

Design of the Chau Chak Wing Museum

Overall winning project of the 2022 ACI Excellence in Concrete Construction Awards

The most striking feature of the University of Sydney's Chau Chak Wing Museum is its shape. Designed as a cantilevered concrete box perched atop a glass and sandstone-colored precast podium, the cube-like museum is nestled among the treetops between the university's famous sandstone buildings. The "floating box" is approximately 170 ft (52 m) long, 111 ft (34 m) wide, and 29 ft (9 m) tall, with a 46 ft (14 m) cantilever overlooking the skyline of Sydney, NSW, Australia.

Concrete features prominently throughout the structure with unobtrusive elegance—from the tinted, precast elements in the lower-level building to the finish of the cast-in-place cantilevered box to the concrete ceiling in the entry level. The deep cantilevers protect internal spaces (and artifacts) from direct solar light and provide thermal mass, while the concrete soffit of the floating box creates a sense of compression upon entry before dramatically opening out into the central atrium.

"The stately and attractive building, iconic and purposely durable, is a striking architectural statement that features the clever engineering design of the concrete structure, creative engineering design of the concrete mixtures, and a strong commitment to sustainability," said Judge Michael Paul, Principal Structural Engineer for Larsen & Landis, Inc. "The entire team should be commended for their exceptional work!"

Delivered by general contractor FDC Construction (NSW) Pty Ltd., with concrete contractor Azzurri Concrete and alongside JPW Architects, engineering firm Northrop Consulting Engineers, and construction materials technology consultant Mahaffey Associates, this was an incredibly complex project. All aspects of construction were carefully considered, from the concrete mixture designs, reinforcement detailing, and post-tensioning (PT) to pumping strategies.

100-Year Design

The university specified a 100-year design life, which made reinforced concrete the natural choice. Using the material also enabled the structure's exterior to double as cladding, making engineering efficient and construction seemingly straightforward.

"The museum is a direct expression of concrete as architecture, structure, and finish," explained Kiong Lee and Graeme Dix, Directors of JPW Architects.

According to Lee and Dix, concrete met the project's complex technical challenges while also promising longevity and low maintenance and allowing for passive design principles over more energy-intensive systems.

"What makes this project particularly noteworthy is its commitment to sustainability and its focus on constructability, all while meeting the demanding architectural vision," said Judge Emily Guglielmo, Principal at Martin/Martin Inc.

Formulating the Right Mixture

The team spent 9 months designing the concrete mixture, which included creating several on-site prototypes to troubleshoot every perceivable scenario. Hydration temperature, drying shrinkage, sustainability targets, water demand, thermal expansion, aggregate size, placement methods, and ambient temperatures were all elements that were scrutinized to ensure consistency and color control.

"The greatest challenge was to achieve color uniformity in the concrete wall elements. It was vital that this was achieved the first time, every time," added Branko Mihaljevic, Senior Project Manager with FDC Construction (NSW) Pty Ltd. "Extensive workshops with all stakeholders were conducted, which translated to a working prototype before a single concrete placement was executed."

David Mahaffey of Mahaffey Associates, the concrete technology consultant for the project, said he is most proud of the team's high level of coordination. "Achieving a high-quality, off-form finish on a project of this scale is difficult and requires a commitment from everyone involved," he said. "The concrete mixture needs to meet very particular requirements, and the supplier needs to be committed to providing consistent mixture quality during each placement as well as between placements. Care in setting up the formwork and placing the concrete is critical in ensuring defects in the finish are minimized. And finally, the builder needs to ensure good coordination and communication between everyone involved."



Chau Chak Wing Museum was designed as a cantilevered concrete box perched atop a glass and sandstone-colored precast podium

The university also set a target for recycled materials in the concrete to ensure at least 25% of all fine and coarse aggregate inputs were manufactured sand or other alternative materials. The team worked with concrete supplier Boral to substitute 71% of all sand with manufactured sand. Mixture water consisted of 94% recycled water. A water reducer was added to improve setting time and shrinkage control by reducing approximately 3 gal. of water per cubic yard (15 L/m³). The portland cement content was reduced by at least 30%.

Overcoming Challenges

A constrained footprint between existing trees required a multi-level design, with much of the museum located below ground. The project involved bulk excavation and construction of a six-level building (including a plant level and two basement levels) with more than 83,300 ft² (7740 m²) of gross floor area. Concrete construction was reimagined from the ground up, borrowing techniques from high-rise jump forms and bridge construction. Temporary propping solutions were used to support the concrete box during construction and to form the 15 in. (380 mm) thick reinforced and prestressed walls.

Construction of the cantilevered box was limited in terms of placing breaks, deflection, and propping to ensure the utmost quality was achieved with limited cracking and deformation. Careful structural analysis was required to determine stressing sequences and timing for the PT elements, as well as the timing and sequence of the removal of propping elements. Cracking was controlled by installing conventional PT strands in the wall elements and high-strength, large-diameter PT bars and traditional reinforcement. Horizontal construction joints were introduced to limit placement heights. This created structural engineering challenges due to the development of vertical bars, which were resolved through the introduction of reinforcement couplers.

