مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (4) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (4) 2012

العناصر الثابتة والمتغيرة في النظم الإنشائية وأثرها على تعزيز مفهوم المرونة

الأستاذ الدكتور أنور الغيث*
فراس محمد البجاري**

(تاريخ الإيداع 18 / 1 / 2012. قُبِل للنشر في 9/ 5 / 2012)

□ ملخّص □

تحتوي المباني كلها في العالم على مجموعة من العناصر الرئيسة (الثابتة) التي تعمل كأرضية عمل للعناصر الثانوية (المتغيرة) ضمن كل أنواع النظم التصميمية (إنشائي و تقني – وظيفي – اجتماعي – زمني) ونلاحظ أن العناصر الرئيسة في المبنى هي التي تتمتع بصفة الثبات أي عدم القدرة على تغيير موقعها أو شكلها أو وظيفتها أو عمرها الافتراضي على نحو يجعل من الضروري جداً مراعاة الأسس التي توزع وتصمم هذه العناصر على أساسها بهدف تعزيز قدرة المبنى على التأقلم مع المتغيرات المستقبلية من حيث قدرته على تغيير حجم ووظائف فراغاته أو القدرة على التوسع مستقبلا أي رفع درجة مرونة المبنى من خلال التوزيع المتقن لهذه العناصر أو من حيث العمل على تطابق أماكن هذه العناصر (كالعمل على دمج العناصر الثابتة إنشائيا كجدران القص مع العناصر الثابتة وظيفياً كعناصر الانتقال الشاقولي والأدراج مع العناصر الثابتة تقنياً كنقاط التزويد الشاقولية الخاصة بمسارات التكييف والتمديدات الكهربائية ....إلخ) إن أمكن في التصميم المقترح .

الكلمات المفتاحية : النظم – المرونة – الوظيفة

* **أستاذ– قسم التصميم المعماري– كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق – سورية.**
** **طالب دراسات عليا(دكتوراة) – قسم التصميم المعماري – كلية الهندسة المعمارية جامعة دمشق – سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (34) العدد (4) 2012
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (34) No. (4) 2012

The Impact Of Fixed And Variable Elements In The Systems Construction To Promote The Concept Of Flexibility

Dr. Anwar Alghaith[*]
Firas Bujari[**]

(Received 18 / 1 / 2012. Accepted 9 / 5 / 2012)

□ ABSTRACT □

The technological revolution of the systems construction and the discovery of new technologies for reinforced concrete and metal structures, which reflected heavily on the work and experience architectural world to pose in a timely manner and significantly in the discovery and promotion of the concept of flexibility in architectural design in terms of making use of modern building systems and their ability to create large spaces able to raise the degree of flexibility in the functional spaces in buildings.

The development of the construction systems led to the developed the ability of construction to bear the largest weights and to provide more spaces, and the production of new building materials such as concrete and iron allowed the opportunity to design and implement large buildings to large areas to provide modern functions to users.

Construction systems are classified into fixed elements of construction and variable elements of construction; integration of fixed elements of construction with vertical movement axes provides high functional flexibility in buildings. Integration between fixed elements of construction and variable elements of construction provides high functional flexibility in buildings too.

Key wards : systems- flexibility - function

[*] **Profissor -Architecture- Design department – Damascus University – Syria**
[**] **Postgraduate -Architecture- Design department – Damascus University – Syria.**

مقدمة :

أصبح مفهوم المرونة من المفاهيم الأساس الواجب توفرها تصميماً وتنفيذاً في أغلب الاتجاهات المعمارية الحديثة وفي أعمال المعماريين المعاصرين نظرا لما تفرضه متطلبات العصر الحديث من تعاظم كبير للعامل الاقتصادي في الهندسة المعمارية، إذ أصبح على المبنى أن يلبي حاجات الإنسان المعاصرة وحاجات الأجيال القادمة في ما بات يعرف بالاستدامة والعمارة المستدامة. ويحتل مفهوم المرونة هنا مكانة مهمة جداً في تحقيق الكثير من المفاهيم البيئية والمعمارية ومنها مفهوم الاستدامة من ناحية المرونة الوظيفية التي تجعل المبنى قابلاً للتعديل أو التغيير في الوظيفة الاجتماعية التي يؤديها عبر تقدم الزمن وتغير مفهوم الاستفادة من المبنى ذاته، وبالتالي تحقيق فائدة اقتصادية عبر تحقيق أكثر قدر من الملائمة الوظيفية خلال طول العمر الافتراضي للمبنى .

وفي العامل الاجتماعي أيضاً قد تعمل العناصر الإنشائية على توفير مرونة وظيفية مطلوبة لكي تجرى التغييرات المطلوبة على التصميم الداخلي لمبنى طبقا للمتغيرات الاجتماعية للمستخدمين مما يؤدي تغيير الوظيفة على نحو كامل أو إضافة أجزاء داخلية جديدة له عند الحاجة لتغيير نظام التشكيل الوظيفي الفراغي للمبنى بشكل يخدم التغييرات الحاصلة.

إن مفهوم المرونة يتعلق ببعض العناصر والتي تدعى العناصر المتغيرة والعناصر الثابتة والتي من خلالها يمكن فهم إمكانات وحدود إجراء التغيير لذا كان من الضروري جدا فهم العلاقات التي تربط هذه العناصر التي تعتمد بشكل أو بآخر على النظم التي يتكون منها المبنى، مما يزيد من قدرتنا على فهم أثرها في تطوير ودعم وتعزيز مفهوم المرونة وتطبيقاتها.

المشكلة البحثية:

كيفية تأثير العناصر الإنشائية الثابتة والمتغيرة في مرونة النظام الإنشائي عموماً، وأثرها المباشر وغير المباشر في تعزيز مفهوم المرونة في عملية التصميم المعماري والتنفيذ الإنشائي للمبنى.

أهمية البحث وهدفه:

بسبب الأثر الكبير للعناصر الإنشائية الثابتة والمتغيرة في تحقيق صفة المرونة في المباني على اختلاف وظائفها مما ينعكس بشكل إيجابي على قدرة هذه المباني على الحياة بكفاءة وظيفية لفترة أكبر من خلال قدرتها على التأقلم مع المتغيرات الطارئة .

منهجية البحث

يعتمد البحث المنهج التحليلي الاستقرائي من خلال تحليل بعض التجارب العربية والعالمية لمجموعة من المعماريين الرواد بهدف دراسة التوزيع الخاص بالعناصر الثابتة والمتغيرة للمبنى وأثرها في تحقيق درجة المرونة وتحسينها.

العناصر الثابتة والمتغيرة كنظام تصميمي إنشائي:

ضمن هذا التصنيف للعناصر المعمارية الإنشائية في المنتج المعماري أيا كان نوعه ووظيفته ومساحته ونظامه الإنشائي الفعال، فإن عناصر الإنشاء الثابتة هي العناصر الأكبر كتلة والأكبر مساحة والأضخم مقطعاً والأقوى إنشاءً من حيث مواد البناء الداخلة في صناعتها وإنتاجها ومن حيث تحملها للقوى الثابتة والمتحركة في المبنى، ولأنها كذلك –هي التي تتحمل القوى والأحمال– فهي كانت ولا تزال ثابتة ضمن المبنى بطبيعة عملها فيه، فتحريكها وتحويلها لعناصر متغيرة سوف ينفي عنها قدرتها على نقل الأحمال المختلفة وتوزيعها عبر طوابق المبنى ومستوياتها واتجاهاتها.

