiva un forte processo ossidativo autopulente.

Il Bianco TX Millennium non comporta particolari accorgimenti nell'utilizzo, se non una corretta applicazione in base alle norme vigenti ed alla buona pratica.

La malta e/o il calcestruzzo richiedono un appropriato

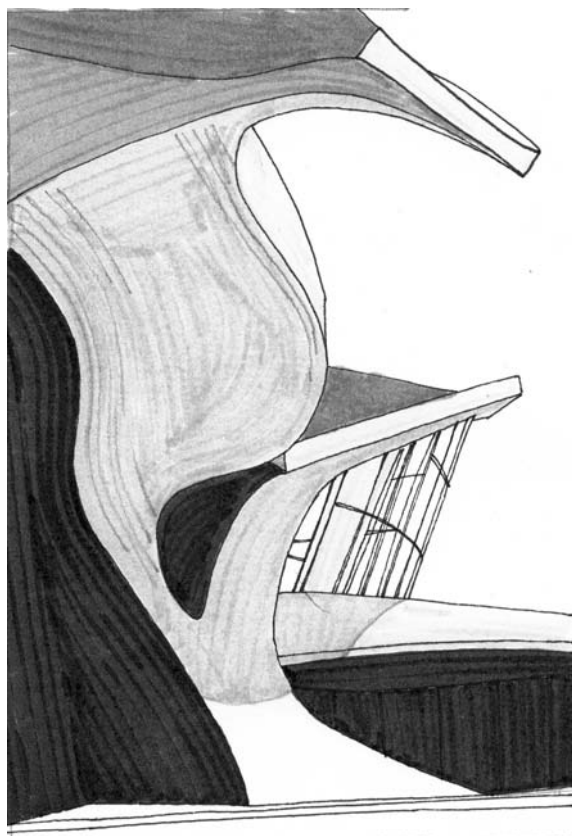


Fig. 27 - Eero Saarinen: Terminal TWA, aeroporto J. F. Kennedy di New York, 1956-62

