مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 39– العدد 2 (2023) 188-209

Damascus university Journal for engineering sciences
Vol 39 No.2 (2023) :188-209

دور التعاون بين المعماري والإنشائي في القرارات التصميمية ذات التأثير المتبادل على المتطلبات المعمارية والمتطلبات الإنشائية.

م. تولين مأمون نجمة[1] أ.د. غسّان برجس عبود[2]

[1]طالبة دكتوراه في كلية الهندسة المعمارية، قسم علوم البناء والتنفيذ. (أعد هذا البحث في سياق بحث الدكتوراه)

[2]أستاذ في كلية الهندسة المعمارية، قسم علوم البناء والتنفيذ، جامعة دمشق

المُلخّص

لايزال دور التعاون بين المعماري والإنشائي في سورية محدوداً، هذه المحدودية في العلاقة تؤدّي لتجنُّب اتّخاذ القرارات التصميمية التي تحوي الحلول الإنشائية الخارجً عن المألوف محلياً، مما يقوم بتغليب نوعٍ معينٍ من الحلول التصميمية والإنشائية دون أيّ تطويرٍ أو ابتكارٍ في دمج المفاهيم الهيكلية مع التصميم المعماري، كما تؤدي محدودية التعاون لظهور مشاكلَ في دمج العناصر الإنشائية مع المتطلبات الوظيفية أو الجمالية.

تهدف الورقة لاستكشاف دور الممارسات التعاونية أثناء عملية التصميم، والسمات التي ساهمت بتشكيل الممارسات التعاونية الإيجابية بين المعماري والإنشائي من خلال طرح بعض الأمثلة العالمية، كما ناقشت الورقة دور التعاون بين المعماري والإنشائي محليّاً، يساهم عدد من العوامل بتعزيز هذا التعاون مثل وجود الكفاءات المعرفية، الفهم والاحترام المتبادل لدور كل اختصاص ودعم قراراته، والثقة المبنية على الشراكة المهنية الطويلة التي تدعم المناقشة بالاتجاه الذي يخدم العملية التصميمية.

الكلمات المفتاحيّة: التّعاون بين المعماريّ والانشائيّ، عملية التصميم، التكامل بين المعماري والإنشائي، التصميم متعدد التخصصات

تاريخ الإيداع:2022/2/20

تاريخ القبول:2022/**5**/**12**

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

The Role of Architect-Structural Engineer Collaboration in Design Decisions that Mutually Impact Architectural and Structural Requirements.

Toulin Nejmeh[1] Prof. Ghassan Aboud[2]

1 PhD student in the Faculty of Architectural Engineering, Department of Building and Implementation Sciences. (This research was prepared in the context of a PhD research)
2 Professor at the Faculty of Architectural Engineering, Department of Building and Implementation Sciences, Damascus University

Abstract

This paper aims to explore the role of collaborative design process, and the factors contributing to positive collaboration practices between architects and structural engineers, by exploring number of case studies, then discussing the role of collaborative design process in Syria.

By exploring case studies, we define the role of collaboration between architect and structural engineer, and we define a number of factors contribute to enhancing this collaboration, such as the presence of knowledge competencies, mutual respect, trust, and support the decisions of each discipline.

the role of collaboration between architects and construction in Syria is still limitedd, This limitation in the relationship leads to avoiding design decisions that contain construction solutions that are out of the ordinary locally, which gives precedence to a certain type of design and construction solutions without any development or innovation in merging structural concepts with architectural design, this lack of collaboration may also lead to problems in integrating structural elements with functional or aesthetic architectural requirements.

Keywords: Architect and structural engineer collaboration, Design Process, architectural and structural integration, interdisciplinary design.

Received: 20/2/2022
Accepted: 12/5/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

1. تمهيد

يشهد مجال الهندسة المعمارية تطوراتٍ واسعة في التقنيات والمواد الهندسية؛ مما ساهم بخلق أساليب عملٍ جديدةٍ لتواكب هذه التطورات؛ كاستخدام الأدوات الرقمية في تحليل العناصر الإنشائية التي مكّنت من الدراسة التحليلية للمواد والعناصر التي كانت تعتبر باهظة الثمن وتتطلّب الكثير من الوقت والجهد، كما ظهرت أساليبٌ ثقافية، وتكنولوجية، وبيئية، واجتماعية جديدة ساهمت كلّها في خلق أنواعٍ جديدةٍ من البناء؛ وبالتالي فإن أساليب وطرق العمل بالنسبة إلى المهندسين المعماريين والمختصّين بالعمل الهندسي أصبحت أكثر تعقيداً، أثّرت هذه التقنيات على المقاربة التقليدية لعملية التصميم التي كانت تعتمد على تطوير الأفكار التصميمية من قبل المعماري وحده بينما كان دور الاختصاصات الأخرى يقتصر على الاستشارة عند الضرورة؛ ولكن متطلبات الممارسة المهنية الحالية أصبحت تستدعي مستوياتٍ أعلى من الخبرة والتخصّص؛ مما زاد من أهمية التعاون بين التخصصات للوصول لحلولٍ هندسيةٍ بجودةٍ عالية، يساعد التعاون بين الخبراء بمناقشة الخيارات التصميمية التي تدعم الابتكار وإيجاد الحلول المتكاملة، وتعمل الشركات الكبيرة والصغيرة بشكلٍ متزايد على تشكيل فرق تصميمٍ تعاونيةٍ منذ المراحل الأولى من عملية التصميم؛ حيث يمكن أن يساهم اختيار الاختصاصيين "المناسبين" على نجاح عملية التصميم ومختلف مراحل المشروع؛ فظهرت أساليب عمل جديدة في العملية التصميمية، كالعملية التصميمية التكاملية (Integrated Design Process) التي تقوم على عمل فريق مكون من اختصاصاتٍ مختلفة على المشروع في كافة مراحله، واستخدام الأدوات التي تدعم نمذجة معلومات البناء(BIM)، ستتخصّص الورقة بالبحث في التعاون بين المعماري والإنشائي في عملية التصميم؛ وذلك لارتباطهما الوثيق، حيث، وكما هو معروف، تؤثّر المتطلبات المعمارية على تصميم العناصر الانشائية، كما تؤثّر المتطلبات الإنشائية على التصميم المعماري بشكلٍ وثيق؛ انطلاقا من كون المتانة الإنشائية هي أحد عناصر العمارة (المنفعة، المتانة، الجمال، الاقتصادية)، والسبب الآخر هو كون أحد أهم الاختصاصات الهندسية التي يتعامل معها المعماري في سورية هو المهندس الإنشائي؛ حيث لاتزال الاختصاصات الاخرى كمهندس الكهرباء، الميكانيك، وغيرها، اختصاصاتٍ ذات درجة أقلّ تعاملاً مع المعماري في عملية التصميم، خاصّةً في المراحل الأولية منه.

تهدف الورقة لاستكشاف دور الممارسات التعاونية بالوصول لحلولٍ حقّقت التكامل بين المتطلبات المعمارية والإنشائية في بعض الجوانب التي احتاجت لهذا التعاون أثناء عملية التصميم، والسمات التي ساهمت بتشكيل الممارسات التعاونية الإيجابية بين المعماري والإنشائي من خلال طرح بعض الأمثلة العالمية، ثم ستناقش الورقة دور التعاون بين المعماري والإنشائي محليّاً، وأثر هذا الدور وأسبابه.

تم استخدام المنهج الوصفي في البحث، وهذا المنهج النوعي يُستخدم بشكلٍ كبيرٍ في دراسة السلوكيات الانسانية الذي يتطرّق له موضوع المقالة، ونوع المنهج الوصفي المستخدم هو دراسة الحالة، الذي يقوم على التعرف على خصائص حالة ما قد تكون متمثّلة في موقف، أو فرد، أو جماعة يجمعهم نشاط معين، (في هذه المقالة سيتم تحليل سلوك المعماري والإنشائي في الظاهرة المدروسة والمتمثلة بعملية التصميم)، وتم استخدام المنهج النوعي في البحث كونها تناسب طبيعة البحث التي تبحث وصف خصائص سلوكية ضمن ظاهرة عملية التصميم، بدلاً من المنهج الكمي الذي يستخدم للحصول على أرقام لها دلالة بخصوص فرضية موضوعة ضمن المجتمع المدروس، وهذا المنهج النوعي يتميز بالمرونة التي يحتاجها البحث،

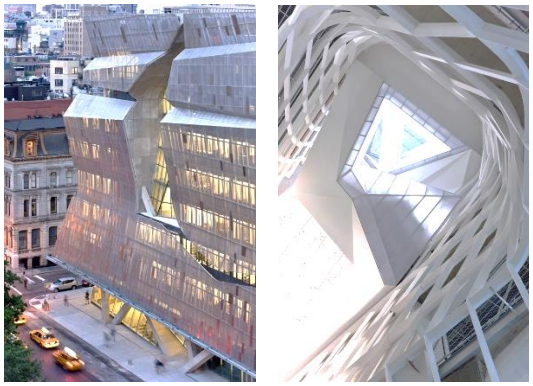
وأدوات الدراسة المرتبطة بالمنهج النوعي التي تم استخدامها في المقالة هي المقابلة والملاحظة.

تمّ اختيار الحالات الدراسية بناءً على توافر المعلومات عن عملية التصميم والمشاكل التي ظهرت واحتاجت لهذا التعاون، كما تم اختيار الحالات المدروسة التي تمثل منتجاً هندسياً توافرت فيه رمزية معينة تمّ التعبير عنها من خلال الجمل الانشائية، أو وجود درجة جيدة من التكامل بين المتطلبات المعمارية والانشائية، أو وجود جوانب تصميمية احتاجت حلولاً إنشائية خارجة عن المألوف.

2. أمثلة عالمية عن دور التعاون في العملية التصميمية

1.2- اتحاد كوبر (Cooper Union)

تم تصميم وتنفيذ اتحاد كوبر في عام (2009) بالتّعاون بين معماريين وإنشائيين من مكتب مورفوسيس المعماري (Morphosis)، ومكتب (IBE) للاستشارات الإنشائية لصاحبه جون مارتن، يتألّف المبنى من تسعة طوابق تحوي عدداً من المختبرات، ومعرضاً، وقاعةً، وصالةً، وقاعاتٍ مختلفة ضمن حرم كلية العلوم والفنون في وسط منهاتن، المدخل في الطابق الأرضي هو فراغٌ مفتوحٌ بارتفاعٍ عالٍ نسبياً مقارنةً بباقي الطوابق، يؤدّي إلى درجٍ يشكّل فراغاً منحوتاً يمتد على ارتفاع المبنى بالكامل بشكلٍ يدخل ضوء النهار للمبنى.



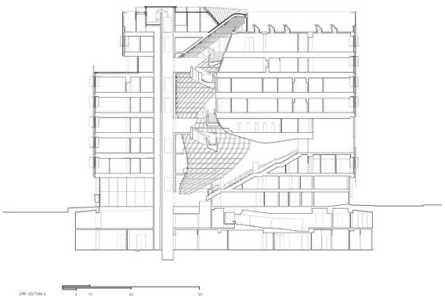
الصورة (1) على اليمين: الفراغ الداخلي الملتوي، الصورة (2) على اليسار: واجهة المبنى، من تصوير (Iowan Baan)

الجملة الإنشائية في المبنى هيكلية من الخرسانة المسلحة، الأعمدة في الطوابق جميعها هي شاقولية ماعدا أربعةٍ من الأعمدة في الطابق الأرضي حيث تميل بشكلٍ واضح، ويلاحظ عدم وجود عمودٍ في زاوية الدخول وفي الزاوية الجنوبية الغربية؛ حيث حرص التصميم على عدم استخدام الهيكل الخرساني في هذا الموضع لصنع صندوق زجاجي يحمل درج الخروج.

