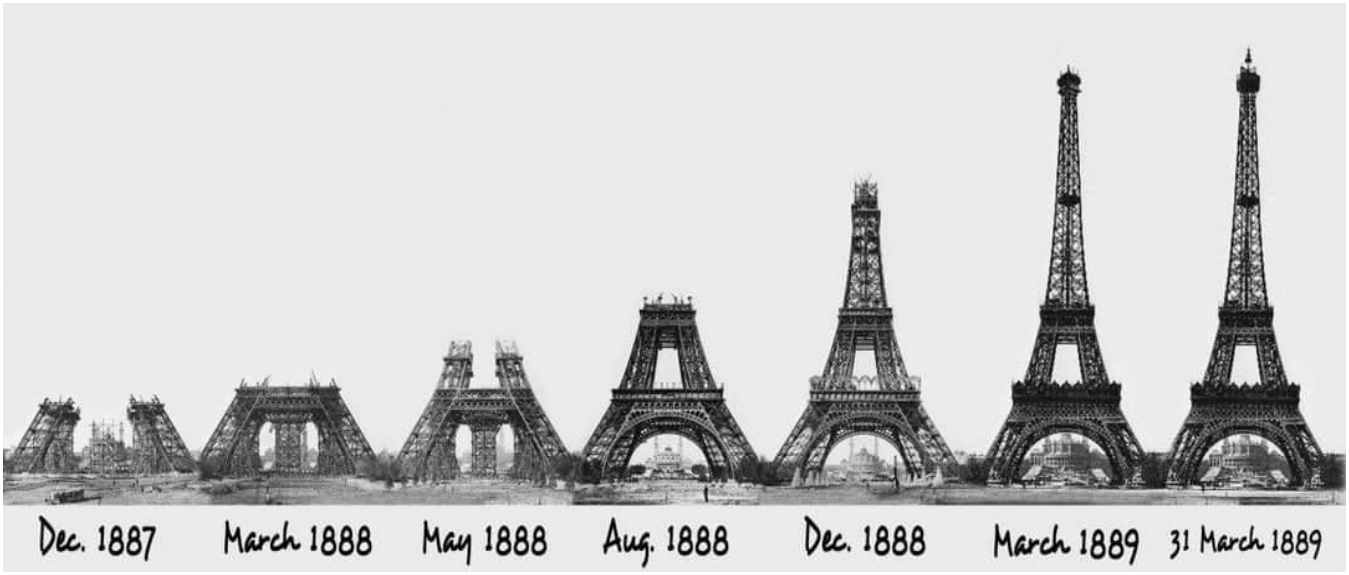
الموضوع: هيكلية برج أيفل
إعداد: غيث صابر مطر السبهاني
تدقيق علمي:
تدقيق لغوي:
الفريق:
المشرف:
تاريخ التسليم :2022/4/25

هيكلية برج أيفل



المحتويات

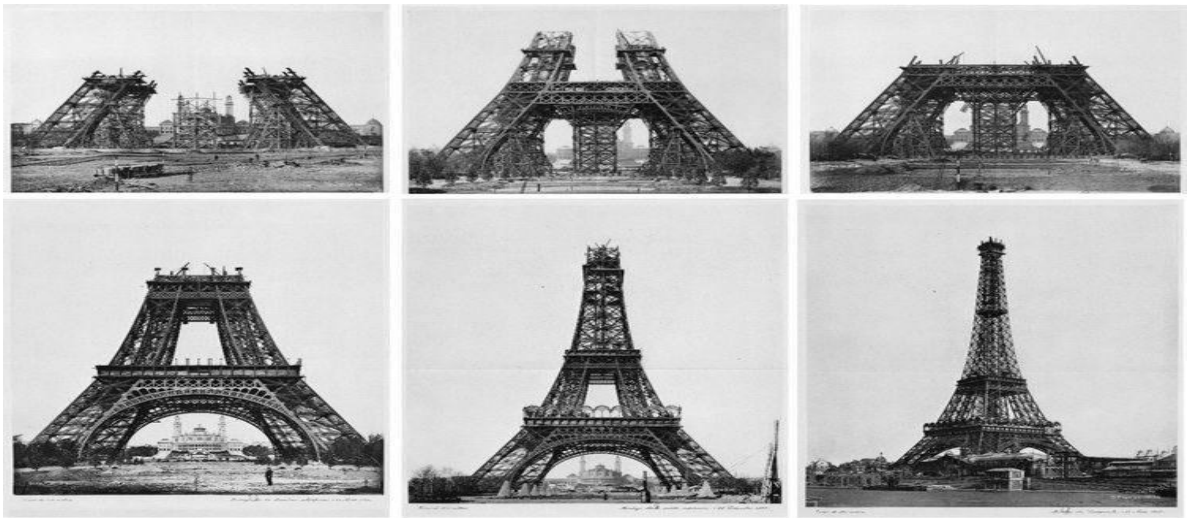
ت	الموضوع	الصفحة
1	المقدمة	2
2	مواد الأنشاء والبناء	3
3	بداية التشييد والأساسات	4
4	أجزاء هيكل البرج	6
5	محتويات البرج	8
6	استخدامات البرج	10
7	معلومات عامة عن البرج	11-10
8	المراجع	12

