الباب الأول

المقدمة

الباب الأول : المقدمة

١,١ . تمهيد :

إن الجسوروالانفاق أحد أهم المعالم المعمارية للمدن الحديثة وإن العناية بتصميمها بشكل رائع يزيد من وهج المدينة ويكون سببا في رسم أجمل صورة لها ويعطي انطباعا رائعا للمدينة ككل بربط أجزائها بطريقة سلسلة ، وفي كل مدينة جسر يربط بين أطرافها ويحل مشاكلها.
تعد الجسور رابطا أساسيا وحلا لمشاكل تنتج من إزدحام المدن، ويكون الحل ببناء الجسوروالأنفاق وسيلة رائعة لتلافي تلك المشاكل.
والجسوروالأنفاق من المشروعات المكلفة ونادرا ما يتم هدمها إذ تبقى لمئات السنين ،لذا هي تبنى لتبقى ، ومن هنا كان لا بد من الاهتمام بجانب الجمال العمراني الجسوروالأنفاق لا أن يكون بناء قويا فقط.

١,٢ . مشكلة الدراسة :

- عدم الاهتمام بتخطيط بتصميم الجسور والأنفاق ودراسة تاثيرها علي المخطط العام للمدينة ووضعها كحل أساسي في حل مشاكل المدينة من الازدحام والاختناقات المرورية وخاصة في منطقة وسط الخرطوم .
- عدم الاهتمام النواحي الجمالية للجسور والأنفاق من ناحية وضعها في المخطط العام وشكلها المعماري .
- عدم التكامل بين الجانب المعماري والانشائي في تخطيط وتصميم الجسوروالأنفاق .
- عدم الاهتمام بدراسة تاثير إنشاء الجسور والأنفاق علي الرؤيا البصرية للمدينة وعلاقتها بشكل المباني المحيطة .
- ندرة الدراسات في مجال تخطيط وتصميم الجسوروالأنفاق في الدراسات المعمارية المحلية والعالمية .

يجب رفع درجة الاهتمام بهذه المشكلة لوضع خطط للتخطيط والتصميم بصورة صحيحة ووضعها في أماكنها المناسبة مع الاهتمام بالجانب الجمالي والحضري لمكونات تلك الجسور والأنفاق من هيكل اساسي واثاثات وإضاءة وغيرها من المكونات التي تعطي منظرا جماليا لهذه الطرق مع وضع الاعتبارات لحركة المشاة في هذه الطرق .

١,٣ . أهمية الدراسة :

ترتكز أهمية البحث معرفة مدي وحجم مشكلة الجسور والأنفاق في منطقة الدراسة ومعرفة الاسس والمعايير التي علي اساسها يتم تصميم الجسور والأنفاق ودراسة عددها وأنواعها وتصنيفها مع ربط كل هذه البيانات مع تحليل تاثير انشائها علي الشكل الجمالي للمدينة الحالي والمستقبلي .

١,٤ . أهداف الدراسة :

- يهدف البحث إلي الاهتمام بالتخطيط والتصميم الحضري للجسوروالأنفاق ووضعها في أماكنها المناسبة لدراسة تاثيرها علي تخطيط المدينة لحل مشاكل الازدحام المروري مع مراعاة الخطط المستقبلية للمنطقة .
- توفير المعرفة حول جماليات الجسور والانفاق المعاصرة لهذه الطرق لرفع المستوي الجمالي للمنطقة ككل.

- تحقيق التكامل بين المستوى التصميم الجمالي والأنشائي .

كما تهدف إلي وضع معايير واعتبارات التصميمية وتوحيد المواصفات الهندسية للجسور والانفاق لكي تتلاءم وطبيعة الحركة اليومية الحياتية للمجتمع المحلى بشتى طبقاته العلمية والاجتماعية والسلوكية في النسيج العمراني للمدينة.

وذلك من خلال-:

- تحديد مواقعها في المخطط العام للمدينة
- شكل الجمالي والتصميم الصحيح للجسوروالأنفاق في المنطقة الحضرية .
- عمل دراسة ومسح للتوقعات المستقبلية لهذه الجسور التي سيتم إنشاؤها في مستقبلا لأيام وذلك لحصرها وترتيب أهميتها ، ما يساعد على تكوين صورة واضحة عما يمكن طرحه كتصميم لأهميته .

١,٥. فرضيات الدراسة:

ان نجاح تخطيط وتصميم الجسور والأنفاق المعاصرة تنتج من مستواها الانشائي (على اعتبار انها اهم عامل في تصميم الجسوروالأنفاق) وبالتالي تحقيق التكامل بين المستويين الجمالي والأنشائي.

تتضمن هذه الدراسة عدداً من الفرضيات ذات العلاقة المباشرة بهدف الدراسة التي تم تحديدها لوصف وفهم المشكلة موضوع البحث، وهذه الفرضيات هي كما يلي:

- إفترض الباحث ان إتساع المدن والازدحام المروري والحوادث المرورية وعدم كفاية الطرق الحالية اهم الاسباب التي دعت الي تخطيط وتصميم الجسور والانفاق في المنطقة الحضرية .
- افترض الباحث ان التكلفة الاقتصادية والأهمية النسبية وطبوغرافية و المنطقة المناخ والأحوال البيئية وخلفيات المجتمع تمثل العوامل المؤثرة في إختيار مواقع الجسور والأنفاق.
- إفترض الباحث ان المشاكل تخطيطية والمشاكل إدارية والمشاكل اقتصادية تمثل اهم مصادر مشاكل الجسور والانفاق في المنطقة الحضرية .
- إفترض الباحث التصميم الهندسي و البيئة العامة والإضاءة والعلامات والتخطيط الأرضي والسائق والمركبة جميعها أسباب للحوادث في الجسور والانفاق .
- إفترض الباحث ان وجود تكامل وتوزيع المهام يساعد علي تصميم الجسور وأنفاق مميزة بين المخطط والمصمم الحضري والمعماري والانشائي في تصميم الجسور والانفاق .
- افترض الباحث ان إنشاء الجسور والانفاق ذات تأثير كبيرعلي شكل المخطط العام والشكل الجمالي و إستخدامات الأراضي وحل مشاكل الازدحام المروري النواحي الرؤية البصرية للمدينة .

١,٦. منهجية الدراسة:

نظرا لاهمية موضوع البحث فقد تم استخدم البحث المنهج الوصفي التحليلي (المسح الاجتماعي) الذي يعتمد على دراسة الظاهرة كما هي في الواقع ووصفها وصفاً دقيقاً يعبر عنها تعبيراً كيفياً وكمياً .فالتعبير الكيفي يصف لنا الظاهرة ويوضح خصائصها، أما التعبير الكمي فيعطينا وصفاً رقمياً يوضح مقدار هذه الظاهرة أو حجمها ودرجات ارتباطها مع الظواهر الأخرى كما لا يكتفي هذا المنهج بجمع المعلومات المتعلقة بالظاهرة من أجل استقصاء مظاهرها وعلاقاتها المختلفة، فحسب ، بل يتعداها إلى التحليل والربط والتفسير للوصول إلى

استنتاجات يبنى عليها التصور المطلوب كما استعانت الدراسة بمصادر بحثية كثيرة من أهمها المراجع والدوريات العلمية والرسائل والأبحاث العلمية، والإحصاءات والتقارير الصادرة عن الأجهزة الحكومية والخاصة ذات العلاقة.

