



## نظام الجمالون الفراغي

### مقدمة:

الجمالون الفراغي من احسن الأنظمة المستخدمة في تغطية الجور الواسعة بدون الحاجة إلى أعده داخلية المبدأ الأساسي للجمالون الفراغي هو ارتباط كل من المستويين العلوي والسفلي للمنشأ بواسطة وحدات متصلة فراغياً

مثل أضلاع الهرم عندما تربط مستوي قاعته بمستوى قمته يوفر هذا النظام كفاءة عالية واستغلالاً أكبر لحامات المنشأ

### الوصف:

يتكون هذا النظام من وحدات ماسوير مستديرة المقطع (members) تتصل ببعضها في نقاط الالتقاء (joints) بمسامير تصل نقاط الالتقاء العديدة ثماني أو تسع ماسوير بثمانية مسامير كما يمكنها أن تصل حتى ثلثا عشرة

ماسورة في نقطة واحدة هناك عدة متغيرات (parameter) تحدها المعايير المعمارية والإنشائية والاقتصادية للفراغ المبراد تغطيته بهذا النظام وهي (span) وطول الوحدة وبالتالي قطرها وتحتاقتها بالنسبة للتشكيل المعماري فيتم هذا النظام للمهندس المعماري إمكانيات لا حدود لها أو انخفاضات أو ارتفاعات أو حتى فتحات كاملة داخل البحر الواحد بحور تصل إلى (60م) وكوابيل تصل إلى (20م) بالنظام العادي وبحور

أكبر من هذا وحتى (120م)

يمكن التغلب عليها بالنظام الأسطواني وبدون أي تغير في نقاط الالتقاء

يمكن عمل فتحات لجميع المقاسات للإضاءة الطبيعية والتهوية

بالنسبة للإضاءة الصناعية فيمكن تثبيت وحدات الإضاءة في نقاط الالتقاء في نطق الإضاءة وذلك تمرير كبلات الإضاءة داخل ماسوير الجمالون الفراغي نفسها بالنسبة لمعالجة السطح المعدني لماسوير الجمالون الفراغي فهناك أيضاً عدة إمكانيات ، دهان باللاكية على وجهين براد بر عادي أو الجلفنة العادية أو دهان السطح المطلق ببوليات خاصة أو بالوكور أو ببولية القرن البكتري وستيكل

أي نوع من التغطية يمكن أن يثبت على السطح العلوي للجمالون بواسطة زوايا قطعاتها (L,Tsec)

أول جمالون فراغي مصري تطور سنة 1986 الذي اختبر بده في ألمانيا واقتت نجاحاً وقوة فائقة ؛ ولقد استخدم هذا الجمالون الفراغي منذ ذلك الحين بنجاح في التشييد العديد من المباني يعتبر هذا الجمالون الفراغي منافساً عالمياً من حيث الشكل والأداء والسعر وسرعة التنفيذ

### تصنيف المنشآت الفراغية:

تقع المنشآت الفراغية تحت نطاق المنشآت التي تقاوم الاجتهادات الواقعة على القشرة المغلفة للفراغ بتحليلها في اتجاه أعضائها إلى قوى الشد والضغط وتنقسم المنشآت الفراغية إلى منشآت يكون التشكيل الإنشائي المشكل للفراغ باستخدام الجمالونات التقليدية أو باستعمال هيكل فراغية وتنقسم كل من الجمالونات التقليدية والهيكل الفراغية إلى ثلاثة تصنيفات منها الجمالون المسنن والمنحني والكروي والهيكل الفراغية المسنونة والمنكسرة والمنحنية فتتوزع وكثرة التصنيفات لكل منها

يتكون التشكيل الإنشائي للهيكل باستخدام عدة شبكات مجمعة مع بعضها بحيث يقوم الهيكل بتوزيع قوى الشد والضغط (Tension & Compression) المعرض إليها التشكيل الإنشائي للفراغ وتشكيل الهيكل الفراغية بوحدة أساسية "مديولية" متكررة مثلثة أو مربعة أو مسدسة .