تنفذ العناصر الإنشائية الثابتة بمواد بناء تقليدية كالطين أو الحجر أو الآجر أو بمواد بناء حديثة كالخرسانة المسلحة أو الحديد، لكن البناء التقليدي سابقا كان ينشأ بنظام الجدران الحاملة دون الحاجة لوجود الأعمدة والجسور ولا يزال بعض المختصين يقوم بإنشاء بعض المباني المعمارية الصغيرة نسبيا بالمساحة والحجم مثل بعض الدور السكنية بمثل هذا النظام الإنشائي.

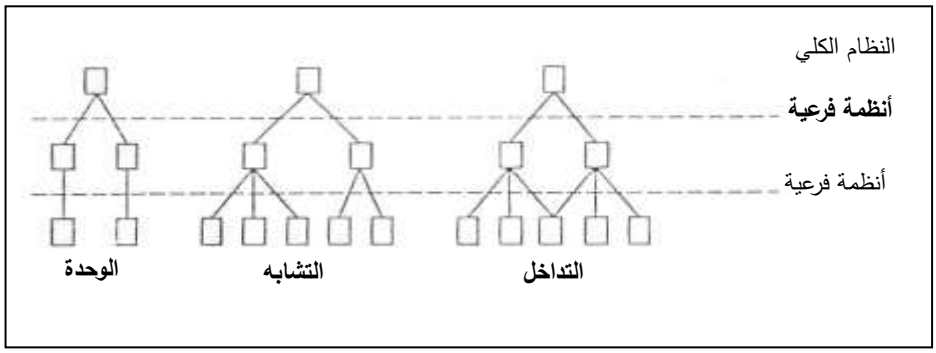
أما اغلب النتاجات المعمارية المعاصرة وخصوصاً الكبيرة منها مثل الأبنية الإدارية والمستشفيات والفنادق وغيرها فتنشأ بنظام الأعمدة والجسور الخرسانية أو الحديدية إذ يتم اختيار مادة البناء بالاعتماد على معيار المساحات الوظيفية والمجازات الإنشائية المطلوب توفرها طبقا للبرنامج التصميمي الموضوع مسبقا للمبنى.

إن اعتماد أي نظام إنشائي على العناصر الإنشائية الثابتة بشكل كبير وأساس لا ينفي بأي حال من الأحوال وجود العناصر المعمارية والتصميمية القابلة للتغيير التي تتميز بخفة وزنها في الغالب وتتميز بأن موادها البنائية متنوعة على نحو اكبر فقد يتم بناؤها من الخشب أو الحديد أو الألمنيوم أو الخرسانة ومواد حديثة أخرى كثيرة كما في القواطع التي تستخدم في التصميم الداخلي في تقسيم الفراغات الداخلية وإعادة هذا التوزيع حسب الحاجة لذلك، وأيضا بتميزها بأنها قد تشارك بشكل بسيط في تحمل بعض القوى الإنشائية الخفيفة أو بأنها لا تحمل أي قوى وأحمال ضمن المبنى فهي تتمتع بالقدرة على تحريكها وتغيير مكانها وفق معطيات جديدة للمساحات والفراغات المطلوب توفرها في المبنى من الداخل.

وتعمل العناصر الثابتة والمتغيرة إن كانت جدران أو سقوف أو نوى للخدمة على نحو متفاعل ومتكامل في نظام بنائي وإنشائي متكامل يستطيع من خلاله المبنى والمنتج المعماري من الوقوف لفترة طويلة من الزمن وتحمل الأحمال الثابتة والمتحركة والقوى الأخرى كالرياح والمتغيرات الطبيعية والأحوال الجوية المختلفة، بالتشارك وبالتكامل مع النظم التصميمية الأخرى مثل النظام الوظيفي وذلك لوجود علاقة أساسية بين الإنشاء والوظيفة طيلة زمن استخدام المبنى.

تصنف العناصر المعمارية الإنشائية كنظام تصميمي بناءً على الكيفية التي ترتبط بها تلك العناصر مع بعضها من الناحية التقنية ومن خلال عمرها الافتراضي، وترتبط هذه العناصر ببعضها ارتباطاً وثيقا وتعمل على نحو متوافق كلياً وبالتالي أي تغيير في أي عنصر يؤثر بشكل مباشر في باقي العناصر، ونجد داخل هذا النظام التصميمي الإنشائي عدداً كبيراً من النظم الفرعية والسلاسل الإنشائية المتعددة، تحدد السلسة التقنية تلازماً تقنياً من خلال العلاقة المتبادلة وغير القابلة للفصل بين عناصرها، إن الترابط –بين العناصر في السلسلة الإنشائية– يعني أن عمل السلسلة كاملة لا يتم دون احد أطرافها، فعند فصل احد أجزائها فان باقي الأجزاء تصبح غير قابلة للإصلاح أو العمل من الناحية التقنية.[5] [Prins، 1992]

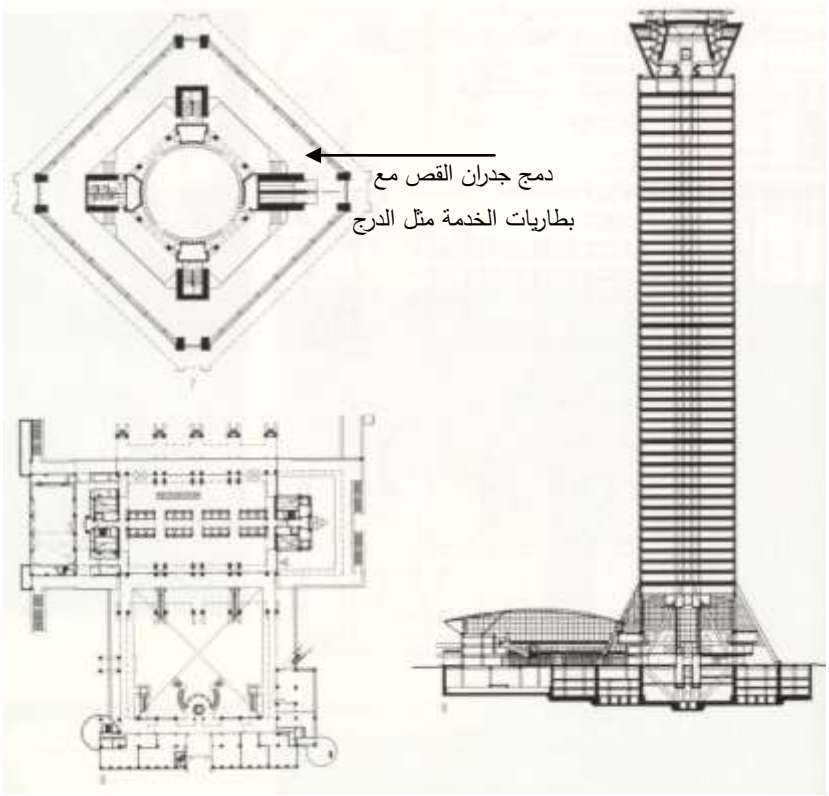
تعدّ السلسلة الإنشائية من أهم السلاسل الثابتة في العمل المعماري، فباقي السلاسل من النظم الأخرى قد تحوي إمكانية التغيير أو التعديل بمرور الزمن. وترتب العناصر والسلاسل الإنشائية في ترتيب هرمي خاص بماهية النظام التصميمي، أن هناك عناصر(رئيسة) في مستوى معين تكون أرضية عمل لعناصر إنشائية أخرى في مستوى أدنى عناصر متغيرة. وأن إمكانية إحداث تغيير في هذه العناصر لا يمكن إلا بإحداث تغيير في العناصر الموجودة في المستوى الأدنى (العناصر التي تعتمد عليها من الناحية الإنشائية). وهناك بعض العناصر أو السلاسل لا يؤثر تغييرها في العناصر التي فوقها في المستوى العلوي ضمن التسلسل الهرمي. [1] (كما يوضح الشكل رقم 1) [البجاري، 2009]