وقد انتهجت الدراسة منهجاً علمياً مركباً من عدة مناهج لدراسة وتحليل تصميم الجسور والانفاق ، فهي تتبع المناهج الفرعية التالية:-

- المنهج الوصفي التحليلي.
- المنهج الميداني (استبيانات ومقابلات شخصية).

هناك بحوث تعتمد على معلومات ميدانية غير موجودة في المصادر وغير مدونة في سجلات سابقه ومن هنا يكون الميدان إما اشخاص او مؤسسات هي المصدر الرئيسي لمعلوماتها وحقائقها .

- المنهج التاريخي(استعراض المشاريع السابقة).

في هذا المنهج يعتمد الباحث على مصادر كتبت من قبل ، لأن البحث التاريخي هو البحث عن وقائع حدثت في الماضي ونقطة البدء في البحث التاريخي الحصول على الوثائق ، والوثيقة هي الأثر المادي الذي تتركه الواقعة وهي الدليل النقلي عن الواقعة .

- المنهج المقارن(القياس على تجارب الدول الأخرى) .

في هذا المنهج يهدف الى تحديدة أوجه التشابه والاختلاف بين ظاهرتين أو أكثر أو بالنسبة لظاهرة واحدة ولكن ضمن فترات زمنية مختلفة .

كما تمت الإستفاد من منهجية الطرح العلمي وجمع الآراء المسئولين والمختصين والمهتمين بمشاكل الجسور والأنفاق التي تم من خلالها الحصول على الكثير من التوجيهات والتمحيص والتحكيم لمسار الدراسة ومخرجاتها.

مجتمع البحث لدينا في هذا البحث هو ولاية الخرطوم و لتحقيق أهداف البحث تم عمل دراسة تحليلية للجسور والأنفاق ، تعكس النمط العام لتخطيط وتصميم الجسوروالأنفاق في المدنية ،حالات دراسية مشاريع جسوروأنفاق بولاية الخرطوم (الجسور النيلية التي تربط الخرطوم مع بقية أجزاء العاصمة المثلثة – جسر السوق المركزي – جسر المولد الطائر- نفق عفراء) .

معتمديين علي المعلومات الاحصائية من الهيئة العامة للطرق والجسور ولاية الخرطوم وشرطة المرور ولاية الخرطوم ، ووزارة التخطيط العمراني ولاية الخرطوم .

ومن ثم دراسة النمط الحالي للجسور والأنفاق لبعض المدن العالمية موضح فيها أوجه التشابه بين تصميم وتخطيط تلك الجسوروالأنفاق ومن ثم مقارنتها المحلية.

١,٧. حدود الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهجية التي سبق وصفها ، وذلك وفق بعض المحددات البحثية والتي شملت:

•المجال المكاني: - ركزت الدراسة على ولاية الخرطوم كحالة دراسية وذلك بدراسة الجسور والأنفاق القائمة في الولاية وقياس مدي نجاحها من في حل مشكلة الإزدحام ودراسة الجانب الإنشائي و الجمالي ودراسة الرؤية المستقبلية لهاوتأثيراتها علي شكل مدينة الخرطوم.

•الإطار الزمني : فترة إجراء الدراسة الميدانية ، وهو عام 1435 ه- الموافق 2014م.

•مجتمع الدراسة :- انحصرت الدراسة في مجتمع المستفيدين والذين لهم علاقة بتصميم الجسوروالأنفاق داخل المدن عموما وداخل ولاية بالخرطوم خصوصا ، وهم السكان والمسئولون والمهندسيين .

سيقتصر البحث علي دراسة الاعتبارات التصميمية الجسور والأنفاق في المنطقة الحضرية وبالتحديد ولاية الخرطوم وذلك بدراسة الجسوروالأنفاق الموجودة والمقترح قيامها في المستقبل القريب .

١,٨ . هيكلة الدراسة:

رتبت الدراسة في سبعة أبواب كالأتي :-

الباب الأول (المقدمة) حيث تناول خطة الدراسة من حيث عرض المشكلة والأهمية والأهداف وفرضية الدراسة، بالإضافة إلى تحديد منهجية (ومحددات) وهيكل الدراسة ومن ثم الخلفية التاريخية للتطور التاريخي للطرق ثم التعرض للجسور منذ القدم ثم الأنفاق ونبذة عن الجسور ولاية الخرطوم.

أما في الباب الثاني فقد اشتمل على التطرق للتعاريف الجسور و أهميتها استخدامات الجسور وأنواعها ومبادئ الجمال في التشكيل المعماري للجسور وتحديد الحاجة لوجود الجسور ، وبعد ذلك التخطيط الأفقي والرأسي للجسور واخيرا الاعتبارات الواجب مراعاتها لتصميم الجسور .

وفي الباب الثالث فقد اشتمل على التطرق للتعاريف الأنفاق وتصنيف الأنفاق ثم العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار مواقع الأنفاق وشروط إنشاء الأنفاق وإحتياطات حماية الانفاق من الحرائق .

وفي الباب الرابع فقد اشتمل مفهوم التصميم الحضري للجسور والأنفاق ومشاكل المدن التي أدت ضرورة تصميم الجسور والأنفاق ومصادر مشاكل الجسور والأنفاق والجهات المختصة بمهام تصميم الجسور والأنفاق وإجراءات تصميم الجسور والأنفاق والمفاضلة بين اختيار الجسور والأنفاق واخيرا الاعتبارات الواجب مراعاتها لتصميم الجسوروالانفاق.

وينفرد الباب الخامس فيشتمل على وصف الحالات الدراسية ، وذلك لمحاولة الاستفادة من هذه الدراسات في إيجاد حلول ومقترحات لمشاكل الجسور والانفاق داخل مدينة الخرطوم، ويتناول هذا الباب الإطار المنهجي للدراسة الميدانية من حيث التعرف على المنهج العلمي المستخدم في الدراسة، ومجتمع وعينة الدراسة، والأداة المستخدمة في جمع البيانات، وطرق التحليل الإحصائي المستخدمة .ثم يتم عرض وتحليل بيانات البحثتحليلاً وصفياً وتحليلاً استدلالياً باستخدام الطرق الإحصائية التي تتناسب مع طبيعة هذه الدراسة ومنهجيتها ثم عرض نموذج الإستبيان . وملخص النتائج التي خلصت إليها هذه الدراسات .

أما الباب السادس تحليل الدراسة الميدانية وتطلع آراء واقتراحات وتوجهات السكان والمسئولين ومن لهم علاقة بالجسور والانفاق داخل المدينة ، وينتهي الباب بالتعليق وملخص لأهم النتائج التي توصلت إليها تلك الدراسة .

وتخلص الدراسة في الباب السابع إلى إيراد والخلاصة والتوصيات من خلال رؤية مستقبلية بعد صياغة بعض الحلول والاقتراحات والوسائل الكفيلة بالتغلب على هذه المعوقات للرقي بمستوى الجسور والأنفاق داخل المدن بالسودان .حيث تم اقتراح حلول آنية ومرحلية وطويلة الأجل للمساعده في تخطيط و تصميم الجسور والأنفاق داخل المدن عموما ومنطقة الدراسة خصوصا ولتكون تلك الحلولمثالاً يحتذي به لبقية مدن السودان .

