مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

تصميم بناء مسبق الصنع من طابقين مكون من الفولاذ والبيتون يسمح باستنباط وحدات سكنية متغيرة الشكل والوظيفة تصلح للتشييد السريع وإعادة الإعمار

الدكتور دريد سلوم *
الدكتور نايل حسن **

(تاريخ الإيداع 20 / 8 / 2015. قُبِل للنشر في 10/ 11 / 2015)

□ ملخّص □

تتطلب المرحلة التي تعيشها سورية حالياً ابتكار نماذج لوحدات سكنية مختلفة تراعي المتطلبات الوظيفية والمعمارية والأمان مع خصوصية الظروف المحلية والمعيشية. تحقق النماذج المبتكرة حماية العائلة وكسب الوقت واستخدام مواد محلية وإمكانية النقل وإعادة البيع ودعم خطط إعادة الإعمار.

يقدم هذا البحث عمل قام الباحثان فيه ولأول مرة في سوريا بتصميم وتصنيع وتركيب بناء مسبق الصنع من طابقين مكون من بلاطات وجدران بيتونية مؤطرة بصفائح معدنية رقيقة وهيكل معدني خفيف الوزن مركب كلياً بواسطة البراغي. تم دراسة وتنفيذ هذا البناء بحيث يسمح باستنباط وحدات سكنية أخرى مستقلة ومتعددة، متغيرة الشكل والوظيفة، تحقق المتطلبات الوظيفية والأمان ومتطلبات التشييد السريع وإعادة الإعمار وسكن الايواء.

تم تنفيذ الدراسة وإنشاء خطوط انتاج الوحدات السكنية في مبنى إدارة الشركة العامة للبناء والتعمير بموجب عقد استشارة بين جامعة تشرين (يمثلها الباحثان) والشركة العامة للبناء والتعمير. تم الوصول خلال أقل من عام إلى تصميم وإنتاج أربع وحدات سكنية هي: 1- مبنى متصل مكون من طابقين، 2- وحدة سكن كوارث، 3- وحدة مؤسسة عامة، 4- وحدة المدرسة. تحقق الوحدات السكنية المنتجة كافة المعايير المعتمدة لهذا النوع من البناء.

الكلمات المفتاحية: التصميم المعدني، المنشآت المختلطة، مسبق الصنع، وحدات سكنية، التشييد السريع

* **استاذ مساعد – قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية**
** **استاذ مساعد – قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (6) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (6) 2015

Design of tow-story precast structure composed of Steel and concrete enabling of producing varied and multi functional house units good for Rapid construction and Reconstruction

Dr. Doraid Salloum*
Dr. Nael Hasan**

(Received 20 / 8 / 2015. Accepted 10 / 11 / 2015)

□ ABSTRACT □

The recent situation in Syria requires the creation of new housing units models take into account the functional, architectural, and safe requirements, in addition to specialty of local and living conditions. The created models must achieve family protection, time gaining, using local materials, ability of transporting, reselling, rapid construction, and supporting reconstruction plans.

This paper introduces, for the first time in Syria the study, design, fabricating, and erecting of tow-story precast structure composed of reinforced concrete slabs and walls, and light-weight steel structure fully connected by bolts. This structure was designed and implemented in a way that enables producing varied and multi functional house units achieving safety and functional conditions, and rapid construction and reconstruction requirements.

The study was introduced by the authors and it was implemented in the General Company of construction in Lattakia. New production lines of housing units were created from scratch by consulting contract between Tishreen University (the authors) and General Company of construction. In less than one year four housing units were designed and produced:1- tow-story continuous building, 2-disaster housing unit, 3- general marketing unit, 4- school unit. These units achieve all above mentioned requirements.

Keywords: Steel Design, Composite Structure, Pre-fabricated, Housing Unit, Rapid Construction

*Associate Professor, Department of Topography, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
*Associate Professor, Department of Topography, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعتبر مشكلة إيواء المتضررين من الأحداث الأخيرة في سوريا وكذلك إعادة الإعمار تحد كبير لما تتركه من أعباء كبيرة على نفسية المتضررين ومستقبلهم، ويقع على عاتق الدولة ومؤسساتها والباحثين ايجاد الحلول المناسبة لتخطي هذه المشاكل. يعتبر التخطيط المسبق لعمليات الإيواء عن طريق ايجاد وحدات سكنية مسبقة الصنع وسهلة النقل والتركيب واقتصادية من أهم العوامل المساعدة على سرعة الإيواء وتخفيف آثار المعاناة المادية والنفسية والمحفزة على عودة المتضررين إلى حياتهم الطبيعية تدريجياً.

اظهرت صناعة البيتون (الخرسانة) المسبق الصنع ونجاح العديد من مشاريع الأبنية أن تقنية البيتون المسبق الصنع هي عملية واقتصادية وبالمفهوم العالمي تبلغ حصة السوق للأبنية الإطارية (حيث لايكون مطلوباً واجهات معمارية مميزة) هو *5 %* من الأبنية الطابقية العادية. وعلى كل حال، تبلغ حصة الإنشاءات المسبقة الصنع ذات الواجهات المعمارية المميزة أو ذات المزايا الديكورية الأخرى *15%* . في الأجواء الباردة و/أو حيث تكون أعمال الموقع ذات كلف باهظة، وعندما يتعلق الأمر بسرعة التنفيذ فإن تقنية انتاج الأبنية بالطرق العادية لاتقارن بالأبنية مسبقة الصنع، وبهذا الخصوص لايمكن لعملية الإنشاء بالطرق التقليدية أن تنافس الأبنية مسبقة الصنع [1].

يقدم الاستخدام المختلط للهيكل الفولاذي والبلاطات المسبقة الصنع مزايا كثيرة لأن كلاهما ينتج في المصانع ويتشاركان ضبط الجودة والدقة والاعتمادية. وتعتبر سرعة التنفيذ وتخفيض مقاطع وأوزان الفولاذ المستخدم وزيادة المجازات والتنوع الكبير في المنتجات وتركيز البلاطات على أجنحة الجائز البيتوني أو مساواتها مع ارتفاع الجائز المعدني مزايا هامة لهذا الاستخدام[2].

يرجع استخدام الفولاذ المشغول على البارد *CFS* في الأبنية المسبقة الصنع لكون عناصره تملك مقاومة تحمل مناسبة وتلبي المتطلبات الوظيفية في التصميم، ويمكن للفولاذ المشغول على البارد أن يستخدم على شكل مقاطع بروفيلية تعمل بمفردها لمقاومة الأحمال أو تشترك مع مواد أخرى مثل ألواح البلايوود PlyWood أو الساندويتش بانل Sandwich Panel أو البيتون المسبق الصنع أو البيتون المصبوب في المكان، حيث يحقق الفعل المتبادل عن طريق اللواصق او المثبتات (نواقل القص Studs) وتكون التشكيلات (الأشكال) المستخدمة في الأرضيات عادة مشابهة لتشكيلات الأسقف [3].

ازداد استخدام الفولاذ المشغول على البارد *CFS* عالمياً في الأبنية الصناعية والتجارية والسكنية نتيجة لخصائصه المميزة وتوفره. يسمح استخدام النظام الإطاري لـ *CFS* في الأبنية المتوسطة الارتفاع بتخفيض كلفة الإنشاء بالمقارنة مع الأنظمة الإطارية الأخرى مثل الفولاذ الإنشائي والأبنية البيتونية المسلحة. تعتبر نسبة كتلة المنشأ إلى كتلة النظام الإنشائي المقاوم للقوى الأفقية والأساسات بارامتر أساسي في تقرير كفاءة المنشأ [4].

