



Rubenstein Commons at the Institute for Advanced Study in Princeton, NJ, USA
(photo courtesy of Paul Warchol)

Bulbous Space Curves in Concrete

The architecture of Rubenstein Commons features undulating passageways of precast panels

by Deborah R. Huso

The longtime academic home to some of the greatest minds in history, including Albert Einstein and J. Robert Oppenheimer, the Institute for Advanced Study in Princeton, NJ, USA, recently underwent a major renovation, including the addition of a new structure—Rubenstein Commons. The collaborative new space evolved under the design direction of New York, NY, USA-based Steven Holl Architects, designer of the Glassell School of Art, Houston, TX, USA (featured in the March 2019 issue of *Concrete International*).

Designed more like a passage than a building (Fig. 1 and 2), the undulating 5235 m² (17,175 ft²) structure is composed of precast concrete panels and prismatic glass with varying curving roof levels (Fig. 3) as well as curving walls (Fig. 4), all representative of the “thought bubbles” of students and researchers who will use the space. With its bulbous space curves and unique design, Rubenstein Commons provides both an instructional area and a multidisciplinary gathering place for the Institute’s students and researchers.

Noah Yaffe, Partner-in-Charge with Steven Holl Architects,

described Rubenstein Commons as a place where nature, architecture, and scholarship intertwine. “The function [of the building] was a unique one—a commons building with informal and formal exchange spaces. That functionality was the inspiration for the design.”

Precast Serves as Structure and Façade

Steven Holl Architects presented precast concrete as a primary material for both the structure and architectural façade from the beginning of the design phase. While the architects also considered tilt-up concrete cast on site, they ultimately settled on precast to avoid delays related to unpredictable Northeastern United States weather. “What we’re able to do with precast in terms of speed of construction, cost efficiency, and environmental consciousness—that all played into our decision,” Yaffe said.

“[Steven Holl Architects] typically come to the table with very developed ideas about what the structure should be,” noted Erich Oswald, Lead Engineer and previous Associate Partner with structural engineering firm Guy Nordenson and



Fig. 1: Interior passageway model (illustration courtesy of Steven Holl Architects)

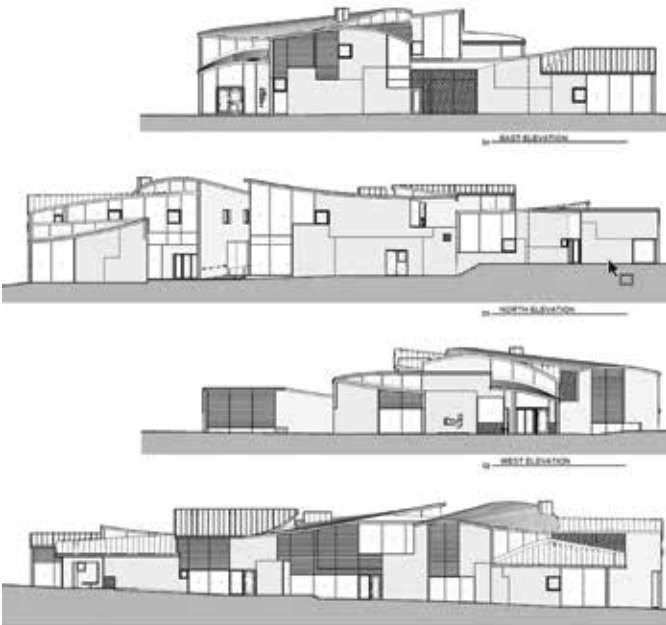


Fig. 2: Building elevations of Rubenstein Commons (illustration courtesy of Steven Holl Architects)



Fig. 3: Roof with varying curving levels



Fig. 4: Interior of Rubenstein Commons with curving walls (photo courtesy of Paul Warchol)

Associates. “They knew they wanted the exposed concrete wall to be precast.” As with the Glassell School of Art at the Museum of Fine Arts, Houston, TX, Steven Holl Architects saw precast panels as an ideal solution for providing both structure and exterior finish as one and the same. “Every single one of those panels is serving as primary gravity and lateral resistance for the structure,” Oswald added.

The design team also knew they would need steel structure to support the building’s curving copper roofs.