شكل (1) يبين الشكل السلسلة المكونة للنظام التصميمي والعلاقة بين سلسلة نظام تصميمي وآخر[1]

أثر دخول مفاهيم جديدة ضمن النظام الإنشائي:

لقد دخلت مفاهيم إنشائية حديثة إلى الأنظمة التصميمية الإنشائية السائدة نتيجة الحاجة إلى تصميم منشآت وأبنية معمارية وتنفيذها ذات طابع وظيفي حديث و بمساحات أكبر أو حجوم أضخم أو بارتفاعات أعلى نتيجة للتزايد



شكل (2) يبين مثال لمبنى برجي يوضح الدمج بين العناصر الثابتة بغرض توفير مساحات مرنة لوظائف البناء[10]

الطبيعي في الاحتياجات الإنسانية تماشياً مع النمو الطبيعي السكاني وضرورة إنشاء مبانٍ ومنشآت جديدة تلبي هذه الاحتياجات وهذا النمو.

ونتيجة لوجود حلول إنشائية جديدة مثل ضرورة الأخذ بعين الاعتبار لشروط طرأت على النواحي الإنشائية الخاصة بالمبنى من حيث العناصر الإنشائية المقاومة للزلازل مثل جدران القص التي تعدّ من العناصر الإنشائية الثابتة التي لا يمكن تحريكها (بعكس القواطع الداخلية مثلا) (كما يوضح الشكل رقم 2).

الأمر الذي يتطلب ضرورة التعامل مع هذه العناصر وفقا لأسس تصميمية تسهل دمجها مع عناصر ثابتة أخرى تقع في مستويات مجاورة ضمن الأنظمة التصميمية المتكاملة، مثل التأكيد على ايجابية الدمج في توضع جدران القص مع بطاريات الخدمة التقنية ونقاط التزويد الشاقولية ضمن النظام الموديولي المعتمد على نحو يسمح بتحديد مواقعها بعلاقة منتظمة ومتكررة وبالتالي تلافي توضعها ضمن الفراغات الوظيفية بشكل قد يحد من درجة المرونة كونها عناصر خرسانية ثابتة لا يمكن إزالتها أو تحريكها.[1] [البجاري، 2009]

المرونة ضمن النظام الإنشائي:

بما أن مفهوم المرونة هو حرية التغيير في التصميم آنيا ومستقبليا فهو إذاً يتعلق بشكل أو بآخر بعناصر تصميمية وإنشائية هي العناصر المتغيرة والعناصر الثابتة التي من خلالها يمكن فهم إمكانات وحدود إجراء التغيير. لذا فقد كان من الضروري جدا فهم العلاقات التي تربط هذه العناصر وبالتالي تحديد النظم التي يتكون منها المبنى، مما يزيد من قدرتنا على فهم المرونة في التصميم المعماري وتطبيقها.

والحديث عن العناصر الرئيسة أو الثابتة والعناصر المكملة القابلة للتغيير في كل نظام تصميمي لا يعني استقلالية عناصر هذا النظام، ولا يعني أن عملية التفكير بالمرونة، عملية خاصة بنظام تصميمي لوحده، بل إن التوصل لآلية تحديد العناصر الثابتة و العناصر القابلة للتغيير ومن ثم تحديد العلاقة أو النظام الذي أعطاها صفة الثبات ، أي التحديد لنوع العناصر الثابتة الرئيسة الملائمة للمبنى وفقا لنوعية التغيرات ووظيفتها وطبيعتها التي قد تحصل له، ولا تعني بأي حال من الأحوال استقلالية هذه العناصر بعلاقتها مع نظام تصميمي دون الآخر لأن النظم التصميمة في المباني كافة هي نظم متكاملة يكمل عمل أي نظام تصميمي منها عمل النظام الآخر.[1] [البجاري، 2009]

فالنظام التصميمي هو وسيلة الربط بين الأجزاء أو العناصر المعمارية والإنشائية والوظيفية والجمالية، وبمعرفتها يمكن فهم التكوين والنتاج المعماري الكلي وإدارتها. إن دراسة المبنى من خلال النظم التصميمية يساعد على تكوين فهم واضح للمبنى، ويعطي الفرصة لتجزئته إلى عناصر مرتبطة معاً من خلال نظام تصميم واحد أو أكثر، ويوفر إمكانية التعرف علة اثر المرونة في النظم والعناصر المكونة لها. ويمكننا بذلك ومن خلال هذا التفكير تحديد العنصر الذي تؤثر فيه المرونة، والعنصر التصميمي الذي يؤثر في درجتها في المكان والوقت المناسبين، أثناء العملية التصميمية، وتأثير هذا العنصر سواء كان ثابتاً أو متغيراً على النظم التصميمية نفسها.[3] [Cuperus، 1993]

يوجد في كل نظام تصميمي نظم فرعية تتداخل معا ضمن النظام التصميمي نفسه، وبين النظم التصميمية بمجملها، ولهذه النظم الكلية ترتيب هرمي داخلها لتعمل مع بعضها لإعطاء وظيفتها ككل، ومثل ذلك سنجده داخل كل نظام فرعي أيضا. فتكون هذه النظم مجموعة من السلسلات المتشابكة، والسلسلة هي مجموعة العناصر الفيزيائية للنظام التصميمي الواحد تتغير معا، وبالوقت نفسه فالمبنى كالشجرة يتكون من سلسلة كبيرة من العناصر تتكون بدورها من أجزاء أصغر، وهكذا حتى تشكل سلسلة متشابكة من العناصر، والتي تكون تابعة لنظام أو أكثر بالوقت نفسه.[6] [Templemants، 1992]

شكل (3)يبين برج Paddington Tower – لندن – 1999 – 2004 يبين كيفية دمج العناصر الثابتة في النظام الإنشائي والوظيفي مما يوفر مرونة عالية للوظائف [10]

من الأسس الفكرية التي يجب اعتمادها حول مفهوم المرونة هو اعتباره في علاقة تلازمية مع النظام التصميمي أيا كان، ذلك أن المرونة أساساً هي صفة من صفات النظم التصميمية المفتوحة، لذلك فهي من هذا المنطلق تعد صفة تصميمية نظامية، فالمرونة إذا لم تكن ضمن ضوابط وإمكانات نظامية تصبح حالة لا نظامية. وكما لصفة المرونة تلازماً مع إمكانية التغيير الفكري باعتبار المرونة صفة مضادة للتصلب والجمود على المستوى الفكري، فإن للمرونة تلازماً أيضا مع النظام التصميمي الواحد أو النظم التصميمية بمجملها، لان المرونة هي ليست بالصفة المنافية للنظام التصميمي، بل واقعة ضمنه، لأن تحقق وإدراك تعريف المرونة في أي ظاهرة لا يتم إلا من خلال فهم نظامها الكلي وإدراكه، فالمرونة التصميمية يمكن اعتبارها بشكل أو بآخر أنها إمكانية التغيير المنظم للنظام التصميمي كاملاً أو لجزء منه. إن العلاقة بين المرونة والنظم التصميمية من خلال تطبيق مفهوم المرونة على النظم التصميمية يجب أن تعتمد بهدف تحليل أي مبنى على اختلاف وظيفته أو حجمه أو زمانه أو مكانه. [1] [البجاري، 2009]

في أغلب الأحوال نجد أن المرونة التصميمية والإنشائية تتوفر بشكل أكبر وأوسع في العناصر المتغيرة ضمن النظام الإنشائي، بينما نجد أن العناصر الثابتة ضمن هذا النظام التصميمي لا تتمتع بالقدر نفسه من المرونة التصميمية بسبب طبيعة ما تقوم به من نقل وتوزيع للأحمال الإنشائية الثابتة والمتحركة في المبنى.