مقدمة:

تعتبر المنشآت المعدنية واحدة من أكثر المنشآت انتشارا حول العالم منذ منتصف القرن التاسع عشر بعد الثورة الصناعية لأسباب تقنية وفنية وإنشائية وتصميمية بسبب طبيعة المعدن الخاصة ومرونة استخدامه وسرعة التنفيذ به وما يحمله من خواص فيزيائية وإنشائية.

ولقد حققت المواد الحديثة بإمكانياتها العالية رغبة الإنسان في الانطلاق بالمباني إلى ارتفاعات عالية، وإذا كانت الخرسانة قد لعبت دوراً في ذلك إلا أن المعدن قد كان له الدور الأهم، ويرجع ذلك إلى صغر قطاعات المعدن وقدرته العالية على تحمل قوى الشد، وكذلك مساهمته في أن تصبح الجدران المغلفة للهيكل خفيفة الوزن، وخصوصا بالاندماج في عملية الإنشاء على الأنواع المختلفة من المعدن والزجاج وغيرها.

ومن اهم هذه المنشآت برج ايفل /1891/باريس/كوستاف ايفل صورة (1-1)



رغم المعارضة التي لقاها من البداية، أصبح برج إيفل رمزا لمدينة باريس وشعارا لها حيث أظهر القدرة التقنية الفرنسية.تم النظر في أكثر من 100 تصميم من قبل الحكومة الفرنسية لنصب تذكاري مناسب للاحتفال ، قبل أن يتخذوا قرارًا بشأن تصميم الحديد المطاوع ذي الشبكة Exposition Universelle بمعرض .المفتوحة في إيفل. كانت فكرة إيفل أن تكون الأعمدة الداعمة الأربعة متوافقة مع نقاط البوصلة

تم بناء البرج من حديد إنشائي نقي للغاية مما يجعله خفيفًا نسبيًا ويعني أنه يتحرك تحت حمولة الرياح العالية.

كان بناء البرج إنجازًا معماريًا رائعًا. تم تركيب 18038 قطعة من الحديد مع 2.5 مليون برشام من قبل حوالي 300 عامل فولاذي، تم الانتهاء منها في عامين وشهرين و5 أيام فقط.

يتميز البرج بمطاعمه والعديد من المعارض والمنشآت الأخرى، يظل برج إيفل رمزًا دائمًا للبيئة المبنية وكذلك لفرنسا كدولة، مع العديد من التقليد حول العالم، وعلى الأخص في لاس فيغاس. يتم استخدامه بانتظام كمحطة مركزية للأحداث ويقدر أن 250 مليون شخص زاروه منذ عام 1889.

مواد الأنشاء والبناء:

قد تطلب بناء برج ايفل كمية 10100 طن من الحديد بالإضافة 2.5 مليون برشام، فمن أين تحصلت فرنسا عليه؟ سرقت فرنسا حديد الجزائر لصناعة برج أيفل الذي يعتبر فخر الفرنسيين طبعا لا يمكنها الحصول على ثروة مثل هذه إلا من الجزائر وبالتحديد من مليانة ولتنفيذ المشروع كانت فرنسا الاستعمارية بحاجة إلى كمية هائلة من الحديد، بلغت 10100 طن، قامت باستخراجها وسرقتها من الجزائر، وبالتحديد من مناجم زكار وروينة في مليانة التي تتوفر على حديد عالي الجودة. تم تحويل كمية الحديد إلى 18038 قطعة حديدية و2.5 مليون مسمار مشكلا بذلك "برج إيفل" الشهير صورة (2-1).

تم استغلال حديد الجزائر لصناعة برج إيفل في مدة عام و6 أشهر حيث شارك في بنائه 50 مهندسا و300 عامل وبلغ ارتفاعه أكثر 300م وافتتح رسميا في 31 مارس 1889، ليكون أطول برج في العالم ويبقى كذلك مدة 41 سنة.

بداية التشييد والأساسات:

تم تجهيز جميع العناصر في مصنع إيفل الواقع في Levallois-Perret في ضواحي باريس. تم تصميم وحساب كل قطعة من الـ 18000 قطعة المستخدمة في بناء البرج خصيصًا، وتم تتبعها بدقة تبلغ عُشر ملليمتر، ثم تم تجميعها معًا لتشكيل قطع جديدة يبلغ طول كل منها خمسة أمتار. كان فريق من الصانعين، الذين عملوا في مشاريع الجسور المعدنية الكبيرة، مسؤولين عن 150 إلى 300 عامل في الموقع لتجميع هذه المجموعة العملاقة.