واجه فريق التصميم المعماري والإنشائي تحدياتٍ أثناء العملية التصميمية تمّت معالجتها بتعاون الفريقين، وهي حلُّ مشكلة جمالية الوصلات في الأظفار الإنشائية، تصميم الأتريوم، وتصميم الدرج.

البلاطات الظفرية

يعتبر تصميم البلاطات الظفرية في المشروع مثالاً عن العملية التعاونية بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية، حيث ظهرت مشكلة عدم جمالية الوصلات بين العناصر الفولاذية التي فرضها استخدام الشكل المنحوت الملتوي في الفراغ الداخلي للمبنى؛ وبين هيكل المبنى الانشائي من الخرسانة المسلحة، كان **دور التعاون في إيجاد الحل المتكامل** بتقليل سماكة الظفر نحو الخارج لتصل حتى (20) سم، ثم وصلها بتحويلة (channel) بسماكة (20) سم، وظيفة هذه التحويلة هي أن تساعد بتثبيت العناصر الفولاذية إليها، هذا الحل البسيط سمح بالتحكم بالأبعاد بشكلٍ أدقّ ممّا ساهم بإعطاء الشكل المنحوت الملتوي، **ولكن هذا الحل لم يخلُ من الصعوبات أثناء التنفيذ**، كان على المهندسين التحقّق بعنايةٍ من السماكة على امتداد البلاطات الظفرية، في حين أنّ هذه الطريقة كانت معقدةً بعض الشيء بالتنفيذ؛ إلّا أنّ المتعاقد أفاد بأنه كان حلّا اقتصادياً، وسمح بالسيطرة على عملية البناء، وتجنُّب الأخطاء التي عادةً ما تحدث في المباني ذات الأشكال المعقّدة نسبياً.



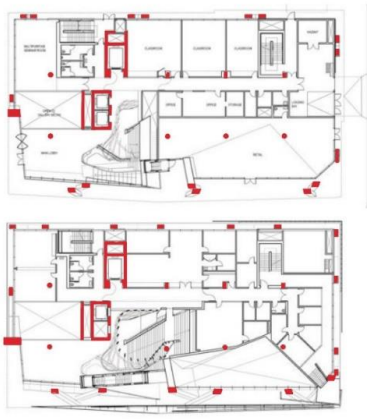
الشكل (1) مقطع يظهر شكل الفراغ الداخلي وارتباط عناصره المعدنية مع البلاطات الخرسانية، (Morphosis Architects)

الأتريوم

المبنى القائم لم يكُن يتضمن مساحاتٍ اجتماعية على الرغم من أهمية وجود مكانٍ للتجوّل واللقاء ضمن المباني التعليمية الجامعية، لذا كان تأمين هذه المساحات ذو أهميةٍ في المشروع، وهذا ما تمّ بمساعدة الفريق الإنشائي، فلم يُرِد المعماريون أن يتضمن الفراغ عموداً في تلك الزاوية من البناء؛ لذلك كان هناك حاجةٌ لوضع عمودٍ على الطوابق الثمانية يستند على بلاطة تحويل، ولكن تبيّن أن بلاطة التحويل يجب أن تكون عميقةً جداً؛ مما قد يؤدّي إلى خفض السقف في البهو؛ وهو ما لم يكن متماشياً مع المدخل المفتوح الذي توخّاه المهندسون المعماريون، ناقش المهندس الإنشائي الرئيسي كلاندينغ (Clandening) الفريق المعماري في مورفوسيس بأنّ بعض التعديلات المعمارية يجب أن تُطبَّق ليصبح هذا الأمر ممكناً، فجاء الحلّ بالاستغناء عن (120) سم من ارتفاع الطابق الثاني الذي كان مخصّصاً للمكاتب؛ حيث لا توجد حاجة لوجود ارتفاع سقفٍ عالٍ مثل الطوابق الأعلى التي كانت مخصّصة للمختبرات التي تحتاج لسقفٍ مستعار يتضمّن الأقنية الميكانيكية؛ وبهذا أمكن وضع بلاطة التحويل بحيث تتّجه للأعلى بدلاً من الأسفل؛ وبالتالي إعطاءهم الفراغ المفتوح بارتفاعٍ مناسبٍ للبهو دون أن يظهر جائز التحويل أسفل البلاطة؛ بل ينبثق إلى الفضاء أعلاه بشكلٍ لا يعيق المتطلّبات المعمارية، خيار استخدام بلاطات التحويل عادةً ما يكون خياراً جريئاً فالخطأ في تنفيذ الجائز تكون عواقبه كبيرة، في هذا المثال؛ يقول المهندس الإنشائي أنّ الفريق في الموقع كان قلقاً على سلامة الجائز حيث انحرف بمقدارٍ أكثر قليلاً مما كان متوقّعاً له، تبرُز في مثل هذه الحالات أهمية المناقشات المبكّرة لاستكشاف الحلول بين المعماري والإنشائي قبل اتخاذ القرارات المؤثّرة مثل اختيار بلاطة التحويل.

الدرج

أراد المعماريون أن يكون هناك أكبر قدرٍ من إدخال الإنارة الطبيعية للدرج؛ لذلك استكشف فريق التصميم أن يكون هيكل الدرج من المعدن، ولكن كلادينينغ أوضح أن الأعمدة في الطوابق السفلى يجب أن تكون مقاطعها كبيرة بعض الشيء لتتحمّل أوزان الضغط، وهذا مالم يناسب المعماريين الذين أرادوا هيكلاً ذو شكلٍ فراغي خفيف، فاقترح الإنشائي شدّ هيكل الدرج نحو جائزٍ في السقف بدلاً من بناء الدرج من الأسفل، كون مقاطع الشدّادات أصغر.[1]



الشكل(2) في الأعلى: الطابق الأرضي يظهر فيه الاتريوم وتغير أماكن الأعمدة مع الطابق الاول في الأسفل، (Morphosis Architects)، تلوين الباحث

[1](تم استخراج التحديات اثناء عملية التصميم وحلولها من مقابلات مع المهندسين الانشائيين والمعماريين في المشروع في المرجع [4])

العوامل التي ساهمت بتحقيق التعاون الفعال في المشروع

– من العوامل التي ساهمت بتحقيق التعاون الفعال في المشروع هي مقاربة المهندس الإنشائي بالتعاون مع المعماري بأن لا يقوم فقط بالإجابة عن تساؤل المعماري (سؤال كيفية عمل الوصلات مع حافة البلاطة) بل الإجابة حسب سبب السؤال، حيث كان السبب في هذه الحالة وراء السؤال هو حاجة المعماري لنظامٍ إنشائي يؤمّن له قدر أكبر من المرونة والسيطرة على الحلّ المعماري، وهذا ما سعى الإنشائي لتحقيقه في حلّه، حيث قام بتحديد ما يحتاجه المعماري لنجاح المشروع وتحقيق المفهوم الذي يريده، بدلاً من الإجابة على التساؤلات فقط، قال كلادينينغ، وهو المهندس الإنشائي الرئيس في المشروع متحدّثاً عن هذه النقطة: "إذا سألك شخص ما سؤالاً، لا تُجب على السؤال، أجِب عن السبب وراء السؤال. لذا كنت أسأل نفسي، ليس فقط كيف يمكننا عمل الوصلات مع حافة البلاطة، ولكن، كيف يمكننا تطوير نظامٍ يعطي المهندسين المعماريين مرونةً وسيطرةً كاملة؟"

– عادةً ما يؤدّي عدم رغبة أيٍّ من المعماري أو الإنشائي تحمُّل نتائج الفشل الإنشائية الكارثية للابتعاد عن الحلول الإنشائية الجريئة، في حالة كوبر سكوير، أدّى التعاون بين المكتبين المعماري والإنشائي لسنواتٍ عديدة لبناء الثقة الضرورية لاتخاذ القرارات الإنشائية الجريئة، كما في حالة استخدام بلاطة التحويل، عدم الرغبة بتحمُّل المسؤولية قد يؤثّر على تحقيق الإبداع، بينما وجود الثقة يشجّع على اتخاذ قراراتٍ أكثر جرأة.

تقدير قيمة التواصل وتقدير أهداف التخصّص الآخر، حيث فهم الإنشائي كيفية التواصل مع المعماري، قال أهرينز، وهو أحد المهندسين الانشائيين في المشروع: "لا يكفي التركيز على الرياضيات مع المهندس المعماري، لأنّ المهندس المعماري ببساطةٍ يُركّز على الصورة الكبيرة، أو الجوانب الفنية للمشروع".

– أهمية فهم المفاهيم الهيكلية باستخدام الحدس والخبرة من قبل المعماري والإنشائي ضروريةٌ في عملية التصميم التعاونية، في مشروع اتحاد كوبر، استندت معظم المفاهيم الهيكلية الأولية على الحدس والخبرة بدلاً من الاعتماد على الكودات والحسابات، لأنّ المعماريين كانوا يبحثون عن المدخلات المفاهيمية أثناء عملية التصميم أكثر من معرفة تفاصيل حجوم العناصر الإنشائية، قال كلادينينغ " كانت عمليةً تعاونيةً ساعدت على تقديم مدخلاتٍ قيّمة، بدلاً من مجرّد إخبارهم بحجم العمود لشبكةٍ محدّدة مسبقاً". [4]

– تخصيص الوقت منذ مرحلة مبكرة من المشروع للاجتماعات لتطوير المشروع، حيث كان المهندسون يجتمعون في المكتب لأربع ساعاتٍ كلّ صباح جمعة لتبادل الأفكار والمقترحات والعمل على تطوير التصميم وتحديد أهداف المشروع، بدلاً من إخبار بعضهم بالمهام، يقول المهندس الإنشائي كورت سري: "هذه المناقشات هي ما ساهم بالوصول لفكرة المشروع، وساهمت تلك المناقشات بتقديم مدخلاتٍ إنشائيةٍ تُكمّل هذه الفكرة، والتي سمحت بتحقيق بعض الإبداع والوصول لحلولٍ لأشياءٍ لم يعرفوا حتى أنّها مشاكل بعد"

2.2- بي تو بروكلين (B2 BKLYN)

تمّ تصميم المشروع بتعاونٍ بين مكتب آروب الإنشائي (Arup)، الذي اشتهر بعد تصميم دار أوبرا سيدني، ومكتب شوب المعماري (SHop Architects)، الذي صمّم العديد من المشاريع في نيويورك.

المثال هو أحد الأبراج السكنية في بي تو بروكلين، ارتفاعه (32) طابق، من أكبر الأبنية الموديولية في العالم، يحوي (363) وحدة سكنية، يتألف الهيكل الإنشائي من (930) وحدة موديولية، حوالي 25% منها هي وحداتٌ إنشائيةٌ غير قياسية.

