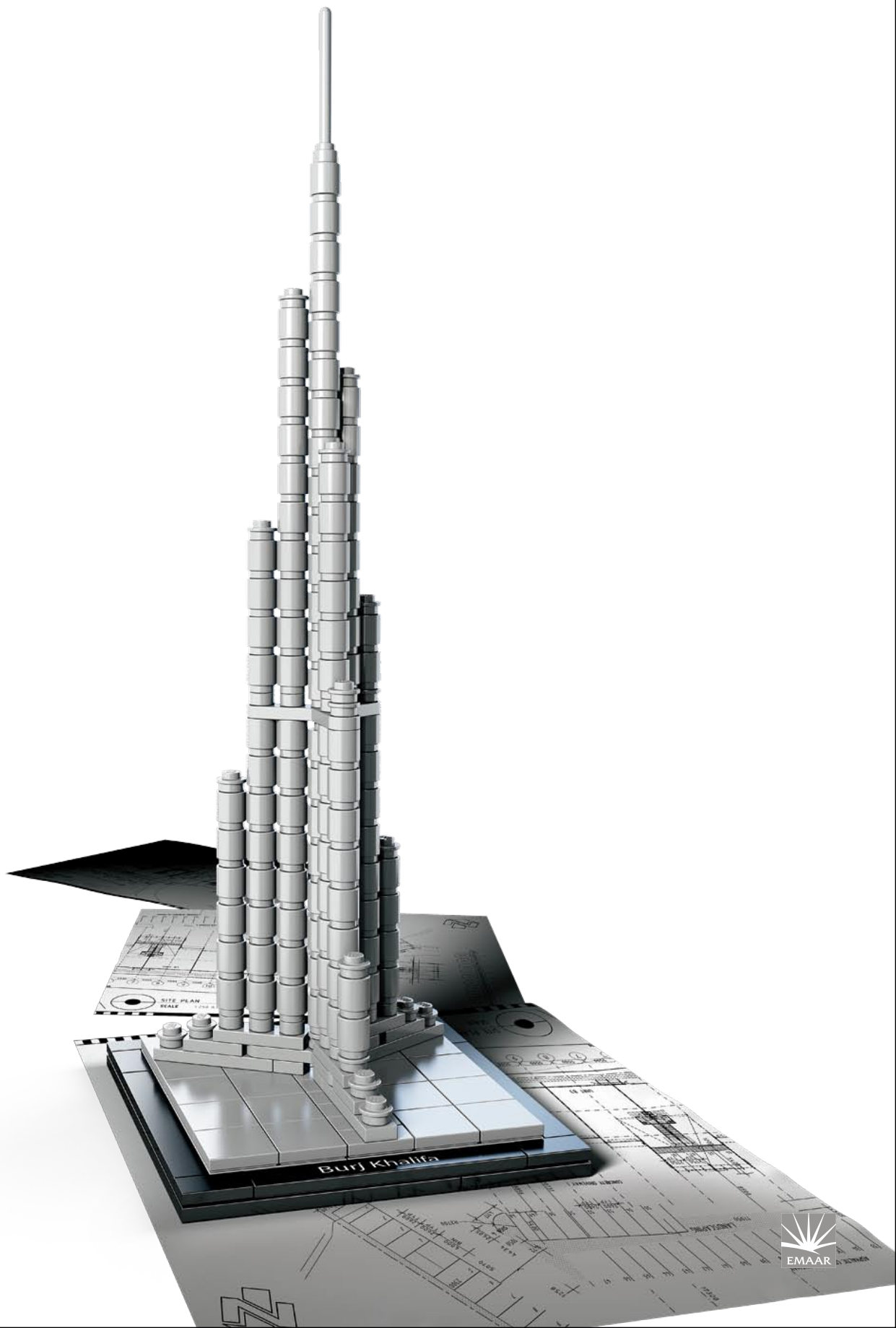
LEGO Architecture

Burj Khalifa

Dubái, Emiratos Árabes Unidos



برج خليفة

©Emaar Properties PJSC

يأتي برج خليفة في صدارة قائمة أطول ناطحات سحاب في العالم، ويوصف بأنه "مدينة عمودية" و"أعجوبة حية" في وسط المدينة بدبي.

