تصميم وتطبيق التجميع بواسطة وصلات الإدخال القابلة للضغط للواجهات الزجاجية مسبقة التجميع في المباني الشاهقة

إعداد: وي جيانيوان، تيان وي، خوانغ تشانغبياو، ليو زولونغ
الشركة الصينية العامة للهندسة المعمارية CSCEC للتنمية الخارجية شنغهاي، شنغهاي ٢٠٠١٢٥

الشركة الصينية العامة للهندسة المعمارية CSCEC مصر، القاهرة ١١٨٣٥

الملخص: أصبحت الواجهات الزجاجية مسبقة التجميع في المصنع Unitized Curtain Wall الشكل الشائع للهيكل الخارجي للمباني الشاهقة. ونظرًا لاعتمادها على خطوط التجميع بنظام تعشيق الجانبين مع بعضهما، يتطلب تركيبها توصيل طابقًا تلو طابق بشكل متسلسل. لذلك، تقترح هذه الدراسة تقنية التنفيذ المتزامن متعدد المراحل على مختلف الجهات للواجهات الزجاجية في المباني الشاهقة. تعتمد هذه التقنية على تحويل تصميم خطوط التجميع بنظام تعشيق ألواح الوحدات الزجاجية الخاصة بالطابق الفاصل بين المسطحات إلى وصلات الإدخال القابلة للضغط، مما يحل مشكلة الحاجة إلى التركيب المتسلسل للوحدات الزجاجية طابقًا تلو طابق، ويحقق التنفيذ المتزامن لتركيبها على مراحل متعددة وعلى مختلف الجهات. وتحلل الدراسة تصميم وصلات الإدخال القابلة للضغط للواجهات الزجاجية على ارتفاعات شاهقة، والمبدأ التقني لها، ومخطط تنفيذها، ونقاط التركيب الأساسية. كما تدمج النماذج الهندسية، وتتناول تقنية البناء المتزامن متعدد المراحل والتطبيق الهندسي لوصلات الإدخال ذاتية التمدد للواجهات الزجاجية مسبقة التجميع للمباني الشاهقة.

(الكلمات المفتاحية) المباني الشاهقة، الواجهات الزجاجية، عقد التوصيل، التصميم، أعمال البناء

أولًا: المقدمة

مع تطوّر الاقتصاد العالمي، تتزايد أعداد المباني الشاهقة بشكل مستمر. ويُعد الغلاف الخارجي أحد أبرز السمات المميّزة لهذا النوع من المباني، حيث أصبح نظام الواجهات الزجاجية مسبقة التجميع الشكل السائد للغلاف الخارجي في المباني الشاهقة【١】. تعتمد الواجهات الزجاجية مسبقة التجميع على خطوط التجميع بنظام التعشيق، وهو ما يفرض تسلسًا صارمًا على عملية التركيب، إذ يجب تنفيذ التركيب طابقًا تلو الأخر، من الأسفل إلى الأعلى، وفق تسلسل الطوابق. 【٢】 ونظرًا لقِصر مدة تنفيذ المباني الشاهقة وضيق الوقت المخصص لتركيب الواجهات، إضافةً إلى أن إنهاء الواجهات الزجاجية يؤثر مباشرةً على بدء أعمال التشطيبات الداخلية وغيرها من الأعمال. 【٣】 لذلك، فإنه بالنسبة للمباني الشاهقة، كلما تم إنجاز الواجهات الزجاجية في وقتٍ مبكر، كان ذلك أكثر فائدة لسير المشروع. غير أن أسلوب التركيب التقليدي للواجهات الزجاجية، القائم على التركيب المتسلسل طابقًا تلو طابق، قد لا يلبّي متطلبات الجدول الزمني في بعض الحالات. ومن هنا تبرز الحاجة إلى تحسين وتطوير تصميم نقاط وتقنيات التركيب المعتمدة، مع استكشاف إمكانية تركيب وحدات الواجهات الزجاجية في عدة طوابق بشكل متزامن. وعلى هذا الأساس، تم تطوير تقنية التنفيذ المتزامن متعدد المسطحات للواجهات الزجاجية في المباني الشاهقة، كما هو موضح في الشكل.(1)