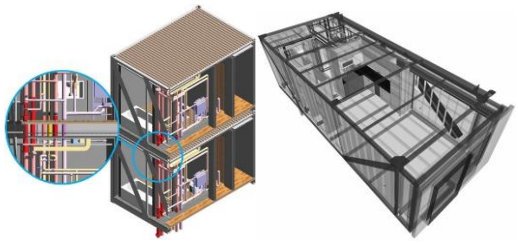
بدأ البناء في عام (2012) بهدف الانتهاء منه خلال (18) شهراً قبل متوسط وقت البناء للكتل البرجية التقليدية. ومع ذلك، بسبب التعارضات بين المصمّمين والمنفذّين للمشروع، لم يتم تحقيق الهدف واستغرق وقتًا أطول (وبتكلفةٍ أعلى) ممّا كان متوقّعاً، اكتمل المبنى أخيراً في عام (2016). ومع ذلك، تمّ تسعير نصف شقق البرج بأقلّ من سعر السوق.[2]

الصورة (3) المبنى الموديولي في بيتو بروكلين،(mgmcgrath.com)

استخدام الوحدات الموديولية مسبقة الصنع في تصميم مبنى سكني بارتفاعٍ عالٍ أدّى لظهور متطلبات الدعامات القطرية الضرورية لتحمّل الأحمال الجانبية المهمة في تصميم المباني العالية، مما خلق عوائق في التصميم المعماري، كما ظهرت إشكالياتٌ في كيفية ربط وحدات الهيكل الإنشائي، لذا كان تعاون المهندسين المعماريين والإنشائيين ضرورياً لتطوير مجموعةٍ واسعةٍ من المكوّنات الجاهزة، كالإطارات والبلاطات، وغيرها، كما احتاج المشروع للتعاون من أجل البحث عن حلولٍ ابتكاريةٍ لطرق لحم الوحدات من الداخل، وتصميم نظامٍ للإكساء يناسب إشكاليات الفراغات الناتجة عن الربط بين الوحدات.

العوامل التي ساهمت بتحقيق التعاون الفعال

استخدام الأدوات التي تسهل التعاون، في هذا المثال، استخدام نمذجة معلومات البناء كان ضرورياً لضمان تركيب الوحدات ضمن الحيّز المفروض لها بدقّة، ولتنسيق الهيكل الإنشائي والخدمات لكل وحدةٍ موديولية، حيث أنّه لتحقيق هدف إنهاء جميع الوحدات خارج الموقع، كان من الضروري أن تكون كلّ وحدةٍ مصمّمةً بجميع تفاصيلها، مما تطلّب تنسيق الخدمات اللوجستية والتفاصيل، وقد سهّل حدوث هذا النوع من التكامل بشكلٍ كبيرٍ وجود نموذج (BIM) مُفصَّلٍ ومضبوطٍ بشكلٍ جيد، لضبط العناصر بحيث تكون بأقلّ حجمٍ مُمكن مع تحقيق عوامل الأمان الضرورية. [5]



الشكل (3) على اليمين: الوحدة الموديولية، على اليسار: استخدام BIM في تنسيق الخدمات، الهيكل الانشائي، والوظيفة المعمارية في المشروع، المصدر: Arup

المهندسون في المشروع أدركوا ضرورة التعاون في هذا المشروع أثناء عملية التصميم لتجنُّب الإشكاليات وضياع الوقت، يصِفُ أحد المهندسين التعاون في عملية التصميم:

"بيئة العمل اليوم تتطلّب من الفرد أن يكون قادراً على التعاون، وأن يكون سريعاً في فهم دوره في المشروع، وأن يكون لديه استعداد لتحمُّل المسؤولية، ولكن أيضاً أن يعرف كيف يشارك التقدير عن دوره في المشروع".[4]

3.2- محطة برلين الرئيسية (Berlin Central Station)

تمّ تصميم المشروع بالتعاون بين المكتب الإنشائي شلايش بيرغرمان وشركاه (Schlaich Berger Mann und Partner)، والمكتب المعماري فون جيركان، مارج وشركاه (Von Gerkan, Marg und Partner).

يحتوي المشروع على مساراتٍ بريّة تمتد على طول المحور الشرقي الغربي ومبنى مكاتب والبيع بالتجزئة، تمتدُّ المسارات الشرقية والغربية تحت سقفٍ زجاجي مقوس بطول (320) متر

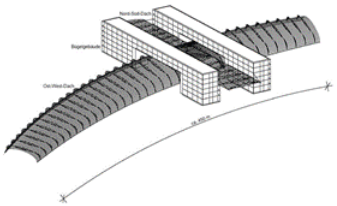
بمجاز (46) متراً على المسارات المقترنة، ومجاز (66) متراً داخل المحطة لإفساح المجال للمنصّات بينهما.

الجوانب التي لعب التعاون فيها دوراً أثناء عملية التصميم هي مشكلة التمدّد الحراري نتيجة طول المبنى الكبير (220)م، تصميم الواجهة الزجاجية في مبنى قطاراتٍ مُعرّضٍ للاهتزازات، وتصميم قوسٍ غير مكافئ بمجازٍ كبير.

مشكلة التمدد الحراري

كان الحلّ الذي اقترح في البداية هو استخدام نظام الكابلات الذي من شأنه أن يجعل من الهيكل جسراً معلّقاً يحمل وزن خمسة طوابق، بينما تتحمّل البلاطة الخرسانية ردود الأفعال الأفقية الناتجة عن الجزء العلوي من الكابلات، لكن هذا الخيار لم يرُقْ للمهندسين المعماريين في جزءٍ منه لأنّه يفرض وجود عناصر أفقيةً في الهيكل الخارجي الصلب لا تناسب الحلّ المعماري الذي من شأنه أن يعيق مسار القطار.

جاء الحلّ النهائيّ باستخدام نظام الجوائز الشبكية حيث تعمل العناصر الأفقية من الهيكل الخارجي على حمل الحمولات، ولكن الوصلات الضرورية لهذا الحل ليست الأمثل في نقل الحمولات وليست الخيار الأول للإنشائي، ناقش الإنشائيون والمعماريون المشكلة، وفي نهاية المطاف وجد المهندسون طريقةً لجعل رؤية المهندس المعماري تعمل، وهي الوصلات المُصمّمة خصّيصاً. ويصف شوبير (Schober) (المهندس الإنشائي الرئيس) هذا الحل بأنه "تصميمٌ مُميّز، ولكن من وجهة نظر المهندس الإنشائيّ، فإن الهيكل ليس مثاليًا.



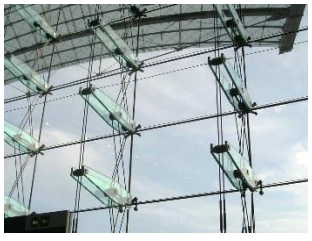
الشكل (4) امتداد المبنى، (Schlaich Berger Mann und Partner)

الواجهة الزجاجية

أراد المهندس المعماري استخدام الزجاج في واجهة المدخل لتحقيق أقصى قدرٍ من الشفافية، والتي قد يتجنّبها الإنشائي بسبب الطبيعة الهشّة للزجاج، خاصّةً في محطات القطارات حيث تزيد الاهتزازات واحتمالات التخريب، اقترح الفريق الإنشائي جدارًا مؤلفا من شبكةٍ من الكابلات يتمّ شدُّها مسبقًا إلى أقصى حد يسمح لها بحمل حمولة الرياح ووزن الأجزاء الزجاجية، لكن المهندس المعماري رفض هذه الفكرة باعتبارها بسيطةً جدًا، كان الحلّ النهائي بتجميع الكابلات المتقاطعة بعيداً عن كابلاتٍ مستقيمة عبر زعانف زجاجية لإعطاء عمقٍ للهيكل، وخلق سلسلةٍ من جوائز فيرنديل عمودية لتضفي صلابةً على الجدار ضد أحمال الرياح.

الصورة(4) الواجهة الزجاجية، (www.berlin.de)

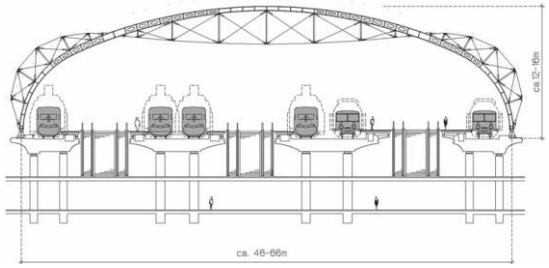
وللتحقّق من فاعلية التصميم، أجرى الإنشائي سلسلةً من الاختبارات والحسابات، وبناء النماذج الأولية للزعانف زجاجية، وكان شوبير مسروراً جداً من النتيجة، على الرغم من أنّ هذه الفكرة ما كان ليطبّقها دون رفض المهندس المعماريّ للفكرة الأولية، إلّا أنّه يعترف بأنّ النتيجة النهائية الأفضل تكون بالتعاون.



الصورة(5) الزعانف الزجاجية، (mapio.net)

تصميم القوس الزجاجي

أراد المعماريون تصميم قوس زجاجي في السقف لتحقيق أكبر قدرٍ مُمكنٍ من الشفافية والضوء يمتد على مدى خمسة خطوط سككٍ حديدية، تمّ استبعاد اقتراح الإنشائي بتصميم قوسٍ مكافئٍ حقيقيّ (القوس المكافئ الحقيقي يحقّق حلّاً هيكلياً مثالياً يسمح بقوس ضاغط يقضي تماماً على عزوم الحمل الميت)، هذه الفكرة تمّ رفضها من قبل المعماري لكون السقف العالي لا يناسب العصر الحالي، "وأنّ عصر القطار البخاري قد ولّى"، فكان التّحدي بتصميم قوسٍ ذو مجازٍ كبيرٍ وارتفاع أقلّ من الارتفاع الذي يحقّق مقاومة العزوم بشكلٍ مثالي، كان تفكير الإنشائي الذي أراد تحقيقه هو استخدام جملة إنشائيةٍ على مبدأ الهياكل الخفيفة التي تعمل على الشد والضغط بدلاً من استخدام الجمل الإنشائية المقاومة للعزوم التي قد لا تعطي الشعور بالخفّة المطلوبة معمارياً، فقام بتصميم الجائز بتحليل الانحناء إلى ضغطٍ وشدّ، وتمّ تشكيل هذه الجوائز لتكون غير مرئيّة لتوضّعها على محاذاة السطح الزجاجي، واستخدام كابلات شدٍّ رقيقة فوق وتحت السقف بشكلٍ يحاكي الرسم التخطيطي للحظة الانحناء بسبب أحمال الجاذبية، كما تمّ وضع فتحاتٍ في عناصر الضغط لإزالة المزيد من الوزن من المقطع العرضي. الشكل (5)



الشكل (5) تصميم القوس (Schlaich Bergermann und Partner)

العوامل التي ساهمت بتحقيق التعاون الفعال في المشروع

قيم التصميم المشتركة للشركتين كانت مفتاح النتائج الإيجابية في عملية التصميم، هذه القيم تمثّلت في هذا المشروع بالآتي: الاستخدام الفعّال للمواد، الفهم البسيط لمسار الأحمال الهيكلية، وعدم التعقيد في التصميم.