ومن هنا نستنتج أن المرونة التصميمية في النظام الإنشائي بعناصره الثابتة لا يمكن أن تتحقق بعد عملية التنفيذ وبدء استخدام المبنى من قبل شاغليه أياً كانت وظيفته الحالية أو المستقبلية، وإنما قد تتحقق المرونة التصميمية في تلك العناصر الإنشائية الثابتة في أثناء عملية التصميم المعماري والإنشائي وقبل المباشرة بالتنفيذ. أي بأن يتم تصميم العناصر الإنشائية الثابتة كجدران القص أو توزيع الأعمدة الخرسانية أو الأعمدة الحديدية، أو بتصميم نظام إنشائي يعتمد نظام الشد أو النظام الإنشائي القشري أو الخيمي أو المعلق، بشكل يسمح بتوفير مجازات كبيرة وفراغات واسعة تتيح للمصمم المعماري ومن ثم لمستخدمي المبنى تحقيق وتوفير مرونة تصميمية عالية في توزيع الوظائف الداخلية طبقاً لمعطيات مستخدمي المبنى الآنية والمستقبلية ومتطلباتها.

أما فيما يتعلق بالعناصر المتغيرة في النظام التصميمي الإنشائي فإن مرونتها التصميمية والإنشائية متحققة بطبيعة الحال بسبب كونها عناصر قابلة للتحريك لأنها لا تنقل أو توزع أحمالاً إنشائية ثابتة أو متحركة، أو أنها تنقل وتوزع أحمالا معينة بشكل جزئي وقابل للتغيير أو التبديل بعناصر أخرى كما يمكن نقل تلك الأحمال الجزئية والثانوية إلى عناصر ثابتة أو متغيرة أخرى غيرها (كما يوضح الشكل رقم 3).

النتائج والمناقشة:

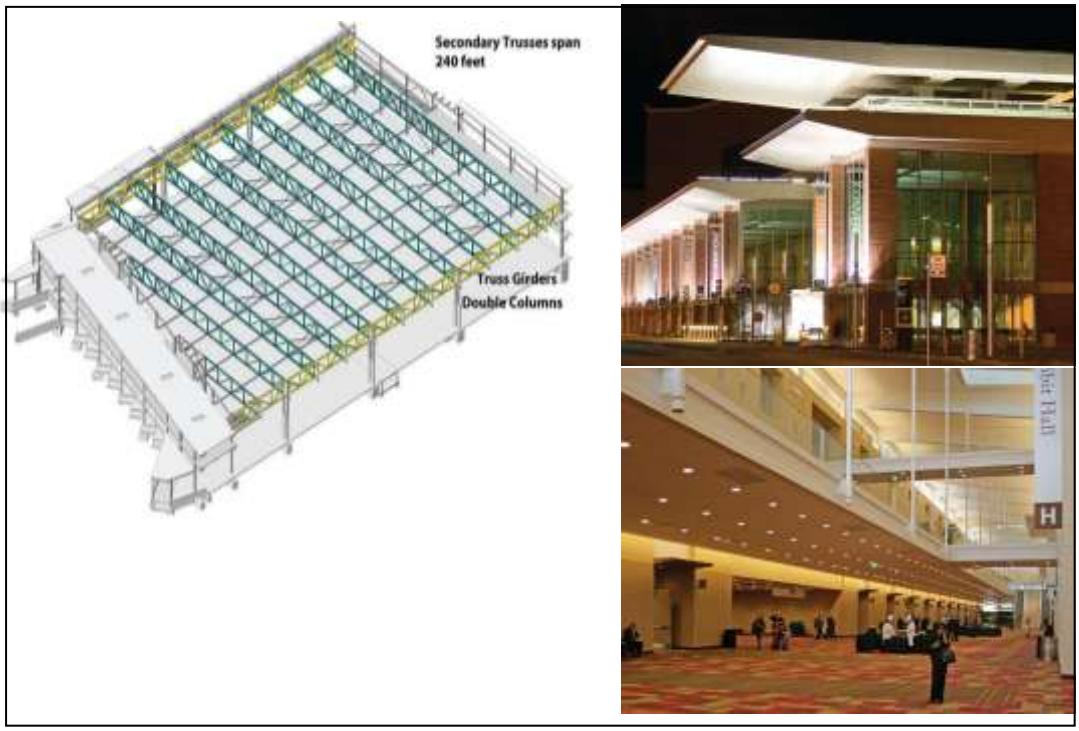
أثر التطور التكنولوجي في تعزيز المرونة الإنشائية:

أثر التطور التكنولوجي وبشكل فعال جداً في النظم الإنشائية ومواد البناء الداخلة في تصنيعها وإكسائها. ففي حالة البناء بالطريقة التقليدية نجد التماسك الإنشائي بين العناصر أكثر قوة، واعتماد العناصر على بعضها على نحو متلازم يجعل من الصعب التمييز بين العناصر الرئيسة والعناصر الفرعية من الناحية الإنشائية مثل نظام الجدران الحاملة في المباني التاريخية، مما يؤدي إلى صعوبة تغيير عنصر من هذه العناصر لوحده.

وفي المقابل نجد أن التقدم التكنولوجي يساعد على الاستقلالية الإنشائية لبعض العناصر التي قد تكون فرعية يسهل تغييرها، وبالوقت نفسه تبقى هناك عناصر إنشائية رئيسة لا يمكن تغييرها. ومن هذه العبارة تحديداً سوف يتم مناقشة الثابت والمتغير ضمن النظام التصميمي الإنشائي الذي قد يحقق فرضية البحث في أن هناك مرونة ما تتحقق وتتعزز من خلال علاقة الثابت بالمتغير كعناصر إنشائية ضمن النظام التصميمي الإنشائي الخاص بالمبنى. [5] [Prins، 1992]

وقد إسهم التقدم والتطور التكنولوجي في مواد البناء وطرقه في تقليل العناصر الإنشائية الرئيسية –نتيجة اعتماد تقنيات الخرسانة المسلحة والإنشاءات المعدنية– مما زاد من إمكانية التعديل بالمساحات الوظيفية وحرية التغيير بالوظائف، ولا يرتبط النظام التقني بالنواحي الإنشائية فقط بل يشمل النظم التصميمية الفرعية جميعها كالنظام التصميمي الميكانيكي والنظام التصميمي الكهربائي ونظام التمديدات الصحية في أجزاء المبنى كلها، ومرة أخرى فانه ضمن النظام الكهربائي والميكانيكي والصحي نجد أن هناك عناصر رئيسية، وعناصر فرعية، فنقاط التوزيع الرئيسية وعناصر التزويد العمودية تعتبر عناصر رئيسية، بينما يمكن اعتبار العناصر الأفقية التي يتم تغييرها لكل طابق دون التأثير في ما قبله أو ما بعده ودون الحاجة لتغيير كامل النظام التصميمي في المبنى عناصر متغيرة، (كما يوضح الشكل رقم 4).