One of the challenges of constructing Rubenstein Commons was the manufacture of the complex curved shapes of the 60 precast concrete panels. While builders frequently choose precast concrete to speed up construction, given they can use the same formwork for multiple panels, the complex design of Rubenstein Commons meant that no two panels were alike. “Every single piece was unique,” said Matthew Hicks, Project Executive for Northeast Precast in Vineland, NJ. “There was not a single piece that was repeating. Each panel was a custom form.”

Northeast cast the panels using a special concrete mixture with a high percentage of white cement mixed with a whiter sand and brownstone to achieve a warmer coloration. Hicks said Northeast used 9.5 mm (3/8 in.) stone as the main coarse aggregate and then sandblasted panels for a more bespoke finish.

Northeast cast the handful of easier flat panels first. All the panels were odd shapes, some of them made to be stacked together. To account for the sinuous structure of Rubenstein Commons, more than 50% of the panels had curvature either in the panel itself or at the top. “There’s not a straight line to be seen,” Hicks remarked. To make forms for the curved panels, Northeast used foam shaped with a computer numerical control (CNC) router.



Fig. 5: Installation of reinforcement grids in a curved panel (left) and the panel after casting (right)

All panels were manufactured with double-mat steel reinforcement grids (Fig. 5), though the mats differed in density and size depending on the load concentration needed for each panel. Those with higher load concentrations featured tighter bar spacing and larger bar diameters.

Precision Panel Installation

Northeast used a CNC router to make wooden templates to which they attached splices in the panel, and which also doubled as a bulkhead in the forming process. Each panel featured reinforcement spliced from the foundation all the way up through the panels. They had to cast splice sleeves to match the casting on the foundation. Reinforcing bars were cast into the foundation, so the construction team had to position those cast sleeves over the reinforcement and slide the panels down over the bars to make a connection. Because almost no panels were flat, each featuring some kind of radius, the panels were cantilevered from the foundation on installation.

“This was one of the major challenges in coordination—where precast panels interfaced with vertical dowels coming up from the substructure below,” Oswald explained. “The big challenge was getting sleeves at the bottom edge of all the panels to be perfectly in place.”

Northeast Precast reviewed the shop drawings for the cast-in-place basement structure of the building to ensure reinforcement cast into the foundation was coordinated with the splice sleeves in the precast panels. “It all works on paper, but then all those vertical dowels with two vertical bars every 300 mm (12 in.) can make for a challenge,” Oswald said. Northeast sent templates to the contractor in the field so they could match the templates being used to manufacture the panels in the factory. Additionally, dowels were field surveyed so Northeast Precast could make adjustments to the coupler locations in the panels during manufacturing.

Northeast Precast began shipping panels to the jobsite while panel manufacturing was still underway. Production of



Fig. 6: Prefabricated panel installed over reinforcing bars cast into the foundation

the panels took a little over a month and a half, while installation of the concrete panels from the first shipments until completion took about a month.

The building team carefully lowered panels with the sleeves in the panels directly above the reinforcing bars extending from the concrete foundation (Fig. 6). “The connections were the most challenging part,” Hicks said. “Most connections had the least amount of tolerance you could possibly imagine.”

Making Connections

The construction team also had to form and place wet joints between panels in the field. According to Hicks, there were no panel-to-panel welded connections. Instead, the erection team cast sections in the field and joined the panels together. Because panels were exposed on the exterior face, the team had to make all those joints between panels invisible.

Erection also included a lot of stacked panels, according to



Fig. 7: Panel assembly

Hicks. “Many of the panels would be too big to ship otherwise,” he explained, noting that the largest precast panel weighed 17,240 kg (38,000 lb) and measured over 4 x 7 m (13 x 22 ft). All the precast panels were a uniform 250 mm (10 in.) thick.

Installation of the walls was particularly complicated in areas where three wall panels came together (Fig. 7), thus requiring an interface with a panel below and beside. There was no way to get cast-in-place, grouted sleeve couplers to work when slotting multiple panels together in both a Y and Z direction. Thus, to accommodate the horizontal joints, panels had grout sleeves cast into them. For the vertical joints, the exterior face of the panels remained full width, whereas the interior side featured a carveout to allow for mechanical splicing with the horizontal bars of adjacent panels.

Rubenstein Commons’ structure also included structural steel to frame the mezzanine floor and the roof. Some of that framing was bolted up against the precast, with some of the panels supported by the steel. The steel helps to laterally brace the tops of the walls.