يقول المهندس المعماري الذي قاد المشروع، يورغن هيلمر (Jurgen Hilmer) " الجانب الأكثر أهميةً في عملية التعاون الناجح بين المهندسين المعماريين والمهندسين الإنشائيين لا يعتمد على من يتولى الدور القيادي فيما يتعلق بالقرارات الوظيفية والجمالية، بل الاهتمام بطريقة المقاربة لعملية التصميم، والتصميم الجيد يعتمد على المناقشة، ويتطلّب ذلك توازناً دقيقاً بين أفكار وقرارات التصميم والهيكل الإنشائي، لذلك، يجب تحليل ومعالجة جميع الاعتبارات دون التشكيك في الجهة المسؤولة عن هذا الجانب أو ذاك. **حيث أنّ عملية التصميم موجهةٌ لإنشاء مبنى ذو فكرةٍ تصميميةٍ شاملةٍ ومتناسقة. هذا يعتمد على وجود فلسفةٍ مشتركةٍ للتصميم.** وتشمل الفلسفة الاستخدام الفعّال للمواد، والفهم البسيط لمسار الأحمال الهيكلية، وعدم التعقيد في التصميم، حيث يمكن إيصال فكرة التصميم وطريقة عمله دون الحاجة إلى الكثير من التعقيد، كما الحال في محطة برلين المركزية."

روح التعاون والألفة والفهم الجيد للمبادئ الهيكلية بين المعماريين والإنشائيين نتيجة العمل لسنواتٍ بمشاريع مشتركةٍ على حسب هيلمر، تأثير عمل الشركتين لفترةٍ طويلةٍ على عملية التصميم أمرٌ أشار إليه شوبير أيضاً، حيث قال: "ولأننا عملنا مع [...] مرات عديدة [...] لذلك نعرف أنّ عملية التعاون ستكون فعالة. حيث أن هؤلاء المعماريون يتقبّلون الهيكل الإنشائي الذي يعبّر عن التصميم" [4]

4.2- متحف توليدو الزجاجي (Toledo Museum of (Art Glass Pavilion

صمّم المبنى المكتب المعماري سانا سيجيما ونيشيزاوا وشركاه (SANAA Kazuyo Sejima & Ryue Nishizawa)، من أعمالهم المعروفة مركز روليكس في سويسرا، المتحف الجديد للفن المعاصر في مدينة نيويورك، ومتحف الأقمار الصناعية في مدينة لنس الفرنسية.

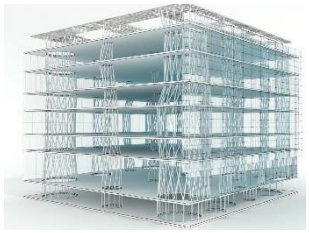
صمّم المهندس الإنشائي موتوسرو ساساكي (Mutsuro Sasaki) هيكل المبنى بالتعاون مع المهندسين المعماريين في البداية، ثم مع فريق الهندسة في غاي نوردنسون وشركاه. (Guy Norden son)

أراد فريق التصميم خلق أكبر قدرٍ من الشفافية في التصميم، ولتحقيق هذا الأمر، تمّ استخدام هيكلٍ إنشائي بسيط مؤلّفٍ من (35) عمود نحيف تنحسر خلف الزجاج أو تكون مخفيةً في الأقسام القليلة من الجدران غير الشافّة، مما يعطي الإيحاء بأنّ السقف يطفو فوق الجدران الزجاجية، يبدو المبنى عاكساً ولامعاً نهاراً، ولكن في الليل عندما يكون مضاءً من الداخل، يختفي الزجاج وتظهر القطع الفنية بشكل صورٍ ظلية. [3]

هناك اثنين من صالات العرض كتيمة الضوء لمنع الضوء من الوصول للأعمال التي قد تتضرر، كما تخفي هذه الجدران الدعامات القطرية التي توفر الاستقرار الجانبي للمبنى، وتنحني الجدران الزجاجية لإضافة التنوع في الحجوم وحركة الزائرين.

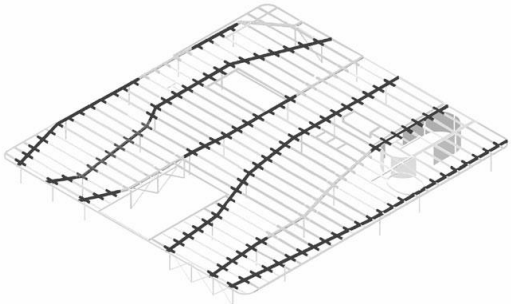
الصورة (6) متحف توليدو الزجاجي، (buildipedia.com)

الحاجة لتحقيق الشفافية فرض وجود عناصر إنشائيةً ذو مقاطع صغيرة، كما أن المسقط المعماري وحركة المعدات اللازمة لنقل القطع الفنية فرض وجود شبكة أعمدة غير منتظمة، وهذا ما شكل تحديا أثناء عملية التصميم، في البداية، تم اقتراح هيكلٍ شبكيّ فراغيّ يناسب شبكة أعمدة غير منتظمة كما في مشروع ميدياتكا ل تويو إيتو (Toyo Ito)، الشكل (6)



الشكل(6) الهيكل الانشائي ل ميدياتكا، (arch1101-2011sw.blogspot.com/)

ولكن تمّ رفض الفكرة كونها مكلفة بسبب الحاجة لعناصر إنشائية غير قياسية، فكان الحلّ النهائي هو توضّع الأعمدة والجوائز على خطٍّ منحنٍ يتماشى مع المسقط، مع الاهتمام بتحليل الأعمدة النحيفة بشكلٍ دقيق لتقليل خطر التحنيب.



الشكل(7) الجوائز المنحنية في السقف الضرورية لتتماشى مع الحركة الوظيفية، (Guy Nordenson and Associates.)

يقول نوردنسون أن هذا النوع من الدراسة للمباني مهمٌّ لفهم نتائج العملية التعاونية، وأن نتيجة التعاون النهائية تكون مخفيّة: "تأثير التعاون هو مخفيّ، لكنه هناك [...] بدأ بتصميم ساساكي للهيكل، وتمّ إكماله من خلال سلسلةٍ من

التعديلات الإضافية [...]، عليك حقاً أن تنظر عن كثبٍ إلى الأشياء [...] لفكّ التشابكات التي تحدُث بسبب عمل عددٍ من المتعاونين فيها." [4]

العوامل التي ساهمت بتحقيق التعاون الفعال في المشروع

المقاربة للمهندس الإنشائي في عملية التصميم التي تعتمد على المناقشة لفهم الغاية من التصاميم، بدلاً من إعطاء الاستشارة الإنشائية فقط، يقول أوكي توشيهيرو (Toshihiro Oki): "هو [ساساكي] دائماً في المكتب، [...] يشارك الآخرين دائماً في المشاريع كجزءٍ لا يتجزّأ من البداية، من المرحلة المفاهيمية [...] إنّه لا يعطي توجيهات للتصميم، ولكنّه يقوم بمناقشة ردود الفعل، وعلى أساسها تحدث التغيرات في التصميم ويتطور، إنه لا يقول "يجب أن نجعل البناء من هذه المواد" ولكن إذا قام المهندسون المعماريون بتوجيه أسئلةٍ محدّدةٍ له مثل، "ما رأيك في هذا التباعد بين الأعمدة أو هذا النوع من الهيكل، يمكننا أن نفعل ذلك من الخرسانة أو الصلب؟"، فهو يعود مع بعض ردود التي لم تخطُر على بال المصممين أثناء عملهم، إنّها عمليةُ أسئلةٍ وأجوبةٍ محدّدةٍ للغاية، ولكن بناءً على ملاحظاته، يميل التصميم إلى التطور، [...] لهذا السبب أعتقد أن الهندسة المعمارية والهندسة الإنشائية متكاملةٌ جداً في مكتب سانا." [4]

3. المناقشة

كما قال نوردسون في مشروع متحف توليدو الزجاجي، غالباً ما تكون نتيجة التعاون في العملية التصميمية مخفيّة ضمن العمل المتكامل، ولكن بالمقابل، تكون نتيجة عدم التعاون ظاهرةً من خلال ظهور المشاكل في دمج الهيكل الإنشائي مع الوظيفة، أو الشكل المعماري، أو الخدمات، أو قد يكون دور التعاون في عملية التصميم من خلال إتاحة مجالٍ أكبر لاستكشاف الحلول في وقتٍ مبكّر لزيادة فرص الوصول لحلولٍ أكثر تكاملاً، من خلال التحكُّم، أو التلاعب بعددٍ من المتغيرات، أو عندما يكون المتطلب المعماري يستوجِب متطلّباً إنشائياً معقّداً أو خارجاً عن المألوف، كالهيكل الإنشائي الذي يتْبعُ تيار الهاي تك، كما في حل القوس غير المكافئ في مشروع محطة برلين، عندها يصبح للتعاون مع المهندس الإنشائي أساسياً، كونه يصبح من الصعب للمهندس المعماري تصوّر شكل الهيكل الإنشائي بتفاصيله الضرورية لإتمام العملية التصميمية دون الإنشائي.

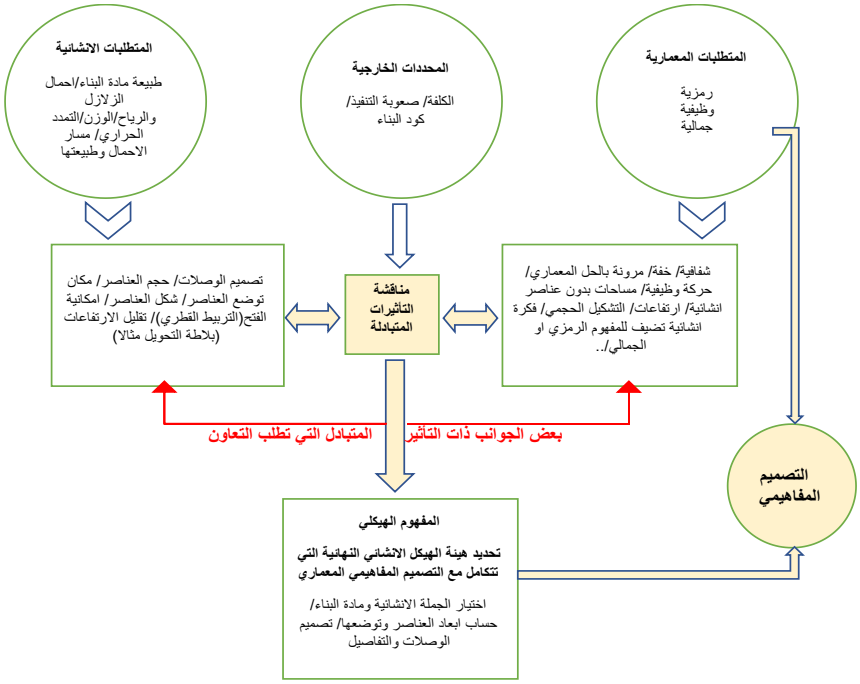
يأخذ التعاون بين المعماري والإنشائي أهميةً في العملية التصميمية في الجوانب التي تتداخَل فيها المتطلّبات المعمارية مع المتطلّبات الإنشائية، كالشفافية التي يطلبُها المعماري مقابل المتطلبات الإنشائية المتمثّلة بالحاجة للتدعيم القطري على سبيل المثال، الخفّة مقابل المتانة، أو الحاجة لفراغاتٍ بدون عناصر إنشائيةٍ مُعيقةٍ مقابل قيود إعاقة مسارات الأحمال، ولكن حتّى هذا التداخُل يختلف بطبيعته بحسب سياق المشروع، وما تُحدّده رؤية المعماري لهذا المشروع، مثلاً، مُتطلّب تحقيق الشفافية كان مطلوباً في جميع المشاريع التي طُرحت، ولكنّ الحاجة للشفافية اختلفت بحسب رؤية المعماري لها، وبالتالي اختلف الحلّ الإنشائي طبقاً لذلك، في اتحاد كوبر، كانت الحاجة للشفافية وظيفية، حيث أراد المعماريون تأمين أكبر قدرٍ من الإنارة للدرج، فجاء الحلّ تقليدياً باستخدام الكابلات بحكم كون مقاطعها أصغر، كما كانت الحاجة للشفافية في مشروع بيتو بروكلين وظيفية، فرضها كون المبنى عالٍ ويحتاج للتدعيم القطري الذي قد يعيق الفتح في الوحدات السكنية، أما في محطة برلين ومتحف توليدو الزجاجي، كانت الشفافية رمزيةً أكثر، حيث أراد المعماريون حلّاً إنشائياً مُبتكراً يشكّل إضافةً للتصميم المفاهيمي ككُلْ، بكلّ المشاريع التي طُرحت، كان فهم الإنشائي للسبب وراء المتطلّب المعماري (وظيفي، رمزي،

