



دورة الطباعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة في البناء: الخططات القابلة للطباعة والطابعات والتسليح والمشاريع التجريبية



دورة الطباعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة في البناء: الخلطات القابلة للطباعة والطابعات والتسليح والمشاريع التجريبية

مقدمة:

الطباعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة في البناء، بخلطاتها القابلة للطباعة وطابعاتها وأساليب تسليحها ومشاريعها التجريبية في المواقع، محور هذه الدورة الممتدة أسبوع، وهي موجهة إلى وحدات التصميم الإنشائي وتقنيات البناء ومواد الخرسانة وتنفيذ المشاريع، وتنتهي بإعداد خطة مشروع تجريبي للطباعة الخرسانية لجهة الحالة. فكثر من الجهات تطلق مساكن مطبوعة قبل اختبار الخلطة واختيار الطابعة وحسم التسليح ومسار الموافقة، فتتعثر التجارب أو تتشقق عند الفواصل الباردة أو تتجاوز خلفه البناء بالبلوك، ويعمل المشاركون أصلاً في تصميم المنشآت الخرسانية أو تنفيذها، ويتدربون عبر جولات فحص للجدران المطبوعة والعينات. وتقدم كور كونسبت هذه الدورة.

أهداف الدورة:

- تقييم موقع الطباعة الخرسانية بالبنق الطبقى مقارنة بالبناء بالبلوك والصب في الموقع والعناصر مسبقة الصب لنوع مبنى محدد
- توصيف خلطة مونة قابلة للطباعة بتحديد مستهدفات قابلية الضخ والبنق والبناء الطبقى ومدة التشغيل المفتوحة والترابط بين الطبقات، وتخطيط الخلطات التجريبية التي تثبتها
- المقارنة بين الطابعات الجسرية والذراع الروبوتية والطابعات المعلقة بالكابلات، وضبط مقاس الفوهة وارتفاع الطبقة وسرعة الطباعة ومسار الأداة لحزمة جدران
- اختيار أسلوب تسليح الجدران المطبوعة، من القشرات المطبوعة كقوالب دائمة ذات قلب مصبوب مسلح إلى القضبان المدخلة والشبك والألياف، والتحقق الإنشائي من الجدار متباين الخواص
- تخطيط ضمان الجودة واختبار العينات المستخرجة بالحفر والقص ومسار الموافقة على العناصر المطبوعة وفق مبادئ التأهيل في ISO/ASTM 52939
- بناء مقارنة مرجعية للكلفة والإنتاجية وخطة مشروع تجريبي للمساكن المطبوعة أو مشاريع التطوير الكبرى

الفئة المستهدفة:

- وحدات التصميم الإنشائي والمدني المسؤولة عن أنظمة الجدران ومسارات الأحمال وحسابات المباني منخفضة الارتفاع
- وحدات تقنيات البناء والابتكار المسؤولة عن تجربة أساليب البناء الجديدة وتوسيع تطبيقها
- وحدات مواد الخرسانة والمختبرات المسؤولة عن تصميم الخلطات والإضافات واختبار العينات
- وحدات المواقع والتخطيط لدى المقاولين المسؤولة عن تجهيز الطابعة والإمداد بالمواد وتسلسل العمل والإنتاجية
- وحدات التطوير العقاري وبرامج الإسكان المسؤولة عن نطاق المشاريع التجريبية وميزانياتها وموافقات أنظمة البناء الجديدة
- وحدات الجودة والاعتماد الفني المسؤولة عن خطط الفحص وأدلة الاختبار وقبول عناصر المباني

محاور الدورة:

اليوم 1: مشهد البناء بالطباعة وحالات الاستخدام وخط أساس الجاهزية

- مقارنة البثق الطبقي والنفث بالمادة الرابطة والرش الروبوتي للخرسانة
- حالات استخدام المساكن المطبوعة وحزم الجدران وأثاث الشوارع
- مقارنة البناء بالبلوك والصب في الموقع ومسبق الصب بالجدران المطبوعة
- خريطة أصحاب المصلحة من المصممين ومشغلي الطابعات وجهات الموافقة والملاك
- خط أساس جاهزية الجهة لأول مبنى مطبوع

اليوم 2: سلوك المونة القابلة للطباعة وأنظمة الطابعات ومبادئ التأهيل

- مستهدفات الخلطة لقابلية الضخ والبثق والبناء الطبقي ومدة التشغيل المفتوحة
- رفع إجهاد الخضوع بدخان السيليكا ومسرعات الشك
- حدود تدرج الركام ومقاسه نسبة إلى عرض الفوهة
- اختيار تهيئة الطابعة الجسرية أو الذراع الروبوتية أو الطابعة المعلقة بالكابلات
- مبادئ ISO/ASTM 52939 لتأهيل العناصر الإنشائية المطبوعة

اليوم 3: تخطيط مسار الأداة وتصميم التسليح والتحقق الإنشائي

- تقطيع النموذج إلى طبقات ومسارات المحيط والحشو لمقاطع الجدران المجوفة
- ضبط ارتفاع الفوهة وسرعة الطباعة والفاصل بين الطبقات
- القشرات المطبوعة كقوالب دائمة ذات قلب مصبوب مسلح
- خيارات إدخال القضبان الرأسية وشبك الفواصل الأفقية والتسليح بالألياف
- التحقق من الجدار متباين الخواص تحت الضغط والانحناء والأحمال الجانبية