وتولت شركة إعمار العقارية التي تتخذ من دبي مقرًا لها تشييد البرج الذي يبرز من باطن الصحراء في أناقة ويضفي شرفًا وإجلالاً على المدينة بجمعه الفريد والرائع بين الفن والهندسة والحرفية بالغة الدقة.

يبلغ طول البرج 828 مترًا (2716.5 قدمًا) أو ما يعادل مبنى من 200 طابق، ويشتمل على 160 طابقًا سكنيًا، وهي أكبر سعة سكنية لأي مبنى في العالم. تم افتتاح البرج في 4 يناير عام 2010 تزامنًا مع حلول الذكرى الرابعة لتولي صاحب السمو الشيخ محمد بن راشد المكتوم – نائب رئيس الدولة ورئيس الوزراء وحاكم إمارة دبي – مقاليد الحكم.

وقد حطم برج خليفة عددًا من الأرقام القياسية، فهو أروع مشروع إنشائي في العالم بلا منازع. وأصبح البرج أطول هيكل من صنع الإنسان في العالم بعد مرور 1327 يومًا من بدء أعمال الحفر في يناير 2004.

©Emaar Properties PJSC

وسجل البرج الرقم القياسي في مواد الإنشاء؛ حيث استخدم 330000 متر مكعب (430000 ياردة مكعبة) من الخرسانة، و39000 طن من الحديد المسلح، و103000 متر مربع (1.1 مليون قدم مربعة) من الزجاج و15500 مترًا مربعًا (167000 قدم مربعة) من الفولاذ المشغول المقاوم للصدأ، وقد استغرق بناؤه 22 مليون ساعة عمل.

©Emaar Properties PJSC

ويمتد البرج على مساحة إجمالية 526000 متر مربع (5.76 مليون قدم مربعة)، وتبلغ المساحة السكنية به 170000 متر مربع (1.85 مليون قدم مربعة)، وتزيد مساحة المكاتب والشركات على 28000 متر مربع (300000 قدم مربعة)، وتضم المساحة المتبقية فندقًا فاخرًا.

وبعد طرح مسابقة تصميم دولية في عام 2003، وقع الاختيار على شركة سكيدمور آند أوينجز آند ميريل (SOM) من بين مجموعة من خمسة منافسين عالميين لتنفيذ بناء البرج وهندسته.

وشركة SOM ليست بغريبة على منطقة الشرق الأوسط، فلقد تولت من قبل تصميم وبناء أعمال هندسية شهيرة مثل صالة وصول الحجيج في مطار جدة والبنك التجاري الوطني. ولقد جمعت SOM أنساقًا وعناصر من العمارة الإسلامية التقليدية، ولكن مصدر الإلهام الأهم كانت زهرة صحراوية تشتهر بها المنطقة تعرف باسم "هايمينوكاليس"؛ حيث كان تركيبها المتناسق أحد المبادئ التنظيمية لتصميم البرج. وتصطف ثلاثة "تويجات" في شكل مثلث وتتحد عند الوسط، وبدلاً من تكرار الأنساق المتماثلة، استخدمت الخطة المعمارية طوابق متتابعة ارتدادية ومستديرة.

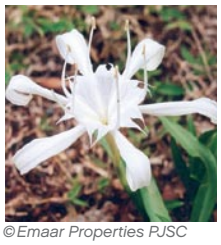
وتُعد البنية المتخذة شكل "Y" مثالية للاستخدام السكني والفندقي؛ حيث تتيح الأجنحة مساحة كاملة من المناظر الخارجية والإضاءة الطبيعية الداخلية. وعند النظر إلى البرج من الجو أو الأرض، فإن الأطراف الثلاثة للشكل "Y" تستدعي إلى الذهن القباب البصلية التي اشتهرت بها

شكل قبة

©Emaar Properties PJSC

زهرة صحراوية

©Emaar Properties PJSC

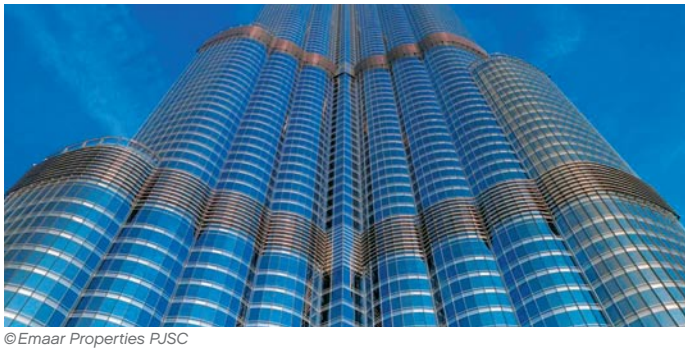


©Emaar Properties PJSC

العمارة الإسلامية. وأثناء عملية التصميم، أدار المهندسون المبنى بزاوية 120 درجة من تصميمه الأصلي للتخفيف من حدة الرياح السائدة.