جمالي) هو عاملاً أساسياً لطرح الحلول التي خدمت رؤية المشروع، بدلاً من مُجرّد إعطاء الإجابات عن أسئلةٍ مُحدّدة.
لا تنتهي العملية التصميمية بالموازنة بين المتطلّبات المعمارية والإنشائية فحسب، بل تتداخَل مع اعتباراتٍ أخرى تؤثّر أيضاً على القرارات التصميمية، في مشروع متحف توليدو، تمّت مناقشة فكرة استخدام السطح الشبكيّ الفراغيّ كوْنه يناسب الحلّ الوظيفي لشبكةٍ من الأعمدة غير المنتظمة، لكن تمّ رفض الفكرة لاعتبارها مكلفة، كما يوجد مشاريع يُتاح فيها فرصاً أقلّ للحلول الإنشائية الخارجة عن المألوف، كما في تصميم المشافي، متطلبات الكود، رغبة الزبائن، عندها تصبح العملية التصميمية، وبطبيعة الحال، فرص الحصول على حلولٍ مبتكرة نتيجة التعاون أكثر تقييداً.
على الرّغم من أهمية أن يقوم الإنشائي بمحاولاتٍ لتحقيق رؤية المعماري، إلا أنه من الضروري على المعماري أن يتقبّل أن بعض الأمور يجب أن تتعدل لتناسب المتطلّبات الإنشائية، كما في مثال اتحاد كوبر، حيث قام المعماريون بتعديل الوظيفة في الطابق الأول لمكاتب لتناسب الارتفاع المطلوب لجائز التحويل، في مثالٍ آخر، يقول جون أوزون (Jørn Utzon) بُعَيد تجربته بتصميم السقف المشهور لأوبرا سيدني، (الذي قام بإعادة تصميمه ليناسب المتطلّبات الإنشائية): " الحقيقة هي أنّه على المعماري أن يقبل بقوانين الفيزياء، ويتقبّل الإمكانيات التي يقدمها التصميم الإنشائي في زمننا الحالي"
العملية التصميمية في جميع الأمثلة اتسمت بالمناقشة بين المعماري والإنشائي، هذا يتطلّب تخصيص الوقت للمناقشة أثناء عملية التصميم بدلاً من مجرّد الاستشارة عند الضرورة، كما تتطلّب المناقشة وجود قدرة لدى المعماري على فهم المتطلبات الإنشائية؛ كما في اتحاد كوبر، حيث ذُكِر أنّ الحلول بدأت من خلال طرح المفاهيم الهيكلية الأولية التي تعتمد على الحدس والخبرة، كون المعماري يحتاج لهذا الفهم أثناء العملية التصميمية أكثر من الحسابات، ذُكِر ذلك أيضاً في مشروع محطة برلين، حيث اعتمدت المناقشات على الفهم البسيط لمسار الأحمال الهيكلية لتطوير التصاميم، وبذلك نرى أنّ قدرة الإنشائي والمعماري على التواصل تتعزّز من خلال "لغةٍ مشتركةٍ" أساسها هو طرح المفاهيم الهيكلية الأولية اعتماداً على الحدس والخبرة والفهم البسيط لمسار الأحمال الهيكلية؛ يلاحظ أيضاً من جميع الأمثلة أن القدرة على التواصل تعزّزت من خلال عمل المعماري والإنشائي معاً لفترةٍ طويلة، حيث يعزّز ذلك من الثقة وفهم أسلوب عمل الآخر وأهدافه، ونرى من مشروع بيتو بروكلين استخدام الأدوات الرقمية كالبرمجيات التي تدعم البيم لتسهيل تنسيق عملية التصميم التعاونية.
يحتاج المعماري للحرية والمرونة لاستكشاف الحلول في المراحل الأولى من عملية التصميم، فالفترة الأولية لتطوير الفكرة التصميمية هي فترةٌ يُفضّل ألّا يتخلّلها استشاراتٌ إنشائيةً كثيرةً قد تعيق عملية التصميم، ولكن الاقتراح هو أن يعطى الإنشائي دوراً أكبر أثناء عملية التصميم من خلال المناقشة لاستكشاف خيارات الهيكل الإنشائي المناسبة من ناحية الكلفة؛ ومن ناحية الوصول لتصميمٍ متكاملٍ من الناحية المعمارية والإنشائية.

الجدول (1) ملخص تحليل الأمثلة العالمية

	اتحاد كوبر	محطة برلين الرئيسية	متحف توليدو الزجاجي
الجانب من العملية التصميمية الذي تم فيه التعاون	حل مشكلة عدم جمالية الوصلات بين العناصر الخرسانية والعناصر الفولاذية التي فرضها استخدام الشكل المنحوت الملتوي في الفراغ الداخلي للمبنى	مشكلة التمدد الحراري نتيجة لطول المبنى الكبير ٤٢٢٠م،	الحاجة لتحقيق الشفافية فرض وجود عناصر انشائية ذو مقاطع صغيرة, كما ان المسقط المعماري وحركة المعدات اللازمة لنقل القطع الفنية فرض وجود شبكة اعمدة غير منتظمة
الحلول التي تم اقتراحها	/	جعل الهيكل جسرا معلقا يحمل وزن خمسة طوابق باستخدام الكابلات، بينما تتحمل البلاطة الخرسانية ردود الافعال الافقية الناتجة عن الكابلات.	سطح شبكي فراغي يناسب شبكة اعمدة غير منتظمة كما في مشروع ميدياتك ل ايتو
سبب الرفض		الحل يفرض وجود عناصر الأفقية في الهيكل الخارجي من شأنه ان يعيق مسار القطار	مكلف بسبب الحاجة لعناصر انشائية غير قياسية
الحل النهائي	تقليل سماكة الظفر نحو الخارج ثم وصلها بتحويلة لتساعد بتثبيت العناصر الفولاذية الضرورية لاعطاء الشكل المنحوت الملتوي	استخدام نظام الجوائز الشبكية بوصلات مصممة خصيصا	توضعت الاعمدة والجوائز على خط منحني يتماشى مع المسقط
الصعوبات التي نتجت عن اختيار هذا الحل	التعقيد في تنفيذ حواف البلاطة	الوصلات الضرورية لهذا الحل ليست الأمثل في نقل الحمولات وليست الخيار الأول للانشائي.	الاهتمام بتحليل الاعمدة النحيفة بشكل دقيق لتقليل خطر التحنيب
الجانب من العملية التصميمية الذي تم فيه التعاون	تأمين فراغ بدون عمود في البهو تطلب استخدام بلاطة تحويل عميقة قد تخفض من ارتفاع البهو	استخدام الزجاج للواجهات على الرغم انه في محطات القطارات تزيد الاهتزازات واحتمالات التخريب	
الحلول التي تم اقتراحها	/	جدارًا مؤلفا من شبكة من الكابلات يتم شدها مسبقًا إلى أقصى حد يسمح لها بحمل حمولة الرياح ووزن الأجزاء الزجاجية،	
سبب الرفض		رفضت الفكرة من قبل المعماري باعتبارها بسيطة جدًا	
الحل النهائي	وضع بلاطة التحويل بحيث تتجه للاعلى بدلا من الاسفل، وجعل الطابق الثاني مخصصا للمكاتب بدلا من المخابر التي تحتاج لاسقف مستعارة	تجميع الكابلات المتقاطعة بعيدا عن كابلات مستقيمة عبر زعانف زجاجية لإعطاء عمق للهيكل وخلق سلسلة من جوائز فيرندين العمودية التي تضفي صلابة على الجدار ضد احمال الرياح.	
الصعوبات التي نتجت عن اختيار هذا الحل	صعوبة في تنفيذ جائز التحويل	للتحقق من فاعلية التصميم، أجرى الانشائي سلسلة من الاختبارات والحسابات وبناء النماذج الأولية وصنع نماذج لتصميم زعانف زجاجية	
الجانب من العملية التصميمية الذي تم فيه التعاون	ادخال اكبر قدر من ادخال الانارة الطبيعية للدرج	تصميم قوس ذو مجاز كبير	
الحلول التي تم اقتراحها	ان يكون هيكل الدرج من المعدن	انشاء قوس مكافئ حقيقي يسمح بقوس ضاغط يقضي تماما على عزوم الحمل الميت	
سبب الرفض	الاعمدة في الطوابق السفلى يجب ان تكون كبيرة لتتحمل اوزان الضغط وهذا مالم يناسب المعماريين الذين ارادوا هيكلا ذو شكل فراغي خفيف	رفض المعماري ذلك لكون السقف العالي لايناسب العصر الحالي	
الحل النهائي	اقترح الانشائي شد هيكل الدرج نحو جائز في السقف بدلا من بناء الدرج من الاسفل، كون مقاطع الشدادات اصغر.	تصميم الجائز بتحليل الانحناء إلى ضغط وشد، وتم تشكيل هذه الجوائز لتكون غير مرئية لتوضعها على محاذاة السطح الزجاجي, واستخدام كابلات شد رقيقة فوق وتحت السقف في شكل يحاكي الرسم التخطيطي للحظة الانحناء بسبب أحمال الجاذبية.	

بناءً على ما سبق، **يمكن وصف التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية بكونه عملية مناقشة الجوانب ذات التأثير المتبادل على المتطلّبات المعمارية والإنشائية، بالإضافة للمُحدّدات الخارجية الأخرى، بهدف الوصول للمفهوم الهيكلي الذي يحقّق التكامل مع التصميم المفاهيمي المعماري، مناقشة المفهوم الهيكلي تتمّ بالجوانب والتفصيلات الضرورية لإتمام عملية التصميم، ويبقى للمهندس المعماري دور اساسي في اتخاذ القرارات التصميمية، يكون دور تعاونه مع الإنشائيّ فيها هو النظر لكل المدخلات وتقليل المتغيرات المتداخلة، أو العوائق المحتملة المتعلقة بالجوانب الإنشائية، والاستفادة من المناقشات بطريقةٍ تخدم المفهوم التصميمي والرؤية الشاملة للمشروع. الشكل (8).**



الشكل(8) توضيح دور التعاون بين المعماري والانشائي ضمن العملية التصميمية، (عمل الباحثة)

4. دور التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية محلياً.