في تقنية التنفيذ المتزامن متعدد المسطحات للواجهات الزجاجية في المباني الشاهقة، يُعد تصميم وتركيب نقاط غير التعشيقية للعوارض الأفقية والقوائم الرأسية لألواح الوحدات في طابق الفصل ين مسطحين عنصرًا أساسيًا. يتناول هذا النص دراسة طريقة التنفيذ المتزامن متعدد المسطحات للواجهات الزجاجية ووصلات الإدخال القابلة للضغط في المباني شاهقة الارتفاع، وحل مشكلة ضرورة تركيب وحدات الواجهات وفق تسلسل طابق تلو الآخر، ويحقق تنفيذًا متزامنًا. أولًا، تقسيم واجهة المبنى إلى مسطحات تنفيذية حسب الطوابق، وتحديد طابق فواصل الإغلاق لفصل مسطحات التركيب المتزامنة. ثانيًا، تنفيذ كافة مراحل وحدات الواجهات الزجاجية بشكل متزامن، مع ترك الخلوصات الكافية لوحدات الواجهات الزجاجية الواقعة بين كل جزئين متجاورين في طابق الفصل بين المسطحات. ثالثًا، بعد الانتهاء من تركيب وحدات الواجهات الزجاجية في الجزء السفلي والعلوي، يتم تنفيذ وحدات الواجهات الخاصة بالطابق الفاصل بين المسطحات، بحيث يتم تثبيت الجزء العلوي من ألواح الوحدات الزجاجية للطابق الفاصل بين المسطحات بألواح الوحدات الزجاجية للجزء العلوي باستخدام وصلات الإدخال القابلة للضغط. وبذلك، تُمكّن وصلة الإدخال القابلة للضغط من تحقيق التنفيذ المتزامن متعدد الجهات لواجهات الوحدات في المباني الشاهقة.

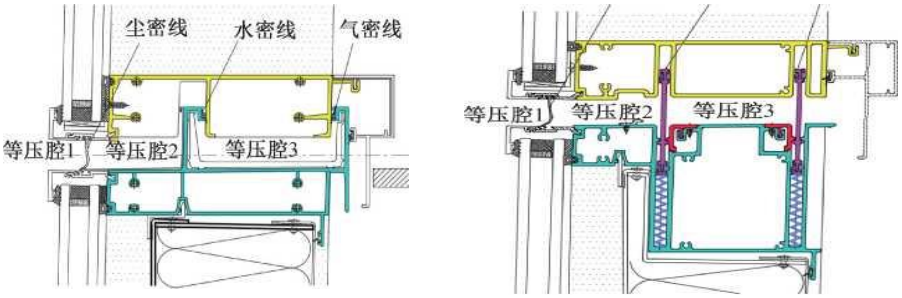
ينطلق هذا النص من تقنية التنفيذ المتزامن للمسطحات المتعددة للواجهات الزجاجية مسبقة التجميع في المباني الشاهقة، ويتخذ وصلات الإدخال القابلة للضغط موضوعًا للدراسة، ويحلل تصميمها، والمبدأ التقني لها، ومخطط تنفيذها، ونقاط التركيب الأساسية. كما تدمج هذه الدراسة النماذج الهندسية، وتتناول تقنية البناء المتزامن متعدد المسطحات والتطبيق الهندسي للواجهات الزجاجية مسبقة التجميع بالمباني الشاهقة.