“What impressed me the most was the amazing quality of concrete detailing and the quality of the concrete construction,” said Judge Stephen Ayers, Interim CEO of the



Concrete is featured prominently throughout the cube-like structure



Project team architects Kiong Lee and Graeme Dix describe the museum as a direct expression of concrete as architecture, structure, and finish

National Institute of Building Sciences. “The simplicity of the forms and detailing make the interior spaces elegant and memorable...the quality of the concrete finishes is amazing. This was a high-risk, high-reward process, which was beautifully done.”

Chau Chak Wing Museum is the culmination of many years of strategic planning and 20 months of construction to consolidate the university’s Nicholson, Macleay, Power, and University Art Collections and showcase some of Australia’s most significant artifacts.

This timeless museum will endure for generations to come, just as the university intended.

Selected for reader interest by the editors.

Diseño del museo Chau Chak Wing

*Proyecto ganador general del Premio
a la Excelencia en Construcción en Concreto 2022*

por Marc Maguire

El rasgo más impresionante del Museo Chau Chak Wing de la Universidad de Sidney es su forma. Diseñado como una caja de concreto en voladizo y situado sobre vidrio y un podio prefabricado color arenisca, el museo de forma cúbica se sitúa entre las copas de los árboles, entre los famosos edificios de arenisca de la universidad. La “caja flotante” tiene aproximadamente 170 ft (52 m) de largo, 111 ft (34 m) de ancho, 29 ft (9 m) de altura y cuenta con un voladizo de 46 ft (14 m) con vista a la ciudad de Sydney, Nueva Gales del Sur, Australia.

El concreto figura de forma prominente a lo largo de la estructura con una elegancia discreta – desde los elementos tintados, prefabricados en el nivel inferior del edificio y el acabado de la caja en voladizo colada en el sitio, hasta el techo de concreto en el nivel de la entrada. Los voladizos profundos protegen los espacios internos (y los artefactos) de la luz solar directa y proveen masa térmica, mientras que el saliente de concreto de la caja flotante crea una sensación de compresión en la entrada antes de abrirse de forma espectacular hacia el atrio central.

“El majestuoso y atractivo edificio, icónico y a propósito duradero, es una llamativa exposición arquitectónica que muestra el diseño ingenieril inteligente de la estructura de concreto, un creativo diseño de las mezclas a utilizar y un fuerte compromiso con la sostenibilidad”, afirmó el Juez Michael Paul, ingeniero estructural principal para Larsen & Landis, Inc. “¡El equipo debe ser felicitado por su trabajo excepcional!”

Entregado por el contratista general FDC Construction (NSW) Pty Ltd., junto con el contratista de concreto Azzurri Concrete en conjunto con JPW Architects, la firma de ingeniería Northrop Consulting Engineers y la consultora en tecnología de materiales de construcción Mahaffey Associates, este fue un proyecto increíblemente complejo. Todos los aspectos de la construcción fueron cuidadosamente considerados; desde los diseños de mezcla del concreto, los detalles del refuerzo y el postensado (PT), hasta las estrategias de bombeo.

Diseño a 100 años

La universidad especificó una vida de diseño de 100 años, lo cual hizo del concreto reforzado una elección natural. El uso de este material también permitió que el exterior de la estructura sirviera como revestimiento, lo cual implica una ingeniería eficiente e hizo que la construcción pareciera sencilla.

“El museo es una expresión directa del concreto como arquitectura, estructura y acabado”, explicaron Kiong Lee y Graeme Dix, directores de JPW Architects.

Según Lee y Dix, el concreto cumplía con los complejos desafíos técnicos del proyecto, mientras que prometía longevidad y bajo mantenimiento, además de permitir usar principios de diseño pasivo por sobre otros sistemas más intensivos en cuanto al uso de energía.

“Lo que hace a este proyecto particularmente notable es su compromiso con la sostenibilidad y su enfoque en constructabilidad, todo esto mientras se cumple con la demandante visión arquitectónica”, acotó la jueza Emily Guglielmo, directora de Martin/Martin Inc.

Formulando la mezcla apropiada

El equipo tardó 9 meses diseñando la mezcla del concreto, lo cual incluyó el desarrollo de varios prototipos en sitio para prever cualquier escenario problemático que se pudiera percibir. La temperatura de hidratación, la contracción por secado, los objetivos de sostenibilidad, la demanda de agua, la expansión térmica, el tamaño del agregado, los métodos de colocación y la temperatura del ambiente fueron elementos escudriñados para asegurar la consistencia y control del color del concreto.

“El desafío más grande fue alcanzar la uniformidad de color en los muros de concreto. Fue de vital importancia que esto se lograra al primer intento y en cada ocasión”, añadió Branko Mihaljevic, director de proyecto en FDC Construction (NSW) Pty Ltd. “Se condujeron talleres de trabajo extensivos con todas las partes interesadas, lo que se tradujo en un prototipo de trabajo antes de ejecutar una sola colocación de concreto”.