تطرح الأمثلة والمناقشة السابقة التساؤلات التالية عن دور التعاون ضمن السياق المحلي:

– ماهو دور التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية محلياً؟

– ماهي الأسباب التي تحدّ من التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية محلياً؟

– ماهو أثرُ محدودية التعاون بين المعماري والانشائي محلياً؟

1.4– توسع كلية الآداب والعلوم الإنسانية في جامعة دمشق

تم تصميم المبنى في عام 2000 بمساحة 60 ألف متر مربع، وتم افتتاحه رسمياً في عام 2021، المبنى هو من تصميم المهندس المعماري د. وائل السمهوري، والمهندس الإنشائي د. غياث الحلاق، يتكوّن المشروع من عدّة كتلٍ متّصلةٍ أحدها يحوي القاعات التدريسية المختلفة، وبرج مكاتب يخدم العملية التعليمية، وكتلة للمطاعم والمقاهي وغيرها من الخدمات، يتألف المبنى من ثلاث مدرجاتٍ كبيرةٍ سعةُ كلّ منها (300) كرسي، (15) مدرجاً تعليمياً بطاقة استيعابية (140) طالباً في كل منها، و(12) قاعة تدريسية تتسع كل منها لـ (110) طلاب، إضافة إلى (16) مكتباً إدارياً.

الصورة(7) توسع كلية الاداب والعلوم الإنسانية، مصدر الصورة (9)

كانت الفكرة المعمارية هي "بخلق امتداداتٍ خطيةٍ (وشبه خطية) تخرق التخطيط الشبكي الرتيب للوضع الراهن وتفكّكه [..]، وبذلك تربط الفراغات المحيطة غير المصمّمة وتجذبها نحو فراغٍ عامٍ مركزي [..] ومن جهةٍ أخرى، تعطي كتلة برجية عالية توازناً مضاداً" [9]، كما يقول المعماري أن الكتل تم

تصميمها لتقوم بالتعريف عن الفراغات، وأن الأبهاء والممرات تخدم حدوث التجمعات التفاعلية بين مستخدمي المبنى، عن طريق تصميم ممشى خلفي يشكل امتداداً لمحور الدخول الرئيسي. وأروقة فراغاتٍ تمهيدية، وفراغاتٍ على شكل ميزانين على عدّة مستويات، ويضفي تصميم الأدراج بشكلٍ مفتوح ديناميكيةً من حيث الشكل والحركة الوظيفية، وعلى الرّغم من حرص المصمم على خلق فراغاتٍ تعايشية، إلا أنّه حرص أيضاً على تأمين الخصوصية للأقسام التدريسية المختلفة، عن طريق تخصيص خدماتٍ متكاملةٍ في كلّ طابق لتشكل استقلالية أفقية لكل قسمٍ تدريسي، وتُطلُّ جميعها على فراغٍ مركزيّ جامعٍ متطاول الشكل، وبذلك أمّن المعماريّ اتصالاً بصرياً شاقولياً يُوحّد أقسام المبنى، مع تأمين الخصوصية الإدارية والتشغيلية المطلوبة لكلّ جزء. [9]

بالإضافة لكون هذه النقاط مكوناً للمفهوم التصميمي، يوجد فكرٌ آخرٌ ساهم بدوره بتكوين المفهوم التصميمي للمنتَج المعماري المذكور، وهو توجُّه المعماري بأنْ يخدُمَ النظام الإنشائي وعناصرُه المختلفة التشكيلَ المعماري بشكلٍ واضح ، نرى ذلك من خلال خلق الامتدادات الخطية باستخدام العناصر الانشائية التي ظهرت نحو الخارج، هذه الامتدادات الخطية قامت بخرق الرتابة التي تخلقها الحجوم الكبيرة عادةً من خلال تقسيمها بصرياً لنسبٍ موديولية. الشكل (9)

الشكل (9) ظهور العناصر الانشائية على تشكيل المبنى من الخارج، مصدر الشكل (10)

هذا الاستخدام للعناصر الإنشائية في التشكيل المعماري تمّ بشكلٍ مضبوطٍ من حيث الأبعاد، التباعد بينها، وحتى بشكلها ليخدم التشكيل المعماري بالشكل الصحيح، يظهر ذلك بطريقة استخدام الأعمدة المُفرّغة الموجودة على جوانب البهو المركزي، الصورة (8) ، هذه التفريغات بالأعمدة تتداخل مع البلاطات، خلْق هذه التفريغات يحتاج لتوازنٍ دقيق بين النسب الجمالية لهذه التفريغات وتحقيق المتانة الانشائية المطلوبة، وهنا جاء التعاون بين المعماري والإنشائي بهذا الخصوص، كان اقتراح استخدام الأعمدة المُفرّغة من قبل المعماري، وقد قام الإنشائي بحساب الأبعاد التي يحتاجها العمود على حسب الأحمال، وكانت النتيجة هي النسب بالتفريغ التي ظهرت بالتشكيل النهائي ناتجة عن هذه الحسابات التي قام بها الإنشائي، وقد حافظ الإنشائي على التفريغ حتى عند مستوى البلاطة كما أراد المعماري، ولكنّه احتاج للربط بين جزئي العمود عند منسوبٍ معين، وقد قال الدكتور الحلاق عن هذه الجزئية: "هذه الأعمدة مُفرّغة عند مستوى البلاطة وحتى منسوب معين حيث احتجت لمقطعٍ إنشائي" [11]

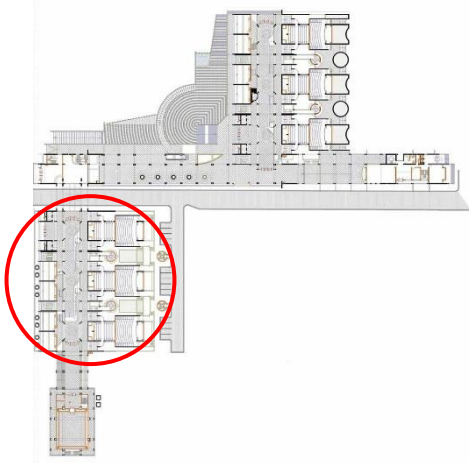
شكْلُ تصميم الأدراج في البهو نقطة احتاجت نقاشاً بين المعماري والانشائي، حيث أراد المعماري تصميمَ درجٍ يكون حرّاً من العناصر الإنشائية في طرفه المقابل للبهو، وغير مقيد من الأسفل قدر الإمكان، وكانت النتيجة النهائية باستخدام امتدادٍ لجوائز ظفرية، احتاجَ أحدُ الأدراج لتدعيمٍ إضافي للجائز الممتد من البلاطات باتجاه الدرج، كان هذا التدعيم بإضافة عنصر انشائي مائل يخفف من الحاجة لسماكات أكبر لتلك العناصر، يسمى بالعمود الفرعوني، عن هذه الجزئية بالتصميم يقول د. الحلاق "ظهرت مشكلة تحميل الدرج، حيث أراد المعماري استخدام تصميم درجٍ على شكل سنّ المنشار، إلا أنّني أخبرته أنّ الدرجَ يحتاج لسندٍ، فكان الحلّ باستخدام العمود الفرعوني ليكون السند الأساسي للدرج". [11]

الصور (8)، (9)، في الأعلى: طريقة تحميل الدرج يظهر فيها الجوائز الظفرية والعمود الفرعوني، في الأسفل: شكل الأعمدة المفرغة، مصدر الصور (9)

كما كان أثر استخدام العناصر الانشائية لتعبر عن التشكيل المعماري ظاهراً في تصميم الفتحة السماوية في البهو، حيث تمّ تشكيلُها من جائزين متقاطعين كتيمين بشكلٍ قطريّ بزاوية (45) ضمن دائرة من النور، هذا الشكل الهندسي الناتج من الظلّ والنور على الرغم من بساطته، إلّا أنّه شكلٌ صريحٌ وملفتٌ، ويعطي انطباعاً قوياً لدى رائدي المبنى قد يدوم أثره في الذاكرة، بحيث أنه عندما يُذكر اسم المبنى على سبيل المثال، يتمّ ربطه بالذاكرة بشكل الفتحة السماوية، وبهذا يكون التشكيل الإنشائي قد خدم مفهوماً رمزياً للمبنى.

الصور (10)، (11) على اليمين: صورة من الأسفل للأعمدة المائلة والتربيط الزلزالي، على اليسار: صورة للبهو يظهر اثر استخدام تصميم السقف على أجواء الفراغ الداخلي. مصدر الصور (10)

وعن كيفيّة الوصول لهذا التصميم يقول د. الحلاق: "أراد المعماري تصميمَ الأعمدة بدرجة (45)، وقد أخبرتُ المعماري عن الحاجة لربط الأعمدة عند منسوب معين، وهذه الجوائز هي أمرٌ أساسيٌ لضمان الاستقرار الانشائي" [11] حيث يحتاج المبنى لتربيطٍ أفقي لضمان السلامة الانشائية في حالة حدوث زلزال، وجاء الحل الإنشائي بعد المناقشة بين المعماري والإنشائي باستخدام الجوائز المتصالبة على هذا الشكل.



الشكل(10) المسقط المعماري للمشروع، ضمن الدائرة تظهر الأعمدة المائلة (45) درجة على المستوى الأفقي، مصدر الشكل (10)

تمّ اختيار منذ مرحلة مبكرة من التصميم استخدام البلاطات الخرسانية المعصّبة باتجاه أو باتجاهين، لكونها تُحقّق المجازات المطلوبة التي تناسب المتطلبات المعمارية، ويمكن تنفيذها ضمن الإمكانات المحلية، كان أحد المحددات التي أثّرت على تكوين الفكرة الإنشائية والتي أثّرت بدورها على الفكرة المعمارية هي الاقتصادية، حيث تمّ التصميم على أساس وحداتٍ موديولية مُتكرّرة تضمن استخدام قوالبَ صبّ بأبعادٍ قياسية يمكن تكرارها. [9]

بتحليل المبنى عن طريق الملاحظة، وبعد إجراء المقابلات مع الدكاترة المصممين، يلاحَظ وجود درجة من الانسجام بين العناصر المعمارية والانشائية في المثال بشكلٍ حقّق التكامل الذي خدم تحقيق المتطلبات المعمارية والإنشائية، وساهم بدوره بتكوين المفهوم التصميمي، قد يعزى ذلك لعدّة أسباب، فالدكتور السمهوري يدعم التوجه بأن التصميم المعماري يجب أن يتم بشكلّ كليّ (holistic)، أي فهم أن الأجزاء المكونة للمنتج المعماري هي مرتبطة بشكلٍ وثيق، ويمكن تفسيرها فقط بالرجوع للمجموع الكلي المكوّن لها، [10] وهو يرى بأنّ الجملة الإنشائية هي مُحدّد للشكل المعماري، وبالتالي يُفضّل التفكير بكيفيّة استخدام الجملة الإنشائية في توليد الشكل المعماري في مراحلَ مبّكرة من العملية التصميمية، وهو يرى أنّه يمكن استخدام العناصر الإنشائية لتحقيق جمالية في المبنى، على أن يتمّ ذلك بشكلٍ مدروس، وهذه الجزئيّة هي التي تتطلّب تعاوناً وثيقاً بين المعماريّ والإنشائي، ولكنّه بنفس الوقت طرح التساؤل التالي أثناء المقابلة عن دور الإنشائي في العملية التصميمية: "متى يدخل الإنشائي على عملية التصميم؟" [10] وهذا السؤال الذي تم طرحه في الورقة، والذي ينعكس بحسب طبيعة كل مشروع كم تم مناقشته في الأمثلة العالمية، وأن المعماري يحتاج للمرونة بطرح الأفكار المعمارية في مرحلة التصميم المفاهيمي، ويأتي دور الإنشائي داعماً في العملية التصميمية في النقاط التي تحتاج لدرجة من التفصيل بكيف ستؤثر الجملة الانشائية على المتطلبات المعمارية، وكيف ستسهم بتحقيق الرمزية المطلوبة.

