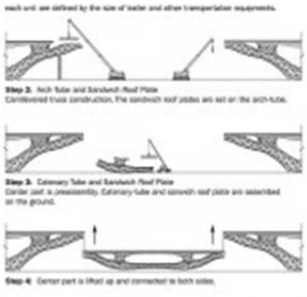
# Buscant la forma a través del comportament

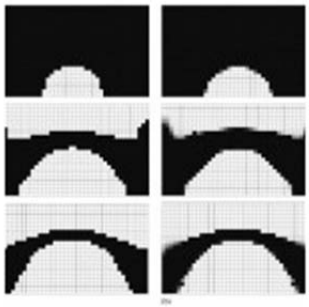
Albert Albareda i Valls i Carles Pastor Foz

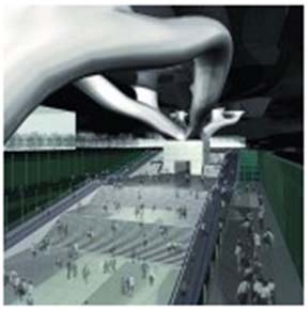
Diagonal.34

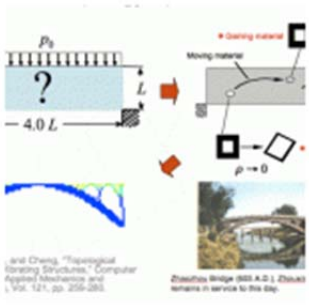
L'arquitectura ha buscat clàssicament, de forma més o menys afortunada, la trajectòria natural de les càrregues per definir així els seus dissenys. Els arquitectes no han deixat d'optimitzar les formes al llarg de la història per tal d'arribar a una màxima funcionalitat estructural; en l'antiguitat, el camí d'optimització geomètrica era l'únic que es podia recórrer, ja que els materials disponibles van ser durant molts segles els mateixos. Així, el primer procés evident d'optimització que tenim és el de substituir les llindes planes de pedra per l'arc de mig punt. Avui sabem que les càrregues es transmeten amb una inclinació d'entre 30 i 45o a través dels materials; així, els arcs són elements que converteixen les càrregues en compressions pures ja que concentren el material en aquelles zones més sol·licitades.

Quan els arquitectes clàssics van descobrir l'arc, ja havien deduït que tot el material de la part inferior central de les llindes de pedra de gran cantell pràcticament no treballava. Aquest fet, intuïtiu però gens trivial, no és exclusiu de l'ésser humà: aquelles partícules de pedra més exposades als agents de la naturalesa segueixen una llei estricta d'erosió. Les zones menys comprimides desapareixen abans que aquelles que estan fortament confinades per la pròpia pressió del pes. Es tracta de la materialització espontània de la trajectòria dels esforços a través d'esculpir espontàniament la massa material: poques coses poden emocionar més a un arquitecte obsessionat per la sensatesa estructural dels elements.










Així, i havent constatat que l'arc no és una innovació exclusiva de l'home, aquest va anar evolucionant amb el transcurs del temps, i va condicionar durant molts anys la geometria i els estils propis de l'arquitectura. Com que els materials que es coneixien només podien treballar a compressió, calia adequar les formes i els dissenys a la trajectòria natural d'aquestes compressions. L'arc de mig punt va evolucionar cap a la volta de canó, per acabar transformant-se finalment en apuntat en plena Edat Mitjana: cada cop unes solucions estructurals més perfectes i properes al comportament real de les tensions.

El pas següent en aquest camí va ser sens dubte l'assimilació de la flexió com a comportament estructural, gràcies a les excel·lents prestacions de materials com l'acer o el formigó. Des d'aquell moment, els arcs van deixar de ser necessaris i els arquitectes es van obsessionar a trobar noves tipologies –aquest cop, però, derivades de la flexió. Les bigues massisses van passar ràpidament a alleugerir-se (per qüestions de minimització de cost d'acer) i, per tant, a concentrar les tensions en determinades zones. El resultat d'aquest procés va ser l'aparició del concepte d'encavallada com a biga alleugerida de gran cantell. De la mateixa manera, els elements verticals de sustentació van passar de murs massius de càrrega a elements puntuals esvelts.