صورة ١، توضيح المسطحات المتعددة للواجهات الزجاجية مسبقة التجميع بشكل متزامن

ثانيًا، تصميم وصلات الإدخال القابلة للضغط

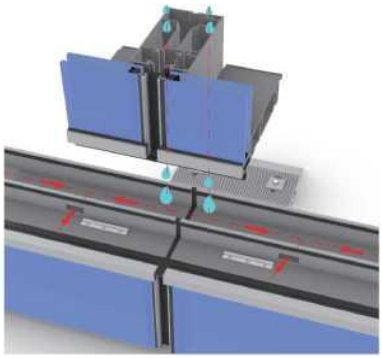
يعتمد توصيل العوارض الأفقية على تصميم وصلة الإدخال ذاتية التمدد؛ فقبل التركيب تستخدم قاعدة التثبيت لضغط وصلات الإدخال في تجويف العارض الأفقي، بما يلبّي متطلبات التركيب الخاصة بطابق فواصل الإغلاق التي تصل بين الجزء العلوي والسفلي. وبعد الانتهاء من التركيب، تُسحب قاعدة التثبيت من وصلة الإدخال، ليعمل الزنبرك على دفع نقاط التوصيل والدخول إلى تجويف العوارض الأفقية للوحدة العلوية، الأمر الذي يضمن تحقيق متطلبات عدم نفاذية المياه والهواء. وبالمقارنة مع نقط التعشيق التقليدية كما هو موضح في الصورة ٢، فإن نقط التعشيق التقليدية تشكل ثلاث فواصل عزل (عدم نفاذية الغبار، عدم نفاذية المياه، عدم نفاذية الهواء) مع ٣ تصميمات غرف معادلة ضغط (غرفة معادلة ضغط ١، غرفة معادلة ضغط ٢، غرفة معادلة ضغط ٣). تشبه طريقة العوارض الأفقية في وصلات الإدخال القابلة للضغط طريقة التعشيق التقليدية في الواجهات الزجاجية، إذ يحتوي كذلك على ثلاث فواصل عزل وثلاث غرف معادلة ضغط وذلك لضمان الأداء الوظيفي الكامل لنظام الواجهات الزجاجية.

يشبه مجرى تصريف المياه مجرى التصريف في أنظمة الواجهات الزجاجية التقليدية؛ إذ تتجمع كميات المياه البسيطة التي تدخل إلى القائم الرأسي لوحدة وصلة الإدخال القابلة للضغط تدريجيًا، ثم تنتقل إلى غرفة معادلة ضغط رقم ٣ في العارضة الأفقية للطابق السفلي، وبعد ذلك تُصرَّف إلى خارج المبنى عبر فتحات تصريف المياه الموجودة في وصلة الإدخال عند مقدمة حجرة معادلة الضغط رقم ٣. كما يتم تصريف كميات المياه البسيطة التي تدخل إلى العارضة الأفقية للوحدة إلى خارج المبنى أيضًا من خلال الفتحات الموجودة في الوصلات، كما هو موضح في الشكل ٣.



١. وصلات الإدخال القابلة للضغط ٢. خط العزل ضد الغبار والماء والهواء في نظام التعشيق التقليدي

صورة ٢، المقارنة بين توصيلات الإدخال القابلة للضغط ونظام التعشيق التقليدي



صورة ٣، توضيح مجرى تصريف المياه

المبدأ العملي لوصلات الإدخال القابلة للضغط

التصميم القابل للتمدد لوصلات الإدخال القابلة للضغط

تُعد قابلية تمدد نقاط التوصيل العنصر الحاسم في حل مشكلة التنفيذ المتزامن في طابق الفصل بين المسطحات، وتحقيق الربط الإنشائي بين الجزء السفلي والعلوي أثناء عملية التركيب. وتتحقق هذه القابلية من خلال تصميم تجويف عميق في العارضة الأفقية السفلية، يتم داخله تركيب مجموعة من أعداد الزنبرك المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ، بحيث تُستغل خصائص الزنبرك لتحقيق حركة التمدد والانكماش. يجب أن يراعي عمق التجويف لاستيعابَ طول وصلات الإدخال القابلة للضغط مضافًا إليه طول الزنبرك بعد انبساطه، كما هو موضح في صورة ٤. ورغم أن ارتفاع العارضة الأفقية السفلية يصبح أكبر من الارتفاع التقليدي نتيجة لإضافة هذا التجويف العميق، فإن موقعها عند منطقة اللوح الفاصل بين الطوابق يمنع أي تأثير سلبي على المظهر الداخلي أو الخارجي للمبنى، وبذلك تظل متوافقة مع المتطلبات المعمارية.