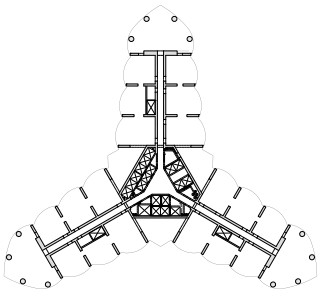
ومن الناحية المعمارية، يحوّل المبنى نفسه من نمط أفقي متصل إلى مقطع عمودي متوسط من زجاج وزعانف ناتئة من الفولاذ اللامع المقاوم للصدأ، وقد رُوعي في التصميم استخدام العناصر العمودية فقط؛ حيث إن الغبار الناعم الذي يحمله هواء دبي قد يتراكم على العناصر الأفقية الناتئة.

©Emaar Properties PJSC

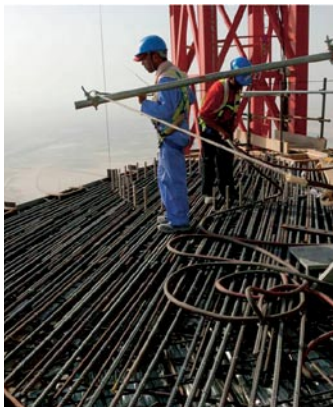


©Emaar Properties PJSC

النظام الإنشائي



Burj Khalifa structural plan.pdf – © SOM



Rebar construction © Emaar Properties PJSC

©Emaar Properties PJSC

©Emaar Properties PJSC

لتدعيم هذا الارتفاع غير المسبوق للمبنى، عمد المهندسون إلى تطوير نظام إنشائي جديد يُعرف باسم البنية المركزيّة الأساسية ذات الدعائم الكتفية الناتئة "buttressed core"، وهو يتألف من بنية محورية رئيسية سداسية الجوانب تستند إلى ثلاثة دعائم كتفية ناتئة على شكل حرف "Y". ويشتمل كل جناح من هذه الأجنحة الثلاثة على جدران رواقية وأعمدة محيطية خرسانية عالية الأداء، ويدعم كلٌ منها الجناحين الآخرين عبر الاتصال بالبنية المركزيّة الأساسية سداسية الجوانب أو الصُرّة سداسية الشكل. ومحصلة ذلك كله برج شامخ كالطود في تدعيمه الجانبي ومقاومته للالتواء.

وكل طابق في المبنى يرتد جداريًا في نسق حلزوني متدرج يرتفع بشكل لولبي نحو السماء. وتظهر الارتدادات الجدارية متناسقة مع شبكة البرج؛ بحيث يتحقق الشكل المتدرج للمبنى من خلال اصطفاف الأعمدة في الأعلى ومن أسفلها الجدران لتوزيع الحمل عبر مسار سلس. وهذا من شأنه السماح بمواصلة عملية البناء دون الصعوبات المعتادة المرتبطة بعمليات ترحيل الأعمدة.

وتصطف الارتدادات الجدارية بحيث يتغير عرض البرج عند كل ارتداد. ويفيد هذا التدرج وتغير الأشكال في "تشتيت الرياح". فلا يُسمح لدوامات الرياح بالتجمع مطلقًا عند كل طابق؛ لأنها ستواجه شكلاً مختلفًا للمبنى.

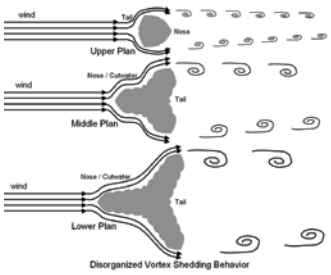
ويمكّن هذا النظام الإنشائي المبنى من تدعيم نفسه من الجوانب ومنعه من الالتواء.

وتبرز البنية المركزيّة الأساسية في أعلى البرج وتنتقل إلى بنية خاصة من هيكل فولاذي تم نحته ليأخذ شكل قمة مستدقة. وتتكون هذه القمة المستدقة لبرج خليفة من أكثر من 4000 طن من حديد التسليح.