تصنف مقاطع الفولاذ المشغول على البارد ضمن صنفين: 1- عناصر إطارية انشائية منفردة (مستقلة)، 2- ألواح جدران وأسقف. تكون أشكال مقاطع *CFS* الإطارية متنوعة *(C, Z, U, O,....)* وهي تملك خواص مهمة مثل مقاومة الأحمال، أبعاد أصغر للفراغات، وزن أخف مما يسهل نقلها وحملها وتركيبها، تكون بعض أشكال المقاطع العرضية قابلة للتعشيق مما يقلل من الفراغات في مناطق الوصل ويسمح بتكديس العناصر بحجم أصغر، تتمتع بمقاومة عالية للصدأ كونها مغلفنة وتمتلك مقاومة عالية بالمقارنة مع وزنها ويمكن استخدام أشكال الوصلات المعروفة. يمكن أن تستخدم هذه العناصر كعناصر حاملة أساسية في حالة الأحمال والمجازات غير الكبيرة أو كعناصر ثانوية مع عناصر بروفيلية مدرفلة على الساخن تعمل كعناصر حاملة أساسية (أعمدة وجيزان حاملة) في حالة الأحمال

والمجازات الكبيرة. تستخدم ألواح *CFS* في الجدران والأسقف والأرضيات وفي حال استخدام ألواح عميقة للمساهمة في مقاومة القوى الجانبية يستلزم استخدام عناصر تقوية للجسد [5].

قدم الباحثون Azman, M.N.A., Ahmad M.S.S. and Wan Hussin W.M.A. [6] مراجعة مهمة للتحديات التي تواجه صناعة البناء لكي يتكامل التشييد المسبق الصنع مع الطرق التقليدية الموجودة. أجرى الباحثون مقارنة لطرق التشييد المسبق الصنع في المملكة المتحدة، استراليا، وماليزيا. بيّن الباحثون أنه في ماليزيا يستخدم نظام IBS حيث يتم التصنيع المسبق ثم تركيب المكونات في موقع الإنشاء. بينما، يستخدم مصطلح طرق البناء الحديثة MMC من قبل حكومة المملكة المتحدة ليصف عدد من الابتكارات في تشييد المنازل. على كل حال، يستخدم مصطلح التصنيع البعيد عن الموقع OSM في صناعة البناء في كل من استراليا والمملكة المتحدة. قدمت المقالة دراسة لنماذج MMC, OSM, IBS لتعريفها في الدول الثلاثة وللإضاءة على الدور الهام للحكومات والباحثين في توعية لاعبي صناعة البناء ولنقل صناعة البناء إلى صناعة عصرية وفعالة. خلصت المقالة أنه لتأسيس نظم IBS. MMC, OSM في صناعة البناء يجب على كل المساهمين امتلاك المعرفة في التكنولوجيا الحديثة في صناعة البناء ويجب على الصناعة أن تستجيب أيضاً وتتعاون مع تشجيعات المبادرات الحكومية OSMs، ويجب المباشرة بالعمل البحثي لرفع أنظمة صناعة البناء، ويجب مشاركة الخبرة والعقبات التي واجهت قيام OSMs، ويجب متابعة تبادل المعرفة لتشجيع وتعليم البلدان الأخرى للانتقال لمستوى أعلى من التطور لصناعة البناء. بالنهاية العوامل التي تحدد امكانية صناعات البناء لدخول السوق العالمي هي مزايا تكنولوجية تترافق مع امتلاك تقنيات بناء كبيرة، أنظمة إدارة متمرسة (متطورة) لتنظيم الجدولة، تتبع المواد، مقاولين فرعيين منظمين، وقدرات مالية تمكن الشركة من ترتيب الجدولة المالية للمشروع من ممولين دوليين. تعتبر التكنولجيا أداة مهمة لدفع صناعة البناء لتحقيق المستوى الدولي. سيساعد هذا شركات البناء لتحقيق دخل طويل الأمد وامتلاك نمو متوازن في المستقبل [6] .

أجرى *Semih Goksel Yildirim* [7] دراسة مهمة عن واقع نظم التشييد في تركيا، حيث تستمر الحاجة في تركيا إلى الأبنية السكنية بالارتفاع نتيجة النمو السكاني المرتفع، وتبين الاحصاءات التركية أن هناك حاجة إلى 600000 وحدة سكنية جديدة أو معاد تأهيلها، وكانت نسبة الأبنية القليلة الارتفاع (1–3 طوابق) هي 85% من المجمعات السكنية (معهد الاحصاء التركي 2000–2006). ازدادت تكنولوجيا مقاومة الأبنية للزلازل في صناعة البناء التركية بعد زلزال ازميت 1999. ونتيجة قلة الاهتمام بعد 2004 تطورت صناعة البناء ببطء لعدة سنوات (*YEM* مصدر معلوكات صناعة البناء 2007). لهذا السبب كسب التشييد السريع أهمية في اختيار النظام الإنشائي وبالتالي كانت الحاجة للانتقال إلى صناعة االبناء لأسباب تقنية واقتصادية. يستطيع النظام الإنشائي للفولاذ المشغول على البارد أن يلبي هذه المتطلبات. يطلب تحقيق مواصفات التصميم والإنتاج والاقتصادية لأنظمة إنشائية بديلة عند اختيار النظام الإنشائي للبناء. في حالة تركيا، تكون المقارنة بين نظام *CFS* وأنظمة بناء بديلة للأبنية السكنية منخفضة الارتفاع مطلوب بالاعتماد على التصميم والتطبيق.

لمقارنة الأنظمة الإنشائية بشكل موضوعي، قام الباحث بتصميم نموذج واجريت الدراسة عليه. تم تطبيق ثلاثة أنظمة إنشائية في هذا المشروع (*CFS*، إطاري خشبي، إطاري خرساني) بشكل منفصل وقد تم تصميمها حسب المواصفات التركية للتجمعات السكنية. بينت النتائج للحالة المدروسة أن نظام *CFS* هو أفضل الأنظمة المدروسة حسب معايير التصميم والتطبيق كما يلي: نظام *CFS* أفضل من نظام البناء الخشبي من ناحية حصة الاستخدام وعدد

الطوابق حسب كودات تنظيم البناء. يكون نظام البناء الخشبي أثقل ب 1.5 مرة ونظام البناء الخرساني المسلح أثقل ب 12.5 مرة من نظام *CFS* عند مقارنة الهيكل الإنشائي فقط [7].

قامت الشركات الحكومية المحلية في سوريا وخاصة شركة الإسكان العسكري والشركة العامة للبناء والتعمير وبعض الشركات الخاصة ببناء وحدات سكنية مسبقة الصنع متنوعة بنظم إنشائية من البيتون المسلح حيث استخدمت شركة الإسكان بشكل أساسي نظام الأعمدة والجيزان واستخدمت الشركة العامة للبناء والتعمير نظام البناء بالألواح (جدران وأسقف) عن طريق معمل مسبق الصنع في دمشق.

قامت الشركة العامة للبناء والتعمير مؤخراً بإنتاج وحدات سكن رباعيّ (مكونة من أربع شقق بمساحة 32م2 للوحدة السكنية) وهي مكونة من جدران وبلاطات خرسانية مسلحة منتجة في معملها في دمشق. المعلومات الفنية والكلف وخطط الانتاج موجودة لدى الشركة فقط وهي من خصوصيتها. تم بناء مئات الوحدات السكنية في منطقتي حسياء بحمص وحرجلة في ريف دمشق. يبين الشكل (1) بعض النماذج من هذه الوحدات السكنية.

