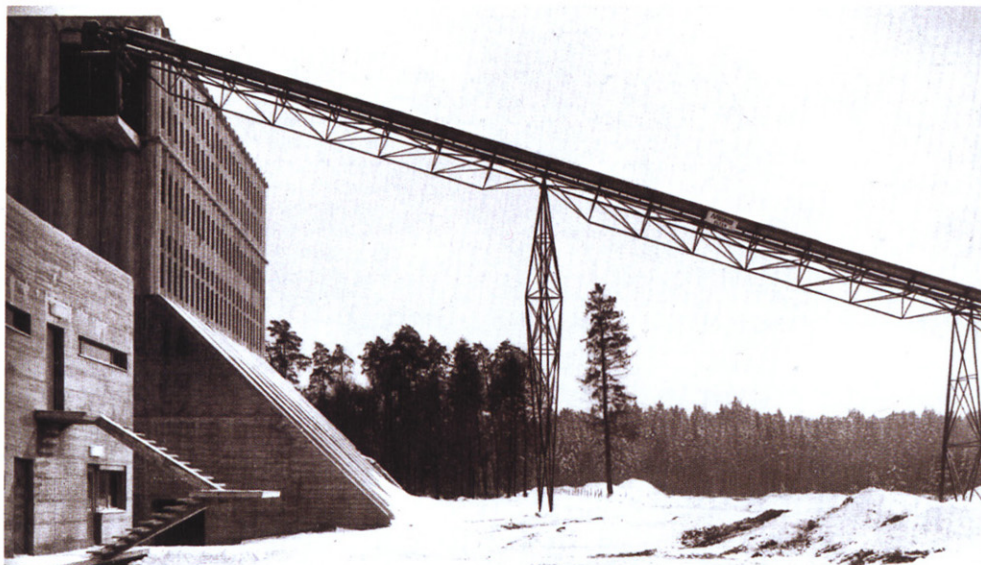




69 · PUENTE METÁLICO DE TRANSPORTE EN LA CENTRAL HORMIGONERA DE GUZGENSO.

70 HOSSDORF, UN SUPERVIVIENTE DE LA EDAD DE LOS MAGOS

ricardo aroca

71 Hossdorf es uno de los últimos, si no el último, supervivientes de una generación de constructores cuyos máximos exponentes son Nervi, Candela y Torroja.

Para entender su significado hay que situarse en los años treinta: hasta la década de los veinte, los métodos de análisis disponibles únicamente permitían predecir con seguridad el comportamiento de entramados de barras, que no tuvieran muchos nudos o que presentaran un alto grado de simetría, como las cúpulas de revolución, losas no muy complicadas de forma y bóvedas cilíndricas con condiciones de borde sencillas.

Flügge y Dischinger desarrollaron procedimientos de análisis que, al precio de un importante aparato matemático, permitían analizar estructuras superficiales, abriendo el abanico, si no de una libertad completa, sí de un repertorio mucho más amplio de posibilidades formales.

Paralelamente, Buckminster Fuller, en un contexto mucho más amplio de filosofía del mínimo, iniciaba otra línea completamente independiente de estructuras ligeras materializando la superficie mediante una malla de barras.

El hormigón armado proporcionaba la forma más directa de materializar una superficie estructural continua (al menos en apariencia, la realidad es siempre más dura), con el inconveniente de la necesidad de construir un encofrado complicado y costoso, coste que podía disminuirse recurriendo a la prefabricación de elementos.

72 Desde el punto de vista estricto de eficacia estructural, el camino de Fuller era más prometedor: Una estructura de barras puede dimensionarse estrictamente y, por si fuera poco, la relación resistencia/peso del acero y del aluminio es un orden de magnitud mayor que la del hormigón, lo que proporciona una ventaja decisiva para cubiertas, en la que, aparte de los efectos de viento, lo que hay que sostener es el propio peso de la estructura.