يتم تثبيت جميع القطع المعدنية للبرج معًا بواسطة مسامير برشام، وهي طريقة بناء دقيقة في الوقت الذي تم فيه تشييد البرج. أولاً، تم تجميع القطع في المصنع باستخدام البراغي، ثم يتم استبدالها لاحقًا واحدة تلو الأخرى بمسامير برشام مجمعة حرارياً، والتي تتقلص أثناء التبريد، مما يضمن ملاءمة محكمة للغاية. كانت هناك حاجة إلى فريق من أربعة رجال لتجميع كل برشام: واحد لتسخينه، وآخر لتثبيته في مكانه، وثالث لتشكيل الرأس ورابع لضربه بمطرقة ثقيلة. تم إدخال ثلث المسامير المستخدمة في بناء البرج البالغ عددها 2500000 مباشرة في الموقع.

أسس الدعامة والقواعد:

استغرق بناء الأساسات خمسة أشهر فقط، واستغرق واحد وعشرون عامًا للانتهاء من تجميع القطع المعدنية للبرج.

ترتكز الدعامات على أساسات خرسانية مثبتة على بعد أمتار قليلة تحت مستوى سطح الأرض فوق طبقة من الحصى المضغوط. تقع كل حافة زاوية على كتلة الدعم الخاصة بها، وتطبق عليها ضغطًا يتراوح من 3 إلى 4 كجم لكل سنتيمتر مربع، ويتم ربط كل كتلة بالآخرين بواسطة الجدران.

على جانب نهر السين من موقع البناء، استخدم البناؤون قيسونات معدنية مانعة لتسرب الماء وحقنوا الهواء المضغوط، حتى يتمكنوا من العمل تحت مستوى الماء.

اقترح (Sauvestre)استخدام الركائز الحجرية لتزيين الأرجل، والأقواس الضخمة لربط الأعمدة والمستوى الأول، وقاعات كبيرة ذات جدران زجاجية في كل مستوى، وتصميم على شكل لمبة للأعلى ومختلف الميزات الزينة الأخرى لتزيين الهيكل بأكمله. في النهاية تم تبسيط المشروع، ولكن تم الإبقاء على بعض العناصر مثل الأقواس الكبيرة في القاعدة، مما يمنحها جزئيًا مظهرها المميز للغاية.

يما يلي النقاط المهمة حول أساس برج إيفل: الطبقة السفلية للتربة تتكون من طين بلاستيكي ويبلغ عمقها حوالي 16 مترًا، وتستقر على صخرة الطباشير. التربة الطينية جافة ومضغوطة وقادرة على مقاومة 30 إلى 40 كيلو نيوتن / م 2

نتيجة للمسوحات العديدة التي تم إجراؤها فيChamp-de-Mars ، تتكون الطبقة السفلية من هذه التربة من طبقة قوية من الطين البلاستيكي السائدة عمومًا في حوض باريس: تقع على ارتفاع 14 مترًا تحت الأرض ويبلغ سمكها حوالي 16 م؛ فيما يلي الطباشير. هذا الطين جاف ومضغوط بدرجة كافية وقادر على تحمل ضغوط تتراوح من 1 إلى 4 كجم لكل سنتيمتر مربع، ولكنه مع ذلك لا يتمتع بالقوة الكافية لاستقبال الحمل المباشر لأساسات البرج. الطبقة من الصلصال، المائلة قليلاً من المدرسة العسكرية إلى نهر السين، يعلوها قضيب رملي وحصى مضغوط، وهو مناسب بشكل بارز لاستقبال الأساسات.صورة (3-1)

هذه الطبقة من الرمال والحصى بها ما يقرب من ارتفاع ثابت من 6 إلى 7 أمتار، ويمكن إنشاء أساسات صلبة، في هذا الجزء منChamp-de-Mars ، جافة دون أي صعوبة، وكذلك حدث هذا في العديد من قصور المعرض.

الركيزتين الموجودتين في جهة المدرسة العسكرية تعتمد على طبقة من مترين من الخرسانة، والتي بدورها ترتكز على سرير من الحصى بما مجموعه 7 أمتار من الحفر. الركيزتين الموجودتين باتجاه نهر السين تقعان تحت مستوى النهر. يعمل العمال في صناديق معدنية كبيرة محكمة السد تم ضغط الهواء بها.