وتنقسم الهياكل الفراغية إلى :-

1- هيكل فراغي مسنن

2- هيكل فراغي منحنى

3- هيكل فراغي كروي

ولقد تنوعت الأشكال الفراغية باستخدام الوحدة المديولية المتكررة فظهر لها العديد من التصنيفات

سنعرض بعض الأمثلة التي توضح اهم التصنيفات للمنشآت الفراغية وخاصة ما ساهم منها في انشاء الجور الواسعة للفراغات الانتفاعية المعمارية المختلفة

### - الجمالونات التقليدية -

استخدمت الجمالونات التقليدية على تنوعها ومنذ مراحل اكتشافها واستخدامها في مجال المنشآت المعمارية بنجاح في تشييد المشروعات الكبيرة ذات الجور الواسعة خاصة في تحقيق فراغات معمارية كبيرة وتنقسم الجمالونات التقليدية من حيث التشكيل الإنشائي المشكل للفراغ إلى جملون مسنن وجمالون منحنى وجمالون كروي وقد تنوعت وكثرة الأشكال والمسميات للتصنيفات الثلاثة السابقة وتستخدم اهم الأمثلة المعمارية لكل منها وخاصة ما ساهم في تحقيق بحور إنشائية لفراغات انتفاعية معمارية .

### 1- جمالون مسنن

يكون التشكيل الإنشائي للجمالون الفراغي باستخدام جملونات تقليدية تتخذ الشكل المسنن على المستوى الراسي أو الأفقي ويحجر بحر حر اعادة على الأطراف انشاء كابولي مفرد أو مزدوج بحر حر وكابولي مزدوج واستخدم الجمالون المسنن بنجاح في التشكيل الإنشائي لسقف مشروع محطة السكة الحديد وكذلك قاعات مركز القاهرة الدولي للمؤتمرات ودوار الإبراء الجديدة ومضلت نادي الشمس فساهمت الجمالونات المسنونة على تحقيق فكرة متناوعاً ومتميزاً الجور إنشائية فراغات انتفاعية مختلفة . (صوره 1)

وباستخدام الجمالونات التقليدية المسنونة والمرتكزة عند الأطراف ( بحر حر Free Span ) على اختلاف تصنيفاتها ، أمكن تحقيق بحور إنشائية متنوعة ما بين كبيرة وضخمة Large & Mags large span (صوره 2)

وبالحراسة الإنشائية للجمالون التشكيلي للفراغ الإمتداد الأفقي باستخدام الكابولي المزدوج لتكوين فراغات انتفاعية تفي بالمطلبات الوظيفية للفراغ . (صوره 3)

ومزيد من التطوير الإنشائي للمادة يمكن التشكيل المطلوب للفراغات المعمارية ودراسة حركة الاجتهادات للتكوين الإنشائي باستخدام ( بحر حر وكابولي مزدوج ) .

### 2- جمالون منحنى (Curved Truss single curved Truss)

ويكون التشكيل الإنشائي للجمالون الفراغي باستخدام التقليدية متخذة الشكل المنحني الفراغي سواء باستخدام جملونات مفردة الانحاء أو مزدوجة الانحاء ومنها :-

Two cylindrical Surfaces Rising Toward center

Four cylindrical Surfaces foming (cross vault)

وبالدراسة الإنشائية يمكن استخدام الجمالونات التقليدية استخدام الجمالونات التقليدية لتكوين فراغات انتفاعية تفي بالمطلبات الوظيفية والاحتياجات المعمارية للفراغات المختلفة . فاقسمت الجملونات بالمرونة في التشكيل الفراغي (صوره 5)

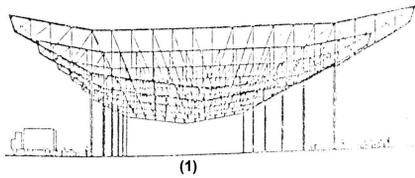
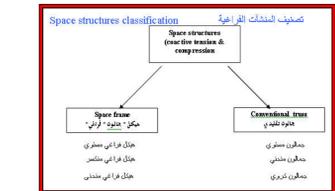
### 3- جمالون كروي Spherical

يكون التشكيل بالجمالونات التقليدية متخذاً الشكل الكروي للجمالون الفراغي كما في القبة الجيوديسية Geodesic Dome فقد استخدم الجمالون الكروي بنجاح كما في سقف جامع مطار الملك خالد – الرياض (صوره 6)