١,٩ . الخلفية التاريخية :-

إن الاتجاه الرئيسي في تطوير بناء الجسور والأنفاق كان متعلقاً بمستوى تطور القوى الإنتاجية عبر العصور المختلفة، ولعل وقوع جزء من شجرة على طرفي جدول هو الذي أوحى على الغالب للإنسان فكرة إنشاء ما يشبه ذلك المعبر عبر العوائق المختلفة.

١,٩,١ . التطور التاريخي للطرق :-

لقد أنشأ الإنسان الطرق منذ فجر التاريخ واستخدمها للوصول إلى المناطق التي يمكنه الحصول منها على طعامه وشرابه واحتياجاته الضرورية لاستمرار حياته ، وقد أنشأ الفراعنة الطرق المختلفة حسب الأغراض التي تستخدم لها فمنها كانت مؤقتة لنقل الكتل الحجرية اللازمة لبناء الأهرامات وأخرى طرق مقدسة تصل بين المعابد بنيت بعناية وكانت سطوحها من الحجر ومنها الطرق الترابية التي استخدمت لنقل المحاصيل الزراعية والمواد الأخرى.

كما أنشأ الصينيون شبكة من الطرق في شمال البلاد منذ حوالي 2000 سنة ق.م ، ويعتبر الآشوريون والبابليون أول من استخدم الإسفلت في إنشاء الطرق عام 700 ق.م ، كما شيد الفرس طريق طوله 2500 كم مزود بمحطات فيها أماكن للإقامة كل 23 كم تقريبا ، أما عهد الرومان فيعتبر العصر الذهبي لإنشاء الطرق في العصر القديم ، حيث تم إنشاء شبكة الطرق الرومانية التي بلغ مجموع أطولها أكثر من 90000 كم لتربط بين الدولة الرومانية ومستعمراتها في فترة سبعة قرون من الزمن ، وقد برع الرومان في إنشاء الجسور على هيئة عقود حجرية ما زالت موجودة حتى الآن في إيطاليا وفرنسا واسبانيا .

الطرق في العصور الحديثة : يعتبر النصف الثاني من القرن الثامن عشر هو بداية نهضة الطرق حيث بدأ التفكير في إنشاء الطرق ذات القدرة العالية على التحمل مع الاقتصاد في استخدام كميات الصخور لإنشاء طبقات رصف الطرق ، وقد عرفت طريقتين رئيسيتين إنشاء الطرق هما :

- طريقة الفرنسي تراساجيت (Trasegauet) عام 1774م حيث قام بإنشاء مجموعة من الطرق داخل فرنسا .
- طريقة الانجليزي مكادام (Macadam) عام 1815م .

وفي عام 1902م تم استخدام البيتومين في إنشاء الطرق بواسطة الدكتور (جوردون) والدكتور (جوجليمنتي) في موناكو والذي مازال يستخدم حتى يومنا هذا في المعالجة السطحية للطرق الترابية وفي عام 1920م الذي يعتبر عصر ولادة السيارات تم التوصل إلى استخدام القطران والمستحلبات في انشاء الطرق المكونة من المكادام المسقى أو المفروش وفي فترة الحرب العالمية الأولى أصبح إنشاء الطرق بوسائل اقتصادية مناسبة لاستخدام الخرسانة كطبقة سطحية للطرق ، وبعد ذلك أدى التطور الكبير في أعداد السيارات وحمولاتها إلى تطوير طرق إنشاء شبكات الطرق خاصة فيما يتعلق بنوعية وسمك الطبقات الخرسانية والإسفلتية، ثم تطورت شبكة الطرق والشوارع داخل المدن وحولها في السنوات العشر الأخيرة تطورًا ملحوظًا فرض معطياته على قطاع النقل والمرور، وقد شهد هذا القطاع قفزة نوعية كبيرة تمثلت بإنشاء شبكة طرق عملاقة ذات مواصفات عالمية تخدم النقل والمرور داخل المدن وفيما بينها (خليل احمد أبو أحمد / التصميم والتخطيط الهندسي للطرق الحضرية والخلوية).

التطور الكبير في شبكة الطرق والبنية التحتية فرضا على القائمين على هذا القطاع الحيوي المهم سعيًا دائمًا لتحسين مستويات الخدمة ورفع درجات السلامة والأمان والراحة لمستخدمي الطريق. يعتبر تحسين الأداء المروري والسلامة على الطريق عاملا مهمًا في تجاوز المشاكل الناجمة عن الحوادث والاختناقات المرورية وذلك لتسهيل حركة المرور والنقل بأعلى درجات الأمان والسلامة وأقل زمن للرحلة (أ.د .الأصم عبد الحافظ أحمد الأصم/ القواعد الجغرافية للطرق السريعة).

١,٩,٢. التطور التاريخي للجسور :-

بدأ البشر في إنشاء الجسور منذ القدم ، وبدأت بالجسور الخشبية التي تتكون من جذع شجرة ، ثم تدرج الأمر لاستخدام الأحجار كما في أيام الرومان بنيت الجسور القديمة بوضع كتلة خشبية واحدة أو أكثر عبر جدول أو غدير مائي أو بمد حبال أو أسلاك فوق واد ضيق. وما زالت تلك الجسور موجودة ومستخدمة. ويعتبر الجسر المتكون من قطعة واحدة امتدادا لمثل هذا النوع من الجسور القديمة. كما وجدت الجسور الحجرية التي تبنى من الحجارة وتوضع كتل خشبية عليها لتوصيل هذه الحجارة ببعضها البعض، وتعتبر هذه الجسور النموذج المبكر للجسور المتعددة القطع. كما وضعت كومات خشبية في قاع النهر بحيث تكون بمثابة دعامات للجسر.

وما زالت مثل هذه الجسور الحاملة تستخدم على نطاق واسع لعبور الأودية أو الأنهار في المناطق التي لا تتداخل فيها مع سير الملاحة النهرية. وتلا ذلك استخدام دعامات حجرية كدعامات وسيطة للأجزاء الخشبية مما اعتبر تطورا آخر للأمام في مجال إنشاء الجسورذات الدعامات الخشبية.

وكانت الجسور ذات الدعامات الخشبية أكثر الأنواع شيوعا لدى القدماء، إلا أن أقدم جسر حجري كان على شكل قوس وبني في بابل عام ١٨٠٠ قبل الميلاد. وقد كانت هنالك أنواع أخرى معروفة مثل الجسور البسيطة المعلقة والجسور المدعمة بل وتم استخدامها في الهند والصين والتبت قديما.

وقد بنى الرومان العديد من الجسور الحاملة وهي طريق مستوية مدعمة على قنطرة حجرية شبه دائرية واحدة أو أكثر. ومن الأمثلة القديمة لهذه الجسور الجسر الموجود في مارتوريل بالقرب من برشلونة بأسبانيا والذي بني حوالي عام ٢١٩ قبل الميلاد، وجسر بونتي دي أوجستو في ريميني بإيطاليا ويعود إلى القرن الأول قبل الميلاد. وهناك جسر آخر يسمى جسر بونت دو جارد في نيمي بفرنسا ويحتوي على ثلاثة طبقات من القناطر ترتفع (٤٧,٢) مترا فوق نهر جارد ويغطي مسافة تبلغ (٢٦٠,٦) مترا ويعتبر أفضل الأمثلة الموجودة على الجسور ذات القناطر الرومانية الكبيرة، وقد بني هذا الجسر في القرن الأول قبل الميلاد.