ويستخدم المبنى مصاعد عالية السرعة تؤدي مباشرة إلى الردهات المكشوفة؛ حيث يمكن للركاب الانتقال منها إلى المصاعد الداخلية التي تخدم الطوابق البينية.

ويحتوي برج خليفة على 57 مصعدًا و8 سلالم كهربائية. وتسير المصاعد بسرعة 10 أمتار في الثانية (33 قدمًا في الثانية) قاطعةً بذلك أطول مسافة صعود في العالم من أدنى نقطة ثابتة إلى أعلى نقطة. وتبلغ سعة مصعد الخدمة/الإطفاء في المبنى 5500 كيلو جرام (12000 رطل)، وهو أطول مصعد خدمة في العالم.

وفي سبيل تحقيق أفضل الإمكانات والكفاءات والخدمات الميكانيكية والكهربائية وخدمات السباكة، تم تطوير برج خليفة بالكامل أثناء مرحلة التصميم بالتعاون مع الشركة المنفذة ومهندسي المباني والاستشاريين.



Burj Khalifa wind.jpg – © SOM

صورة من داخل المصعد عالي السرعة
©Emaar Properties PJSC

وتوجد بالبرج شبكة مياه يبلغ متوسط طاقتها الإنتاجية 946000 لتر (250000 جالون) من المياه يوميًا. ويتطلب الوصول إلى أعلى درجة من التبريد في البرج حوالي 10000 طن تبريد أو ما يعادل سعة التبريد الناتجة من حوالي 10000 طن من الثلج المذاب. وتتولد كمية هائلة من تكاثف المياه نتيجة ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية في دبي، فضلاً عن متطلبات التبريد اللازمة للمبنى. ويتم جمع هذه المياه في شبكة أنابيب منفصلة وتصريفها إلى صهريج تجميع في موقف السيارات بالطابق السفلي. وتوفر شبكة تجميع المياه المتكثفة حوالي 57 مليون لتر (15 مليون جالون) من المياه الإضافية سنويًا، أو ما يعادل حوالي 20 حمام سباحة أولمبي. وتبلغ كمية الطاقة الكهربائية القصوى التي يتطلبها البرج 50 مليون فولط أمبير، بما يوازي حوالي 500000 مصباح كهربائي بقدرة 100 وات تُنار جميعًا في وقت واحد.

©Emaar Properties PJSC

حقائق عن برج خليفة

©Emaar Properties PJSC

الموقع: ..... وسط المدينة في إمارة دبي، الإمارات العربية المتحدة
الشركة المنفذة: ..... سكيدمور آند أوينجز آند ميريل (SOM)
نوع المبنى: ..... ناطحة سحاب شاهقة الارتفاع
المواد: ..... زجاج عاكس وألمنيوم وفولاذ مشغول مقاوم للصدأ
التركيب: ..... خرسانة مسلحة وفولاذ
فترة البناء: ..... من 2004 إلى 2010
مساحة الأرض: ..... 464511 مترًا مربعًا (5.76 مليون قدم مربعة)
الارتفاع: ..... 828 مترًا (2716.5 قدمًا)
الطوابق: ..... أكثر من 160 طابقًا

الشركات المنفذة

انضمت شركة "سكيدمور آند أوينجز آند ميريل" (SOM) إلى شركة الإنشاء إعمار العقارية الكائنة في دبي لوضع تصميم برج خليفة وهندسته ووضع مفهوم جديد لما يمكن التوصل إليه في عالم المباني شاهقة الارتفاع.

ولقد كان اختيار شركة SOM موفقًا لخوض غمار هذا التحدي، لاسيما أن لها سجلاً يضم بعضًا من أهم الإنجازات المعمارية في القرنين العشرين والحادي والعشرين، مثل مركز جون هانكوك وبرج ويليس (سيرز سابقًا).

وقد جاء برج خليفة بارتفاعه البالغ 828 مترًا (2716.5 قدمًا) ليحطم الأرقام القياسية لأعلى المباني، وتتطلب إنشاؤه فريقًا يزيد عن 90 مصممًا ومهندسًا جمعوا بين أحدث التقنيات والتصميم المستوحى من الثقافة الإقليمية لتشييد أعجوبة عالمية ستظل نموذجًا يُحتذى به للمراكز الحضرية في المستقبل.