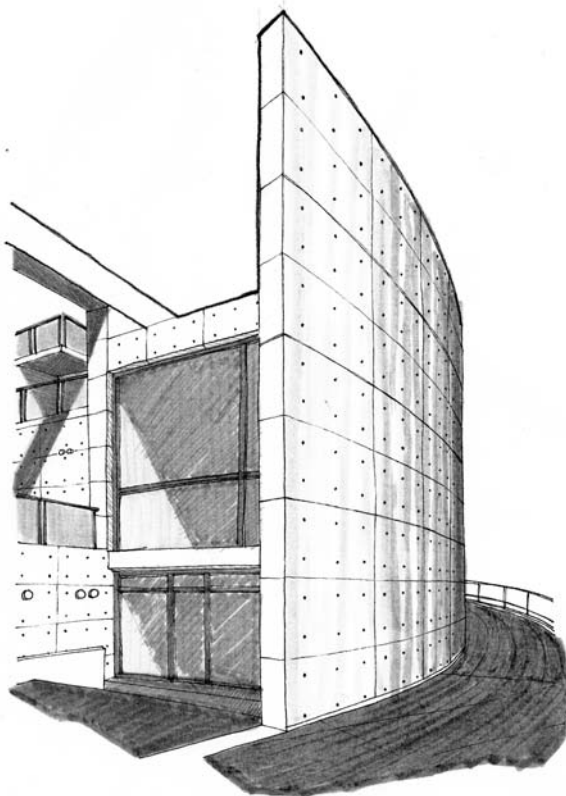


Fig.28 - Tadao Ando: Museo della Letteratura, Himeji, 1988-91

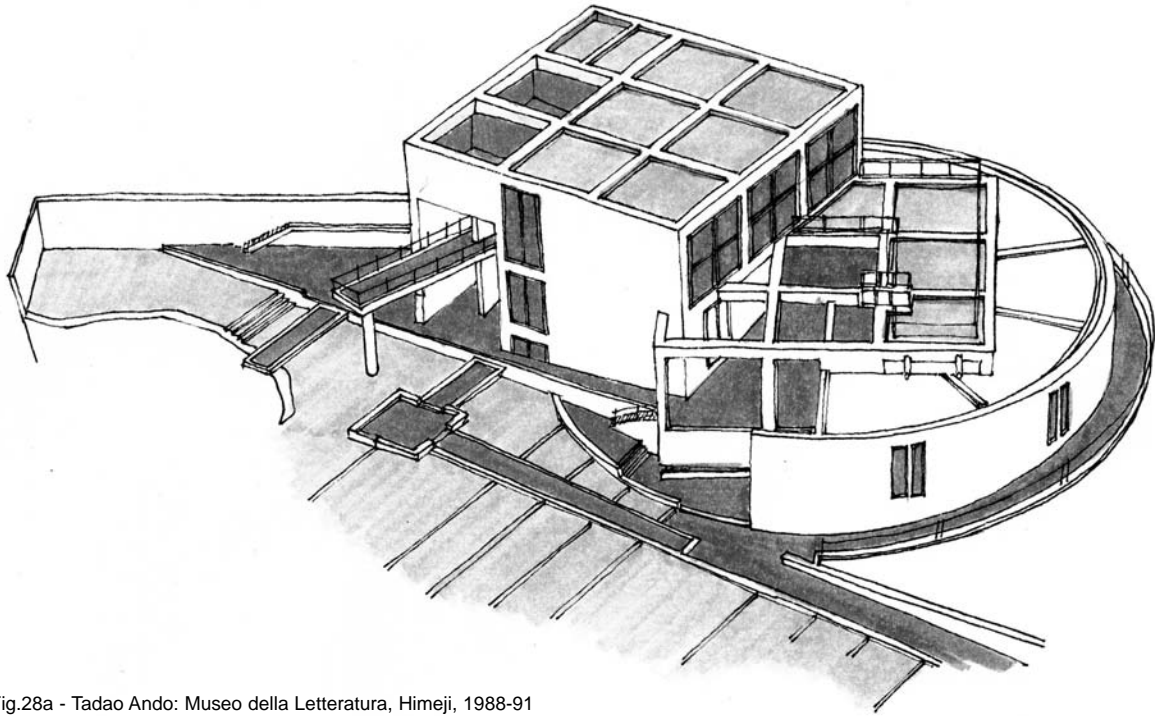


Fig.28a - Tadao Ando: Museo della Letteratura, Himeji, 1988-91

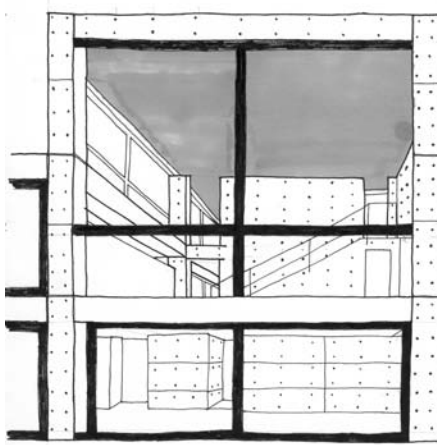


Fig.28b - Tadao Ando: Ito House, Setagaya, Tokyo 1990

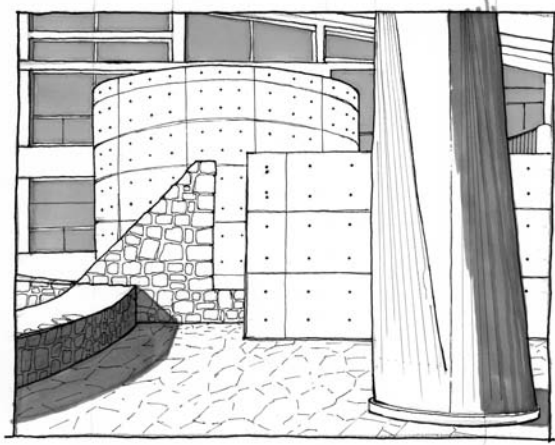


Fig.28c - Tadao Ando: Meditation Space, Unesco, Parigi, 1994

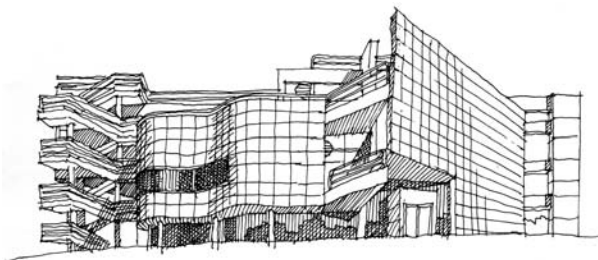


Fig.29 - R. Meier: Atheneum, New Harmony, Indiana USA 1975-1979

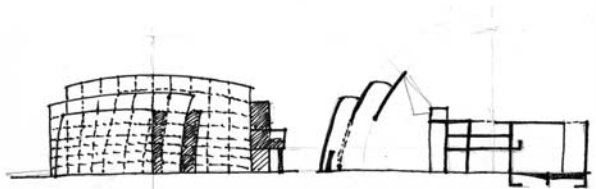


Fig.29a - Richard Meier: Dives in Misericordia, Roma, 2000



rapporto acqua/cemento che esalta le resistenze meccaniche eliminando fenomeni di ritiro; inoltre un giusto dosaggio di legante per ottenere una uniformità di tinta ed infine l'uso di aggregati puliti, giusti tempi di mescolazione dell'impasto e una corretta stagionatura dei getti. Il paradosso, nell'uso di questo materiale è piuttosto costituito dalle pannellature prefabbricate in cemento, che assolvono a un sistema di doppia facciata, secondo i più odierni orientamenti bioclimatici (anche se Le Corbusier ne aveva già fatto uso nell'Unité d'Habitation). Non resta da dire che, in questo momento storico, in cui l'immagine è fondamentale nella riuscita di un prodotto commerciale di destinazione sociale, come lo è diventato l'architettura negli ultimi anni di economia globale, anche un materiale a basso costo, si asserva alle mode commerciali ed estetiche in atto.