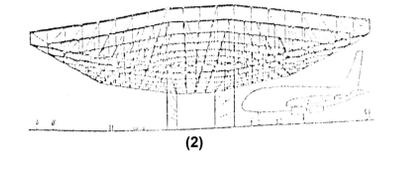
مرونة التشكيل المعماري للفراغات باستخدام وحدات مديولية متكررة ( نظرية التوحيد القياسي ) إمكانيات إنشائية متطورة للتكوين الفراغي الكبيرة Large Span باستخدام الجمالونات الحديدية التقليدية . (صوره 7)

### من مميزات الهياكل الفراغية:

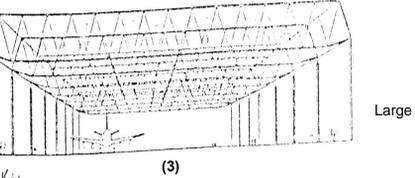
امكانية رفع أحمال متحركة مثل الأثاث عند نقطة التقاء مع عزم قصور ذاتي بجانب إعطاء بطينة من الممكن نزع عدد من الأعضاء ونقاط الالتقاء بدون أن يودي هذا إلى انهيار المنشأ توزيع القوى من تلقاء نفسها على الأعضاء الباقية



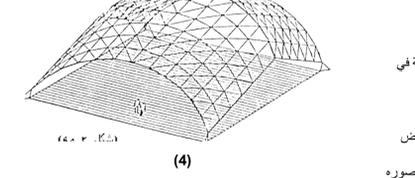
(1)



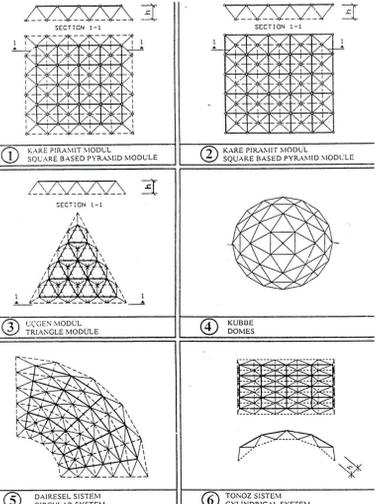
(2)



(3)

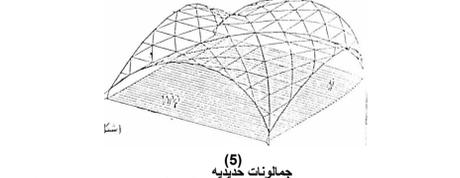


(4)

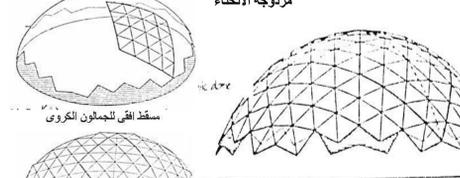


اشكال هندسية مختلفة من الهياكل الفراغية في محاوله للوصول

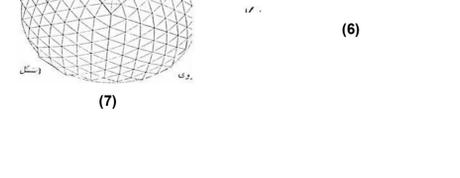
الي التصميم الجمالي المطلوب فضلاً عن الحصول على القوة المطلوبه



(5)



(6)



(7)

### مقدمة:

لقد تطور الفكر المعماري ... فتدمجت الأقاليم فيما بينها وترابطت المدن مع بعضها واتصلت الدول بعضها .. فترت الفوارق الزمنية والمكانية وتوسعت دوائر الأنشطة وازدادت الاحتياجات العالمية للجور الواسعة والفراغات الانتفاعية الكبيرة تبعاً للاحتياجات المختلفة والمتنوعة للنشطة سواء أكانت هذه الأنشطة تمارس على مستويات دولية

### INTERNATIONAL ACTIVITIES.

كالاتمبياد الدولية أو على المستوى الوطني national activities معارض ، صالات متعددة الأغراض أو على المستوى القومي REGIONAL ACTIVITIES مراكز ثقافية أو على مستوى الجوار السكنية . . . NEIGBORHOOD فيختلف حجم الأنشطة تبعاً للمستويات المختلفة فلكل منها متطلباتها الوظيفية التي تتطلب بحوراً إنشائية وفراغات انتفاعية ، ولتحقيق الجور المختلفة والفراغات المتنوعة كان السعي الدائم لتطوير الفكر المعماري في شتى اتجاهاته التصميمية والتنفيذية ليواكب حركة التطور المتزايدة للأنشطة المختلفة فطورت طرق التشييد وساهمت في تطور الفكر المعماري لتصميم الفراغات المعمارية للجور الواسعة فتتوزع نظم الإنشاء وحقق المزيد من المرونة في تشكيل الفراغات ، ولانت السواد الإنشائية واستحدث الجديد منها لتساعد على التشكيل الإنشائي للفراغات المختلفة على تنوعها.