نبذة عن البناء

©Emaar Properties PJSC

يضرب برج خليفة مثالاً حقًا للتعاون الدولي؛ حيث شارك في هذا المشروع أكثر من 60 استشاريًا، بما في ذلك 30 شركة مقاولات ميدانية من جميع أنحاء العالم.

وعندما بلغ البناء ذروته، كان يحضر إلى موقع العمل كل يوم أكثر من 12000 اختصاصي وعامل ماهر من أكثر من 100 بلد. وكان يتم نقل الأفراد والمواد عبر أسرع وأكبر آلات رفع في العالم؛ حيث بلغت سرعتها مترين في الثانية (6.5 أقدام في الثانية) (120 مترًا في الدقيقة).

وتم استخدام ما يزيد على 45000 متر مكعب (1.59 مليون قدم مربعة) من الخرسانة تزن أكثر من 110000 طن لإرساء أساسات خرسانية وفولاذية تشتمل على 192 خازوقًا ومدفونة على عمق أكثر من 50 مترًا (169 قدمًا). وحطم البرج الأرقام القياسية في كلٍّ من كمية الخرسانة 330000 متر مكعب (11.6 مليون قدم مكعبة)، والحديد المسلح 39000 طن متري، والزجاج 103000 متر مربع (1.1 مليون قدم مربعة)، والفولاذ المشغول المقاوم للصدأ 15.55 (166.800 قدم مربعة)، واستغرق بناؤه 22 مليون ساعة عمل.

ويزيد طول أسياخ الحديد المسلح المستخدمة في البرج على ربع طول طريق السير حول العالم إذا بُسطت على الأرض وراء بعضها. وتعادل الخرسانة المستخدمة رصيف مشاه طوله 1900 كيلومتر (1200 ميل)، ووزن 110000 فيل. ويبلغ وزن المبنى وهو فارغ 500000 طن.

وسجل البرج رقمًا قياسيًا عالميًا كأول مبنى يحتوي على أطول واجهة من الألمنيوم والزجاج بارتفاع 512 مترًا (12679.8 قدمًا). فإجمالي وزن الألمنيوم المستخدم في برج خليفة يعادل خمسة أضعاف المستخدم في طائرة A380، فيما يعادل إجمالي طول زعانف "أنف الثور" المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ 293 ضعف ارتفاع برج إيفل في باريس.

كلمة من المصمم

بوصفي مصممًا معماريًا، أسعى دائمًا إلى تصوير جوهر معلم معماري معين في شكله النحتي الخالص. ولا أحرص مطلقًا على إظهار نماذجي كصور منقولة حرفيًا، بل أقدمها من وحي تأويلاتي الخاصة باستخدام قوالب LEGO® كوسيلة ناقلة لأفكاري. ولا تبدو لي قوالب LEGO منذ الوهلة الأولى كمادة تُستخدم عادةً في إنتاج عمل فني أو كأداة معبرة عن رؤى الفنان. لقد اكتشفت سريعًا أن هذه القوالب تمثل لأعمالي ما يمثله اللون للرسام والمعدن للحداد في العادة. وعندما أستكشف كيفية تصوير هذه المباني باستخدام الأشكال الأساسية للقوالب والألواح، أجد سحرًا جمًا في الإمكانات والتحديات التي تنطوي عليها.

برج خليفة

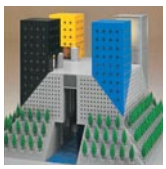
يتميز هذا النموذج بصفتين فريدتين عند إقامته. فهو أول نموذج عالمي يظهر بأسلوب الهندسة المعمارية LEGO Architecture، وهو أيضًا أحدث ناطحة سحاب بعد سياتل سبيس نيدل يُستخدم فيها موضوع المعالم البارزة. وفي الواقع، لم أواجه في تصميم هذا النموذج سوى بضعة تحديات. وعند وضع النموذج التصوري – الذي لا يقل إبهارًا عن الهيكل الفعلي – باستخدام أسلوب LEGO، كان الشكل الهندسي ثلاثي الأذرع هو الأبرز فيه. وقد تتطلب الأشكال التي تتخذ هيئة حرف "Y" والأشكال المثلثة براعة وحذرًا عن الإنشاء باستخدام قوالب مربعة. بيد أن استخدام رفاص دوار واحد ثلاثي الريشات من Technic في هذه الحالة قد أرسى أساس هذا النموذج بالكامل. وهنا تمكنت من الحصول على تسع نقاط ونقطة واحدة في البنية المركزيّة الأساسية بإجمالي 10 عُقد والانطلاق في البناء من فوقها بشكل عمودي، وتوسيع الرفاص في الوقت نفسه لإضافة نقطتين أسفل النقاط العمودية من كل ريشة لإنشاء ست عُقد إضافية. وبذلك يثبِّت هذا الرفاص الواحد كل العُقد الست عشرة، وبالتالي تصوير جوهر التصميم بأكمله.