One of the reasons Steven Holl Architects chose precast for the structure is because there’s not a continuous roof diaphragm in the building. “It’s almost like a bunch of independent buildings sharing walls,” Oswald explained. “So precast walls are supporting mezzanine steel and roof steel and acting as shear walls. But the steel is also providing some lateral bracing to the top of the walls.”

Weld plates with anchors were cast into the precast panels on the interior face to receive the mezzanine steel.

Hicks said connections used to tie the steel structure into the concrete panels were particularly unique. “Normally, steel would be welded to a plate in the field,” he said. But in the case of Rubenstein Commons, the plates were supplied to Northeast to be cast directly into the panels. The embedded plates had threaded inserts on them to bolt the steel to in the field. “[That meant] there was very little tolerance,” Hicks added. “[The connections] were built almost like a Swiss watch. Normally, you’d land steel on the plate and could move it around and weld it, but here, we were limited to how oversized the hole was on the steel connecting to the plate.”

So, the roof steel rests on the edge of the precast concrete panels on the vertical interior face and horizontal top edge.

The construction team used modified shear tabs, which they attached in the field.

Northeast Precast also manufactured the building’s two interior sets of cantilevered floating stairs, precasting the individual treads, which were then attached to steel rods, supporting themselves as they went up. Oswald said they were essentially “cascade stairs,” where the vertical load of each tread is taken by

the tread below, so vertical shear force transfers from top to bottom.

“They’re bearing on one another,” Oswald explained. “At their attachment to the wall, it’s a torsion connection, so the twist is taken out with a square tube embedded in the tread that then gets connected back to the steel framing in the wall.”

The team used falsework and shoring under the stairs during installation because, until all the treads were installed and connected, they wouldn’t have a load path.

Oswald noted that the Rubenstein Commons building’s structural framing systems were similar to those used by Steven Holl Architects for the Glassell School of Art and the Kinder Building, both at the Museum of Fine Arts, Houston with concrete panels alternating with vast sheets of glazing and a complicated roof geometry.

“Rubenstein combined the most complicated [structural] elements of those buildings with the additional challenge of curved and segmented walls,” Oswald remarked. “Precast served the job particularly well because there is pretty extensive glazing of all different types.”

The engineering team had to create a deflection map of the structure to calibrate all joints and connections and make sure that any movement at the edges and corners wouldn’t impact the glazing. The end result is a structure that appears seamless, floating, and undulating.

After 4 years of construction, Rubenstein Commons opened in November 2022.

Selected for reader interest by the editors.



Deborah R. Huso is Creative Director and Founding Partner of WWM, Charlottesville, VA, USA. She has written for a variety of trade and consumer publications, such as *Precast Solutions*, *U.S. News & World Report*, *Concrete Construction*, and *Construction Business Owner*. She has provided website development and content strategy for several Fortune 500 companies, including Norfolk Southern and GE.

Espacios Curvos-Convexos en Concreto

La arquitectura de Rubenstein Commons cuenta con pasajes ondulados de paneles prefabricados

Por Deborah R. Huso.

El antiguo hogar académico de algunas de las mentes más grandes de la historia, incluyen a Albert Einstein y J. Robert Oppenheimer, el Institute for Advanced Study en Princeton, NJ, Estados Unidos de Norteamérica, fue sometido recientemente a una importante renovación, incluyendo la adición de una nueva estructura – Rubenstein Commons. El novedoso espacio de colaboración evolucionó bajo la dirección de diseño de Steven Holl Architects con sede en Nueva York, NY, Estados Unidos de Norteamérica, diseñador de la Glassell School of Art, en Houston, TX, Estados Unidos (presentado en la edición de marzo de 2019 de Concrete International).

Diseñado más como un pasaje que como un edificio (Figuras 1 y 2), la estructura ondulada de 5,235 m² (17,175 ft²) está compuesta de paneles de concreto prefabricados y vidrio prismático con diversos niveles de techo con curvatura (Fig. 3), así como muros con curvatura (Fig. 4); todos ellos representan las “burbujas de pensamiento” de los estudiantes e investigadores que utilizarán el espacio. Con estas curvas de espacio abombado y el diseño único, Rubenstein Commons ofrece tanto un área de enseñanza como un lugar de reuniones multidisciplinarias para los estudiantes e investigadores del Instituto.