من هنا نجد أنه لا يمكن إنكار أثر التطور التكنولوجي الكبير وثورة المواد والتقنيات الحديثة في إيجاد الحلول الحديثة التي تساعد في تعزيز مفهوم المرونة.إذ تعتمد العلاقة بين العناصر الرئيسة للنظام الإنشائي، وما توفره من مرونة على تكنولوجيا نظم الإنشاء المتاحة وتطورها ، وقد بدأ هذا التأثير منذ نهايات القرن التاسع عشر وبدايات القرن العشرين خاصة مع ظهور الحركة الحديثة في العمارة. فنظام (الدومينو Domino) عند (لوكوربيزيه Lecorbuser) جاء نتيجة التطورات التكنولوجية التي سمحت بإنتاج الهيكل الخرساني، بدلا من الجدران الحاملة، وتعطي بطاريات الخدمة والجسور معنى للمرونة نتيجة التطور التكنولوجي في التصنيع –خصوصاً في التصنيع أو ما يعرف بالمسبق الصنع– وتوفير المسافات والمساحات المطلوبة والمواد المستعملة. [1] [البجاري، 2009]



شكل (4) يبين كيفية الاستفادة من تقنيات الإنشاء المعدني بهدف تحقيق مساحات وظيفية رحبة.[7]

فالتطور التكنولوجي قد وفر إمكانية الحركة والتبديل والتغيير، لمعظم العناصر في المبنى من الناحية الإنشائية (كالجدران والنوافذ والأبواب...) بعدما كانت الجدران حاملة لا يمكن العبث بها. فمنظار المرونة الإنشائية يتطلب إدراكاً ووعياً كاملاً للإمكانات التكنولوجية والإنشائية والمواد المتوفرة، بحيث يتم استغلال خصائص هذه العناصر وتوظيفها لخدمة النظام المرن.[4] (كما يوضح الشكل رقم 5) [Friedman، 1992]

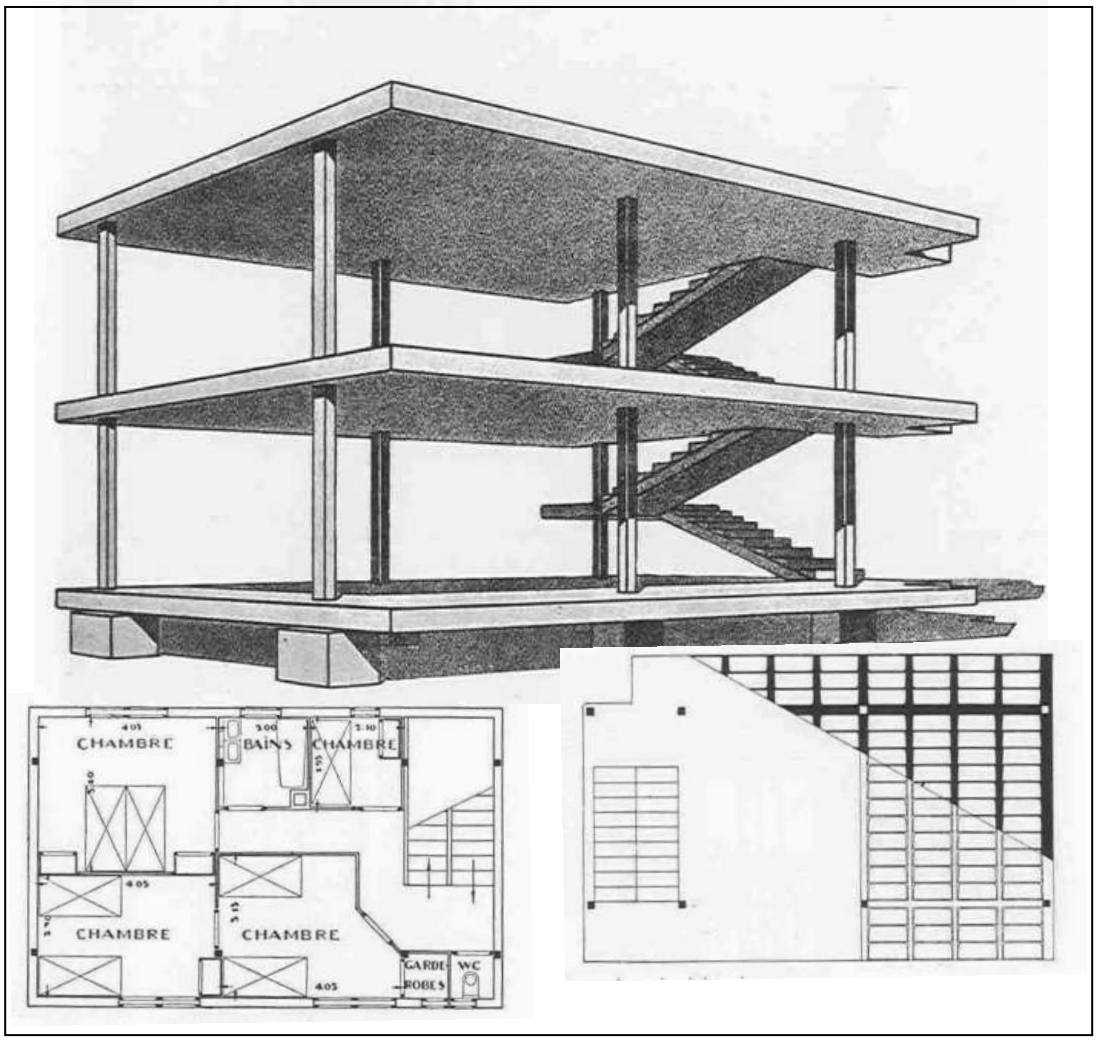
وقد أدى تطور النظام التصميمي الإنشائي من نظام الجدران الحاملة إلى نظام إنشائي هيكلي يعتمد الأعمدة والجسور (الجوائز) لنقل الأحمال وتوزيعها باستخدام مواد حديثة كالخرسانة والحديد، إلى توفير مرونة فراغية وظيفية عالية لأن الأعمدة بمقاطعها الأفقية لا تحتل مساحة كبيرة كما كانت عليه الجدران الحاملة

شكل (5) يبين مشروع مركز للألعاب الرياضية حيث تم استخدام نظام الإنشاء المعدني المشدود بالكابلات لتعليق السقف وتحقيق مرونة في الفراغات الداخلية.[8]

يعدّ (نظام دومينو Domino System) أول إبداعات لوكوربوزيه كنظام عملي ومرن، وبوجوده أصبح التفكير في التصميم المعماري أكثر مرونة وحرية. ونتيجة له توصل لوكوربوزيه (Le Corbusier) لعدة مبادئ تصميمية، كانت المرونة الهدف الأمثل منها وهي:

1. المسقط الحر: "لقد أدى استخدام الخرسانة المسلحة وتطبيق النظام الإنشائي الهيكلي إلى الاستغناء عن الجدران الحاملة ودورها الإنشائي وأتاح إمكانية تحرير المسقط الأفقي من الجمود الذي يكتنفه واعتماد ما يسمى بالمسقط الحر الذي لا تتخلله إلا الجدران القاطعة الخفيفة أحيانا، كما أدى الاستغناء عن الجدران الحاملة إلى عدم الضرورة لتماثل المساقط الأفقية في الطوابق المختلفة من المبنى مما أعطى حرية كبيرة للمصمم" (كما يوضح الشكل رقم 6).
2. التصميم الحر للواجهات: "استخدم لوكوربوزيه الفتحات الزجاجية الشريطية المستمرة على طول الواجهات، وهو الأمر الذي غدا ممكنا من خلال استخدام الخرسانة المسلحة".
3. الواجهة الخارجية الحرة المستمرة: إن حرية التوزيع الوظيفي الداخلي ضمن جدران مرنة من الناحية التقنية تهدف إلى التوصل إلى الجماليات المطلوبة، فالنظام الإنشائي، هو أساس توفير المرونة –سواء في الواجهة أو المسقط الأفقي– عند لوكوربوزيه أما المرونة فهي لهدف وظيفي وتقني وجمالي، والواجهة المستقلة عن المخطط والأجزاء الداخلية أتاحت الوصول إلى المظهر الجمالي المطلوب للمبنى من الخارج وحل مرن وعملي من الداخل.

وسنعتمد في محاولة فهم المرونة في النظام الإنشائي الانطلاق من تحديد العناصر الثابتة والعناصر المتغيرة في النظام الإنشائي وهي العناصر المكونة لهذا النظام ومحاولة فهم العلاقات التي تربط هذه العناصر مع بعضها بعضاً من خلال تكامل العلاقات بين النظام الإنشائي وباقي النظم التصميمية .

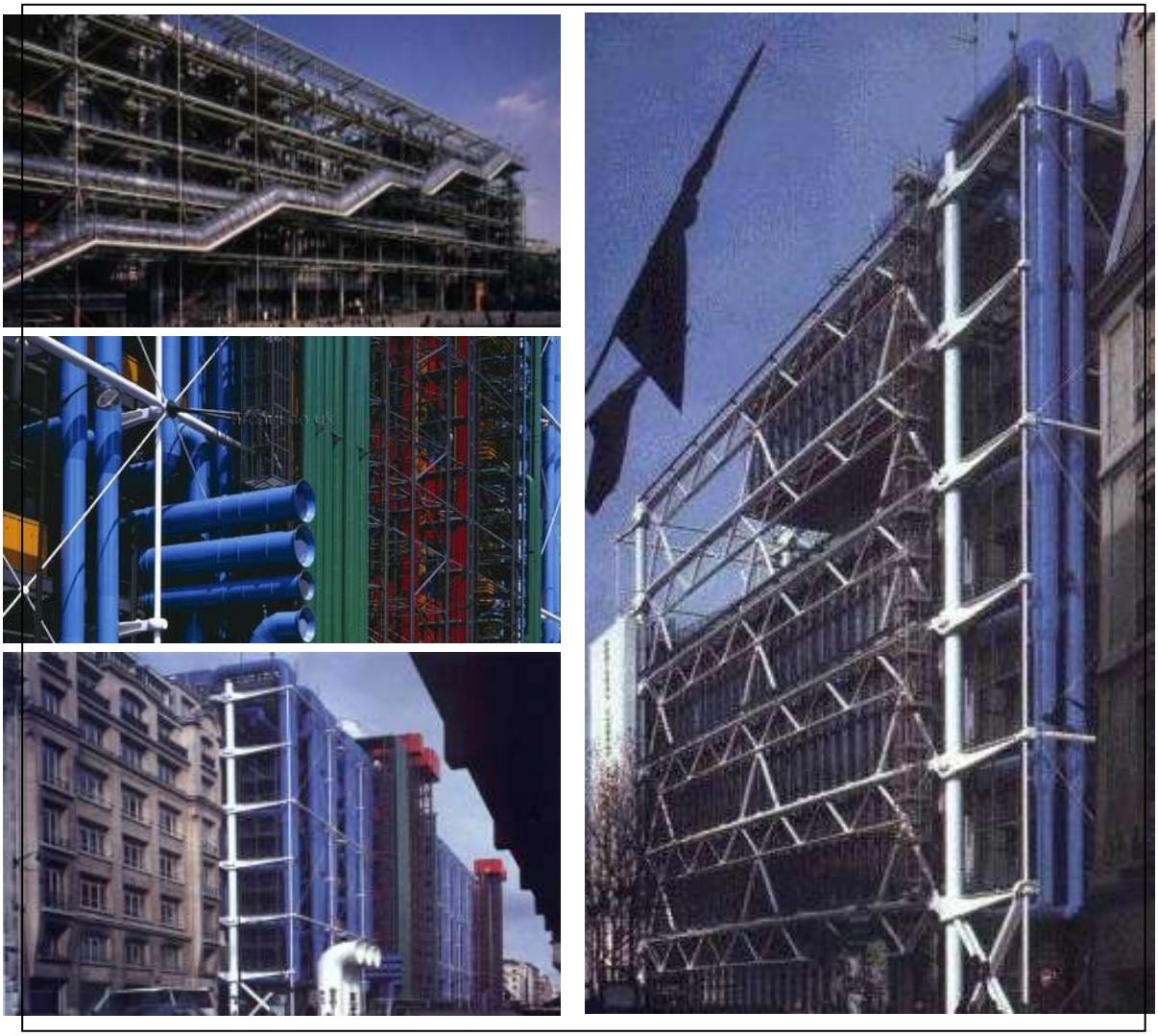


شكل (6) يبين نظام الدومينو Domino عند لوكوربوزيه وكيف استخدم العناصر الرئيسة (الأعمدة، الأرضيات، عناصر الانتقال الشاقولي) بشكل يعزز مرونة وسهولة التوزيع الداخلي للوظائف. [10]

إن المرونة في أحد تعريفاتها هي القدرة على التغيير ضمن النظام التصميمي أي التغيير في بعض أجزاء نظام تصميمي ما من النظم التصميمية التكاملية وليس تغيير النظام التصميمي بكامله، فمن خلال النظام التصميمي يمكن التغيير والتصميم والتعديل، والهيكل الرئيس للنظام التصميمي يبقى ثابتاً – رغم إمكانية التغيير داخله– وثباته يعني وجود عناصر تحافظ على بقائه، ويمكن تحديد خصائص العناصر الرئيسة بما يأتي[1] [البجاري، 2009]

1. تحدد الهيكل والإطار العام للنظام التصميمي كله وفي حال تغيرها فانه سيتم تغير النظام التصميمي.
2. توفر القاعدة المرجعية النظامية للعناصر المتغيرة، وضمن ما تمتاز به العناصر المتغيرة من حرية التغيير والتصميم والتبديل، لتبقى تعمل بتوافق مع النظام التصميمي أو هيكل النظام التصميمي.

3. إن عمر هذه العناصر يجب أن يكون أطول من العناصر التابعة وإلا فإن انهيارها يعني انهيار النظام التصميمي، مما يؤدي إلى انهيار المرجعية للعناصر المتغيرة رغم عدم انتهاء صلاحيتها. وبالرجوع للنظام الإنشائي نجد أن العناصر الرئيسية هي التي تشكل هيكلية النظام الإنشائي التصميمي للمبنى، فهي العناصر الحاملة إنشائيا لكامل عناصر المبنى، والعناصر الهيكلية الرئيسية للنظام الميكانيكي والكهربائي ونقاط التزويد.