وتبع استخدام القناطر الشبه دائرية استخدام القناطر المدببة وهي عادة ما تكون مساحته صغيرة. أما الجسور المعلقة، المصنوعة من حبال الخيزران المنسوج، فكانت مستخدمة في الصين في القرن الأول الميلادي. كما شاع استخدامها بعد ذلك في أفغانستان والتبت وكشمير ونيبال وأسام وبورما وتايلاند.

وفي القرن الخامس الميلادي تم بناء الجسور ذات الدعامات كوسيلة لاجتياز الوديان في المناطق الهضبية. أما بالنسبة لعبور الأنهار وقنوات الري ، فكان يعتمد فيها على المراكب الطافية. ولقد انتشر هذا الطراز في العراق.

وفي إيران كانت هناك جسور من المراكب على أنهار خوزستان، وعلى نهر هلمند في سجستان التي تقع حاليا إلى الغرب من أفغانستان. كما شيد المسلمون أيضا العديد من الجسور ذات القناطر. قبل إدخال مواد البناء، كانت القنطرة الحجرية تقدم الحل الأفضل لعبور مجاري الماء وغيرها من العوائق الطبيعية. وعلى الرغم من أن تكلفة بنائها مرتفعة نسبيا، إلا أن جسور القناطر المشيدة جيدا تستطيع البقاء قرونا عديدة، وهي لا تعيق حركة المرور على الأنهار كما تفعل الجسور من المراكب، أو الجسور العادية.

ولقد بنيت العديد من الجسور ذات القناطر ذات الأصل الروماني واليوناني و الساساني في العالم الإسلامي، وقد استخدم في بنائها الحجارة أو الآجر، أما في المناطق التي لم تتوفر فيها هذه المواد فإن الجسور كانت تشيد من الخشب.

كما كانت توجد جسور أخرى عديدة تمر عبر القنوات في جميع المقاطعات الإسلامية حيث كان الري مستخدما بشكل واسع، أما في أوروبا فقد ظلت القناطر ذات الدعامات الخشبية مستخدمة طوال العصور الوسطى،وقد تم التغلب على هذا التقيد بتجميع نظام من العناصر المدعمة على شكل مثلثات فوق الدعامات الأفقية بحيث تكون حزاما أو جملونا . وقد وضع ليوناردو دافنشي تصميم الجسور ذات الجملونات وقام المهندس المعماري الإيطالي أندريا بالاديو ببناء العديد منها. ولم يحدث تطور على نطاق واسع في إنشاء الجسور ذات الجملونات إلا بعد عام ١٢٥٦هـ / ١٨٤٠ م، وفي الجسور الحديثة تعددت أشكال الجسور وأصبحت تعرف مسمياتها عادة حسب الطريقة المستخدمة في إنشائها مثل الجسور المدعمة والجسور المعلقة، والجسور ذات القناطر الصلبة، والجسور ذات القناطر الخرسانية، والجسور ذات القناطر المبنية، والجسور ذات الجملونات الصلبة، والجسور العائمة. (المصدر :- الانترنت http://www. wikipedia.org موقع ويكيبيديا، الموسوعة الحرة).

١,٩,٣. التطور التاريخي الانفاق:-

نفذت الأنفاق في العصور الوسطى تحت القلاع والحصون من أجل استخدامها ممرات سرية وأحياناً للعبور تحت جدران هذه القلاع لمهاجمتها والدخول إليها. كما نفذت ومازالت تنفذ الأنفاق على أعماق كبيرة بوصفها ممرات تحت الأرض للوصول إلى مكامن فلزات المعادن الثمينة. واستخدمت الأنفاق أيضاً في نقل المياه العذبة أو تصريف المياه العادمة كتلك التي نفذت في المدن القديمة كالقدس وروما وأثينا.

شيدت كل الحضارات القديمة الأنفاق للتزويد بمياه الشرب أو للصرف الصحي خاصة، ومن أقدمها:

ـ نفق الصرف الصحي بوادي الهندوس Indus Valley في مدينة موهنجو ـ دارو Mohenjo-daroالذي بني بين ٢٠٥٢ـ٢٠٥١ قبل الميلاد.

ـ نفق تحويلة نهر الفرات الذي نفذه البابليون نحو عام ٢١٠٠ قبل الميلاد حيث حفروا خندقاً بطول ٩٠٠م من القصر الملكي إلى المعبد الرئيسي وبنوا فيه ممراً من الآجر بعرض ٣,٦م وارتفاع ٤,٦م ومن ثم أعادوا النهر إلى مجراه الأول ليمر فوق النفق.

ـ نفق تزويد مدينة القدس بمياه الشرب بطول ٥٣٥م، بُني نحو عام ٧٠٠ قبل الميلاد.

بنى اليونانيون القدامى أنفاق مياه الشرب وكان أكثرها شهرة النفق الذي بني في جزيرة ساموس Samos في العام ٥٣٠ قبل الميلاد حيث نفذ بطول ١٠٠٠م في صخور من الحجر الكلسي وبُطِّن من الداخل بأنابيب فخارية لجر مياه الينابيع إلى المدينة.

كان المصريون القدماء من أكثر الشعوب طموحاً في تنفيذ الأنفاق فاخترعوا العديد من الطرائق لحفر الصخور القاسية وقطعها، فمثلاً يعود لهم الفضل في عام ١٣٠٠ قبل الميلاد بقطع الصخور وفق سطوح محددة حيث كانوا يحفرون أخدوداً في الصخور بعمق ١٠ـ٥٠ سم ثم يحشرون أسافين خشبية فيه ويسكبون عليها الماء فيكبر حجمها وينشق الصخر وفق السطح المطلوب، ويعود لهم أيضاً وضع تقانة قص الصخور بتسخينها بالنار عند سطوح محددة ثم تبريدها فجأة فيتشقق الصخر.

تم تنفيذ العديد من الأنفاق في عهد الرومان من أشهرها النفق الذي بُني في القرن الرابع قبل الميلاد بطول ١٨٣٠م لتفريغ مياه بحيرة ألبانو Lake Albano حيث استخدم في تنفيذه خمسون نفقاً مائلاً لتسريع تنفيذ النفق الرئيسي ولتهويته. كما نُفذ نفق الرومان الأعظم The greatest Roman tunnelفي عهد كلوديوس الأول Claudius I ليصرف مياه بحيرة فوشينو Fucino الذي أنجز في عام ٥٠ميلادية بعد أحد عشر عاماً من العمل شارك فيه ٣٠٠٠٠ عامل، وكان طول النفق نحو ٥,٦كم وتم تنفيذه من خلال أربعين نفقاً شاقولياً.