ولضمان الأداء طويل الأمد لوصلات الإدخال القابلة للضغط وتفادي تآكل الزنبرك وما قد يسببه من تدهور في الأداء، يُوصى باستخدام زنبرك من الفولاذ غير القابل للصدأ من نوع ٣١٦. وبالنظر إلى أن مسار حركة الزنبرك بوصلة الإدخال يبلغ نحو **٥٠ مم**، وأن قوة الارتداد يجب أن تكون كافية للتغلب على قوى الاحتكاك أثناء الحركة، فيُقترح اختيار زنبرك بحد أقصى للانضغاط **٦٥مم** وبقطر خارجي يقارب **٢٥مم**. ووفقًا للمواصفات الصينية **GB/T 2089—2009** (أبعاد ومعايير زنبرك الضغط الملفوف الأسطواني) فإن معامل الصلابة المناسب لهذه المتطلبات يتراوح بين **٣إلى ٣,٥ نيوتن/مم** .أما أعداد الزنبرك فتحدد بصورة مرنة تبعًا لأبعاد الألواح المختلفة لتحقيق الإحكام المطلوب بين وصلة التمدد والتجويف، ويمكن ضبطه أثناء التركيب بما يضمن تركيب الوصلة بسلاسة ودخوله بشكل صحيح في تجويف العارضة الأفقية السفلية للوحدة العلوية.

٣,٢ تصميم أداء الإحكام لوصلة الإدخال القابلة للضغط

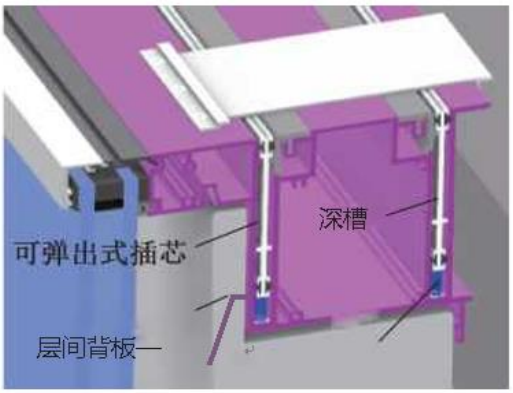
في تصميم نظام وصلة الإدخال القابلة للضغط، تكون الوصلة الأفقية متحركَة، مما يجعل تحقيق متطلبات عدم نفاذ المياه والهواء تحديًا أساسيًا. لذلك، في مرحلة التصميم تم تزويد طرفي الوصلة العلوي والسفلي بشرائط إحكام مطاطية، بحيث تلامس بإحكام مجرى العارضة الأفقية العلوية والسفلية. يتيح هذا الحل للوصلة أن تنزلق داخل المجرى عند الحاجة، وفي الوقت نفسه يضمن إحكام تجاويف النظام والحفاظ على خصائص العزل المائي والهوائي، كما هو موضح في الشكل.(5)

٣,٣ تصميم أبعاد فواصل الإدخال القابلة للضغط

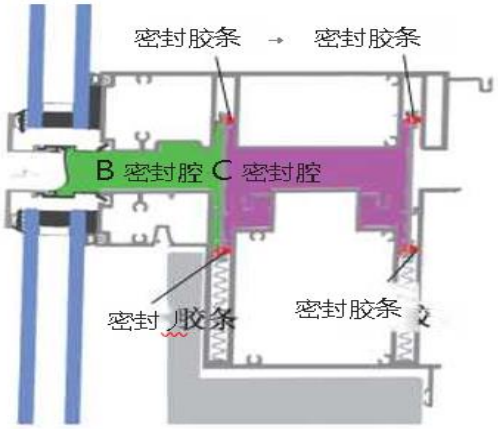
تعتمد فواصل الإدخال القابلة للضغط على قوة دفع الزنبرك، للتحكم في مقدار الإزاحة بما يتناسب مع متطلبات التصميم. عند التصميم، يتم إضافة نتوء محدد للحركة يدعم إزاحة فواصل الإدخال، وفي الوقت نفسه، لضمان سهولة تركيب فواصل الإدخال القابلة للضغط في التجويف العميق، تم تصميم أحد جانبي النتوء على شكل شريط تثبيت منفصل. ويوضح الشكل (٦) تصميم أبعاد فواصل الإدخال القابلة للضغط.