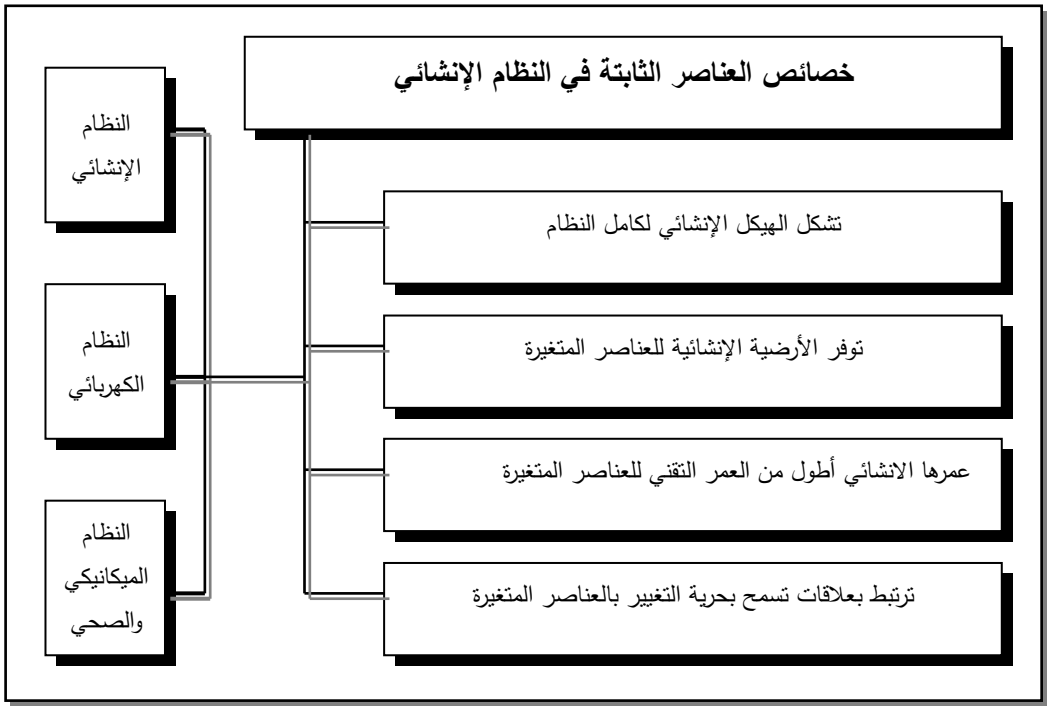


شكل (7) يبين مركز بومبيدو *Centre George Pompidou* للمعماري رينزو بيانو حيث استخدم العناصر الإنشائية بما يحقق الشكل والإطار العام للمبنى.[10]

إن العناصر الثابتة والمتغيرة وعلاقاتها في النظام التصميمي الإنشائي عند النقاد والرواد المعماريين هي مجموعة من العناصر التقنية تعمل كعناصر رئيسية ترتبط فيما بينها بعلاقات تتسلسل حسب أهميتها وتشكل أرضية العمل للتغيير في المبنى كما يلي: (كما يوضح الشكل رقم7)

- الأعمدة والأبراج الحاملة (بطاريات الخدمة).
- نقاط التزويد الشاقولية للخطوط الكهربائية والميكانيكية والصحية الرئيسة.

- العناصر الأفقية (الجسور والبلاطات) التي ترتكز على العناصر العمودية الحاملة، مما يشكل عناصر ثابتة أفقية وعمودية، وما تبقى من العناصر يتم تصميمه وتغييره بحرية ضمن هذه الثوابت، وأكد هذا الطرح أيضا على إمكانية استخدام بطاريات الخدمة كنقاط تزويد شاقولية للنظام الميكانيكي والكهربائي والصحي بشكل يسمح بتجميع العناصر الثابتة لمجمل النظم الفرعية معا مما يزيد درجة مرونة التغيير للفراغات[4] وحرينها [Friedman، 1992]



شكل (8) النظم الفرعية في النظام الإنشائي وعلاقتها بخصائص العناصر الثابتة[1]

وبالعودة إلى فكرة المسقط الحر للمعمار (لوكوربيزيه Lecorbusier)- في نظام (الدومينو Domino) نجد المسقط الحر كحالة إنشائية أساساً لتوفير المرونة ينتج عن استخدام نظام هيكلي خرساني في الإنشاء ونقل الأحمال عن طريق الأعمدة، إذ أصبحت وظيفة الجدران كقواطع فقط، فالأعمدة والبلاطات -كعناصر إنشائية رئيسة- هي الأساس الإنشائي للنظام عند لوكوربيزيه، وتوفر المرونة الإنشائية لباقي العناصر. [4] [Friedman، 1992]

وفي استعراض لحالة من حالات المرونة التصميمية وهي فكرة الفراغ الشامل عند المعمار (ميز فان دروه Mies van der Rohe)، لإذ حاول الاستفادة من التطور التكنولوجي في طرق الإنشاء وأساليبه وفي مواد البناء الحديثة والمتطورة، حيث تم استخدام الأعمدة والجسور (الجوائز) للوصول إلى مجازات كبيرة ومساحات كبيرة وواسعة دون وجود عوائق من عناصر إنشائية داخلية في محاولة لتحقيق فراغ مرن و واسع ، فبقيت الأعمدة والأرضية هي العناصر الإنشائية الأساس، واهتم (ميز فان دروه Mies van der Rohe) أيضا بتجميع العناصر الخدمية الميكانيكية والكهربائية والصحية في حيز واحد من اجل توفير الفراغ الشامل المفتوح الذي لا تعيقه عوائق إنشائية أو ميكانيكية أو كهربائية. [4] [Friedman، 1992] (كما يوضح الشكل رقم 8-9)

شكل (9) يبين دار سكن Farnsworth House للمعمار ميز فان دروه Mies van der Rohe ويظهر فيه اعتماده على فكرة الفراغ الشامل الحر بحصر توضع العناصر الإنشائية على المحيط الخارجي فقط.[10]