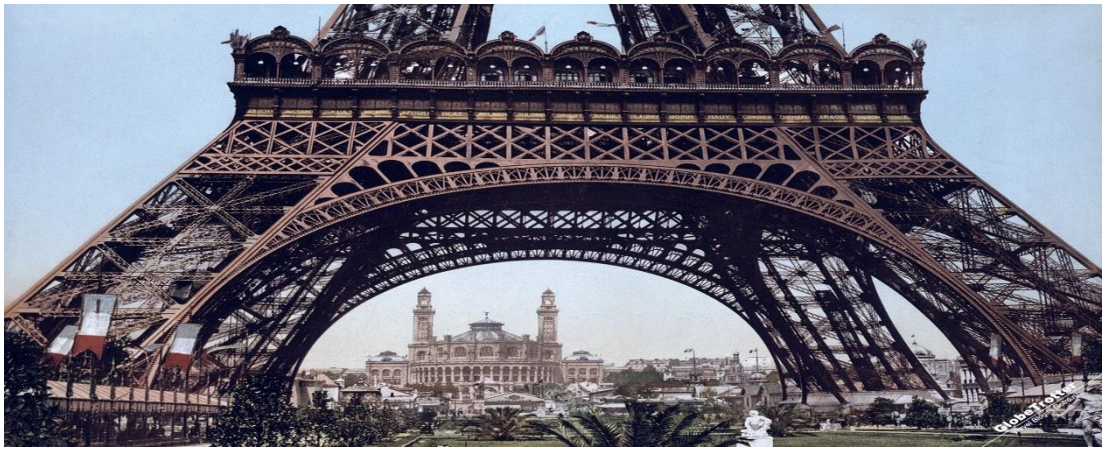
كتلة من كتل الأساس تدعم 16 عارضة خشبية منحنية بـ 54 درجة على الأرض، والتي تشكل حواف 16 الدعائم الأربع. مسامير ضخمة طولها 7.80 متر تثبت مكبح من حديد مذاب، الذي يتضمن مضاد الكبح من فولاذ مقولب. حيث يعمل على دعم العارضات الخشبية. خلال البناء، وضعت رافعات هيدروليكية بين المكبح ومضاد الكبح حيث سمحت بإحداث انزلاق ببعض السنتيمترات لأحدهما على الآخر، وربما لتصحيح السندات الحديدية التي تنظم فسحتها. هذا الجهاز، أُضيف إلى صندوق الرمال للعمود المربع المؤقت الذي يدعم الجزء العلوي للعارضات الخشبية مدة العمل، يسمح لرئيس عمال الرفع لتحقيق التعديلات الأساسية، وخصوصاً عند الربط بين الدعائم الأربعة مع العارضة الأفقية للطابق الأول.

تبعاً لحسابات المهندسين، فإن الضغط على المسند الحجري الأعلى للدعامة الذي بحجم شاتو لندن، موضوع مباشرة تحت المكابح يساوي 18.70 كلغ/سم2، مع الأخذ بعين الاعتبار في آن واحد وزن البرج والرياح. الضغط المطبق على الأسس الاسمنتية على الأرض، المتكونة من الرمال والحصى، لا يتعدى 4.5 إلى 5.3 كلغ/سم2 تبعاً للأعمدة.

الأقواس:

أستخدم Gustave Eiffel معرفته المتقدمة بسلوك القوس المعدني وأشكال الجمالون المعدني تحت التحميل لتصميم هيكل خفيف وجيد التهوية ولكنه قوي ويشكل بشرى للثورة في الهندسة المدنية والتصميم المعماري

حجم القوس 84.25 قدم ويبلغ طول بوابة القوس 630 قدم صورة (4-1).



تكون الأقواس ممدودة بين كل عمود من الأعمدة الأربعة، ترتفع الأعمدة 39 متر فوق سطح الأرض بقطر يساوي 74 متر. بالرغم من أنه غني بالزخرفة على المخططات الأولية ل(Harry Bellod) ، وهي أقل زخرفة في يومنا هذا. وهدفها هو مجرد تزييني.

تم تحديد انحناء القائمات رياضيًا لتقديم مقاومة الرياح الأكثر فاعلية. كما يشرح إيفل نفسه: "تمر كل قوة القطع للريح إلى الداخل من أعمدة الحافة الأمامية. الخطوط المرسومة بشكل عرضي لكل منها في وضع مستقيم مع نقطة كل ظل عند نفس الارتفاع، ستتقاطع دائمًا عند نقطة ثانية، وهي بالضبط النقطة التي يمر من خلالها التدفق الناتج عن حركة الرياح على ذلك الجزء من دعم البرج الموجود فوق النقطتين المعنيتين. قبل الالتقاء معًا عند القمة المرتفعة، يبدو أن القوائم تنفجر من الأرض، وفي وسيلة لتشكيلها بفعل الريح."