توقف تقريباً تنفيذ الأنفاق في العصور الوسطى لعدم توفر التقانات المناسبة للتعامل مع الصخور الطرية وبالتالي نفذت في هذه الفترة بعض الأنفاق كما في العصور القديمة في الصخور القاسية. وعلى الرغم من أن البارود استخدم أول مرة في أعمال التفجير اللازمة لتفتيت الصخور في ألمانيا من قبل مارتين ڤيغل Martin Wiegel في عام ١٦١٣ لكنه لم يلق رواجاً لأنه كان غالياً وصعب الاستعمال .

بدأ عهد جديد لتنفيذ الأنفاق عند زيادة الطلب لتحسين النقل بوساطة الأقنية في الفترة بين ١٧٦٠ـ١٨٣٠ حيث استعمل البارود استعمالاً واسعاً في الأطلسي والبحر المتوسط في الأعوام ١٦٧٩ـ١٦٨١ فتم حفر نفق بعرض ٦,٧م وارتفاع ٨,٨ وطول ١٥٥م

إضافة إلى استخداماتها القديمة شهد تنفيذ الأنفاق توسعاً كبيراً بعد القرن الثامن عشر لحل مشكلات النقل بأنواعه حيث ساعدت على تجاوز العقبات والعوائق التي تظهر على سطح الأرض، ووفرت انتقالاً مباشراً للناس والبضائع من دون الحاجة إلى الالتفاف حول هذه العوائق. ولهذا فإنها مازالت تنفذ تحت الجبال والأنهار والبحار والمناطق السكنية والصناعية المكتظة بهدف نقل الأشخاص والبضائع بالسيارات والقطارات ومن أجل مرور المياه أو أنابيب

الغاز أو شبكات الكهرباء. (المصدر : د / سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية - دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩م).

١,٩,٤. الملخص :

نشأت الطرق الحضرية في بدايات التاريخ مع نشأة المدن، وتطورت مع تطور المدن القديمة إلى الإغريقية مرورا بالمدن الرومانية والمدن الوسطى حتى مدن عصر النهضة والمدن الصناعية، وذلك لتلبي متطلبات المدينة في كل عصر. وبعد هذه العصور واتساع المد وزياده الكثافة السكانية ظهرت الحوجة الي انشاء الجسور والانفاق لتلبية الحاجة المرورية المتزايده ، وشهدت الأنفاق توسعاً كبيراً بعد القرن الثامن عشر لحل مشكلات النقل بأنواعه حيث ساعدت على تجاوز العقبات والعوائق التي تظهر على سطح الأرض أما علي المستوي المحلي ظهر لنا الزيادة المطردة في عدد الجسور ولكن مازالت هنالك الحوجة الي زياده الاهتمام بهذا النوع من الطرق لتكون بمثابة منهجية متوازنة يسهم تطبيقها في تصميم كافة الجسور والانفاق في المنطقة الحضرية على نحو يكفل توفيرحل لمشاكل الازدحام و بيئة آمنة واضافة قيمة جمالية للمدينة.

الباب الثاني

الجسور

الباب الثاني - الجسور

٢,١ . مقدمة:

يتناول هذا الباب مراجعة لأدبيات البحث من خلال التطرق للمحتوى والإطار النظري لتعاريف الجسور وتوضيح لأهمية الجسور واستخدامات الجسور بالنسبة لمختلف أنواع المستخدمين ثم مكونات الجسر وتحديد أنواع الجسورمع شرح مفصل مفهوم الجمال في الجسور نظرا تأثيره علي اظهار الجانب الجمالي للجسور والمدينة ككل واخيرا الاعتبارات التصميمية لها،وينتهي الباب بملخص عام .

٢,٢ . تعريف الجسور

الجسر عبارة عن منشأ يتم استخدامه للعبور من مكان إلى أخر بينهما عائق وقد يكون هذا العائق مائي أو أرض وعرة. يتم أنشاء الجسر من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو من مواد أخرى كالخشب أو الحبال و هو بمثابة بناء يوفر مرورا دائما فوق ممر مائي أو طريق أو وادي. وعموما يكون الجسر بمثابة ممر لطريق أو لخطوط سكة حديد ولكنه قد يحمل خطوط إمداد الطاقة أو خطوط أنابيب.

تبنى الجسور أيضاً عند تقاطع الطرقات المزدحمة لتسهيل المرور فيشاد بعضها فوق بعض في مستويين أو أكثر، وتترك معظم مداخل الجسور في المدن مفرغة للاستفادة من هذه المساحات ولمنع حجب الرؤية وللمنظر المعماري الجميل. (المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية - www.momra.gov.sa/files/**bridges**) .

الجسور المعلقة

تعتبر الجسور المعلقة من منجزات العصر الحديث حيث أن إنشاء جسر معلق يعتبر من المنجزات الهندسية والإنشائية المتقدمة ، وفي الغالب تكون الجسور المعلقة فوق المجاري المائية الواسعة .

وهي تلك الجسور التي تتعمد في تكوينها على الكابلات (أو الحبال أو السلاسل) لتقوم بتعليق الطبقة العلوية من الجسر فوق النهر (أو أية عقبة طبيعية تواجهنا)، وهذه الكابلات يتم تعليقها بدورها ببرجين يتم بناؤهما على طرفي الجسر، الأمر الذي يبين لنا أن معظم ثقل الجسر ينصب على البرجين. (المصدر السابق) .

٢,٣ . أهمية الجسور

للجسور أهميتها في ربط الأجزاء المنعزلة مثل ضفاف الأنهار والجزر المنعزلة ،كما أن للجسور أهمية خاصة في الحروب ، حيث أن الجسر هو هدف استراتيجي يجب حمايته مهما كلف الأمر ، وأحياناً يتطلب الأمر تفجير الجسور حتى لا تمر عليها القوات الغازية (المصدر السابق ص١٢) .

٢,٤. استخدامات الجسور

تستخدم الجسور في عبور المجاري المائية بشكل عام ، وبذلك تستخدم الجسور لوصل الجزر المنعزلة ببعضها البعض ، كما تستخدم الجسور في مد السكك الحديدية في المناطق التي تعوقها المجاري المائية أو المناطق الجبلية الوعرة. كما أن الجسور تستخدم في نفس الوقت في خمل وتمرير كابلات الكهرباء وأنابيب المياه العذبة وخطوط النفط والغاز. (المصدر السابق ص١٢) .

٢,٥. مكونات الجسر

يتكون الجسر من العناصر التالية:

٢,٥,١. الاساسات

قد تكون عميقة أو سطحية حسب الدراسة الجيولوجية للتربة وتتكون الأساسات السطحية من قواعد من الخرسانة المسلحة ذات أشكال مختلفة : دائرية، مستطيلة، مربعة أماالأساسات العميقة فتتكون من خوازق بقطر حوالي ٨٠سم و بعمق يصل إلى الأرضية الجيدة و تجمع في نهايتها بواسطة قواعد مثنى و ثلاث و رباع .....الخ

٢,٥,٢. المتكأ

وهي عبارة عن دعامات جانبية من الخرسانة المسلحة و تتكون من العناصر التالية : الجدارالأمامي المجابه- الجدارالواقي - الجدارالحامل - الجدارالراجع : وقد يتكون من جدار عودة متصل و جدار جناح منفصل.