٣,٤ تركيب فواصل الإدخال القابلة للضغط

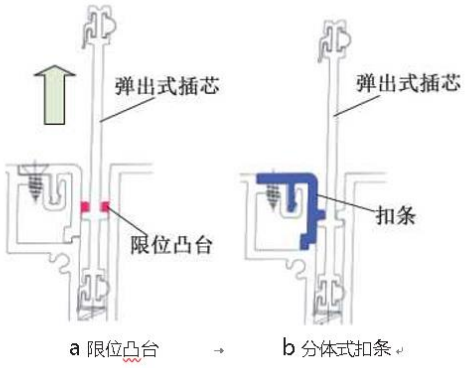
يجب تركيب فواصل الإدخال القابلة للضغط في المصنع مسبقاً مع الوحدات الزجاجية.



الشكل (٤) توضيح تصميم التجويف العميق في العارض الأفقي

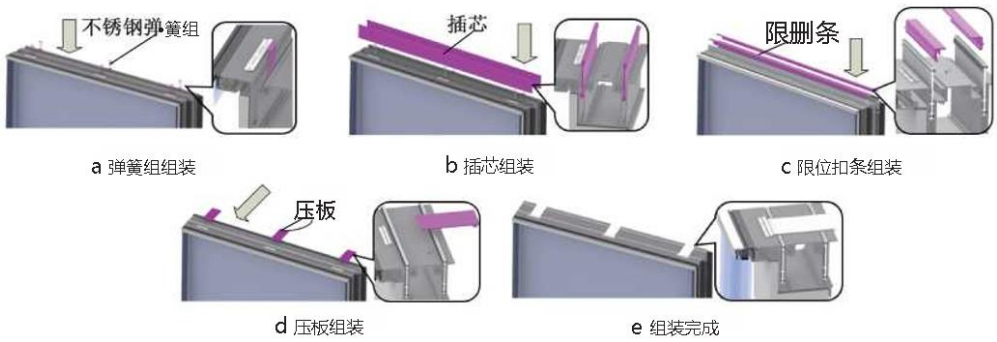


الشكل (٥) توضيح غرف العزل وشريط فواصل الإدخال القابلة للضغط المطاطي



الشكل (٦) توضيح تصميم أبعاد فواصل الإدخال القابلة للضغط

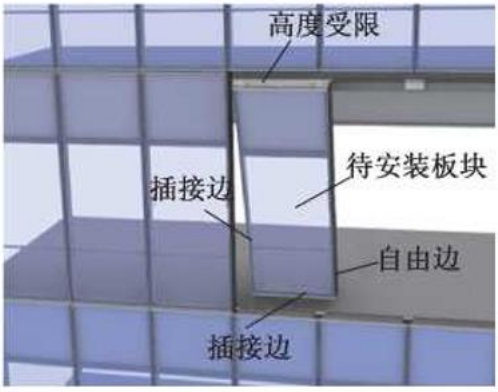
تكون خطوات التركيب على النحو التالي: تركيب الزنبرك - تركيب فواصل الإدخال - تركيب شريط التثبيت المحدد للحركة - تركيب قاعدة التثبيت. ويوضح الشكل (٧) عملية التركيب.



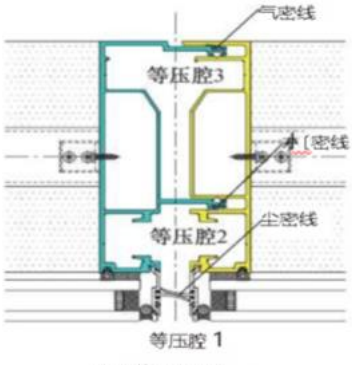
الشكل (٧) عملية تركيب نقاط اتصال فواصل الإدخال القابلة للضغط