La perversió d'aquest procés aparentment espontani (un procés que ha durat centenars, milers d'anys) ha estat de mans del moviment modern. Els arquitectes racionalistes, encoratjats per les poderoses capacitats de l'acer i del formigó, es van atrevir a trencar per sempre aquesta dialèctica entre la forma i el comportament estructural que havia perdurat des de l'antiguitat. Ja no era la trajectòria de les càrregues qui regia la morfologia d'una estructura: la "placa" va passar a ser un element arquitectònic de referència, sostinguda per esvelts elements puntuals, pilars. Els forjats horitzontals de Le Corbusier s'allunyen molt de ser una solució òptima en termes estrictament estructurals; més aviat a l'inrevés, es tracta d'una solució que des d'aquest punt de vista és bastant ineficient i contranatural. Pretendre que una làmina sigui plana i de gruix constant i de les mateixes característiques, malgrat que la distribució dels esforços a flexió sigui molt diferent, és obviar quelcom d'intuïtiu que sens dubte passa factura. Això sí, la introducció del concepte de "placa" va revolucionar per sempre la concepció espacial dels arquitectes, perquè es va atrevir a pervertir la trajectòria natural de les compressions.

Tant revolucionària va ser la concepció de Le Domino que ha influenciat el concepte d'espais arquitectònics fins a dia d'avui. Els sostres plans s'han convertit ja en una necessitat, en un punt de partida, independentment de quin sigui el cost per obtenir-ne beneficis –cada cop amb llums més grossos. Durant l'últim segle, l'arquitectura s'ha dedicat molt més als espais que a resoldre amb sensatesa les seves estructures; aquest fet, s'ha vist encara molt més accentuat els darrers temps d'opulència econòmica, en què les solucions tecnològiques han permès resoldre projectes vertaderament insensats. Un enginyer, Pierre Luigi Nervi, va ser el primer de preocupar-se per reconduir els esforços de l'arquitectura cap a l'obtenció del màxim rendiment estructural. Acceptant la solució de Le Domino per als reptes de l'arquitectura del segle XX, Nervi es va obsessionar a millorar la solució de llosa de formigó de Le Corbusier. Així, va dissenyar entre d'altres un forjat alleugerit que, a través d'un sistema de nervis formigonats in situ, permetia concentrar els esforços en determinades trajectòries curvilínies com a traducció del comportament flector de la placa. De manera molt similar, Maillard va proposar una llosa de llums importants amb els capitells despenjats per tal d'augmentar-ne així el cantell just en aquells punts més sol•licitats a punxonament —coincidint amb les bieles de descàrrega a 45o.

D'aquesta manera, aquests dos enginyers van reprendre l'esperit fonamental dels arquitectes medievals i antics: la recerca dels recorreguts naturals de les càrregues i els esforços per adequar-hi al màxim les noves geometries estructurals. I això ho van fer, a més, sense entrar en contradicció amb el concepte modern de Le Corbusier, basat en sostres plans i pilotis esvelts: tot un prodigi de la història. Malgrat tot, aquest va ser un camí més testimonial que no pas efectiu: les propostes no van tenir una continuïtat clara, i l'arquitectura es va apartar bastant d'aquesta línia conceptual –excessivament "esclava" d'un comportament estructural. L'era de l'abundància, posterior a la racionalitat del moviment modern, va acabar per enterrar del tot qualsevol intent d'estalvi material a través de la geometria.
No és fins bastants anys més tard, que va reaparèixer aquest concepte al Japó, enmig de la deconstrucció de molts dels principis del racionalisme clàssic. Mutsuro Sasaki, un enginyer estructural visionari, juntament amb els arquitectes Toyo Ito i Arata Isozaki, va plantejar dissenys amb una morfologia derivada directament de complexos processos d'optimització topològica de les seves estructures. Sasaki va fer ús d'eines tecnològiques certament complexes per tal de trobar noves formes, traducció del seu estat de càrregues i de la seva geometria global: va utilitzar la tecnologia magistralment per avançar centenars d'anys d'evolució formal en tan sols uns quants projectes: el resultat, a banda d'admirat arreu, conceptualment és extraordinari.
Sasaki va tornar a situar la sensatesa material a primera línia del disseny arquitectònic.
El projecte més paradigmàtic, pensat segons els paradigmes d'optimització topològica, és sens dubte la proposta per a una estació de ferrocarril a Florència, en què una gran coberta queda sospesa per un arc bífid central, compensat per dos enormes voladissos d'aparença líquida. L'arquitectura en aquest cas respon fidelment a la trajectòria més òptima de les compressions i és fruit d'un intens procés iteratiu, on els braços dels dos grans arcs s'han esculpit literalment a través del mètode dels elements finits.

El mètode utilitzat per Sasaki està explicat en el seu llibre Flux Structures i es fonamenta en la premissa d'eliminar progressivament elements finits d'una malla, en funció d'un determinat paràmetre, de forma molt similar al mètode utilitat pel disseny paramètric. Per exemple, es pot treballar amb la densitat del material, de manera que aquells elements que estiguin més sol•licitats —comprimits o traccionats— augmentin la seva densitat i aquells elements que estiguin menys sol•licitats, la redueixin. Així, s'aconsegueix concentrar els esforços en funció de determinades variables i obtenir així noves formes totalment coherents amb el comportament estructural.