٢,٥,٣. الركائز

وهي عبارة عن دعائم وسطية نميز منها : ١ركيزة متكونة من عدة أعمدة تستند هذه الأعمدة فوق أساس مستمر و تجمع في الأعلى بواسطة رافده الربط ٢ركيزة متكونة من عمود واحد: وهو عمود يكون عادة دائري يستند على أساس و ينتهي في الأعلى بعارضة ربط ٣ ركيزة متكونة من جدار من الخرسانة المسلحة مملوء أو هيكل.

٢,٥,٤. أجهزة الاستناد

وهي أجهزة تستند عليها عوارض الجسر لتخميد الصدمات الشاقولية مكونة من صفائح معدنية و صفائح من النيوبرين حيث سمك الصفائح المعدنية ٢ملم وصفائح النيوبرين ٢سم.

٢,٥,٥. سط الجسر:-

نميز عدة أنواع من البلاطات و منها: ١ بلاطة مملوءة ٢ بلاطة مجوفة ٣ بلاطة ذو عوارض متعددة: يحتوي السطح على عوارض طولية تربط فيما بينها بواسطة عوارض عرضية تسمى (لجاف) وقد تكون هذه العوارض من: (الخرسانة المسلحة) عادية أو مسبقة الإجهاد .

٢,٥,٦. البلاطة الانتقالية

وهي عبارة عن بلاطة تأتي خلف المتكأ تستند على كعب دورها تفادي الهبوط للتربة التي لم ترص جيدا (المصدر السابق ص١٢) .

٢,٦. أنواع الجسور :-

٢,٦,١. تقسيم الجسور من حيث الاستخدام الي :-

١. جسور سيارات ومشاه .

شكل (2-1) يوضح جسور سيارات ، المصدر : الانترنت -دليل صيانة الجسوروالأنفاق .

٢. جسور سكك حديدية .

يتم إنشاؤها عادة لعبور القطارات وذلك عندما تعترض الأودية ، السهول أو المسطحات المائية مسار السكة الحديدية وغالبا ماتكون جسور جملونية.

شكل (2-2) يوضح جسور السكة حديد ، المصدر : الانترنت -دليل صيانة الجسوروالأنفاق .

٣. جسور مشاه .

جسور المشاة داخل المدن تنشأ عادة من أجل سلامة المشاة لعبور الطرق المزدحمة والتي يشكل عبورها خطورة خاصة على الأطفال وكبار السن. كما تنشأ جسور المشاة في المواقع التي بها أصلا حركة متصلة للمشاة كأن يكون هناك مبنيان لإحدى المؤسسات)كالجامعات مثلا (يفصل بينهما طريق رئيس مما يتطلب وجود ممر آمن للمشاة .

شكل (٣-2) يوضح جسر مشاه حديدي ، المصدر : الانترنت -دليل صيانة الجسوروالأنفاق

٤. جسور خطوط الأنابيب (خطوط أنابيب بترول – مياه – صرف صحي).

٥. الجسورالمؤقتة .

(المصدر السابق ص١٢) .

٢,٦,٢. تقسيم الجسور من حيث الشكل :

تصنف الجسور بحسب الشكل إلى جسور قوسية، وجسور معلقة، وجسور جمالونية وجسور متحركة وجسور مشدودة بالكيابل، وجسور كمرية،.أو يمكن التصنيف علي انها :-

١. جسور مستقيمة ظهرية **DECK – Straight Bridge** .

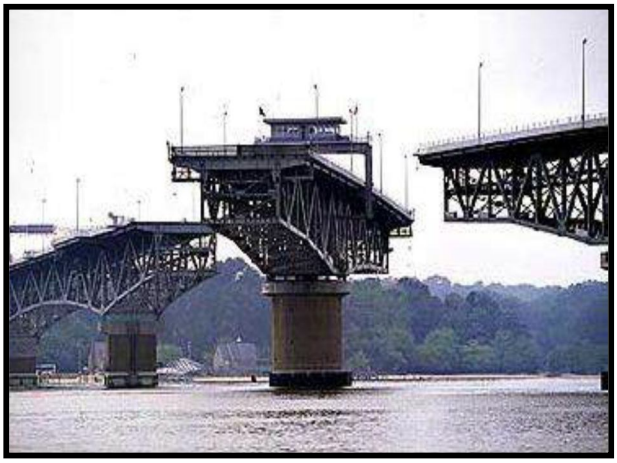
٢. جسور منحنية ظهرية **DECK – Skew Bridge** .

٣. جسور مستقيمة نفقية **THROUGH – Straight Bridge** .

٤. جسور منحنية نفقية **Bridge THROUGH – Skew** .

شكل (٤-2) يوضح الجسور القوسية ، المصدر : الانترنت - دليل صيانة الجسوروالأنفاق .

شكل (2-5) يوضح الجسور الجملونية ، المصدر : الانترنت - دليل صيانة الجسوروالأنفاق .



شكل (2-6) يوضح الجسور المتحركة ، المصدر : الانترنت - دليل صيانة الجسوروالأنفاق .

شكل (2-7) يوضح جسور مشدودة بالكيابل ، المصدر : الانترنت - دليل صيانة الجسوروالأنفاق .

شكل (2-8) يوضح جسور كمرية من الفولاذ ، المصدر : الانترنت -دليل صيانة الجسوروالأنفاق .

٢,٦,٣. تقسيم الجسور من حيث مواد البناء :-

١. جسور خرسانية .

٢. جسور معدنية .

٣. جسور الجمالونات المعدنية .

٤. جسور الكمرات المعدنية .

٥. جسور معدنية معلقة .

٦. جسور خرسانية ومعدنية .

٧. الجسور الخرسانية المعلقة .

٨. الجسور الخشبية المعدنية (كباري المشاه) .

٩. الجسور الحجرية(المعابر على النزع الصغيرة – القناطر القديمة) .

(المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية - www.momra.gov.sa/files/**bridges**) .

١. نوعية المواد المستخدمة في إنشاء الجسور :-

أ- الجسور الخرسانية :-

- الخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع :

وفيها يتم عمل الشدة بالأبعاد المطلوبة ، ويتم رص حديد التسليح طبقاً للتصميم وصب الخرسانة، ويراعى في الخرسانة المصبوبة بالموقع مراعاة اتباع جميع المواصفات الفنية بدءاً من اختيار المواد المصنعة منها لخرسانة مروراً بمراحل الخلط والنقل والصب والدمك ثم المعالجة ، ويجب اتخاذ جميع الاحتياطات للظروف الطارئة مثل سقوط الأمطار – تأخر وصول الخرسانة – حدوث خلل في الشدة ، ويجب عمل اختبار قوام الخرسانة الطازجة **Slump Test** على كل خلطة خرسانية واستبعاد أي خلطة غير مطابقة للمواصفات خارج الموقع فوراً .