أجزاء هيكل البرج:

يمكن تقسيم الأبراج الهيكلية إلى مجموعتين: أعمدة مصممة بشكل أساسي لمقاومة الأحمال الميتة، وأعمدة ناتئة مصممة بشكل أساسي لمقاومة أحمال الرياح. يمكن إجراء هذا التمييز رياضيًا بالعلاقة التالية:

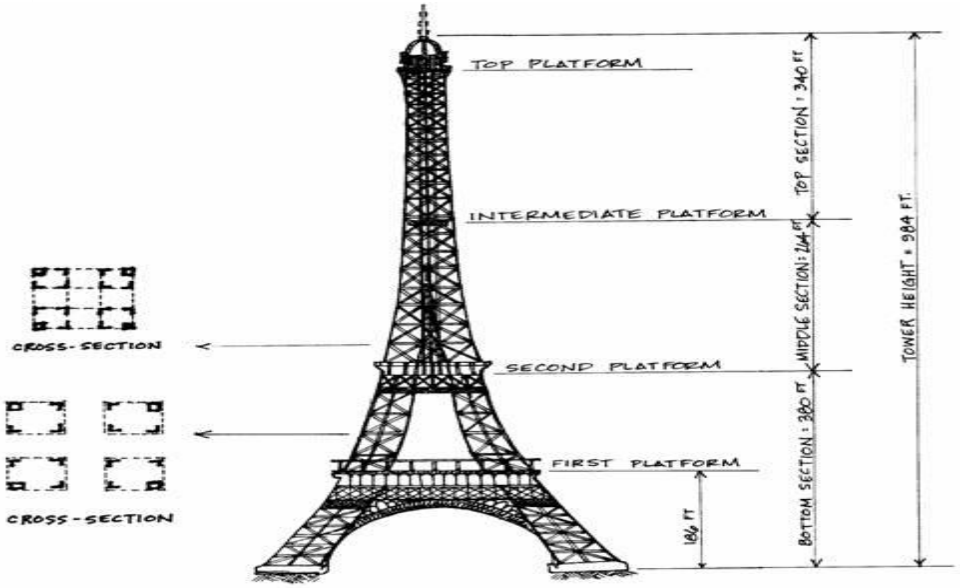
$$\underset{\text{column}}{\frac{N_G + N_W}{N_G} < \frac{4}{3} <} \underset{\text{cantilever}}{\frac{N_G + N_W}{N_G}}$$

هذا المقياس هو نسبة القوى المحورية الناتجة عن الحمل الميت (NG) وحمل الرياح (NW) ، ويستخدم لتحديد مدى جودة حساب تصميم الهيكل لأحمال الرياح. القاعدة العامة التي يتم قبولها من خلال قوانين البناء هي أن الهيكل قد يكون أكثر من اللازم بواسطة الرياح بنسبة 33٪ (ومن ثم عامل 4/3) قبل أن يكون التصميم الخاص ضروريًا، أي أن القوة المحورية الناتجة عن الرياح يمكن أن تصل إلى ثلث القوة المحورية من الحمولة الميتة. إذا تم استيفاء هذا المطلب، يمكن تصميم الهيكل ببساطة كعمود لأنه من المفترض أن قوى الرياح "ستمتص" بواسطة عوامل الأمان.

التحليل التالي لبرج إيفل يجد قيم NG و NWالتي تعطي نسبة 1.34، فقط 0.01 أعلى من 4/3. هذه النسبة هي شهادة على كفاءة البرج في مقاومة أحمال الرياح؛ ومع ذلك، فهو أيضًا مضلل عند الحكم على ما إذا كان البرج عمودًا أم ناتئًا. إذا كان للبرج قاعدة أضيق (على سبيل المثال نصف العرض) فإن النسبة ستكون أعلى بكثير لأن تأثير الرياح سيزداد (على سبيل المثال NW سوف يتضاعف والنسبة ستكون 1.7 وهي أكبر بكثير من 4/3).

البرج عبارة عن هيكل معقد إلى حد ما بالتفصيل، خاصة في هندسته، وإلى حد ما، في تحميله. لذلك، سيجري التحليل بعض التبسيط والمثالية فيما يتعلق بكل من الهندسة والتحميل. بعد مناقشة الهندسة والتحميل، تُحسب ردود أفعال الدعم والقوى الداخلية والضغوط الداخلية. لإكمال التحليل يتم تقييم كل من سلامة وكفاءة التصميم.

صمم إيفل البرج ليكون ارتفاعه 300 متر، أي 984 قدمًا (حوالي 90 طابقًا)؛ يبلغ عرض قاعدته 328 قدمًا. يتناقص هذا البعد سريعًا كما هو موضح في الرسم التخطيطي (شكل رقم1-2).