David Mahaffey de Mahaffey Associates, la consultora de tecnología del concreto para este proyecto, dijo sentirse muy orgulloso del alto nivel de coordinación del equipo. “Alcanzar un acabado de alta calidad en un proyecto de esta magnitud es difícil y requiere un compromiso de todas las personas involucradas”, mencionó. “La mezcla de concreto debe cumplir con requerimientos muy particulares y el proveedor debe estar comprometido con brindar una mezcla de calidad consistente durante y entre cada proceso de colocación. El cuidado con la instalación del encofrado y la colocación del concreto es crítico para asegurar que los defectos en el acabado se minimicen. Finalmente, el constructor debe asegurar la buena coordinación y comunicación entre todas las personas involucradas”.



El Museo Chau Chak Wing se diseñó como una caja de concreto en voladizo situada sobre vidrio y un podio prefabricado

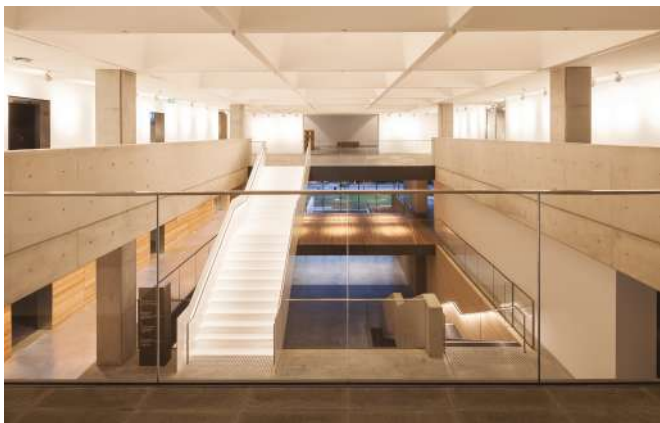
La universidad también estableció objetivos respecto a los materiales reciclados para elaborar el concreto, para asegurar que al menos el 25% de todos los agregados finos y gruesos utilizados se constituyeran por arena manufacturada u otros materiales alternativos. El equipo trabajó con la proveedora de concreto Boral para sustituir el 71% de toda la arena con arena manufacturada. El agua de mezcla consistió en un 94% de agua reciclada. Se incluyó un reductor de agua para mejorar el tiempo de fraguado del concreto y para controlar la contracción por medio de la reducción de aproximadamente 3 gal por yarda cúbica (15 L/m³). El contenido de cemento Portland se redujo en al menos un 30%.

Superando los desafíos

Una huella restringida por los árboles existentes requirió diseño en varios niveles, con gran parte del museo localizado bajo tierra. El proyecto implicó una gran excavación y la construcción de un edificio de 6 niveles (incluyendo un nivel de planta y dos niveles de sótano) con más de 83,300 ft² (7740 m²) de área bruta de piso. La construcción en concreto fue repensada desde el nivel del terreno hacia arriba, utilizando técnicas de encofrado de edificios de gran altura y construcción de puentes. Se implementaron soluciones de apuntalamiento temporal para soportar la caja de concreto durante la construcción y para encofrar los muros pretensados de 15 in (380 mm) de espesor.

La construcción de la caja en voladizo se limitó en términos de localización de las juntas al colocar el concreto, deflexión y apuntalamiento, para asegurar que se alcanzara la máxima calidad con agrietamiento y deformaciones limitadas. Se requirió de un análisis estructural cuidadoso para determinar las secuencias de esfuerzo y tiempos adecuados para los elementos PT, así como la secuencia y tiempos adecuados para remover los elementos de apuntalamiento. El agrietamiento se controló por medio de la instalación de torones PT convencionales en los elementos de muro, barras PT de alta resistencia y gran diámetro, además de refuerzo convencional. Se introdujeron juntas de construcción horizontal para limitar las alturas de colado del concreto. Esto creó desafíos para la ingeniería estructural debido al desarrollo de las barras verticales, los cuales fueron resueltos a través de la incorporación de conectores de refuerzo.

“Lo que más me impresionó fue la sorprendente calidad del detallado del concreto y la calidad de la construcción en concreto”, mencionó el juez Stephen Ayers, CEO interino del National Institute of Building Sciences.



El concreto figura de forma prominente a lo largo de la estructura en forma de cubo



Kiong Lee y Graeme Dix, arquitectos del equipo del proyecto, describen el museo como una expresión directa del concreto como arquitectura, estructura y acabado.

“La simplicidad de las formas y del detallado hacen que los espacios internos sean elegantes y memorables...la calidad de los acabados del concreto es impresionante. Este fue un proceso de alto riesgo y alta recompensa que fue preciosamente ejecutado.”

El Museo Chau Chak Wing es la culminación de muchos años de planificación estratégica y 20 meses de construcción para consolidar las colecciones de arte de Nicholson, Macleay, Power y University, de la universidad, además de exhibir algunos de los artefactos más significativos de Australia.

Este museo a prueba del tiempo perdurará para las próximas generaciones, justo como la universidad lo pretendió.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Costa Rica

Título: *Diseño del museo Chau Chak Wing*



Traductor:
Juan Carlos Jiménez Castillo



Revisor Técnico:
Ing. Ronald Steinvorth Sauter MSc