رابعًا، تصميم العقد المرنة في القائم الرأسي

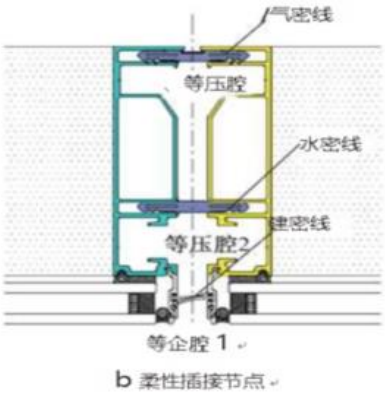
عند تركيب الوحدات الزجاجية، يجب إدخال أحد القوائم الرأسية والحد الجانبي للوح بدقة مع الجانب الأيسر والحافة السفلية مع الوحدة السفلية. ووفقاً لنموذج التركيب الشائع، تكون الحافتان المتبقيتان حرة دون أي عوائق، مما يجعل عملية التركيب سهلة نسبياً. إلا أنه عند التنفيذ متعدد المسطحات، تكون الوحدات العلوية والسفلية بالطابق الفاصل للمسطحات مثبتة مسبقًا، مما يقلل عدد الحواف الحرة المتاحة لتركيب الوحدة لحافة واحدة مقارنةً بطريقة التركيب التقليدية، كما هو موضح في الشكل (٨). وفي الوقت نفسه، ولضمان أداء نظام التركيب، يجب إتباع تقنية التعشيق المسبق. فمع الارتفاع المحدود، يؤدي اعتماد التعشيق الصلب إلى تعقيد عملية التركيب، وبناءً عليه يمكن معالجة هذا الأمر من خلال تصميم نظام التركيب. حيث أدى اعتماد طريقة التعشيق المرن، باستخدام قائم رأسي مزدوج مع شريط مطاطي إلى حل مشكلات المحاذاة الدقيقة والتي قد تظهر عند تنفيذ تعشيق القائم الرأسي التقليدي. كما تتميز العقد المرنة بقدرتها على التمدد، مما يلائم تركيب واجهات المباني ذات التصميمات الخارجية الغير مستقيمة. ويوضح الشكل (٩) مقارنة بين نقاط اتصال القائم الرأسي التقليدي ونقاط اتصال نظام التعشيق المرن. وبأسلوب مماثل لنظام القائم الرأسي التقليدي في الواجهات، تم تصميم القائم الرأسي في هذا النظام وفق مبدأ الواجهات المطرية، بحيث يشتمل على ثلاث فواصل عزل وثلاث غرف معادلة الضغط، بما يضمن تحقيق الأداء الكامل للواجهة.



الشكل (٨): توضيح تركيب الوحدات الزجاجية

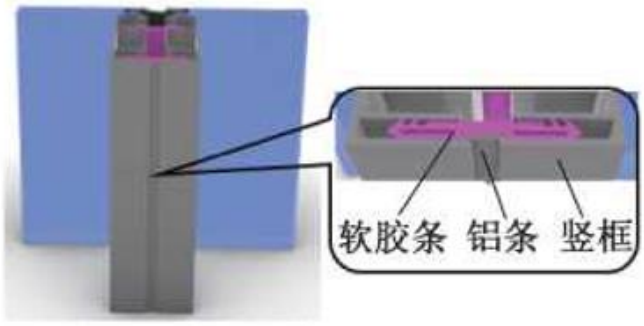


a 传统竖框节点



الشكل (٩): مقارنة توضيحية بين نقاط اتصال القائم الرأسي التقليدي ونقاط اتصال التعشيق المرن

تم تصميم الشريط الداخلي المطاطي في القائم الرأسي بحيث يحتوي في منتصفه على شريط ألومنيوم يحمل نفس لون القائم، وذلك لضمان تطابق موضع التعشيق مع القائم الرأسي، كما هو موضح في الشكل (١٠).



الشكل (١٠): توضيح موضع التعشيق

خامساً، تركيب واجهات الطابق الفاصل بين المسطحات

بعد الانتهاء من تركيب الوحدات النموذجية لواجهات الطوابق أعلى وأسفل الطابق الفاصل بين المسطحات. يمكن البدء مباشرةً في تركيب الوحدات الزجاجية لواجهات الطابق الفاصل. حيث يتم تخزين الوحدات الزجاجية مسبقاً داخل الطابق نفسه. ويتم تركيب الوحدات من خلال دفعها من داخل المبنى إلى خارجه باستخدام الأذرع الميكانيكية وأكواب شفط الزجاج. حيث لا يتأثر هذا الأسلوب في التنفيذ بعوامل المناخ الخارجية مثل الرياح الشديدة، كما لا يتطلب تركيب معدات رفع أعلى البرج، مما يجعله يتميز بدرجة عالية من الأمان والمرونة.