(b) (a)

(*c*)

الشكل (1). النموذج الرباعي

***a*- النموذج الرباعي بشكله النهائي**

***b*- بناء تجمع سكني في حرجلة- دمشق**

***c*- بناء تجمع سكني في حسياء- حمص**

تعاقدت الحكومة العراقية مع شركة عالمية لبناء مشروع اسكان ضخم في بغداد مكون من 1884 وحدة سكنية (مكونة من طابق أو طابقين) متضمنة وحدات خدمية (مدراس تحضيرية وثانوية ونقاط طبية ومراكز شرطة ومراكز اطفاء ومراكز تسويق و جامع...) بمساحة إجمالية للمشروع مقدارها 16148 م2. تكون النظام الإنشائي للوحدات

السكنية من عناصر من الفولاذ المشغول على البارد والجدران والأسقف من الساندويش بانل *Sandwich Paned*. يبين الشكل (2) جانب من المشروع [15].

الشكل (2) مشروع اسكان في بغداد

قامت شركة بريتش بتروليوم في جمهورية أذربيجان بتنفيذ مباني مسبقة الصنع لمواقع عمل الشركة حيث المباني من طابق واحد. النظام الإنشائي للوحدات السكنية مكون من عناصر حاملة من الفولاذ المشغول على البارد والجدران والأسقف من الساندويش بانل *Sandwich Paned*. يبين الشكل (3) جزء من المشروع. يبين الشكل (4) مجمعات سكنية في مدينة الجزائر وهي تحوي خدمات كاملة ومنفذة بهياكل *CFS* و تغطيات خفيفة من الساندويتش بانل [15] .

الشكل (3) مشروع مواقع العمل لشركة بريتش بتروليوم في جمهورية أذربيجان

الشكل (4) مجمعات سكنية في الجزائر

يلاحظ من الدراسة المرجعية أعلاه أن الوحدات السكنية المخصصة للمجمعات السكنية المسبقة الصنع المألوفة في سوريا قد تم تنفيذها من الخرسانة المسبقة الصنع ذات الكتل الكبيرة والتي تشكل مشكلة في عمليات النقل نتيجة لوزنها وحجمها الكبير وخاصة مع الغلاء الكبير لأجور النقل. كما أن بناء الوحدات السكنية من الفولاذ المشغول على البارد يتطلب جدران وأسقف من مواد حديثة (مثل الساندويش بانل وغيرها) مما يزيد الكلف بشكل كبير. لذك وجب

البحث عن حلول مبتكرة تأخذ بالحساب الاعتبارات والمواد والكوادر الفنية المحلية إضافة للحصول على منتج يتمتع بالمواصفات العالمية.

في هذا السياق ونتيجة التعاون بين جامعة تشرين ممثلة بالباحثين والشركة العامة للبناء والتعمير، قدم الباحثان نموذج سكن مبتكر ينتج عن طريق بناء خطوط انتاج وتصنيع جديدة ثم استنباط وحدات سكنية أخرى متعددة الوظائف والشكل المعماري بنفس الأدوات والخبرات والعمال.

تم اعتماد نظام إنشائي مؤلف من هيكل معدني خفيف وجدران وأرضيات من الخرسانة المسلحة مسبقة الصنع تم تأطيرها بصفائح معدنية رقيقة، وتم انجاز التصنيع والإنتاج في مباني الشركة العامة للبناء والتعمير في مدينة اللاذقية.

تم الوصول خلال أقل من عام إلى تصميم وانتاج أربع وحدات سكنية هي: 1- مبنى متصل مكون من طابقين، 2- وحدة سكن كوارث، 3- وحدة مؤسسة عامة، 4- وحدة المدرسة. تحقق الوحدات السكنية المنتجة كافة الشروط المطلوبة.

أهمية البحث وأهدافه

تتطلب المرحلة التي تعيشها سورية حالياً ابتكار نماذج لوحدات سكنية مختلفة تراعي المتطلبات الوظيفية والمعمارية والأمان مع خصوصية الظروف المحلية والمعيشية. تم في هذا البحث تصميم وتنفيذ بناء مبتكر مسبق الصنع من طابقين مكون من بلاطات وجدران بيتونية مؤطرة بصفائح معدنية رقيقة وهيكل معدني خفيف الوزن مركب كلياً بواسطة البراغي، بحيث يسمح باستنباط وحدات سكنية أخرى مستقلة ومتعددة، متغيرة الشكل والوظيفة، تحقق المتطلبات الوظيفية والأمان ومتطلبات التشييد السريع وإعادة الإعمار وسكن الايواء. تم تأسيس خطوط انتاج وتصنيع تعتمد كلياً على الخبرة المحلية وعلى المواد المحلية المتوفرة وعلى عمال وفنيين بخبرات قليلة ومتوسطة. يجري انتاج الوحدات السكنية في موقع خطوط الانتاج والتصنيع ومن ثم تنقل وتركب في المكان المطلوب.

منهجية البحث

اعتمد البحث على المنهج النظري التحليلي والتصميمي في تصميم الوحدات السكنية المنتجة وكذلك المنهج العملي التنفيذي في تأسيس خطوط الانتاج والتصنيع وتأهيل العاملين والفنيين.

منهجية وفلسفة التصنيع

تم وضع الدراسات التصميمية والتنفيذية لبناء مبنى متصل من طابقين، حيث تم اعتماد نظام إنشائي مؤلف من هيكل معدني خفيف وجدران وأرضيات من البيتون المسلح مسبقة الصنع تم تأطيرها بصفائح معدنية رقيقة، وكانت الغاية تجزئة الهيكل الحامل بحيث يتم تصنيعه بالاعتماد على خطوط انتاج مكونة من قوالب لكل عنصر من الهيكل.

تم ربط عملية التصنيع والتصميم بحيث تحقق خفة في وزن الهيكل المعدني، وتأمين وصلات مفصلية لتسهيل عمليات التصنيع والتركيب والنقل، وتأمين الصلابات عن طريق البلاطات والجدران وروابط القص. لتأمين تنفيذ هذه العملية تم تجزئة الهيكل المعدني إلى عناصر أساسية بتصاميم محددة من أجل وضع خطوط انتاج وقوالب (جديدة من الصفر) لكل العناصر تضمن تكرار انتاج العناصر بانحرافات معيارية صغيرة لا تؤثر على سـهولة ودقة التركيب، كما هو مبين في الشـكل (5).

تم تكرار الأمر لهياكل البلاطات والجدران المؤطرة. تم تصميم جمع العناصر لتجمع وتركب كلياً بواسطة البراغي.

(a)

(b)

الشكل (5) أحد خطوط الانتاج قبل وبعد بدء التصنيع

***(a)*- المكان المخصص لبناء أحد خطوط الانتاج قبل مباشرة التصنيع**

***(b)*- نفس المكان السابق بعد تجهيزه للبدء بالتصنيع**

تحتاج عملية انتاج الهياكل المعدنية والبلاطات والجدران المؤطرة مسبقة الصنع لأجهزة تصنيع مؤتمتة باهظة الثمن

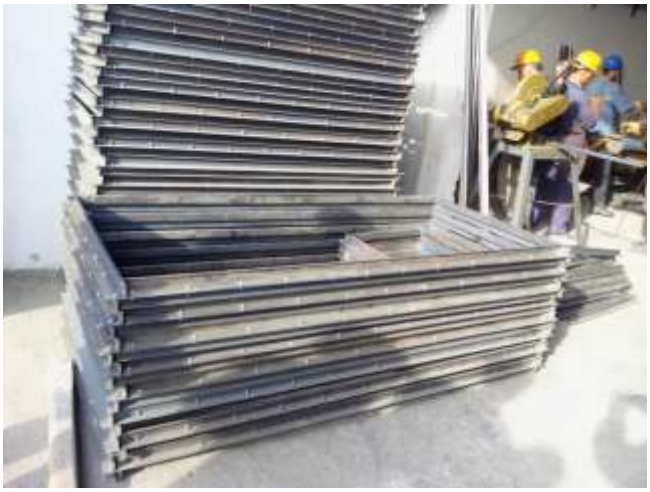
(*Computer Numerical Control* (*CNC*) لتأمين الدقة في عمليات القص والتثقيب واللحام وتدقيق الأبعاد، وهي غير متوفرة لدى الشركة حالياً، لذلك تم الاستغناء عن هذه الأجهزة مرحلياً عن طريق تصنيع قوالب محلية الصنع دقيقة وذات صلابة عالية جداً لكل عنصر جزئي من الهيكل المعدني والبلاطات والجدران المؤطرة مع تأمين مراقبة طوال فترة الانتاج بواسطة فنيين بخبرة عادية، أنظر الشكل (6).