El mayor problema de una malla de barras es el geométrico; la definición de la estructura debe ser enormemente precisa, las longitudes de las barras tienen que ser calculadas, las barras cortadas con gran exactitud, los nudos pueden llegar a ser muy complicados y queda aún el problema de cómo materializar la superficie de la cubierta, lo que presentaba problemas de precisión en definición y ejecución aún mayores que los de la estructura resistente. La tipificación de elementos para limitar en lo posible el número de nudos, barras y piezas de cierre (lo que por otra parte encajaba con la filosofía de Fuller) sólo permitía realizar estructuras de forma muy simple y para usos muy específicos.

En cambio, los medios técnicos disponibles en los años treinta (y casi hasta los sesenta) permitían construir láminas de hormigón en que las limitaciones no eran de tipo constructivo sino de capacidad de predecir el comportamiento de la estructura. La ventaja teórica de línea de Fuller solo se ha hecho plenamente viable con la posibilidad de analizar estructuras con gran número de nudos y barras, definir las geométricamente con gran precisión y producir barras,

HOSSDORF, A SURVIVOR OF THE TIME OF WIZARDS

Hossdorf is one of the last, if not the last, survivor of a generation of constructors whose greatest exponents are Nervi, Candela and Torroja. To understand their meaning it is necessary to go back to the thirties. Up to the twenties the methods of analysis available only allowed the prediction with certainty of the behaviour of structures of beams that did not have many joints or represented a high grade of symmetry, like the domes of revolution, flagstones not very complicated in form and cylindrical domes with simple borders.

Flügge and Dischinger developed analysis procedures that, for the price of an important mathematical apparatus, allowed analysis of superficial structures, opening the fan, if not of complete freedom, then at least a much more ample repertoire of formal possibilities.

At the same time, Buckminster Fuller, in a context much wider than a philosophy of minimum, started another completely independent line of light structures materialising the surface through a net of beams.

Reinforced concrete provided the most direct way of making a continuous structural surface (at least in appearance, reality is always harder), with the inconvenience of needing to build a complicated and expensive formwork, an expense which could be reduced by turning to the prefabrication of elements.

From the strict point of view of structural efficacy, Fuller's way was more promising.

An structure of beams can be dimensioned strictly and, furthermore, the relation resistance/weight of steel and aluminium is an order of magnitude bigger than concrete, providing a decisive advantage for shuttering in which, apart from the effects of winds, what has to be supported is the weight of the structure itself.

The biggest problem of a network of beams is geometrical, the definition

of the structure must be very precise, the longitudes of the beams have to be calculated, the beams cut with great exactitude, the joints can become very complicated and the problem of how to make the surface of the shuttering still remains, this presented problems of precision in definition and execution ever bigger than the ones of the resistant structure. The standardization of elements to limit the number of necessary joints, beams and pieces of shuttering (which on the other hand coincided with Fuller's philosophy) only permitted structures of a very simple shape and for very specific uses.

In contrast, the available technical means in the thirties (and almost up to the sixties) allowed the building of sheets of concrete in which the limitations were not constructive but the capacity of predicting the behaviour of the structure. The theoretical advantage of Fuller's line has only been viable with the possibility to analyse structures with many joints and beams, defining them with great precision and producing beams, joints and panels with tools with numerical control, leaving the sheets of concrete as the technical product of a time.

Designing and building sheets of concrete was not for everybody:

The mathematical apparatus to be used analysing them required a solid formation, and the calculations were so expensive in time and effort that it was not possible to study other alternatives. In any case corrections were only possible when something did not fit.

The designer needed to remember not only to be capable of ensuring the behaviour of the structure but also to have intuition (more accumulated and internalized knowledge) about what was possible.

In this respect the case of the Sydney Opera House has to be remembered. Only one look was necessary for Candela to foresee the impossibility of solving the "shells" of the shuttering with thin sheets of concrete, a conclusion to which Jenkins ended up coming to after years of calculations

and modifications of the project.