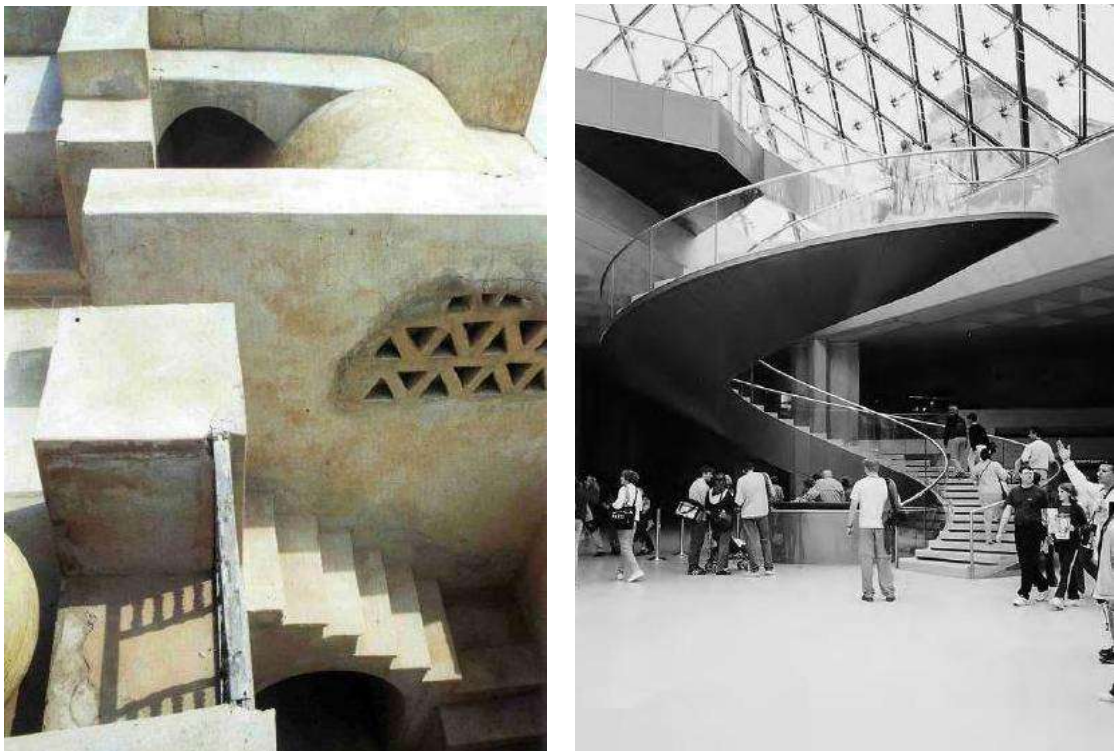
يركز الباحث والناقد المعماري (فرايدمان Friendman) طرحه لنموذج المرونة المثالي في التقليل قدر الإمكان من العناصر الإنشائية الحاملة ونقاط التزويد الشاقولية ومحاولة تجميع الخدمات الصحية في مناطق محددة على نحو لا يعيق نموذج المرونة المقترح من قبله، أي تطوير إطار عبر تطوير فراغ مفتوح مع قواطع متحركة ومتحررة تقنيا، مع وجود مكان محدد وثابت للمناطق الرطبة .

وكذلك الأمر لا يرى فريدمان أن تحديد العناصر الثابتة في النظام الإنشائي كافٍ للوصول لنموذج المرونة المطلوب بل أكد ضرورة وضع نظام يحدد العلاقة بين هذه العناصر وطرق توضعها فيما بينها. ويحدد (فريدمان Friedman) هذه العلاقة من خلال نظام اختيار موديول معين يحدد مواقع العناصر الحاملة (أعمدة، بطاريات خدمه، نقاط التزويد الميكانيكية والكهربائية والصحية...)، تستخدم لتركب عليها البلاطات بنقاط محددة، ويبقى باقي الفراغ لتوفير حرية التغيير والتبديل فيه. فالعناصر الحاملة ونقاط التزويد العمودية والرئيسة يجب أن لا تعيق أي حرية للتغيير والتبديل في المسقط الأفقي، لذلك يجب وضعها في نقاط محددة كي تسهل عمليات المرونة وإجراءاتها في المستقبل،

وهذا يتطلب استعمال النظام الموديولي "لأنه يساعد على تقليل عدد العناصر الحاملة وتحديد مواقعها بعلاقة منتظمة ومتكررة".[4] [Friedman، 1992]

ومن هنا نلاحظ إيجابية تجميع العناصر الرئيسة معاً ضمن أماكن محددة يحددها الموديول المقترح والمناسب للوظيفة المراد تحقيقها، يجب للعلاقة الإنشائية بين العناصر أن ترتبط بنواحي التغيير المستقبلية في المبنى، لذلك يجب تجميع العناصر الإنشائية القابلة للتغيير بالموقع نفسه، وهذا يعني الفصل بين العناصر التي تتغير باستقلالية عن بعضها، وتجميع العناصر التي تتغير معاً بتلازم زمني نتيجة عمرها الإنشائي، مما يوفر استقلالية لباقي العناصر[6][Templemants ، ص34] (كما يوضح الشكل رقم 10-11)

شكل (10) يبين استخدام القواطع الداخلية المتحركة وبإمكانية مرنة لتحريك هذه القواطع لتغيير وظيفة الفراغ مما يحقق مرونة عالية.[9]



شكل **(11) يبين عنا صر الانتقال الشاقولي كواحده من العناصر الثابتة حيث ساهم التطور التكنولوجي في مواد البناء في بناء أدراج حرة لا تعيق الحركة الأفقية وتوفر مرونة عالية ضمن الفراغ المعماري. [10] [2]**

الاستنتاجات والتوصيات:

- ضرورة تحديد العناصر الثابتة التي تشكل أرضية عمل للعناصر المتغيرة في كل من النظام الوظيفي و الإنشائي التي تسهم في تعزيز مفهوم المرونة في المبنى وهي:
  - الأعمدة و البلاطات والجسور وجدران القص في النظام التصميمي الإنشائي.
  - نقاط التزويد الشاقولية في النظام التقني الكهربائي والميكانيكي والصحي.
  - المناطق الرطبة (المبتلة – الخدمات الصحية) في النظام الوظيفي.
  - عناصر الانتقال الشاقولي (الأدراج والمصاعد).
- ضرورة إتباع نظام موديولي يساعد في تقليل عدد العناصر الحاملة ونقاط التزويد ويحدد مواقعها بشكل واضح ومتكرر.
- التأكيد على ايجابية دمج توضع العناصر الإنشائية الحاملة الثابتة كجدران القص مع نقاط التزويد الشاقولية أي العناصر التقنية الثابتة (من خلال الموديول المقترح) ضمن بطاريات الخدمة أي العناصر الثابتة وظيفيا وبالتالي بشكل متوافق بين المستويات التصميمية على اختلافها.

المراجع

1. البجاري، فراس؛ **المرونة في التصميم المعماري**؛ رسالة ماجستير؛ جامعة دمشق، كلية الهندسة المعمارية، قسم التصميم المعماري؛ إشراف الأستاذ الدكتور المهندس أنور الغيث؛ المشرف المشارك الأستاذ الدكتور المهندس بيير نانو؛ 2009. عدد الصفحات 180
2. ستيل، جيمس؛ **عمارة من أجل الناس** "**الأعمال الكاملة لحسن فتحي**"؛ ترجمة المهندس المعماري عمرو رؤوف؛ 2008. ص 26.
3. Cuperus, Ype, **Open Building, Open Future, Open House**, International, Vol.18, No. 1: 3-10, 1993.p:50.
4. Friedman, A, A Decision- **Making Process for Choice of a Flexible Internal Partition, Kluwer Academic Publishers**, Netherlands, 1992.P:37.
5. Prins, M., **the Management of Building Flexibility in the Design Process**: A Design Decision Support Model for Optimization of Building Flexibility in Relation to Life Cycle Costs in: Nicholson, M.P., Architectural Management, 1st Edition, E & FN Spon, London, 1992.P:45.
6. Templemants, Plat, Prins, M, Bax, J.C. & M. F. TH., Carp, **A Design Support, System for Building Flexibility and Costs in**: Timmermans, Harry, Design and Decision Support System in Architecture, Kluwer Academic publishers, The Netherlands, 1992.P:88.
7.] Modern Steel Construction; August 2011; P. 37
8. Building & Construction; Winter 2011, P. 39
9. Construction Today; May 2011; Volume 9 | Issue 5, P. 67
10. **International Network** (internet); Website, www.arcspace.com. (accessed Dec, 14, 2011)