### أنواع الفراغات:

تنوعت الفراغات لتلائم الاستخدامات المختلفة ولتفي بالمطلبات الوظيفية ولتحتوي على الأنشطة المتنوعة سواء بالامتداد EXTENSION الراسي أو الأفقي للفراغات المطلوبة في عصرنا اليوم ويقع في نطاق ذلك الفراغ السكني والتجاري والتعليمي والثقافي ... ويحدد ذلك الاحتياجات المتنوعة للمطلبات المنفعية لكل فراغ واختلاف التكوينات المختلفة بإبعادها المتغيرة فهنا فراغات صغيرة تتناسب مع الاحتياجات المتعددة والفرعية للإنسان وأخرى فراغات أكبر تتناسب مع الاحتياجات المختلفة للأنشطة والتي تفرز مساحات وأبعاد كبيرة لتلك الفراغات ويرتبط على ذلك اختيار طرق تشييد إنشائية تتناسب مع الأشكال المختلفة والتكوينات الفراغية ذات التشكيلات الكعبيية أو الأسطوانية المتعددة فكلما كبرت تلك الفراغات كان الاحتياج لنظم إنشائية تتناسب وتشكيل التكوينات الفراغية ، لذا كان هناك ضرورة لتحديد مجال الدراسة من خلال تحديد المقصود بالبحور الواسعة وبالتالي تحديد مجال البحث ومن خلال ذلك تم تقسيم الفراغات إلى ثلاث أنواع تبعاً لأقل عرض ( بحر ) في الفراغ :

فراغ عادي ( بحر حتى 20 م ) ( NORMAL SPAN / UP TO 20M )

فراغ كبير ( بحر من 21 حتى 100 م ) ( LARGE SPAN / FROM 21-100M )

فراغ ضخم ( بحر أكثر من 100 م ) ( MEGA LARGE SPAN / MORE THAN 100M )

وتلعب المواد الإنشائية على تنوعها دوراً أساسياً في تكوين تلك الفراغات

### أنواع التغطيات:

النظم الإنشائية المتطورة لتغطية الفراغات : هناك نظم إنشائية متقدمة لتغطية الفضائات الكبيرة والواسعة للصالات والفراغات ذات الجور الواسعة والكبيرة التي تتراوح من 35:18 متر ومنها :-

- 1- الأطر (frames).
  - 2- الجمالونات (trusses).
  - 3- الأرش-العقود (arches).
  - 4- الفارنديل (vierendeel girder).
- وهناك نظم إنشائية متقدمة (السقف الفراغية الرقيقة) لتغطية الفضائات الكبيرة والواسعة للصالات والقاعات ومنها:-
- 1- القشريات (shell)
  - 2- القباب (domes)
- وسوف نتناول كل منها بشيء من التفصيل:

### أولاً-النظم الإنشائية المتقدمة لتغطية الأسقف الفراغية الرقيقة:-

تعتبر الأسقف الفراغية الرقيقة من المنشآت الخرسانية المسلحة العملاقة جداً لثقل وزنها واقتصادها في المواد المستهلكة ولصعابتها الإنشائية المعمارية الممتازة ، من الإنشاءات القشرية عبارة عن تكوينات فراغية تحدد مسطحها الخارجي هندسياً وتتضمن أن تتحمل القوى المؤثرة عليها وتحملها إلى قوى مساوية في اتجاه الدوران والاتجاه العمودي عليها لتتحكم فيها بسهولة ويصرح باستخدامها في:

- 1- لتسقيف وتغطية المباني الواسعة .
  - 2- الصالات المغطاة للألعاب الرياضية .
  - 3- القري الأرمبية .
  - 4- المباني الصناعية والمباني المختلفة .
- وتستخدم في تغطية الجور الواسعة العادية التي تتراوح بين 36:18 متر وقد تصل إلى 100 متر، ويتوقف نوع الإنشاء القشري على الغاية المستوحاة من المبنى وطريقة التركيب وإبعاده في المسقط الأفقي وتجميعه المعماري .