Having the capacity of managing and interpreting correctly the mathematical apparatus and betting with certainty about the possible shape in relation to the size, the question of managing with elegance the form and the essential details in the expression of the structure still remained. One of the most annoying peculiarities about the designing of sheets is the frustration of making an extraordinary thin structure whose magical thickness can not be appreciated because it is necessary to put considerable beams in the border of sections (in such a way that the borders that are seen are usually those of a beam of triangular section to express in the open that the sheet is very thin).

In additions there was still left the problem that the real behaviour of reinforced concrete was still considerably far from the isotropic and elastic solid of the mathematical models. Because of this, the validity of the application of the model to reality had to be verified through practice on reduced models for shapes and sizes of which there was no previous experience.

In this context it is not surprising that only a very reduced number of people, Hossdorf among them, had been capable of conceiving, analysing and building efficient and elegant concrete shells, in an exercise of knowledge, intuition and courage that has left very few examples in countries with a hard climate (the need to isolate and waterproof becomes an added handicap to a membrane that is only self-sufficient in benign climates) and which will hardly have continuity as computers have eliminated the inconveniences of the line started by Fuller, much more congruent with structural logic.

Only in the countries of "Real Socialism" did they keep building sheets of concrete after the sixties, basically because nobody did any calculations of how much things actually cost.

nudos y paneles diferentes mediante herramientas con control numérico, dejando las láminas de hormigón como producto técnico de una época.

Proyectar y construir láminas de hormigón no estaba al alcance de cualquiera:

El aparato matemático a manejar para analizarlas requería una sólida formación básica; y los cálculos eran tan costosos en tiempo y esfuerzo que no era posible estudiar alternativas, en todo caso únicamente cabían correcciones si algo no encajaba.

El proyectista necesitaba no sólo ser capaz de asegurar el comportamiento de la estructura sino tener intuición (más bien conocimiento acumulado e interiorizado) de qué cosas eran posibles.

⁷³ A este respecto cabe recordar el caso de la Opera de Sidney; un vistazo al proyecto le bastó a Candela para pronosticar la imposibilidad de resolver las "conchas" de la cubierta con láminas delgadas de hormigón, conclusión a la que acabó llegando Jenkins después de años de cálculos y modificaciones del proyecto.

Supuesta la capacidad de manejar e interpretar correctamente el aparato matemático y apostar con certeza en cuanto a la forma posible en relación con el tamaño, todavía quedaba la cuestión de manejar con elegancia la forma y los detalles esenciales en la expresión de la estructura. Una de las peculiaridades más molestas del proyecto de láminas es la frustración de hacer una estructura extraordinariamente delgada cuyo espesor mágico no puede apreciarse porque es necesario colocar unas vigas de borde de sección considerable (de manera que los bordes que se ven suelen ser los de una viga de sección triangular para expresar exteriormente que la lámina es muy delgada.)

Quedaba aún el problema añadido de que el comportamiento real del hormigón armado dista considerablemente del sólido isótropo y elástico de los modelos matemáticos. Por ello, la validez de la aplicación del modelo a la realidad debía ser verificada mediante ensayos en modelos reducidos para formas y/o tamaños de los que no hubiera experiencia previa.

En este contexto no es de extrañar que sólo un número muy reducido de personas, Hossdorf entre ellas, haya sido capaz de concebir, analizar y construir cáscaras de hormigón eficaces y elegantes, en un ejercicio de conocimiento, intuición y audacia que ha dejado muy pocos ejemplos en países de clima duro (la necesidad de aislar e impermeabilizar supone un handicap suplementario a una membrana que sólo es autosuficiente en climas benignos) y que difícilmente tendrá continuidad una vez que los ordenadores han eliminado los inconvenientes de la línea iniciada por Fuller, mucho más congruente con la lógica estructural.

⁷⁴ Solamente en los países del "Socialismo Real" se siguieron construyendo láminas de hormigón después de los años sesenta, básicamente porque nadie hacía cuentas de lo que costaban realmente las cosas.