العامل الآخر الذي ساهم بتحقيق درجة من التكامل بين المتطلبات المعمارية والإنشائية في المثال المطروح هو وجود درجة من الكفاءة لدى المعماري بالمعارف الانشائية، حيث كان للمعماري دورا في تحديد الجملة الإنشائية بالتفاصيل التي قد تؤثر بالمتطلبات المعمارية، على سبيل المثال، قام د. السمهوري بالتنبؤ بسماكة البلاطة المعصّبة باتجاهين بأنها ستحتاج بأن تكون بسماكة (45) سم، وهذا ما تمّ تأكيده بعد القيام بالحسابات الإنشائية، وقام د. السمهوري بالإيجاب عند سؤاله بأن كانت الخبرة قد لعبت دوراً بكيفية قدرته على القيام بهذا التنبؤ، ويقول المعماري أنه يستخدم "الحدس الإنشائي" [10]

كما أن المعماري كان له دور في اقتراح استخدام العناصر الانشائية الخارجة عن المألوف (كالأعمدة المفرغة المتداخلة مع البلاطة، والأعمدة التي تميل بنسبة 45 على المستوى الأفقي) معرفة المعماري بإمكانية استخدام هذه العناصر في التصميم كان له دور أساسي في دمجها مع الفكرة التصميمية، ويأتي دور الانشائي بمناقشة الاشتراطات الانشائية المرافقة لاستخدام هذه العناصر، والتعاون بينهما في هذه المرحلة ضروري لتحديد كيف تؤثر الاشتراطات الانشائية لهذه العناصر بتفاصيلها على شكل ووظيفة المبنى.

كما أن رغبة الانشائي بإنجاح الفكرة التي يضعها المعماري، وخبرته بالمعارف المتعلقة باختصاصه لها دور أساسي بتحقيق التعاون الفعال على رأي د.حلاق: " يجب على الانشائي ان يكون بخبرة كافية ليستطيع تنفيذ الفكرة التصميمية للمعماري، التي عادة ما تكون عامة، وبالتعاون مع الانشائي تظهر بتفاصيلها التي تساهم بوصول العمل المعماري للتميز" [11]

أخيرا، وعن رأي المعماري والانشائي بأهمية التعاون بين الاختصاصين، يقول د. السمهوري: "أهم سبب لمرض البناء هي الفصل الحاد بين الاختصاصات، وعدم فهم نقطة التقاطع الواسعة بين الاختصاصين، والاستقطاب وغير النضوج على الصعيد المهني" [10]

وبرأي د. الحلاق أن للإنشائي دور في إنجاح او إفشال الفكرة التصميمية بسبب التداخل بين الاختصاصين، وبالأخصّ التداخل بين القرارات المتعلّقة بالسّلامة الإنشائية وتأثيرها على القرارات التصميمية: "إذا أراد الإنشائي إنجاح المعماري يستطيع إنجاحه، وإذا أراد إفشاله يستطيع ذلك، بحيث يُدخله بمتاهة السلامة الإنشائية على حساب الجمالية، باعتبار السلامة الإنشائية هي عنصر هام جدا في العمل المعماري، لهذا يجب على الإنشائي أن يكون مُستعداً لوضع الجهد لتنفيذ فكرة المعماري بالطريقة المناسبة، حتى لو تطلّب ذلك حساباتٍ طويلة وحجمَ عملٍ كبير، وفي حال عدم إيمان الإنشائي بالفكرة التصميمية قد يقوم برفضها وهذا ما يحدث كثيراً في الممارسة العملية" [11]

مثال عن محاولة الإنشائي إنجاح فكرة المعماري بالطريقة المناسبة هو اقتراحه تغيير نوع الجملة الإنشائية من جملة إطارات، لجملة تستخدم الجوائز المقلوبة نحو الخارج لتصبح ظاهرة في التشكيل الخارجي للمبنى.

2.4- دور التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية محلياً

نرى من خلال الأمثلة أنّه يوجد توجهٌ لتنامي دور التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية عالمياً، حيث تتزايد الأمثلة عن التوجه بالعملية التصميمية من التعامل معها على أنها عمليةٌ فرديةٌ غامضة، لتُشرِك الخبرات التخصصية مثل الهندسة الإنشائية، الميكانيكية، الكهربائية وغيرهم في "فرق تصميم"، يكون دور التعاون في العملية التصميمية من خلال إسهام الخبراء الاستشاريين في إثراء مشروع التصميم بمجموعة من المدخلات، وعرض توجهاتهم لحل المشاكل التصميمية، على أن يقوم المهندس المعماري بالتنسيق بينها بطريقةٍ تتناسب مع المفهوم العام وتُكمّله، ومن هؤلاء الاختصاصيين هو الإنشائي الذي يزداد دوره في تشكيل القرارات التصميمية، بعد أن كان يقتصر دوره في المقاربة "التقليدية" لعملية التصميم على تقديم الاستشارة الإنشائية.

بالمقابل، نرى أنه لايزال دور التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية محدوداً في سورية، يتّبع المعماري والإنشائي المقاربة "التقليدية" في العملية التصميمية، هذه المقاربة التقليدية يقوم فيها المعماري عادةً بالاتفاق مع الزبون على الفكرة العامة للتصميم، ثمّ يقوم بتطوير التصميم الأولي، ويقوم خلال العملية التصميمية باستشارة الاختصاصات، وبعد تطوير المفهوم التصميمي، يدخل الإنشائي والاختصاصات الأخرى مع المعماري لتطوير الفكرة التصميمية من العموميات لمزيدٍ من التفصيل وتحديد السمات الأساسية للمتطلّبات التقنية والإنشائية للمشروع.

3.4- الأسباب التي تحدُّ من التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية محلياً

على الرغم من وجود أمثلة إيجابية عن التعاون بين المعماري والانشائي محليا كما تم طرحه بالمثال المخلي، إلا أنه وبشكل عام لا يزال التعاون المحلي بين المعماري والانشائي محدودا.

قد لا تكون طريقة المقاربة التقليدية هذه هي سبب المحدودية بالتعاون بين المعماري والإنشائي محلياً، بل بعدم التبادلية في طرح الحلول عند الاستشارة الهندسية، تقتصر الاستشارة الهندسية خلال عملية التصميم بالسؤال عند الضرورة لأشياءٍ محددة، عدم التبادلية هذا قد يعود للأسباب التالية:

- يميل المهندسون المعماريون محلياً لعدم التعاون، قد يعود ذلك لخوف المهندسين المعماريين من تقليل دورهم القيادي، أو

لخوفهم من أن يؤدي عدم مرونة الإنشائي في التفاعل مع الأفكار التصميمية للحدّ من الخيارات التصميمية.

– ضوابط البناء الصارمة في سورية لا تسمح بهامشٍ كبيرٍ من استكشاف مفاهيمٍ هيكليةٍ جديدةٍ تحتاج للتعاون، حيث أصبحت الخيارات الهيكلية وطرق تضمينها في التصاميم مألوفةً لدى المعماري، ويستطيع القيام بها وحده بقليلٍ من الخبرة دون الحاجة للعودة للإنشائي إلّا عند الضرورة.

– البرامج الأكاديمية للمعماري والإنشائي محلياً تتبنّى الانفرادية والعزلة، فخلال السنين الأكاديمية في الكليتين المعمارية وأقسام الهندسة الإنشائية يتمّ ترسيخ فكرة أن المعماري هو وحده المسؤول عن القرارات التصميمية، وأن دور الإنشائي يقتصر على القيام بالدراسة الحسابية، وليس له دورٌ باختيار الجمل الإنشائية والمفاهيم الهيكلية في العملية التصميمية.

– رغبة الزبون بتقليل التكلفة ولو على حساب الجودة بإعطاء دور المعماري للإنشائي في القرارات التصميمية، أو بالعكس، وبالتالي إلغاء دور المعماري أو الإنشائي بغرض تقليل التكلفة التي قد تزيد في حال التعاقد مع مهندسين مختلفين والتي قد يرى الزبون أنه لا يوجد لها داع؛ هذا الأمر يتعزّز بقلّة المكاتب الهندسية الاستشارية التي ترْتكِز على التشاركية بين المعماري والإنشائي في المكتب الواحد، عندها يحتاج الزبون لدفع الكلف الإضافية للتصميم بسبب الحاجة لتكليف مكتبين منفصلين، خاصّةً في المشاريع الصغيرة أو المتوسطة.

– قد يتَجنَّب المعماري أو الإنشائي التعاون بسبب ضعف الكفاءات عند أحد الطرفين أو كليهما، كوجود نقصٍ في الفهم الضروري للسلوك الإنشائي ومتطلباته الأساسية لدى المعماري، مما يؤثّر على قدرته على التواصل، أو بسبب ضعف الكفاءة الهندسية لدى الإنشائي خارج إطار تقنيات البناء والجمل الإنشائية المألوفة محلياً، مما يؤدّي لتفادي الحلول الإنشائية التي لم تُجرّب محلياً من قبل كونها قد تحمل نوع من "المخاطرة".

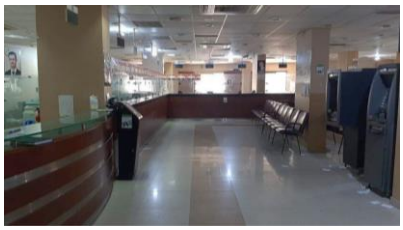
بينما بالمقابل، نرى عدداً من العوامل التي ساهمت بتعزيز التعاون بين المعماري والإنشائي من خلال الأمثلة، كتواجد الكفاءات المعرفية؛ كفهم السلوك الإنشائي لدى المعماري وقدرة الإنشائي على شرح المتطلبات الإنشائية بالطريقة والقدر الذي يلزم للمعماري، ورأينا استخداماً للأدوات التي تدعم التعاون كالبيم (BIM)، كما يلحظ وجود قدر من الفهم والاحترام المتبادل لدور كل اختصاص ودعماً لقراراته، وغلبت الشراكة طويلة الأمد على العلاقة بين المكاتب المعمارية والمكاتب الإنشائية مما عزّز الثقة، والمناقشة بالاتجاه الذي يخدم العملية التصميمية.