تم تخفيض عدد العناصر الإنشائية المستخدمة من حيث الشكل والمقاطع إلى حدوده الدنيا (تم استخدام أربعة مقاطع للهيكل المعدني الحامل)، وتخفيض أدوات الربط، حيث تم استخدم براغي بأقطار (*12* و*16* مم)، كما تم تقليل عدد نماذج الجدران والبلاطات البيتونية إلى أقل الحدود الممكنة. ساعد ذلك في الحصول على انتاجية عالية وسرعة في التصنيع.

ساهم ادخال الأبواب والنوافذ ضمن خطوط الانتاج في تسهيل وتسريع عمليات التصنيع والتركيب والنقل.

اعتمدت فلسفة التصنيع على إنتاج مجموعة عناصر محددة تسمح باستنباط عدة تصاميم وبالتالي الحصول على نماذج نهائية مختلفة الوظيفة والشكل.

(a)



(d)

(c)

الشكل (6) نماذج من القوالب المحلية الصنع

***(a)*– قالب لانتاج الجدران ذات الفتحات. *(b)*–تصنيع الإطارات المحيطية من *CFS* للفتحات والجدران. *(c)* هيكل بلاطة سقف جاهز للتقل. *(d)*–تصنيع الإطار الرئيسي الحامل.**

تم تأهيل كوادر محلية من العمال ذوي الخبرة العادية (وبعضهم بدون خبرة سابقة) لتحقيق عملية الانتاج والنقل والتركيب. قدم ذلك فائدة كبيرة من ناحية إعادة تأهيل وتدريب العاملين وتأمين فرص عمل وتحقيق الانتاجية (أغلب العاملين من ذوي العقود المؤقتة). ويتم الآن تنظيم وتطوير هذا المبدأ لدى الشركة العامة للبناء والتعمير.

تم بنجاح تجربة الصب المسبق للبلاطات والجدران البيتونية المسلحة لجميع النماذج المدروسة بظروف محلية عادية جداً في الهواء الطلق ضمن ساحات الشركة في مدينة اللاذقية الشكل (7). وقد تم الحصول على نتائج ممتازة من ناحية الجودة وسرعة الصب والرفع، وبهذا تم مؤقتاً الاستغناء عن توريد خطوط تشغيل (معامل أو مصانع مكلفة جداً) لتسريع الصب المسبق للبلاطات والجدران البيتونية المسلحة. نحن نركز هنا على الجانب الفني أما فيما يخص المخطط الشبكي للتنفيذ وتوضيح زمن التنفيذ فهذا يعود لخطط الشركة ولجبهات العمل التي تريد فتحها وللكم المطوب إنجازه.

استناداً إلى منهجية وفلسفة العمل السابقة يمكن تلبية احتياجات المرحلة المقبلة والتوجهات الحكومية من خلال التمهيد والبدء بالاقتراحات الأولية والحلول التصميمية لمرحلة إعادة الإعمار وفق مفهوم مسبق الصنع كلياً أو جزئياً لأبراج وأبنية طابقية.

(b) (a)

الشكل (7) ساحات صب البلاطات والجدران المؤطرة

***(a)*- صب البلاطات والجدران المؤطرة مسبقة الصنع. *(b)*- رفع البلاطات بعد جفافها وتخزينها مؤقتاً لحين نقلها .**

الدراسة التحليلية والتصميمية للمبنى الأساسي (المبنى المتصل)

تم إجراء الدراسات التحليلية والتصميمية للمبنى المتصل المكون من طابقين حسب متطلبات الكود العربي السوري للمنشآت الخرسانية المسلحة وملاحقه والكود الأوربي *EC3* للمنشآت الفولاذية *[9,10,13]*. أطلق على المبنى المتصل تسمية " الفندق المحمول "، وهو عبارة عن مبنى سكني مكون من *24* شقة موزعة على طابقين بمساحة طابقية إجمالية مقدارها *1200 m2*.

يتكون الهيكل الإنشائي من هيكل معدني (أعمدة وجسور) وجدران وبلاطات بيتونية مسلحة مسبقة الصنع. استخدمت البرامج الهندسية المناسبة *[8,11,12,1]* ، وأجريت نمذجة ثلاثية الأبعاد محاكية للنماذج الحقيقية، الشكل (8)، وتم إجراء التجارب المخبرية اللازمة للتحقق من مواصفات الفولاذ والبيتون.

1- خواص البيتون والفولاذ

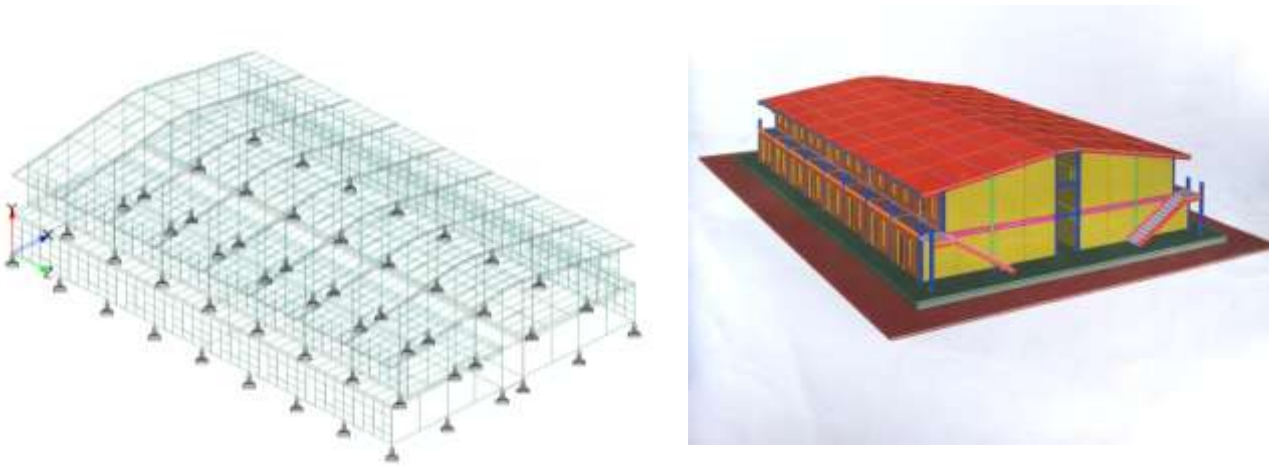
عيار البيتون، للقواعد: $C= 350Kg /m^3$ وللبلاطات والجدران: $C = 400Kg /m^3$. المقاومة الاسطوانية للبيتون: $f'c=22MPa$ ، وللفولاذ $fy=235 MPa$.

2- الحمولات المطبقة

الحمولات الميتة: تم تطبيق الحمولات الميتة الناتجة عن الأوزان الذاتية والقواطع والتغطية حسب متطلبات الكود السوري.

الحمولات الحية: للغرف $350 kg/m^2$ وللشرفات $400kg/m^2$.

حمولات الرياح والزلازل: تم تصميم المبنى على حمولات الرياح والزلازل حسب اشتراطات الكود السوري وكانت حمولات الرياح هي المسيطرة حيث تم التصميم على سرعة رياح *130 Km/h*.