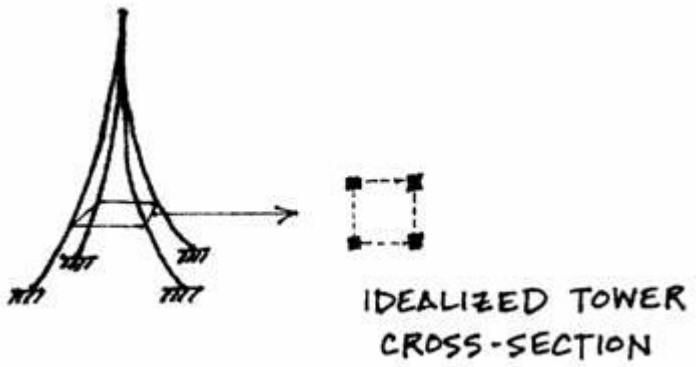


شكل(2-1)

توجد أربعة طوابق للمراقبة كما هو موضح في الرسم التخطيطي. للتحليل، سيتم تقسيم البرج إلى ثلاثة أجزاء كما هو موضح في نفس الرسم التخطيطي. تم حساب عرض البرج المقابل لكل من هذه الارتفاعات من معادلات القطع المكافئ، والتي تمثل إضفاءً مثالياً على شكل البرج؛ شكلها الحقيقي منحني بشكل أكثر حدة من القطع المكافئ.

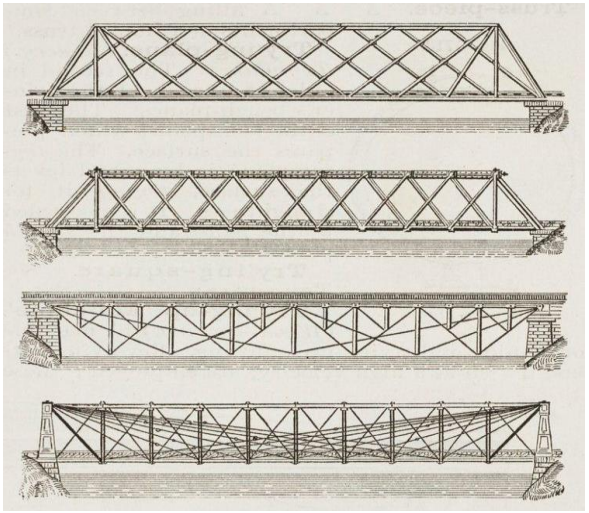
الهيكل الأساسي للبرج عبارة عن أعمدة شبكية في كل ركن من أركان البرج الأربعة، حيث تربط الأقطار أربعة عناصر، مما يجعل الأعمدة صلبة ولكنها خفيفة الوزن. يمكن رؤية الأقسام النموذجية التي توضح هذه الأعمدة بجوار مواقعها على طول البرج في الرسم التخطيطي الكبير أعلاه. تتطلب مثل هذه العناصر الهيكلية المركبة حسابات مفصلة في التحليل، لذلك يتم تحسين الأعمدة المركبة من خلال أعمدة مقطع صلب واحد، مساحة كل منها 800 بوصة مربعة.

من المفترض أن ترتفع هذه العناصر الأربعة على طول منحنى الأعمدة الفعلية للبرج وتلتقي بالقرب من القمة كما في الشكل (2-2).

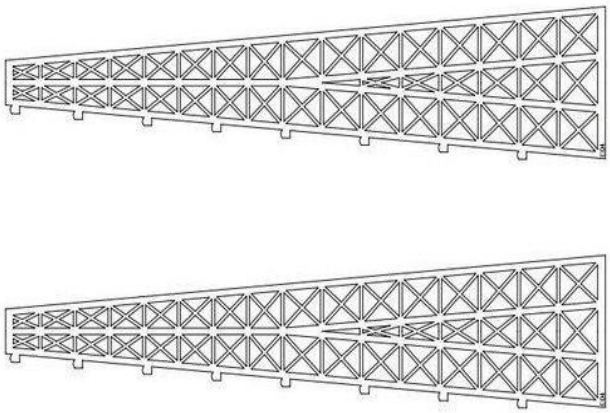


شكل(2-2)

مثل العديد من الهياكل الحديثة، يستخدم برج إيفل ترتيبًا من الحزم المتقاطعة "X-shaped" كما في الشكل (2-3)المعروفة باسم الجمالون (Truss). هذه طريقة فعالة للغاية لهندسة الهياكل من خلال الاعتماد على القوة المتأصلة للمثلثات واستقرارها. تستخدم الجمالونات أيضًا لحمل الأحمال الثقيلة يوجد في جميع أنحاء برج إيفل العديد من المثلثات. يعطي الشكل المثلث للبرج قوة، لأنه شكل قوي للبناء عليه، دون أن يكون ضعيفًا من الناحية الهيكلية يوضح الشكل الاتي أنواع الجمالونات شكل (2-4)