### ثانياً-النظم الإنشائية المتقدمة لتغطية الفضائات الكبيرة والواسعة للصالات والقاعات ذات الجور الكبيرة :-

كانت تغطية الفراغات ذات جهور كبيرة عتية من العتبات الشديدة التي تواجه المهندس المعماري ومع التقدم المعماري أصبحت من أسهل أسرع التغطيات التي يمكن استخدامها وتنفيذها حيث لا يوجد بها أعده داخلية حيث توجد أعده خارجية فقط على المحيط الخارجي للفراغ سواء كان على شكل مستطيل أو مربع ، كما يمكن عمل إطارات تتصل فيها الأعمدة والكمرات كجزء واحد

كما أن من طبيعة هذه المنشآت أنها تتحمل الأحمال الكبيرة من أحمال حية وأحمال مبيتة ... (DEAD&LIVE LOADS) كما تسمح بالحصول على ارتفاعات كبيرة تصل إلى 10:6 متر دون حدوث أي انبعاج للأعمدة .

- 1- صالات الألعاب الرياضية ومدرجات الملاعب .
  - 2- أماكن العبادة .
  - 3- المسارح وسينما .
  - 4- صالات الترفيه والمدرجات .
  - 5- صالات المصانع والورش .
- ومنها:

### أولاً- الأطر (frames):

- 1- وهي عبارة عن : وهو يستخدم في تغطية الجور الكبيرة قد تصل إلى 20 متر .
- 2- لا يسمح فيها بتواجد الأعمدة الداخلية .
- 3- من ممكن جعل السقف منطبق مع girder من أعلى ومن أسفل .
- 4- المسافات البينية بين الframes من 6:4 متر على امتداد الجانب الطويل .
- 5- عرض الإطار = 30-40 سم .
- 6- هيكل frames عبارة عن مجموعة روافد أو أعده متصلة مع ال girder اتصال قوي .
- 7- يمكن استخدام frames مع ال girder الأفقية في الجور من 12:15 م .
- 8- يمكن استخدام frames مع ال girder المنكسرة في الجور من 15-18 م .
- 9- في حالة المنشآت القشرية ذات الجور أكبر من 24م يتم استخدام frames مع ال girder المنحنية مع وجود شدادت في الفراغات .
- 10- في حالة المنشآت القشرية ذات الجور تتراوح من 24:28 م يتم استخدام frames مع ال girder المنحنية ولا تحتوي على شدادت في الفراغات .

### ثانياً:-الجمالونات (trusses)

- 1- وهي عبارة عن : أشكال هرمية أو مثلثية رأسها إلى أعلى أو إلى أسفل ومثبت عليها قضبان إلى علوية وسفلية التي تأتي بأشكال متنوعة لتوفير الإضاءة اللازمة .
- 2- ويتكون ال trusses من أعضاء members مستقيمة أو قشرية مائلة في اتجاه مائلة في اتجاه متعاكسين أو اتجاه موحد أو راسية وتسمى ال posts .
- 3- ويجمع ال members لتتقابل عند نقاط الاتصال تسمى بال(panel joint) وتوترت عندها القوى وورد ال أفعال .
- 4- الجمالون يتم تغطيته في مجال الكباري التي تعترضها المجاري المائية .
- 5- المسافات البينية بين ال trusses تتراوح من 6:4 م على امتداد الجانب الطويل .
- 6- عرض الإطار = 30-40 سم .

### ثالثاً: الأرش – العقود (arches)

- 1- تستخدم في الجور الواسعة الكبيرة قد تصل إلى 35 م مع وجود شدادت .
- 2- يمكن جعل السقف منطبق مع دوران ال girder أو منطبق على الشداد .
- 3- إذا كانت القوى العمودية في مقاطع العقد المماسية للمحني العنقي فإن ال girder معرض للقوة محورية مساوية ولا يتعرض للاجهادات .
- 4- الأعضاء المائلة والراسية والأفقية تتعرض للاجهادات .
- 5- المسافات البينية بين ال arches وبعضها 5:7 م على امتداد الجانب الطويل .
- 6- عرض الإطار = 30-40 سم .