الشكل (8) موديل ثلاثي الأبعاد للفندق المحمول

3- التحليل والتصميم

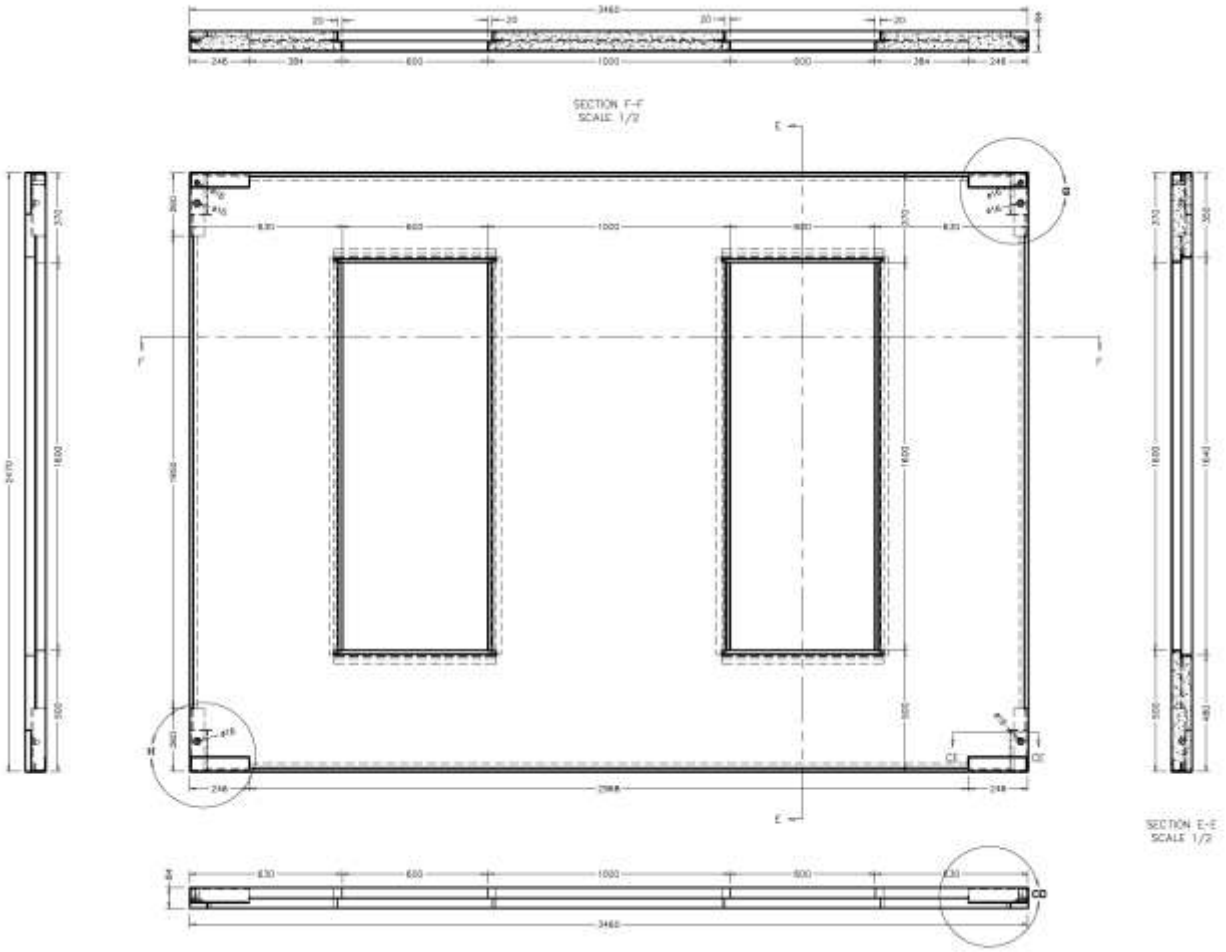
تم إجراء التحليل الفراغي ثلاثي الأبعاد، الشكل (8) باستخدام الحاسب وتم تصميم العناصر البيتونية المسلحة (بلاطات، جدران، قواعد) حسب الكود العربي السوري، وتم تصميم العناصر المعدنية حسب الكود الأوربي *EC3*.

استخدم في البلاطات (سماكة *80 mm*) مقطع مختلط، حيث تم وضع المدادات (عناصر مجراية *80 mm* لبلاطات سقف الطابق الأول، وزوايا *60x60 mm* مزدوجة لبلاطات سقف الطابق الثاني) ضمن جوانب البلاطة ولحام فولاذ التسليح على هذه المدادات.

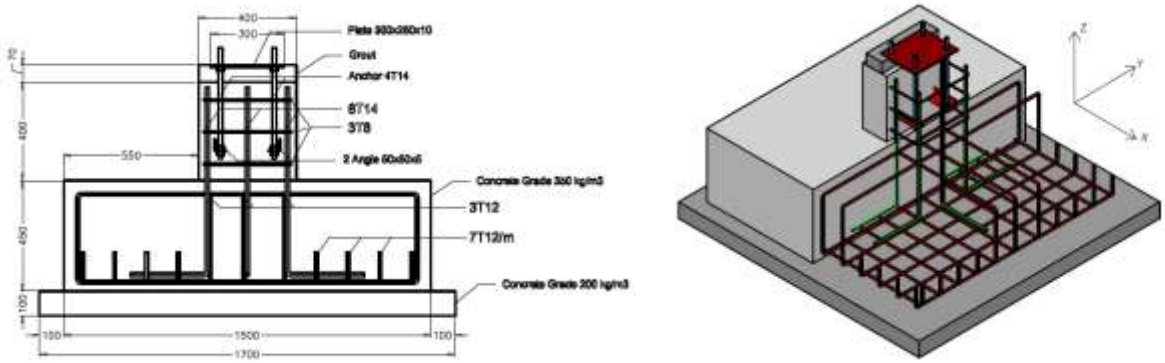
تم تصميم جدران بيتونية مسلحة بسماكة *85 mm* مع استعمال مقطع مختلط، حيث تم تأطير الجدران بمقطع صفائحي رقيق مشكل على البارد سماكته *2 mm* على شكل حرف *U* مزدوج ومرتبط بتسليح الجدران عن طريق اللحام.

استخدم في الهيكل الفولاذي المقاطع: للأعمدة *Tube (120, 160)mm* وللجسور *Ibeam (160,250)mm*. واستخدمت للأعمدة صفائح زعنفة بسماكة *10 mm* وصفيحة نهاية سماكة *12 mm* وبأبعاد *250 X 300 mm*. يبين الشكلان (9) و (10) بعض المخططات التفصيلية، ويبين الشكل (11) تفاصيل فراغية لاتصال الأعمدة بالجسور وبالجدران المؤطرة وبلاطات السقف.