Un intersecarsi di superfici, piani obliqui ed inclinati, ciascuno dei quali saetta lungo autonome direttrici; così si presenta, in un'area ai margini del campus della Vitra, l'edificio che l'architetto iraniano **Zaha Hadid** ha eretto per i vigili del fuoco.

Il Vitra Fire Station (1991-93) a Weil Am Rhein in Germania (Fig.30) è, come ha dichiarato la stessa Hadid, movimento congelato.

I muri sembrano scivolare gli uni sugli altri, mentre le enormi pareti scorrevoli sono letteralmente muri mobili. Interamente costruito in c.a. e privo di ogni accenno di ornamentazione, mostra un linguaggio netto che esalta la manipolazione spaziale.

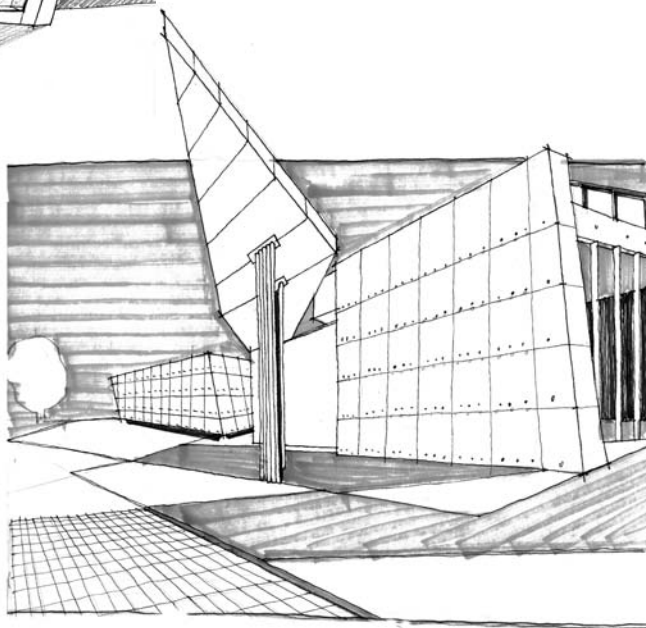
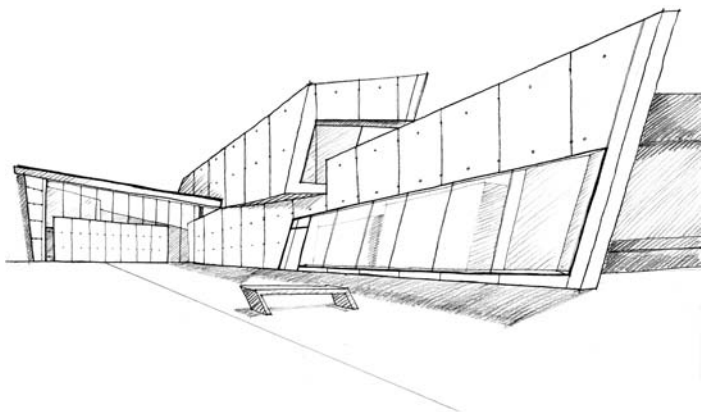
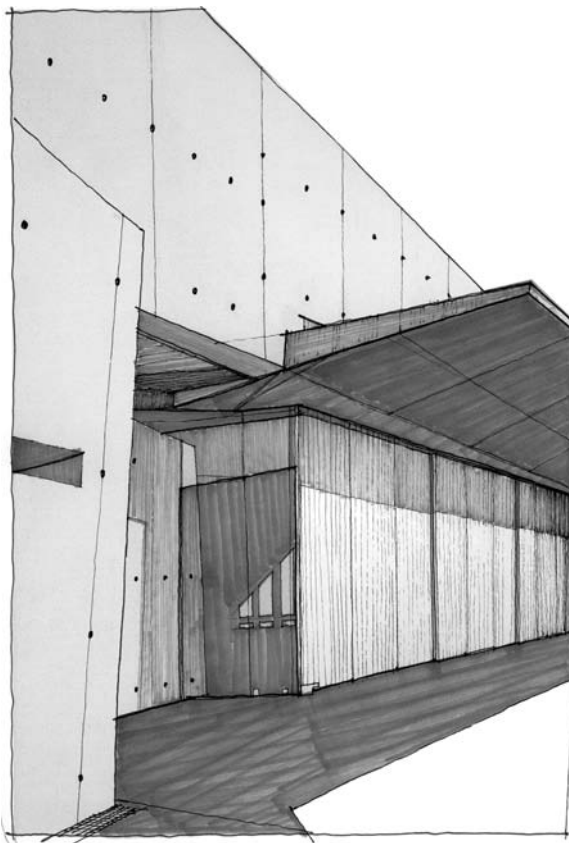


Fig.30 - Zaha Hadid: Vitra Fire Station, Weil Am Rhein 1991-93