Noah Yaffe, Socio a Cargo de Steven Holl Architects, describió a Rubenstein Commons como un lugar en el que la naturaleza, la arquitectura y la erudición se entrelazan. “La función [del edificio] es singular – un edificio comunitario con espacios de intercambio informales y formales. Esa funcionalidad fue la inspiración para el diseño.”



Rubenstein Commons en Institute for Advanced Study en Princeton, NJ, Estados Unidos de Norteamérica (Fotografía, cortesía de Paul Warcho).

El Prefabricado Sirve como Estructura y como Fachada

Desde el inicio de la fase del diseño Steven Holl Architects planteó el concreto prefabricado, como un material primario tanto para la estructura como para la fachada arquitectónica. Si bien, los arquitectos también consideraron prefabricados de concreto tilt-up en el sitio, finalmente se decidió por elementos precolados para evitar demoras relacionadas con el clima impredecible del noreste de los Estados Unidos. “Lo que podemos hacer con el prefabricado en términos de rapidez de la construcción, eficiencia del costo y conciencia ambiental, jugó un papel importante en nuestra decisión,” comentó Yaffe.

“Por lo general [Steven Holl Architects] brinda soluciones muy desarrolladas acerca de lo que debe ser la estructura,” observó Erich Oswald, Ingeniero Líder y anterior Miembro Asociado de la empresa de ingeniería estructural Guy Nordeson and Associates. “Sabían que querían que se precolara el muro de concreto expuesto.” Al igual que con la Glassell School of Art en el Museo de Bellas Artes de Houston, Texas, Steven Holl Architects consideró que los paneles prefabricados son la solución ideal para proporcionar tanto estructura como acabado exterior en uno solo y en el mismo elemento. “Todos y cada uno de esos paneles sirven como gravedad primaria y resistencia lateral para la estructura,” agregó Oswald.



Fig. 1 Modelo del pasaje interior (Ilustración cortesía de Steven Holl Architects).

El equipo de diseño también sabía que necesitarían una estructura de acero para soportar los techos de cobre con curvatura del edificio.

Uno de los retos de la construcción de Rubenstein Commons fue la fabricación de las complejas formas con curvatura de los 60 paneles de concreto precolado. Si bien los constructores a menudo eligen concreto prefabricado para acelerar la construcción, debido a que pueden utilizar la misma cimbra para múltiples paneles, el complicado diseño de Rubenstein Commons implicó que no había dos paneles iguales. “Cada pieza era única,” afirmó Matthew Hicks, Ejecutivo de Proyecto de Northeast Precast en Vineland, NJ. “No había una sola pieza que se repitiera. Cada panel tenía una forma especial.”

Northeast moldeó los paneles utilizando una mezcla especial de concreto con un alto porcentaje de cemento blanco mezclado con una arena más blanca y piedra arenisca para lograr una coloración más cálida. Hicks dijo que Northeast utilizó piedra de 9.5 mm (3/8 pulgada) como el principal agregado grueso y después lavó los paneles con chorro de arena para lograr un acabado más personalizado.

Northeast moldeó primero varios paneles planos más sencillos. Todos los paneles eran de formas peculiares, algunos de ellos hechos para apilarse. Para justificar la estructura sinuosa de Rubenstein Commons, más del 50% de los paneles tenían curvatura ya sea en el panel mismo o en la parte superior. “No se ve una sola línea recta,” observó Hicks. Para hacer las formas para los paneles curvos, Northeast utilizó espuma modelada con un router CNC [control numérico computarizado].

Todos los paneles se fabricaron con mallas dobles de refuerzo de acero (Fig. 5), aunque las losas diferían en densidad y tamaño dependiendo de la concentración de la carga necesaria para cada panel. Aquellos con concentraciones de carga más altas contaban con espaciamiento de barras más estrecho y diámetros de barra más grandes.