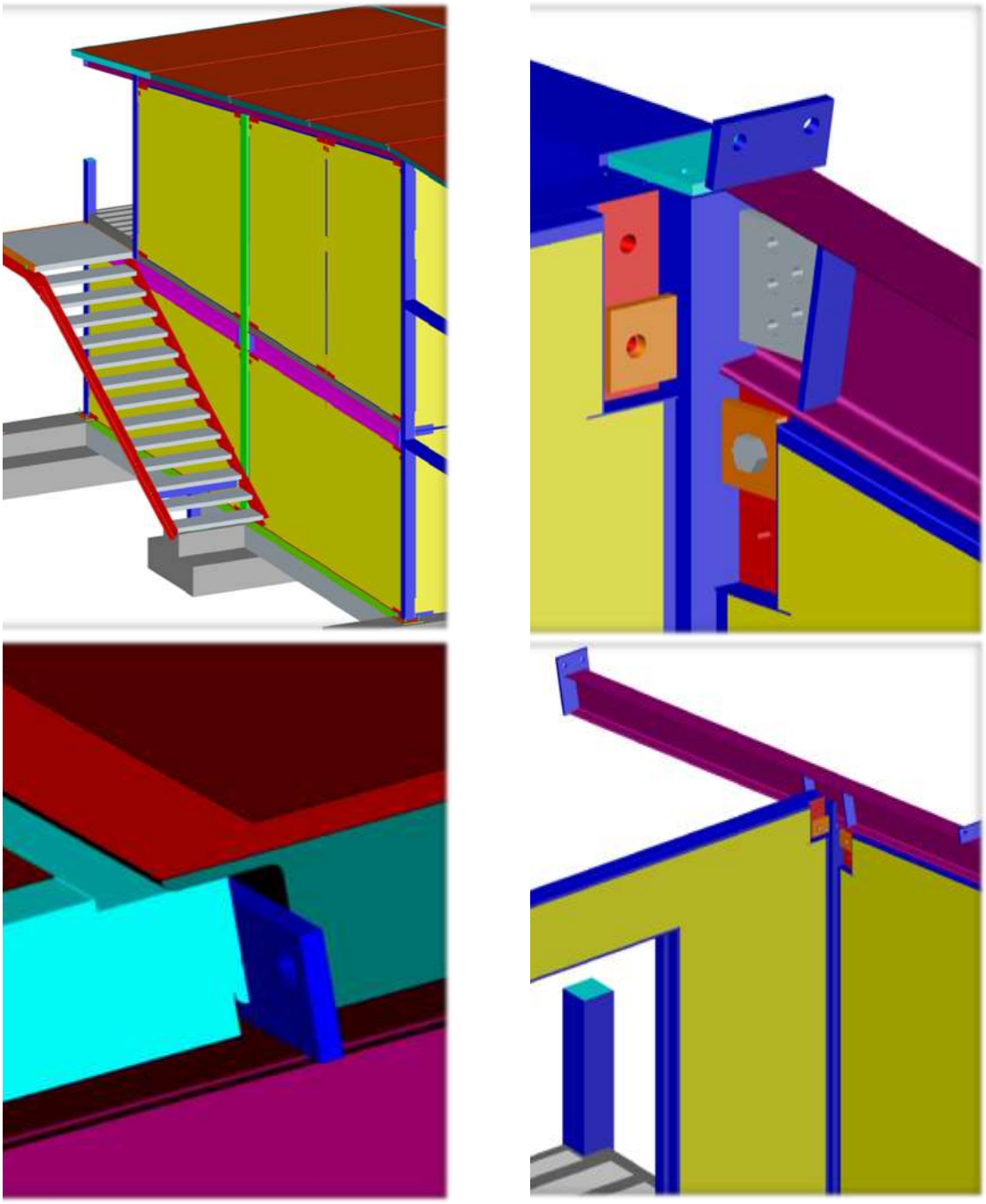
استخدمت (حسب الكود *EC8*) وصلة الزعنفة *Fin Plate* لوصل الجيزان والجدران بالأعمدة المعدنية، تم اعتماد أساس شريطي من البيتون المسلح بالاتجاه الطويل وشيناجات ربط بالاتجاه القصير (هناك حل آخر يعتمد الأساسات المنفردة حسب طبيعة تربة التأسيس)، اعتمدت قيمة تحمل التربة *2 Kg/cm²* ، يبين الشكل (10) تفاصيل هذا الأساس.



الشكل (9) مخطط لجدار مؤطر ويتضمن نافذتين



الشكل (10) منظور فراغي ومسقط لقاعدة منفردة



الشكل (11) تفاصيل فراغية لاتصال الأعمدة بالجسور وبالجدران المؤطرة وبلاطات السقف

النقل والتركيب

تم التوصل لنقل الهيكل المعدني للفندق المحمول (وهو أكبر المباني المنتجة) بشاحنة واحدة (*Loader*). ويتم نقل هياكل البلاطات لتصب في موقع التشييد المطلوب. يمكن تركيب المباني بسرعة كبيرة (6–7 أيام للفندق المحمول) ويمكن تقليل الزمن مع توفر الخبرة والآليات المناسبة، أنظر الشكل (12) والشكل (13).

الشكل (12) نقل الهيكل المعدني للفندق المحمول في سيارة واحدة

(b) (a) (c)

الشكل (13) تجميع وتركيب الهيكل المعدني للمبنى المتصل "الفندق المحمول"

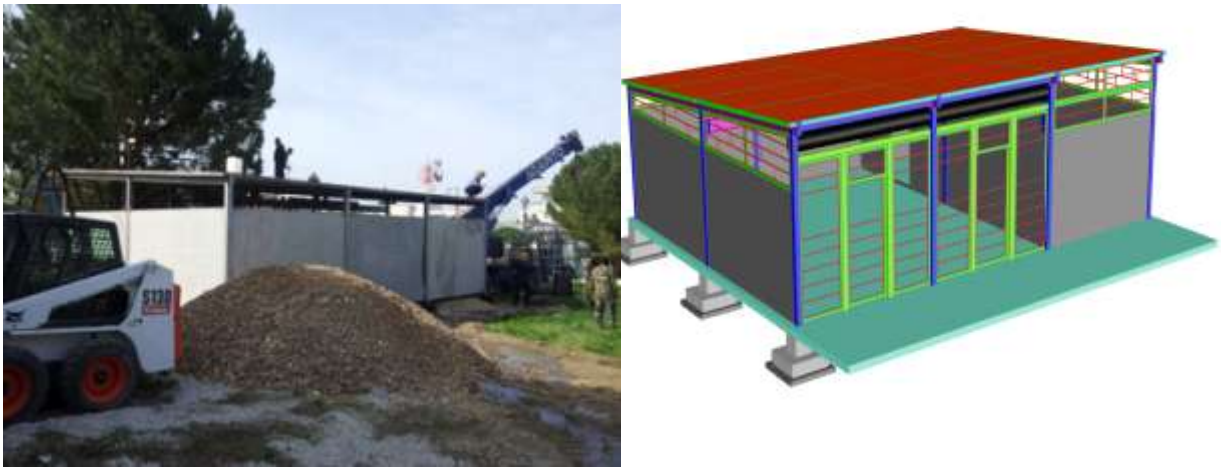
(*a*) تجميع العناصر في الموقع. *(b)*– تركيب الهيكل الحامل، *(c),(d)*– تركيب الجدران والأسقف

الوحدات السكنية المستنبطة من المبنى الأساسي (المبنى المتصل)

تم استنباط مجموعة من الوحدات السكنية تعتمد نفس فلسفة ومعايير المبنى المتصل ولكن بوظائف وأشكال معمارية مختلفة. نلخص فيما يلي أهم خصائص هذه الوحدات.

1- مبنى المؤسسة الاستهلاكية

عبارة عن وحدة سكنية من طابق واحد بمساحة مقدارها $90\ m^2$ (يوجد نماذج أخرى بمساحات $60m^2$ و $120\ m^2$)، مكونة من منفذ بيع ومستودع ومرافقها، خفيفة الوزن سهلة التصنيع وسريعة التركيب. يمكن زيادة المساحة وتغيير التوزيع الداخلي حسب الطلب، الشكل (14). تم تزويد المبنى بواجهة زجاجية ونوافذ محيطية لتأمين الإنارة الجيدة.