خطوات التركيب:

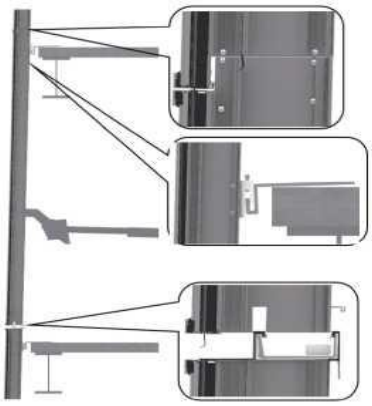
١- بعد فحص الوحدات الزجاجية في الطابق الفاصل، يتم نقلها إلى موضع التركيب باستخدام الذراع الآلية ووحدات شفط الزجاج الموزعة في الطابق، ومن خلال ضبط طول وزاوية الذراع، يتم رفع الوحدات الزجاجية وتثبيتها رأسياً في موضع التركيب المحدد.

٢- يتم ضبط موضع وزاوية الوحدات الزجاجية، بما يضمن تثبيتها في موضع التركيب.

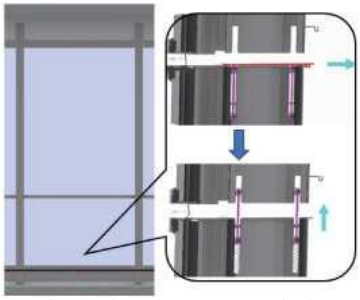
٣- تُدار الوحدة باتجاه عقارب الساعة مع رفعها قليلاً، بما يضمن محاذاة فتحة التثبيت أسفل اللوح مع الوحدة الزجاجية في الطابق السفلي لتنفيذ عملية التعشيق، مع إدخال براكيت تثبيت بزاوية مائلة، كما هو موضح في الشكل (١١).

٤- يتم إنزال الوحدة إلى موضع التصميم لتتصل بالبراكيت، مع تركيب مسامير التثبيت، ومن جهة الداخل يتم سحب لوح تثبيت فواصل الإدخال القابلة للضغط، مما يدفعها تلقائياً للدخول في تجويف الوحدة العلوية، وبذلك تكتمل عملية التركيب، كما هو موضح بالشكل (١٢).

٥- يتم حقن مادة العزل في فتحات شريط التثبيت الخاص بالكمرة الأفقية للوحدات الزجاجية في الطابق الفاصل، ثم تنفيذ أعمال التنظيف، وبذلك تكتمل عملية التركيب.



الشكل (١١): محاذاة تداخل فتحة التثبيت أسفل الوحدات الزجاجية



الشكل (١٢): تركيب فواصل الإدخال

سادساً، التطبيق في المشروعات الهندسية

يقع البرج الأيقوني بمنطقة الأعمال المركزية بالعاصمة الجديدة لمصر، ويضم طابقين تحت الأرض و٧٨ طابقاً فوق الأرض، بارتفاع إجمالي يبلغ ٣٨٥,٨ متراً، وبمساحة بناء تُقدر بنحو ٢٦٢ ألف متر مربع، وقد تم اعتماد نظام الواجهات الزجاجية بنظام الوحدات في البرج. ونظراً لتداعيات جائحة كورونا، تأثرت جميع عمليات توريد مواد وحدات الواجهات، وأعمال التصنيع والتجميع، والشحن البحري، وإجراءات التخليص الجمركي، مما أدى إلى تعذر تنفيذ أعمال تركيب الواجهات بالتزامن مع تقدم أعمال الهيكل الرئيسي. وفي الوقت نفسه، أولى رئيس مجلس الوزراء اهتماماً بالغاً بموقف تقدم المشروع، ووجّه بضرورة تقليل المدة الزمنية المقررة لتنفيذ أعمال الواجهات. وفي ظل هذه التحديات، تم طرح تقنية التنفيذ المتزامن متعدد المراحل للواجهات بنظام الوحدات في المباني الشاهقة، إلى جانب إجراء دراسة معمقة لتطبيقها. ومن خلال التطبيق الناجح لهذه التقنية، تم تقسيم أعمال تركيب واجهات البرج الأيقوني إلى ثلاثة مسطحات متزامنة، تشمل الطوابق من ١ إلى ٣٩، ومن ٤١ إلى ٧٢، ومن الطابق ٧٤ وحتى قمة البرج. وبأسلوب مبتكر، تم تعديل نقاط اتصال التعشيق العلوية في وحدات واجهات الطوابق ٤٠ و٧٣ الفاصلة إلى فواصل الإدخال القابلة للضغط. حيث ساهمت طريقة التركيب المتزامن في رفع كفاءة التركيب بشكل ملحوظ خلال تنفيذ المسطحات الثلاثة بشكل متزامن. وبالمقارنة بأسلوب التركيب التقليدي لوحدات الواجهات في المباني شاهقة الارتفاع، والذي يعتمد على تنفيذ طابق تلو الآخر، أسهم هذا الأسلوب في تقليل مدة التركيب بنحو ٨ أشهر، وخفض بشكل مباشر من تكاليف الإدارة بنحو ٣,٦ مليون يوان صيني، إلى جانب خفض تكاليف التشغيل وإيجار المعدات، كما أتاح مجال عمل لتدخل التخصصات والأقسام الأخرى مسبقاً، مما ساهم في تحقيق فائدة شاملة وملموسة.