### رابعاً:-الفارنديل "vierendeel girder"

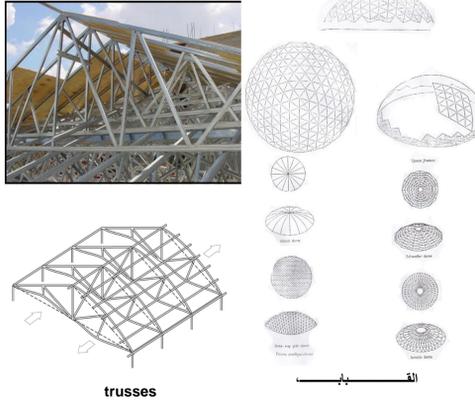
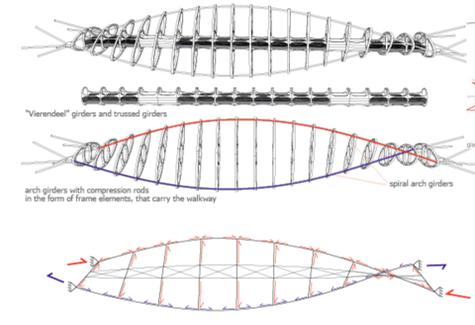
- 1- يشبه ال trusses في عناصر الإنشائية ولكن بدون ال diagonal members .
- 2- جميع أعضاء المنشأة تتعرض للاجهادات .
- 3- تصلح لعمل صالات الحفلات .
- 4- يستخدم في تغطية الفراغات قد تصل إلى 25 م .
- 5- من ممكن جعل السقف منطبق مع ال girder من أعلى ومن أسفل أو الأثنين معاً .
- 6- المسافات البينية بين ال vierendeel girder وبعضها من 4-6 متر .



صور لمكتبة الاسكندرية من الداخل والخارج توضح كيفية تنظيه السقف



صور توضح مدى الجور الواسعة المغلفة بالاساليب الإنشائية المختلفة



### القشريات

تمثل القشريات الجوهر الإنشائي لمسب المنشأ والسقف في نفس الوقت مع عمل غطاء خفيف عليها . وتتميز هذه القشريات الرقيقة بانكسارها قوة وشفافة قوس القشرة مع عزم قصور ذاتي بجانب إعطاء بطينة للانشاء ليس به بروزات غير مرغوبة كما تجعل الإنشاء كله في وضع متصلب تماماً وتحصل القشريات على قوتها من قشرتها على تحويل الأحمال التي عليها بواسطة أعشبيتها الخرسانية.

هذه الإجهادات المباشرة مثل الضغط والشد والقص تحدث على كل سلك القشرة في أي نقطة فلا يوجد أي عزم على عضو بالقشرة مثل الذي يحدث على البلاطة المسنونة، كذلك لا داعي لعمل دعائم كتف صممت مستر على طولها كما هو متبع في تشييد القوس الطولي الذي لا يتحمل إجهادات الشد .

### مشاكل التشييد بالقشرة الخرسانية:

- 1-تصميم القشريات يتطلب مهارة عالية في التصميم .
- 2-معظم المقاولين ليسوا على دراية كاملة بمشاكل تشييدها .
- 3-أكثر المهندسين ليسوا على دراية كاملة بتصميمها، كما أن الأشكال المعقدة منها تتطلب حسابات كثيرة عما بأن الأسقف الكبيرة من القشرة الرقيقة تكون مشاكل هندسية صعبة .
- 4-صعوبة معالجة أسطح القشرة الخرسانية لغرض التأثير المعماري المطلوب .

### فوائد التشييد بالقشرة الخرسانية :

- 1-تغطي الاقتصاد في المواد المستعملة .
- 2-حرية في تصميم أشكال الإنشاءات سواء في المسقط الأفقي أو القطاع .
- 3-سهولة إعطاء ضوء من منطقة كبيرة فيها .
- 4-القذرة على تحمل الأحمال غير المتوازنة .
- 5-مقاومة الحريق .
- 6-قوة صلدة مخزونة حتى إذا حدث تلف عند النقط الحرجة لا يحدث تهديم كلي للمنشآت .