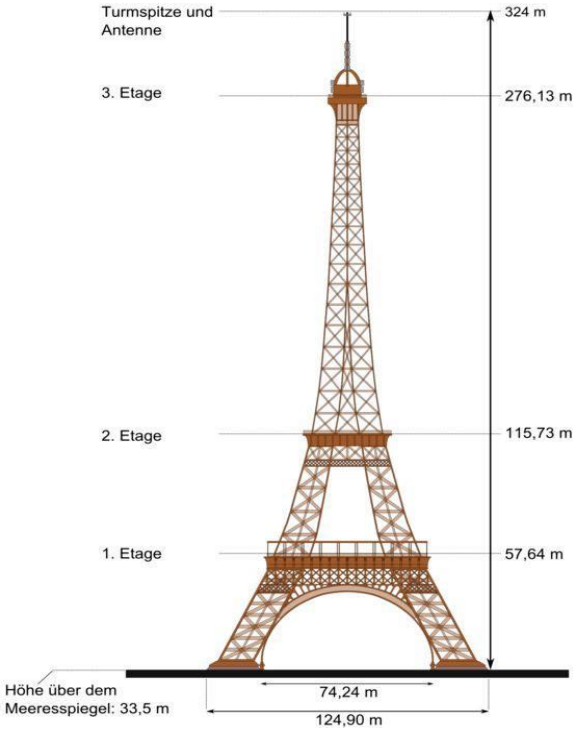
شكل (2-3)



شكل (2-4)

محتويات البرج:

يحتوي البرج على ثلاث طوابق بالإضافة الى الهوائي كما في الصورة (5-1)



الطابق الأول:

يقع على ارتفاع 57 متر من سطح الأرض، بمساحة قدرها حوالي 4200 متر مربع، يستطيع تحمل وجود حوالي 3000 شخص في آن واحد. مقصورة دائرية الشكل تحيط بالطابق الأول تسمح برؤية باريس بمجال 360°. تتخلل المعرض عدة جداول توجيه وتليسكوبات لمراقبة مشاهدة من باريس. في الوجه الخارجي كُتبت بحروف من ذهب أسماء اثنين وسبعين شخصية علمية في القرنين 18 و 19 (فرنسيين عاشوا بين 1789 و 1889).

ويضم الطابق الأول من برج ايفل مطعم 58 الذي يمتد على مستويين. وهذا يوفر من ناحية، منظر جميل بانورامي لباريس

ومن وجهة نظر أخرى منظر داخل البرج. نستطيع رؤية بعض الآثار المرتبطة بتاريخ برج إيفل، خصوصاً قطعة من السلالم الحلزونية التي تصعد، في الأصل، إلى غاية القمة. كانت عملية تفكيك هذا السلم في 1986، عند مرحلة مهمة من مراحل تحديث البرج. بعدها قسم إلى 22 قطعة منها 21 قطعة بيعت في المزاد العلني، واشترى معظمها بعض الأمريكيين هاوي تجميع الآثار. وأخيراً، ملاحظة حركة قمة البرج تسمح برسم تذبذب البرج تحت تأثير الرياح والتمدد الحراري.

الطابق الثاني:

يوجد على بعد 115 متر من الأرض، بمساحة تقدر حوالي 1650 متر مربع، يمكنه تحمل حوالي 1600 شخص في آن واحد. في هذا الطابق تكون الرؤيا ذات جودة عالية، ويكون أمثل ارتفاع مقارنة مع المباني أدناه (في الطابق الثالث تكون أقل رؤية) وبالمنظور العام (بالضرورة أكثر محدودية في الطابق الأول). عندما يكون الطقس صافياً يمكن أن تصل حدود الرؤية إلى 55 كيلومتر جنوباً، 60 إلى الشمال، 65 إلى الشرق و70 إلى الغرب. ويحتوي على العديد من المطاعم المشهورة.

الطابق الثالث:

يقع على ارتفاع 275 متر من مستوى الأرض، بمساحة تقدر ب 350 متر مربع، يستطيع تحمل وجود 400 شخص في نفس الوقت. الدخول متوفر فقط عن طريق مصعد كهربائي (السلالم غير مسموحة للجمهور انطلاقاً من الطابق الثاني) ويطل على فضاء مغلق تتخلله بعض لوحات توجيه. بالصعود أكثر، يصل الزائر إلى منصة خارجية، تسمى أحياناً- خطأ- الطابق الرابع.

يمكن في هذا الطابق ملاحظة إعادة بناء تماثيل شمعية تظهر Gustave Eiffel يستقبل Thomas Edisonوالذي يعزز فكرة أن غوستاف إيفل استخدم هذا المكان كمكتب.

الهوائي:

في الجزء العلوي من البرج، ثبت عمود للبث التلفزيوني عام 1957، ثم استكمل في 1959ليغطي ما يقارب 10 ملايين منزل بالبرامج الإذاعية. في 2005، تم الانتهاء من الإنجاز، مع جهاز الإرسال التلفزيوني الرقمي الأرضي الفرنسي الأول TNT français، ليصل العدد إلى 116 هوائي للبث التلفزيوني والبث الإذاعي. إضافة 116 هوائي الأمر الذي أدى إلى زيادة ارتفاع البرج من 324 متر إلى 325 متر و327 متر في 2011. صورة(6-1)

استخدامات البرج:

1-البث

في بداية عام 1906 م شهد المحاولات الأولى لاستخدامه في البث الاذاعي ، على أنه دخل الخدمة فعلياً في عام 1920م.