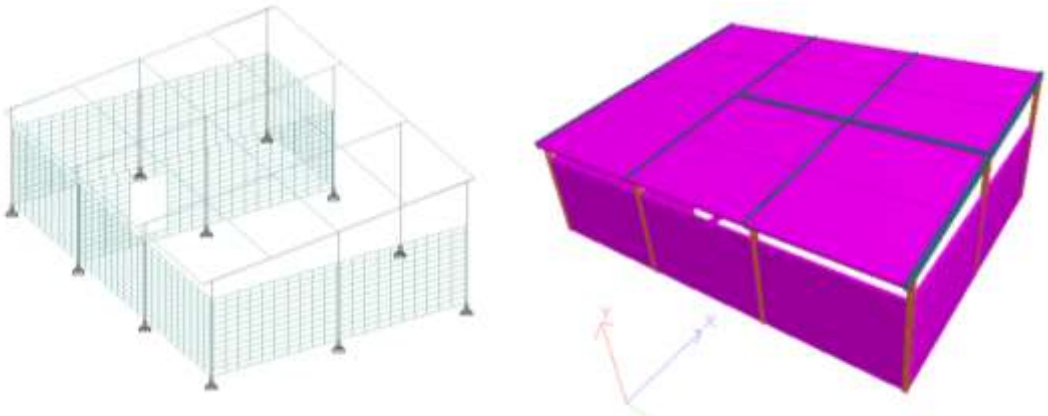
الشكل (14) مبنى المؤسسة الاستهلاكية بمساحة $90\ m^2$

1-1- الدراسة التحليلية والتصميمية لمبنى المؤسسة

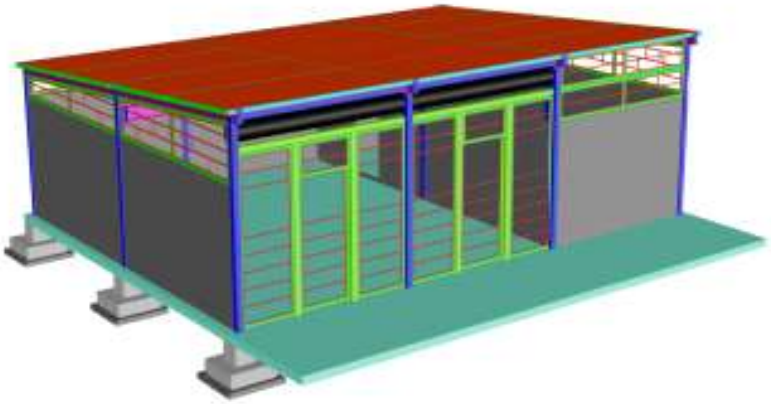
تم اعتماد نفس معايير التحليل والتصميم ونفس خصائص المواد، الهيكل الإنشائي مكون من هيكل معدني (أعمدة وجسور) وجدران وبلاطات بيتونية مسلحة مسبقة الصنع. استخدمت نفس العناصر في المبنى المتصل. تم إجراء الدراسات التحليلية والتصميمية للمبنى حسب متطلبات الكود العربي السوري للمنشآت الخرسانية المسلحة والكود الأوربي *EC3* للمنشآت الفولاذية، يبين الشكل (15) الموديل الحسابي ثلاثي الأبعاد *[8]*، ويبين الشكل (16) رسم ثلاثي الأبعاد وصورة للمبنى أثناء التركيب.

1-2- النقل والتركيب

يتمتع مبنى المؤسسة بالخفة وسهولة النقل والتركيب. يمكن تحميل المبنى كاملاً على لودر (شاحنة طويلة) واحد، ويمكن تركيب المبنى خلال عشر ساعات.



الشكل (15) موديل ثلاثي الأبعاد لمبنى المؤسسة



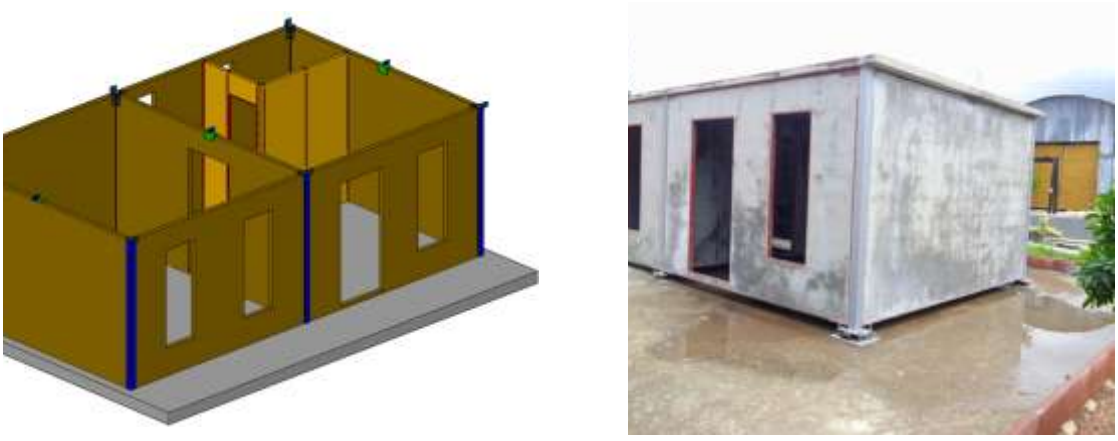
الشكل (16)

رسم ثلاثي الأبعاد

وصورة للمبنى أثناء التركيب

2- الوحدة السكنية *Plan B*

عبارة عن وحدة سكنية من طابق واحد بمساحة مقدارها *30 m2*، مكونة من غرفتين ومرافقها، خفيفة الوزن سهلة التركيب والتصنيع يمكن زيادة انتاجها بإعداد ورشات عمل حسب الطلب وهي تصلح لوظائف متعددة، الهيكل الإنشائي معدني (الأعمدة والجسور) والبلاطات والجدران من البيتون المسلح المسبق الصنع، الشكل (17).



الشكل (17) الوحدة السكنية *Plan B*

تعتبر هذه الوحدة متعددة الوظائف فهي تصلح كسكن مؤقت في حالات الكوارث حيث يمكن تشكيل أعداد كبيرة منها في المناطق الممتدة، كما أنها تصلح للسكن المؤقت للعمال والفنيين في المشاريع وفي الريف وتصلح كشاليهات على شاطئ البحر.

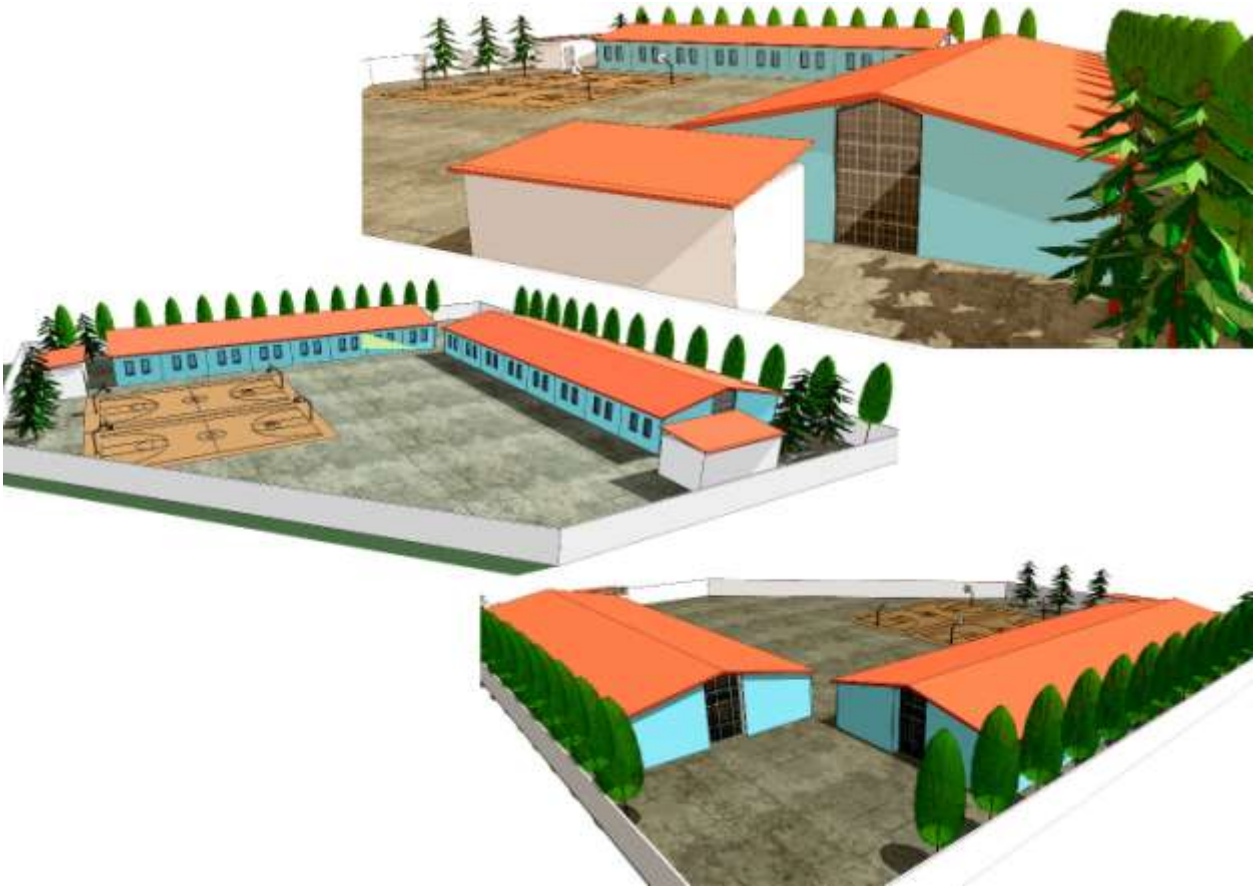
تم اعتماد نفس معايير التحليل والتصميم ونفس خصائص المواد، بسبب خفة الوزن تم اعتماد هيكل إنشائي مكون من أعمدة فولاذية مقطعها *(Tube 100 X100 X 3)* وجدران وبلاطات بيتونية مسلحة مسبقة الصنع، كما تم اعتماد صفيحة عمود معدنية يمكن تركيبها بسهولة على الأرضية. تم إجراء الدراسات التحليلية والتصميمية حسب متطلبات الكود العربي السوري للمنشآت الخرسانية المسلحة والكود الأوربي *EC3* للمنشآت الفولاذية.