Instalación del Panel de Precisión

Northeast utilizó un ruteador CNC para hacer plantillas de madera a las que adjuntaron los empalmes del panel y también las doblaron como mamparo en el proceso de fabricación. Cada panel contaba con refuerzos empalmados desde el cimientto hasta arriba a través de los paneles. Tuvieron que moldear camisas de empalme para emparejar el colado en el cimientto. Las barras de refuerzo se colocaron en el cimientto, de manera que el equipo de construcción tuvo que posicionar esas camisas de moldeado sobre el refuerzo y deslizar los paneles hacia abajo sobre las barras para hacer la conexión. Debido a que casi ningún panel era plano, cada uno tenía algún tipo de radio, los paneles se hicieron voladizos desde el cimientto en la instalación.



Fig. 2 Elevaciones del Edificio de Rubenstein Commons (Ilustración cortesía de Steven Holl Architects).



Fig. 3: Techo con diversos niveles de curvatura.

“Este fue uno de los principales retos de la coordinación – cuando los paneles prefabricados hacían interfaz con pasajuntas verticales que venían desde la subestructura inferior”, explicó Oswald. “El gran reto fue hacer que las camisas del extremo inferior de todos los paneles estuvieran perfectamente colocadas en su lugar.”

Northeast Precast revisó los planos del taller para la estructura del sótano colada en sitio del edificio, de manera que pudiera asegurarse que el refuerzo instalado en el cimientto estuviera coordinado con las camisas del empalme en los paneles prefabricados. “En papel todo funciona bien, pero todos esos pasajuntas verticales con dos barras verticales cada 300 mm (12 pulgadas) pueden representar un reto,” comentó Oswald. Northeast le envió al contratista plantillas al campo, para que las cotejara con las plantillas que se estaban utilizando para manufacturar los paneles en la fábrica. Además, los pasajuntas se inspeccionaron en campo, de manera que Northeast Precast pudiera hacer ajustes en los sitios del acoplamiento en los paneles durante la fabricación.

Northeast Precast empezó a enviar paneles al sitio de la obra, en tanto que la fabricación de los paneles todavía se estaba llevando a cabo. La producción de los paneles tomó un poco más de un mes y medio, en tanto que la instalación de los paneles de concreto de los primeros envíos hasta la terminación, tomó aproximadamente un mes.

El equipo de construcción bajó cuidadosamente los paneles con las camisas en los paneles directamente sobre las barras de refuerzo, extendiéndolas desde el cimientto de concreto (Fig. 6). “Las conexiones fueron la parte más desafiante,” comentó Hicks. “La mayoría de las conexiones tenían la menor tolerancia posible que se puedan imaginar.”

Instalación del Panel de Precisión

El equipo de construcción también tuvo que formar y colocar juntas húmedas entre los paneles en campo. Según Hicks, no había conexiones soldadas de panel a panel. En lugar de ello, el equipo de montaje moldeó secciones en campo y unió los paneles. Debido a que éstos estaban expuestos en la cara exterior, el equipo tuvo que hacer que todas esas juntas entre los paneles fueran invisibles.

De acuerdo con Hicks, el montaje también incluyó un gran número de paneles apilados. “Muchos de los paneles eran demasiado grandes para enviarlos de otra forma,” explicó, haciendo notar que el panel prefabricado más grande pesaba 17,240 kg (38,000 lb) y medía más de 4 x 7 m (13 x 22 ft). Todos los paneles prefabricados tenían un espesor uniforme de 250 mm (10 pulgadas).

La instalación de los muros fue particularmente complicada en áreas en las que se juntaban tres



Fig. 4: Interior del Rubenstein Commons con muros con curvatura (Fotografía cortesía de Paul Warchol).

paneles de muros (Fig. 7), por lo que se requirió una interfaz con un panel debajo y al costado. No había forma hacer conectores de camisa colados en sitio, con mortero de inyección para trabajar cuando se insertaran múltiples paneles juntos tanto en dirección Y como Z. Por lo tanto, para acomodar las juntas horizontales, los paneles tenían camisas con mortero de inyección moldeadas en ellos. Para las juntas verticales, la cara exterior de los paneles quedó con todo su ancho, en tanto que el lado interior mostraba un perfilamiento que permitía empalme mecánico con las barras horizontales para los paneles adyacentes.

La estructura de Rubenstein Commons también incluyó acero estructural para enmarcar el piso del mezanine y el techo. Algo de esa estructura se fijó con pernos contra el prefabricado, con algunos de los paneles soportados por el acero. El acero ayuda a reforzar lateralmente las partes superiores de los muros.