– آدم ريد تكر

"الهندسة المعمارية ... مباراة رائعة"

كان هذا كان هذا عنوانًا أو نقلاً لمعنى العنوان الفرنسي ('L'architecture est un jeu … magnifique') لمعرض استضافه مركز بومبيدو في باريس عام 1985؛ حيث مُنح 30 شبابًا من المهندسين المعماريين الأوروبيين الفرصة للعب باستخدام قوالب LEGO® الدانمركية الشهيرة. وتعود الفكرة في الأساس إلى مسرح Kunststichting في مدينة روتردام الهولندية الذي نظم حدثًا صغيرًا في العام السابق وأُطلقت فيه الحرية لعشرة من المهندسين المحليين في استخدام عدد كبير من قوالب LEGO. وقد حققت هذه المبادرة الأولى نجاحًا كبيرًا لدرجة أن مركز بومبيدو قرر توسيع نطاق الفكرة لتشمل 30 شابًا مهندسًا ملهمًا من جميع أنحاء أوروبا، وكانت المهمة هي: أن يرسم كل مهندس فيلا تخيلية يمكن بناؤها بعد ذلك قالباً قالباً في مقر LEGO الرئيسي في بيلوند.

واستُخدم أثناء هذا الحدث العديد من الاقتباسات المعمارية التاريخية. فعلى سبيل المثال: اقتبس المحدثون – مثل: "ميز فان دير رو" و"جريت ريتفلد" – أسلوب المهندس المعماري بالادو الذي عاش في عصر النهضة الإيطالية، وكانت الاقتباسات تدور حول المشروعات المعمارية من منصات استخراج النفط إلى بقايا المباني الشهيرة. ولم تُوضع "أي قيود أو قواعد"، وعلى الرغم من أن بعض المشروعات التي أخرجها الثلاثون موهوبًا انتهت إلى تعليقات انبهار وإعجاب فلسفية زائفة بشأن فرص تنفيذها أو عدم وجودها في الثمانينات، إلا أن هذا الحدث كان مباراة رائعة.



المراجع

النص مأخوذ من:
Emaar Properties PJSC
Skidmore, Owings & Merrill LLP

الصور مأخوذة من:
Emaar Properties PJSC
Skidmore, Owings & Merrill LLP

التصاميم الداخلية مستوحاة من الثقافة المحلية دون إغفال وضع المبنى كتحفة معمارية عالمية ومبنى سكني. ويحتوي التصميم على الزجاج والفولاذ المقاوم للصدأ والأحجار الداكنة المصقولة، إلى جانب أرضيات الترافرتين الفضية والجدران الجصية الفينيسية والسجاد المنسوج يدويًا والأرضيات الحجرية.

استُخدم أكثر من 26000 لوح زجاجي في الكسوة الخارجية لبرج خليفة. وتمت الاستعانة بأكثر من 300 اختصاصي تكسية من الصين للقيام بأعمال التكسية في البرج.

شهد حفل افتتاح برج خليفة عرضًا استُخدمت فيه 10000 من الألعاب النارية وأشعة الإضاءة، فضلاً عن عدد من المؤثرات الصوتية والضوئية والمائية. وقد أدى استخدام 868 من مصابيح الستروبوسكوب القوية التي اندمجت مع واجهة البرج وقمته المستدقة إلى تناغم أمواج الإضاءة المختلفة مع أكثر من 50 مجموعة متنوعة من المؤثرات الأخرى.

يستغرق تنظيف الواجهة الخارجية من ثلاثة إلى أربعة أشهر على يد 36 عاملاً باستخدام كل وحدات صيانة المبنى.

Customer Service
Kundenservice
Service Consommateurs
Servicio Al Consumidor
www.lego.com/service or dial
0 800 5 3 0 -800-422-5346