كذلك شهد البرج المحاولات الأولى لاستخدامه في البث التلفزيوني من 1921إلى 1935م، ولكن هذه الخدمة بدأت فعليا منذ 1957م.

2-معمل تجارب

ومنذ أن تم الانتهاء من هذا البناء، أصبح قبلة العديد من العلماء والمهندسين والباحثين ليستخدموه في إجراء التجارب المختلفة، سواء كانت متعلقة بالطقس أو سقوط الأجسام الحرة أو الرصد وغيرها من الاستخدامات. وفي عام 1909م تم بناء نفق هواء من أجل القيام ببعض الأبحاث العلمية.

3-المطاعم

يوجد في البرج مطعمان يوفران خدماتهما للزوار ويتيحان رؤية بانورامية لمدينة باريس وهما:

- الدور الأول: مطعم"Altitude 95"
- الدور الثاني: مطعم" Le Jules Verne "وله مصعد خاص به في الركن الجنوبي من البرج.

معلومات عامة عن البرج:

الارتفاع الأولي: 312 م (إلى قمة سارية العلم)

•الارتفاع الحالي (شاملاً الهوائيات): 324 م

•أعمق الأساسات: (شمالي وغربي) تقع على مسافة 15 متراً تحت الارض. في كل من هذه الأسس، أربعة أعمدة للبناء تم بناؤها ، والتي تحمل القوائم الأربع لكل ساق من البرج ، المعروف باسم العوارض الخشبية.

•الوزن الإجمالي: 10100 طن

•وزن الهيكل الحديدي: 7300 طن

•المسافة بين الأعمدة:

المنصة الأولى: 4،415 متر مربع

المنصة الداخلية الثانية: 1430 متر مربع

المنصة الداخلية الثالثة: 250 م 2

•ارتفاع المنصات:

الرصيف الأول: 57 م

المنصة الداخلية الثانية: 115 م

المنصة الداخلية الثالثة: 276 م

•الإضاءة: 336 مصباح بروجكتور بقوة 600 واط (لمبات الصوديوم).

•عدد اللمبات للبرج الفوار 20000

•عدد الدرجات في العمود الشرقي لأعلى: 1،665

•عدد المسامير (الإجمالي): 2،500،000

•وزن الدهان المستخدم: 60 طن لكل حملة إعادة طلاء

•الوقت اللازم للرسم: أعيد طلاء برج إيفل بالكامل كل سبع سنوات.

•عدد المصاعد: من الأرض إلى الدور الثاني:5 مصاعد.

الطابق الثاني إلى الأعلى: مجموعتان من مصاعد ثنائية.

•سرعة المصعد: 2 متر / ثانية.

•تدفق الركاب وقدرة المصاعد

الركن الشمالي 920 فرد / الساعة

الركن الشرقي 650 فرد / الساعة

الركن الغربي: 650 فرد / الساعة

Duolifts :فرد / ساعة 1،140

جول فيرن: 10 أشخاص / صعود

-مصعد بضائع بالعمود الجنوبي 30 فرد اي 4 طن / صعود

•عدد المحطات التناظرية: 6

•عدد القنوات التلفزيونية الرقمية المجانية: 30

•عدد المحطات الإذاعية: 31

•عدد الهوائيات: 120

المراجع:

1-موقع **Designing Buildings is the construction wiki**.

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Eiffel_Tower

2- موقع https://www.toureiffel.paris/en

3-موقع **Landmarks of the world**

https://www.wonders-of-the-world.net/Eiffel-Tower/Foundations-of-the-Eiffel-tower.php

4-**الموسوعة الحرة ويكيبيديا**

https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D8%B1%D8%AC_%D8%A5%D9%8A%D9%81%D9%84

5-**Geometry and Materials**

https://www.ce.jhu.edu/perspectives/studies/Eiffel%20Tower%20Files/ET_Geometry.htm

6- **استخدام الهياكل المعدنية في المباني متعددة الطوابق (دراسة تحليلية لواقع و مستقبل البناء في سوريا)/جامعة دمشق/كلية الهندسة المعمارية/قسم علوم البناء والتنفيذ/المهندس احمد المنوفي.**

7-**Card 1/ All you need to know about *the Eiffel Tower***

8- **مجلة سوبر نوفا الجزائرية**

الرسوم التوضيحية والأشكال:

الصورة	المرجع
1-1	Pinterest
1-2	Pinterest
1-3	Pinterest
1-4	Pinterest
1-5	Pinterest
1-6	Pinterest

الشكل	المرجع
2-1	Geometry and Materials
2-2	Geometry and Materials
2-3	truss
2-4	truss