Una de las razones por las que Steven Holl Architects eligió prefabricado para la estructura, es porque en el edificio no hay un diafragma de techo continuo. “Es casi como muchos edificios independientes que comparten muros,” explicó Oswald. “De manera que los muros prefabricados están soportando el acero del mezanine y el acero del techo y actúan como muros de cortante. Pero el acero también proporciona cierto arriostramiento lateral para la parte superior de los muros.”

Las placas soldadas con anclajes se instalaron en los paneles prefabricados en la cara interior para recibir el acero del mezanine.

Hicks dijo que las conexiones utilizadas para acoplar la estructura de acero en los paneles de concreto eran especialmente únicas. “Por lo general, el acero se soldaría en campo en una placa,” comentó. Pero en el caso del Rubenstein Commons, las placas se le suministraron a Northeast para instalarlas directamente en los paneles. Las placas embebidas tenían en ellas insertos roscados para atornillar el acero en campo. “[Eso significaba que] había muy poca tolerancia,” agregó Hicks. “[Las conexiones] se construyeron casi como un reloj suizo. Habitualmente, se colocaría el acero sobre la placa y podría moverlo alrededor y soldarlo, pero aquí, estábamos limitados a qué tan grande era el orificio en el acero que conectaba con la placa.”



Fig. 5: Instalación de rejillas de refuerzo en un panel curvo (a) y el panel después del colado (b).



Fig. 6: Panel prefabricado instalado sobre barras de refuerzo instalado en el cimiento.

De manera que el acero del techo descansa sobre el extremo de los paneles de concreto prefabricado en la cara interior vertical y en el extremo superior horizontal.

El equipo de construcción utilizó secciones de cortante modificadas, que acoplaron en campo.

Northeast Precast también fabricó dos conjuntos interiores de escaleras flotantes en voladizo del edificio, prefabricando los escalones individuales, que después se unieron a las varillas de acero, apoyándose a medida que iban subiendo. Oswald dijo que eran esencialmente “escaleras en cascada” en las que la carga vertical de cada escalón es tomada por el escalón de abajo, de manera que la fuerza de cortante vertical se transfiere desde la parte superior a la inferior.

“Se soportan unas a otras,” explicó Oswald. “En su unión al muro, es una conexión de torsión, de manera que el giro se elimina con un tubo cuadrado embebido en el escalón y que después se conecta a la estructura de acero en el muro.”

El equipo utilizó cimbra y apuntalamiento debajo de las escaleras durante la instalación porque, hasta que se instalaron y conectaron todos los escalones, no tenían una trayectoria de carga.

Oswald observó que los sistemas estructurales del edificio Rubenstein Commons son similares a los utilizados por Steven Holl Architects para la Glassell School of Art y el Kinder Building, ambos en el Museo de Bellas Artes de Houston, con paneles de concreto que alternan con vastas láminas de vidrio y una complicada geometría del techo.

“Rubenstein combinó los elementos [estructurales] más complicados de esos edificios con el desafío adicional de muros curvos y segmentados,” comentó Oswald. “El prefabricado funcionó particularmente bien en la obra porque hay vidrio de diferentes tipos bastante extenso.”

El equipo de ingeniería tuvo que crear un mapa de deflexión de la estructura para calibrar todas las juntas y conexiones y asegurarse que todo el movimiento en los extremos y esquinas no impactara el vidrio. El resultado final es una estructura que parece continua, flotante y ondulada.



Fig. 7. Ensamble del Panel.

Después de 4 años de construcción, Rubenstein Commons abrió sus puertas en noviembre de 2022.

Seleccionado por los editores para interés del lector.



Deborah R. Huso es Directora Creativa y Socia Fundadora de WWM, Charlottesville, VA, Estados Unidos de Norteamérica. Ha escrito para diversas publicaciones comerciales y del consumidor, tales como Precast Solutions, U.S. News & World Report, Concrete Construction y Construction Business Owner. Ha desarrollado páginas web y estrategia de contenido para varias compañías Fortune 500, incluyendo Norfolk Southern y GE.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de México Centro y Sur

Título: Espacios Curvos-Convexos en Concreto



Traductor:
*Lic. Ana Patricia
García Medina*



Revisora Técnica:
*Ing. Karla Elizabeth
de la Fuente Monforte*