اليوم 4: الفواصل الباردة والعيوب والاختبار والموافقات ومخاطر الكلفة

- تحليل الأسباب الجذرية لضعف الترابط بين الطبقات والفواصل الباردة
- ضوابط انهيار الطبقات وتشققات الانكماش والمعالجة بالرطوبة
- اختبار العينات المستخرجة بالحفر والقص في ثلاثة اتجاهات تحميل
- مسار التقييم الفني الخاص بالمشروع للموافقة على المبنى المطبوع
- مقارنة كلفة المتر المربع والإنتاجية مع البناء بالبلوك

اليوم 5: جولة فحص ميدانية لبناء خطة المشروع التجريبي

- فحص جدار مطبوع وعينات اختبار لجهة الحالة وفق معايير القبول
- مراجعة نتائج الخلطات التجريبية لجهة الحالة من حيث البناء الطبقي والترابط
- مخطط موقع جهة الحالة بمساحة الطابعة والضخ وإمداد المواد
- مراجعة نموذج الكلفة والجدول والإنتاجية للمشروع التجريبي لجهة الحالة
- استكمال خطة مشروع تجريبي للطباعة الخرسانية وعرضها والدفاع عنها

المهارات التي ستكتسبها:

- توصيف المونة القابلة للطباعة
- اختيار أنظمة الطابعات
- ضبط مسار الأداة ومعاملات الطبقات
- تفصيل تسليح الجدران المطبوعة
- التحقق الإنشائي للعناصر متباينة الخواص
- اختبار العناصر المطبوعة وقبولها
- المقارنة المرجعية لإنتاجية الطباعة
- تحديد نطاق المشاريع التجريبية للطباعة

لماذا تحضر هذه الدورة:

- تقديم خطة مشروع تجريبي للطباعة الخرسانية لجهة الحالة إلى المدير الفني وقائد التصميم والمهندس المعتمد
- تحديد أنواع المباني وحزم الجدران التي تطبع، وبأي طابعة وخلطة وأسلوب تسليح، وما يبقى بالبلوك أو مسبق الصب
- تجنب التجارب التي تتعثر بسبب الفواصل الباردة أو انهيار الطبقات أو نقص أدلة الاختبار أو تأخر الموافقات، أو التي تكلف أكثر من الطريقة التقليدية
- نقل قوائم فحص الخلطات التجريبية وإعدادات مسار الأداة وخطط اختبار العينات وجداول مقارنة الكلفة إلى فرق التصميم والمختبر والموقع

الخاتمة:

بعد العودة إلى العمل يعرض المشاركون خطة المشروع التجريبي للطباعة الخرسانية على المدير الفني وقائد التصميم والمهندس الذي يعتمد أنظمة البناء الجديدة. وتستند الجهة إليها في تحديد المبنى التجريبي والطابعة والخلطة المقرر تجربتهما، وأسلوب التسليح والتحقق الإنشائي، وأدلة الاختبار المطلوبة للموافقة، ومستهدفات الكلفة والإنتاجية التي ينبغي أن يحققها المشروع. وبعد إنجاز أول جدران مطبوعة تراجع الجهة نتائج العينات وعيوب الفواصل الباردة وساعات الطابعة والكلفة الفعلية للمتر المربع مقارنة بالخطة، ثم تقرر التوسع أو التعديل.

الأسئلة الشائعة:

ما الذي يحتاجه المشاركون قبل دورة الطابعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة في البناء؟

يحتاج المشاركون إلى خبرة في تصميم المنشآت الخرسانية أو توصيفها أو اختبارها أو تنفيذها، وقراءة المخططات الإنشائية وتصاميم الخلطات. ولا يشترط تشغيل طابعة سابقا. ويساعده إحضار مبنى مرشح أو مخطط جدران أو نتائج خلطات تجريبية على تطبيق جولة الفحص والخطة في جهته.

بم تختلف دورة الطابعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة في البناء عن دورات التصنيع بالإضافة الصناعي أو الخرسانة مسبقة الصب؟

تتناول هذه الدورة طباعة المباني الخرسانية في الموقع أو قربه: الخلطات القابلة للطباعة وأنظمة الطابعات والتسليح والتحقق الإنشائي والموافقات. أما دورات التصنيع بالإضافة الصناعي فتطبع قطعاً معدنية وبوليمرية، ودورات مسبق الصب تصب العناصر في قوالب داخل المصنع.

لماذا يعد الترابط بين الطبقات مهما في الطباعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة؟

لأن الجدار المطبوع يبنى طبقة فوق طبقة، فيكون السطح بين الطبقات غالباً أضعف مستوى فيه. ويضعفه طول الفاصل بين الطبقات وارتفاع الفوهة وسرعة الطباعة، ولذلك تختبر العناصر المطبوعة في عدة اتجاهات ويتحقق منها بوصفها متباينة الخواص.

ماذا يعود به المشارك من دورة الطباعة ثلاثية الأبعاد للخرسانة في البناء؟

يعود المشارك بخطة مشروع تجريبي للطباعة الخرسانية تحدد نطاق المبنى واختيار الطابعة والخلطة وأسلوب التسليح والتحقق، مع خطة لاختبار العينات والموافقة ومقارنة مرجعية للكلفة والإنتاجية يمكن تكييفها لمشاريع جهته.