يتمتع النموذج بالخفة وسهولة النقل والتركيب. يمكن تحميل المبنى كاملاً على لودر واحد، ويمكن تركيب المبنى خلال 4-5 ساعات.

3- مبنى المدرسة

عبارة عن مبنى من طابق واحد مكون من كتلتين للإدارة والصفوف ووحدتين للحمامات بمساحة *30 m2* للواحدة، إضافة لباحة وسور، الشكل (18). يتسع المبنى 300 طالب، ويمكن التحكم بالوحدات المشكلة للمبنى المدرسة لاستيعاب عدد أكبر أو أصغر من الطلاب. تبلغ مساحة المدرسة *290 m2* .

تم اعتماد نفس معايير التحليل والتصميم ونفس خصائص المواد، الهيكل الإنشائي مكون من هيكل معدني (أعمدة وجسور) وجدران وبلاطات بيتونية مسلحة مسبقة الصنع. استخدمت نفس العناصر في المبنى المتصل. تم إجراء الدراسات التحليلية والتصميمية للمبنى حسب متطلبات الكود العربي السوري للمنشآت الخرسانية المسلحة والكود الأوربي *EC3* للمنشآت الفولاذية، يبين الشكل (18) نموذج للمدرسة. اعتمدت نفس المعايير السابقة من ناحية النقل والتركيب.



الشكل (18) مناظير متنوعة للمدرسة

الاستنتاجات والتوصيات:

1 -اعتمد لأول مرة في سوريا نموذج بناء مسبق الصنع مكون من الفولاذ والبيتون يركب كلياً بالبراغي مما يسهل عمليات التصنيع والنقل والتركيب والفك.

2 -اعتمدت منهجية التصميم والتصنيع على بناء خطوط انتاج وقوالب تعطي منتج دقيق ومضبوط.

3 -تم بسهولة استنباط وحدات سكنية مختلفة مبنية على التصميم الأساسي ودون تغيير في طريقة وأدوات التصنيع.

4 -سمحت تقنية التصنيع بتأمين فرص عمل لعدد كبير من العمال والفنيين.

5 -تم إعادة تأهيل الكوادر الفنية لتساير الانتاج بزمن قليل، وسمح ذلك بتوفير ايدي خبيرة يمكن استثمارها في مشاريع وأعمال مشابهة.

6 -تم تصنيع وإنتاج وتركيب الوحدات السكنية المنتجة بأيدي محلية وبمواد محلية بشكل كامل، حيث تم استغلال توفر مواد الخرسانة لدى الشركة بسعر التكلفة مما يجعل تكلفة الجدران والأسقف أقل عند المقارنة بالمواد الأخرى مثل الساندويتش بانل وغيرها.

7 تأخذ هذه التجربة أهمية خاصة بالنسبة للشركة العامة للبناء والتعمير كونها تأسست وتمايزت من البداية عن تجاربها السابقة وتجارب الشركات العامة والخاصة الأخرى حيث اعتمدت على الكوادر المحلية واستخدمت أدوات التصنيع ومواد البناء المتوفرة.

8 تجسد هذه التجربة ضرورة ربط الخبرات الاكاديمية بسوق العمل والتعاون بين الشركات العامة والخبرات الاكاديمية في كافة مجالات العمل.

9 سمحت هذه التجربة للشركة العامة للبناء والتعمير – باعتبارها إحدى شركات القطاع العام– بالتخطيط والتوسع في الانتاج وتوسيع دائرة التصاميم، حيث أنها بدأت بوضع الاقتراحات التمهيدية لتلبية حاجة الجهات الرسمية لإعادة الإعمار وبناء أبنية برجية.

المراجع

1- Elliot, Kim S. " Precast concrete Structures " , Butterworth-Heinemann. 2002.

2- Hicks, S. J. and Lawson, R. M. "Design of Composite Beams using Precast Concrete Slabs", SCI publication. 2003.

3- Jyri Outinen, Henri Perttola, Risto Hara, Karri Kupari and Olli Kaitila "Seminar on Steel Structures:DESIGN OF COLD-FORMED STEEL STRUCTURES ",Helsinki University of Technology publication. 2000.

4- Rahman, A. N and Booth, M. "Innovative Mid Rise Contruction ", Structure Magazine. August 2006. pp. 12-15.

5- Wei-Wen Yu, Roger A. LaBoube. "Cold-Formed Steel Design " John Wiley & Sons, Inc. 4th. Ed. 2010.

6- Azman, M.N.A., Ahmad M.S.S. and Wan Hussin W.M.A. "Comparative Study on Prefabrication Construction Process ", International Surveying Research Journal. VOLUME 2 NUMBER 1, 2012, pp.45-58

7- Semih Goksel Yildirim. "Comparison of Low Rise Residential Industrialized Building Systems in Turkey " ,Journal of Literature and Art Studies, ISSN 2159-5836. September 2012, Vol. 2, No. 9, pp. 864-871.

8- Bentley Systems, Incorporated . STAAD.PRO: 3D Structural Analysis and Design, USA, 2013.

9- British Standards Institution, BS EN 1993-1-1: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. London, BSI, 2005

10- British Standards Institution, BS EN 1993-1-8 Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints. London, BSI, 2005.

11- Computers and Structures Inc. (CSI), ETABS: Three Dimensional Analysis of Building Systems, Berkeley, California, 2013.

12- Computers and Structures Inc. (CSI), 1998, SAP2000 Three Dimensional Static and Dynamic Finite Element Analysis and Design of Structures V7.40N, Berkeley, California, 2013.

13- Prokon Software Consultants (Pty) Ltd, structural analysis and design software, United Kingdom,2013.

14 - الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة وملحقاته، الطبعة الثالثة، دمشق، 2004.

15- http://www.karmod.com/