4.4- أثر محدودية التعاون بين المعماري والإنشائي محلياً

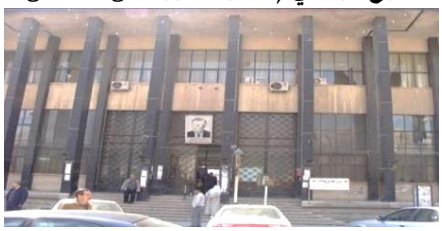
الأثر السلبي لمحدودية التعاون بين المعماري والإنشائي قد تكون ظاهرةً أو غير ظاهرةٍ بتصاميم المباني في سورية، يكون الأثر سلبياً بشكلٍ غير ظاهرٍ عن طريق تأثيره على القرارات التصميمية، من خلال تجنُّب اتخاذ القرارات التصميمية التي تحوي حلولاً إنشائيةً خارجةً عن المألوف، وهذا يقوم بتغليب نوعٍ معينٍ من الحلول التصميمية والإنشائية، دون أيّ استكشافٍ للتقنيات الحديثة، فعلى الرغم من الإيجابيات الكثيرة لاستخدام تقنيات البناء بالخرسانة المسلحة – من توافرها، ولكونها اقتصادية، والإمكانيات التي تقدمها وسهولة تنفيذها مما ساهم بانتشارها بشكل كبير– إلّا أن محدودية التعاون قام بتقليص دور الإنشائي لاختصاصيٍّ في الحسابات الإنشائية بالخرسانة المسلحة كونها السائدة محلياً، كما يغلب على المشاريع الهندسية الطابع العملي، حيث لا يوجد الكثير من الأمثلة المعمارية ذات مفاهيمٍ هيكلية خارجةٍ عن السائد، أو التي تحمل درجةً من التعقيد، أو "استعراضية"، وهي الأمثلة التي غالباً ما تحتاج للتعاون الوثيق بين المعماري والإنشائي

لكونها تتطلب حلولاً مبتكرة خارج نطاق المألوف محلياً، (مع عدم الخوض بمفهوم "المشاريع الاستعراضية" ومدى مناسبتها لطابعنا المحلي إن كانت تشكّل إضافة رمزية إيجابية للواقع العمراني في سورية أم لا)، تطوير التصاميم التي تحمل مفاهيماً هيكلية جديدة محلياً لايزال غير مستكشفا، وأحد أسباب ذلك هو محدودية التعاون بين المعماري والإنشائي.

كما يظهر أثر محدودية التعاون بشكلٍ ظاهرٍ على تصاميم المباني من خلال ظهور مشاكل في دمج العناصر الإنشائية مع المتطلبات الوظيفية أو الجمالية؛ كما في الصورة (7)، أو الصورة (8)، أو من خلال ازدياد كُلف المشاريع.



الصورة(12) فرع المصرف العقاري في بانياس، تظهر فيه أحد الأعمدة معيقة للفراغ الوظيفي.(مصدر الصورة:Google Images)



الصورة(13) عدلية حلب، تظهر فيه الأعمدة معيقة للواجهات.(مصدر الصورة:Google Images)

5. النتائج

1- التعاون بين المعماري والإنشائي في العملية التصميمية يتعلق بمناقشة الجوانب ذات التأثير المتبادل على المتطلّبات المعمارية والإنشائية، بالإضافة للمُحدّدات الخارجية الأخرى، بهدف الوصول للمفهوم الهيكلي الذي يحقّق التكامل مع التصميم المفاهيمي المعماري، مناقشة المفهوم الهيكلي تتمّ بالجوانب والتفصيلات الضرورية لإتمام عملية التصميم، ويبقى للمهندس المعماري الدور الاساسي في قرارات العملية التصميمية، يكون دور تعاونه مع الإنشائيّ فيها هو النظر لكل المدخلات وتقليل المتغيرات المتداخلة، أو العوائق المحتملة المتعلقة بالجوانب الإنشائية، والاستفادة من المناقشات بطريقةٍ تخدم المفهوم التصميمي والرؤية الشاملة للمشروع.

2- يساهم عدد من العوامل بتعزيز التعاون بين المعماري والإنشائي، أولاً، هو وجود الكفاءة المعرفية في المواضيع الإنشائية لدى المعماري والإنشائي، مع اختلاف ماهية و درجة الكفاءة بينهما، حيث تفيد الكفاءة المعرفية للإنشائي بزيادة فرص إمكانيته لتطوير او استخدام الجمل الإنشائية الخارجة عن المألوف، بينما تفيد الكفاءة المعرفية للمعماري من خلال اطّلاعه على أنواع الجمل الإنشائية وكيفية عملها بزيادة معرفته بإمكانية اختيار وطرح الجمل والعناصر الإنشائية التي تخدمه في فكرته التصميمية، بالاضافة لتعزيز التواصل مع الإنشائي، نوع الكفاءة المعرفية لدى المعماري يختلف بأسلوب تعزيزه عن الكفاءة لدى الإنشائي، حيث قد يكون من خلال تعزيز الحدس الإنشائي لديه بدرجة أكبر من المعرفة الإنشائية لدى الإنشائي التي تعتمد على المعرفة الرياضية، ولكن يبقى تعلم طريقة تعلم الإنشاء عن طريق الحدس مهما لدى الإنشائي ليساعد في انشاء اللغة المشتركة للتواصل بينهما، من الأمور الاخرى التي تعزّز التعاون هي وجود الفهم والاحترام المتبادل لدور كل اختصاص ودعم قراراته.

3- لايزال دور التعاون بين المعماري والإنشائي في سورية محدوداً، وقد يعود ذلك لعدة أسباب منها: أولا، ضوابط البناء الصارمة التي تحدّ من استكشاف المفاهيم الهيكلية الجديدة، ثانياً، ترسيخ فكرة أن المعماري هو وحده المسؤول عن القرارات التصميمية في البرامج الأكاديمية والممارسة المهنية لاحقاً، ثالثاً، ضعف الكفاءات عند أحد الطرفين أو كليهما من قدرته

على دعم قراراته وأخذ دور الحياد، وخامساً، عدم رغبة الزبون بدفع كلفٍ إضافية للتصاميم بإشراك أكثر من طرف فيها.

-تؤدي المحدودية في العلاقة بين المعماري والإنشائي لتجنُّب اتخاذ القرارات التصميمية التي تحوي الحلول الإنشائية الخارجة عن المألوف محلياً، مما يقوم بتغليب نوع من الحلول الإنشائية دون أي تطوير او ابتكار في دمج المفاهيم الهيكلية مع التصميم المعماري، وما يتبعه ذلك من نمطية في طرح الحلول المعمارية، كما تؤدي محدودية التعاون لظهور مشاكل في دمج العناصر الإنشائية مع المتطلبات الوظيفية أو الجمالية.

6. التوصيات

1- تعزيز التعاون بين المعماري والانشائي في عملية التصميم كثقافة وممارسة؛ من خلال طرح الموضوع للتداول في الوسط الهندسي السوري للمناقشة، للتغلب على النمطية السائدة في العلاقة بين المعماري والانشائي التي تحمل إشكاليات لا تخدم العملية التصميمية بشكل مرض، هذه النمطية في العلاقة تؤثر على الواقع المعماري في سورية، فهي قد لا تخدم تطوير الخيارات التصميمية في دمج المتطلبات المعمارية والإنشائية بشكلٍ متكامل ومبتكر، أو قد تؤدي لمشاكل في دمج المتطلبات الإنشائية بشكلٍ ظاهر ومشوّه لوظيفة الفراغ أو جمالية المبنى.

2- الحاجة للبحث عن صفات "اللغة المشتركة" التي تحسن من طرق التواصل بين المعماري والانشائي، قد تكون هذه اللغة المشتركة تعتمد على فهم السلوك الانشائي عن طريق الحدس والخبرة، ويعززها التفاعل مع الأفكار التصميمية وأسبابها لدى الانشائي، طرق التواصل ضرورية لحدوث المناقشات الضرورية بينهما أثناء عملية التصميم.

3- الحاجة لتطوير كفاءات المعماري والإنشائي محليا من خلال التعليم والممارسة والتدريب المهني لدفع الثقة باتجاه العمل متعدد التخصصات بدلا من الفردية في أخذ القرارات في العملية التصميمية، ويكون دور تعاون المعماري مع الإنشائيّ فيها هو النظر لكل المدخلات وتقليل المتغيرات المتداخلة، أو العوائق المحتملة المتعلقة بالجوانب الإنشائية، والاستفادة من المناقشات بطريقةٍ تخدم المفهوم التصميمي والرؤية الشاملة للمشروع.

4- البحث في تعزيز دور المكاتب الاستشارية التشاركية بين معماريين وإنشائيين في الوسط الهندسي السوري، وما قد تحتاجه لتطوير في القوانين والأنظمة، وجود مثل هذه مكاتب يدعم عمل المعماري والإنشائي لفترة طويلة مما يعطيهم الخبرة الضرورية للعمل متعدد التخصصات، كالثقة، فهم أسلوب عمل الآخر، وغيرها، كما يساهم هذا النوع من المكاتب بتقليل الكلفة على الزبون التي قد تنتج عن أخذ الاستشارة الإنشائية الضرورية أثناء عملية التصميم الأولية في حال عملهم بشكل منفصل.

6.المراجع Reference

[1]-Adeli, H. (2009). Vision for civil and environmental engineering departments in the 21st century. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 135(1), 1-3.

[2]-Brown.M. (2018**) .**The 5 Biggest Modular Buildings in the World، TG Escapes Blog,.retrived on December 2021 from https://www.tgescapes.co.uk/blog/commercial-5-biggest-modular-buildings-world.،

[3]-Campbell, H. (2008). Artists of the Floating World: SANNA, Niedermayr and the Construction of Atmosphere. Architectural Design, 78(3), 92-95.

[4]-Olsen, C., & Mac Namara, S. (2014). Collaborations in architecture and engineering. Routledge.

[5]-Post.N,.(N.D). Developer Gambles on Modular High-Rise for Atlantic Yards Sports Village. Engeneering News Record website, retrieved on December 2021 from https://www.enr.com/articles/172-developer-gambles-on-modular-high-rise-for-atlantic-yards-sports-village?page=2 ،

[6]-Pressman, A. (2014). Designing relationships: The art of collaboration in architecture. Routledge.

[7]-Savanovic, P., & Zeiler, W. (2009). Integral design method for conceptual building design. In DS 58-6: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Vol. 6, Design Methods and Tools (pt. 2), Palo Alto, CA, USA, 24.-27.08. 2009 (pp. 167-178).

[8]-The Institution of Professional Engineers. (2014**).** improving Collaboration Between Architects and Engineers. A Report from The Institution of Professional Engineers New Zealand, the New Zealand Institute of Architects, and the New Zealand Registered Architects Board, supported by the Ministry of Business, Innovation and Employment.

[9] – مقابلة مع الدكتور وائل السمهوري في مجلة تونتي تو (Twenty two) ، نشرت الكترونيا في العدد رقم (25) بتاريخ 22-3-2015

[10]– مقابلة مع الدكتور وائل السمهوري أجريت من قبل الباحثة بتاريخ 16-1-2022

[11]– مقابلة مع الدكتورغياث الحلاق أجريت من قبل الباحثة بتاريخ 15-2-2022