سابعاً، الخاتمة

لقد ساهم تطبيق تقنية فواصل الإدخال القابلة للضغط في واجهات المباني شاهقة الارتفاع بنظام الوحدات على تسريع وتيرة ورفع كفاءة أعمال البناء، وساهم في تقليل مدة تركيب الواجهات بنحو ٨ أشهر، بما يضمن التزام المشروع بموعد التنفيذ. كما اعتمد هذا النظام تقنية التنفيذ المتزامن متعدد المسطحات لوحدات واجهات المباني شاهقة الارتفاع، ومن خلال الممارسات العملية والتطبيق الميداني، أثبت مدى تقدم مشروعات البناء الصينية في الأسواق الخارجية.

参考文献：

【١】陈桐.超高层建筑发展趋势研究初探[D].北京：中国建筑设计研究院,٢٠١٧.
【٢】王义鸣，谢敏，王屹.SKYWAY 酒店幕墙施工技术[J].施工技术,٢٠١٣,٤٢(٣)：٩٨-١٠١.
【٣】罗忆，张芹，刘忠伟，等.玻璃幕墙设计与施工[M].北京：中国建筑工业出版社,٢٠١١.
【٤】逄扬.超高层单元式玻璃幕墙工业化建构方法研究[D].大连：大连理工大学,٢٠١٣.

【٥】赵艳敏，马洪旭.某机场工程复杂单元幕墙性能试验研究[J].施工技术，٢٠١٥,٤٤(٩)：١٧-١٩.

【٦】严敏强,李广慧,刘浩,等.超高层单元体式玻璃幕墙安装工艺关键要点[J].中国港湾建设

المراجع:

١. تشن تونغ. دراسة أولية حول اتجاهات تطوير المباني شاهقة الارتفاع [رسالة دكتوراه]. بكين: معهد الصين للتصميم المعماري والبحوث، ٢٠١٧.

٢. وانغ يي مين، شيه مين، وانغ يي. تقنيات تنفيذ واجهات فندق SKYWAY [مجلة]. تقنيات البناء، ٢٠١٣، المجلد ٤٢، العدد (٣): ٩٨–١٠١.

٣. لو يي، تشانغ تشين، ليو تشونغ وي، وغيرهم. تصميم وتنفيذ الواجهات الزجاجية [كتاب]. بكين: دار الصين للعمارة والبناء، ٢٠١١.

٤. فانغ يانغ. دراسة منهجية لأساليب البناء الصناعي للواجهات الزجاجية بنظام الوحدات في المباني شاهقة الارتفاع [رسالة دكتوراه]. داليان: جامعة داليان للتكنولوجيا، ٢٠١٣.

٥. تشاو يان مين، ما هونغ شو. دراسة تجريبية لأداء أنظمة الواجهات المعقدة بنظام الوحدات في أحد مشروعات المطارات [مجلة]. تقنيات البناء، ٢٠١٥، المجلد ٤٤، العدد (٩): ١٧–١٩.

٦. يان مين تشيانغ، لي غوانغ هوي، ليو هاو، وغيرهم. النقاط الرئيسية حول تركيب الواجهات الزجاجية بنظام الوحدات في المباني شاهقة الارتفاع [مجلة]. شركة الصين لهندسة الموانئ.