- الخرسانة سابقة الإجهاد المصبوبة في الموقع :

وفيها يتم عمل الشدة بالأبعاد المطلوبة ورص حديد التسليح ومجاري الكابلات الحديدية **Cable Tendom** عادة ما يتم تصميم العناصر الإنشائية في هذه الحالة على أنها مزيج من الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد . ويراعى جميع المواصفات الفنية المذكورة في البند السابق بالنسبة لتأكيد جودة الخرسانة المصبوبة ، وبعد مرور حوالي أسبوع من صب الخرسانة يتم تمرير الكابلات الحديدية داخل مجاري الكابلات وتطبيق قوة سبق الإجهاد وحقن المجاري بالإيبوكسي . ويتم تحديد الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة قبل تطبيق سبق الاجهاد بواسطة المهندس المصمم ، ويجب التأكد من قيمة المقاومة المذكورة عن طريق اختبار العينات بالمعمل

- الخرسانة المسلحة سابقة الصب :

تعتمد هذه الطريقة على صب العناصر الخرسانية المسلحة في المصنع ومعالجتها حتى الوصول إلى المقاومة المطلوبة ثم نقلها وتركيبها في الموقع . ويتميز هذا النوع من الإنشاء بسهولة تأكيد جودة الخرسانة داخل المصنع ، ولكن يعيبه أنه يجب تنفيذ الوصلات بدقة متناهية لضمان تركيبها في الموقع بطريقة سليمة .

- الخرسانة سابقة الإجهاد سابقة الصب :-

تعتمد هذه الطريقة على صب الخرسانة في الشدات داخل المصنع مع تثبيت مجاري الكابلات الحديدية داخل الفرم . ويتم تطبيق سبق الإجهاد بعد صب الخرسانة ووصولها

إلى مقاومة معينة طبقاً لما يتم تحديده بواسطة المهندس المصمم . وغالباً ما يتم استبدال حديد التسليح بالكامل بكابلات سبق الإجهاد في هذا النـوع من الإنشاء .

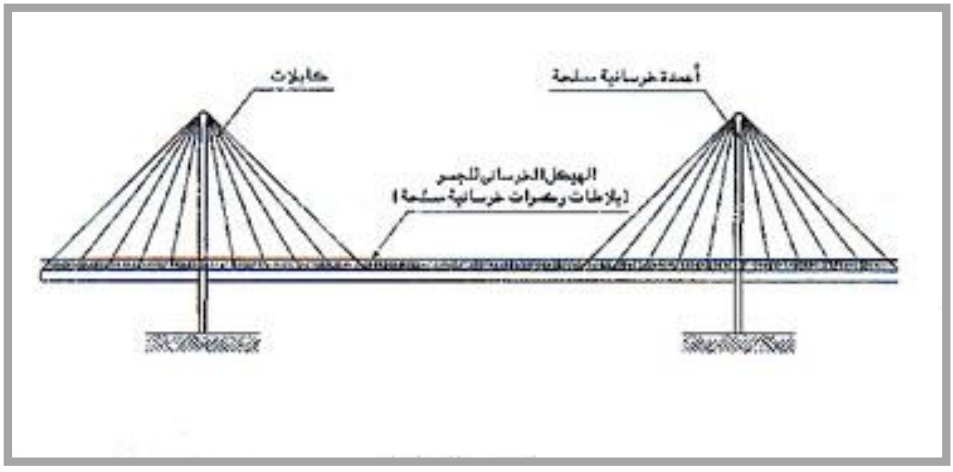
ب- الجسور المعدنية:-

- الجسور المعدنية الملحومة :-

وتتميز الجسور المعدنية الملحومة بأنها لا تتعرض لأية إجهادات مسبقة نتيجة خطأ التصنيع، ويراعى اختبار جميع اللحامات باستخدام أشعة إكس للتأكد من عدم وجود أية فراغات في اللحام . وفي حالة وجود أية عيوب باللحام يتم إزالته وإعادة اللحام مرة أخرى . ويتميز هذا النوع أيضاً بعدم الحاجة لتأكيد جودة تصنيع العناصر الإنشائية حيث يتم عمل الاختبارات اللازمة بالمصنع على كل عنصر إنشائي بطريقة آلية .

- الجسور المعدنية ذات وصلات البرشام أو المسامير:-

ويتميز هذا النوع من الجسور بسهولة وسرعة تنفيذه ، ويعيب هذا النوع من الجسور وجود احتياطات شديدة لضمان دقة تنفيذ الوصلات ، وخاصة عندما يكون تجميع الوصلات باستخدام المسامير ، ويتم عمل فتحات المسامير والبرشام داخل المصنع . وتتميز وصلات البرشام بأنها عند تسخينها والطرق عليها فإنه ينتفخ ليملأ الفراغ الموجود به ، أما وصلات المسامير فتتميز بسهولة وسرعة تنفيذها ، ويعيبها أن الخلوص اللازم لتركيب المسمار يجب أن يتساوى تماماً مع سمك المسمار إذ أن وجود أي اختلاف في الخلوص يؤدي إلى تحميل بعض المسامير دون البعض الآخر وما يمثله من خطورة على الوصلة ، ويراعى تثبيت الصواميل باستخدام أجهزة خاصة لتطبيق نفس العزوم على جميع الصواميل . (المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية - www.momra.gov.sa/files/**bridges**) .



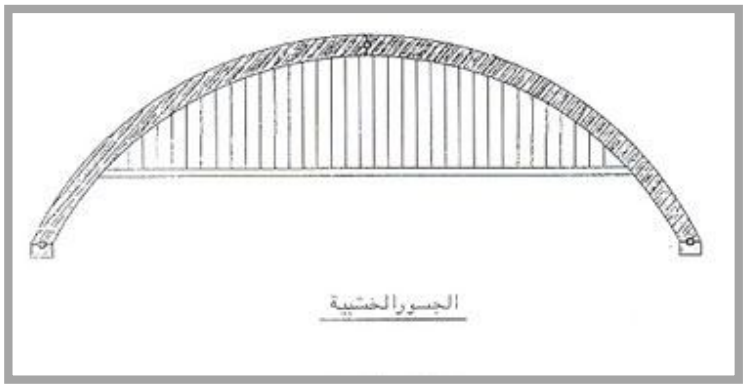
شكل (9-2) يوضح الجسور المعدنية ، المصدر : الانترنت دليل تصميم الجسور .

ت- الجسور الخشبية:-

وينقسم الخشب المستخدم فى الانشاء عامة الى نوعيين وهما الخشب الطرى(**Soft Timber**) والخشب الصلد) **Hard Timber**) ويفضل استخدام النوع الثاني لأنه أشد صلادة وأقل عرضة للتشكيلات الدائمة تحت تأثير الأحمال الثابتة ، ويجب معالجة

الاخشاب المستخدمة ضد الرطوبة والحشرات وخاصة النمل الأبيض قبل الاستخدام ، مع مراعاة عمل كشف دوري وصيانة لهذا النوع من الجسور والتي عادة ما تكون كباري للمشاة ذات بحور صغيرة.

- (المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية (www.momra.gov.sa/files/bridges) .

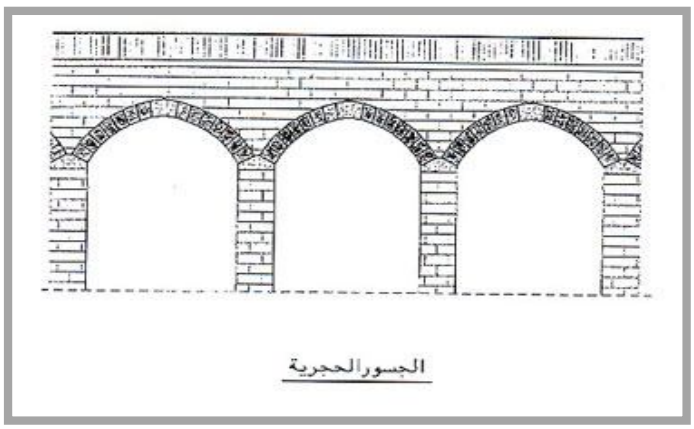


شكل (2-10) يوضح الجسور الخشبية ، المصدر : الانترنت دليل تصميم الجسور.

ث- الجسور الحجرية :-

وتعتبر الجسور الحجرية هي أقدم الجسور التي عرفت على الإطلاق ، وتستخدم حالياً في كباري المشاة بالمناطق النائية حيث تكون الجسور ذات بحور صغيرة ، وتستخدم فقط للمشاة والدواب . والحجر المستخدم في الإنشاء يجب أن يكون صلداً ولا تتأثر مقاومته بالرطوبة والجفاف وخاصة إذا استخدم هذا النوع لعبور المجاري المائية ، وفي حالة استخدام هذا النوع كمعبر للمجاري المائية فإنه يتم تثبيت بوابات متحركة للتحكم في كمية المياه المنسابة طبقاً للمقنن المائي المخصص لها .

- (المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية (www.momra.gov.sa/files/bridges) .



شكل (**2-11**) يوضح الجسور الحجرية المصدر :- الانترنت دليل تصميم الجسور .

٢,٧. مفهوم الجمال في الجسور :-

جماليات الجسور(**Bridge Aesthetics**) :-

الجسور هي تلك المنشآت التي تؤدي وظيفتها في اجتياز العوائق بكفاءة انشائية فضلا عن امتلاكها قيمة جمالية، فهي تزاوج بين الهندسة الأنشائية والمعمارية .

فالجسور هي اكثر من مجرد عنصر ضمن نظام النقل ، تخلق شعور بهوية المدينة او البلدة او المنطقة ، وبرغم ان الجسور المصممة بطريقة جيدة تجتذب كافة افراد المجتمع وليس الإنشائيين والمعماريين فقط ، الا ان مصمميها غالبا ما يركزون على وظيفتها الإنشائية مع إظهار عناية قليلة بتأثيراتها الجمالية ، فالجسر المصمم بدون عناية بجماليته يمكن ان يؤدي وظيفته في عبور العوائق ، لكن من جانب اخر فأنه قد يصبح عائقا بصريا وهيكلا مقحما غير جذاب ضمن بيئته .

كما ان الجسور هي عمارة لكنها عمارة من نوع خاص جدا فريدة في أهدافها ، حيث يكمن فن التصميم المعماري او تصميم الفضاءات المفتوحة في خلق وتشكيل الفضاء ، والمنشأ في النهاية هو الوسيلة للوصول الى هذه الغاية ، لكن بما ان وظيفة الجسر ببساطة هي استمرارية الطريق فوق فجوة لذا فان هيكله يمثل الوسيلة والغاية في ان واحد ، وحقيقته لا تكمن في تطويق الفضاء لكن في المنشأ نفسه .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠) .

٢,٨. المفاهيم التطبيقية لجماليات الجسور :-

ظهرت على مستوى العالم ثلاثة مفاهيم تطبيقية تتعامل مع تصاميم الجسور المعاصرة وجمالياتها هي :-

١. مفهوم التشكيل المعماري .
٢. المفهوم الأنشائي .
٣. المفهوم الفني .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠) .

١. مفهوم التشكيل المعماري :-

تعامل هذا المفهوم مع الجسور بمفهوم الأبداع في الشكل والتشكيل المعماري ، واعتمد على فكرة إن الإنشاء هو احد الجوانب الثلاثة الأساسية للعمل المعماري (وظيفة – شكل – انشاء) ، يقتصر دوره في كثير من الأحيان على تجسيد الشكل وضمان بقائه بما يحقق الوظيفة (مادية – ومعنوية) منه ، وفي بعض المنشآت (كما هو الحال في الجسور) يأخذ أهمية اكبر من ذلك بحيث يكون هدفا وخاصية مرئية (**Visible Feature**) في حد ذاته ، يصل ليكون هو الشكل نفسه.

وحيث ان الجسور تعد من الرموز والعناصر العمرانية التي ليس لها شبيه في العمران ،فأن تشكيلها يؤثر تأثيرا مباشرا وفعالا على المجتمع وتطور ثقافته وبيئته ، فالإبداع التشكيلي

للطبيعة او للبيئة الحضرية (العمرانية) التي من صنع الأنسان يمثلان اهمية كبرى في الحفاظ على الصحة الجسمانية والنفسية للأنسان (حيث انه يحدث امتاعا عاطفيا وسموا بالأحاسيس واضافة الى فكر الأنسان الحضري) ، وبالتالي يجب التعامل مع الجسر كعمل معماري .

المصدر :- (د. عبدالعزيز،احمد،عباس، (النحت بين العضوية والعمارة)، جامعة حلوان،القاهرة، ١٩٧٤.

ورغم ان شكل الجسر في اغلب الأحيان هو نتاج صرف للنظم الانشائية ، فأن التصميم الأنشائي للجسر مستخدما أدواته ومعلوماته (قوانين اتزان - حسابات إنشائية - خواص مواد ..... الخ) او اهدافه (الكفاءة - الأمن - الأقتصاد) غير كافية لأنتاج تصميم يتميز بالأبداع والأبتكار والمتانة والأمن في نفس الوقت ، لأن القوانين الأستاتيكية والديناميكية لا تضمن وجود الأبتكار والتجديد وإبداعية الشكل ، رغم ان التصميم الإنشائي للجسر باستعمال أدواته الخاصة يحمي التشكيل من ظاهرة معمارية منتشرة الا وهي ((الشكل للشكل)) ، حيث في هذه الحالة يكون ((الشكل للأنشاء)) وهو امر معقول ومقبول وان لم يحسب في صف الأبداع .

ونظرا لأهمية التشكيل في تصميم الجسور فأنه يجب ان يكون هدف رئيسي (الى جانب الأهداف الهامة الأخرى المتمثلة بالكفاءة والأمن والاقتصاد) ، ويتوصل اليه من خلال الأنشاء لتحقيق الأبداع التشكيلي الإنشائي ، ليصبح الشكل الإنشائي للجسر عملا نحتيا معماريا رسالته الوظيفية (أي تطويع وتطوير الشكل الإنشائي لخدمة الإبداع التشكيلي) .

كما انه لا يوجد شكل في الطبيعة الا وكان مرجعه الى تفاعل القوى بدافع تحقيق الاتزان والبقاء والنمو (القوانين الطبيعية) ، و لا تستخدم قوانين الاتزان لتحقيق اتزان وبقاء الشكل فحسب بل تحقيق ما يطلق عليه منطق الشكل، ومن منطق الشكل ينبثق الأنفعال بالجمال .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

أ-١- مبادئ الجمال في التشكيل المعماري للجسور:-

كانت مبادئ الجمال موجودة في الأعمال المعمارية منذ القدم بصورة أو بأخرى ، ففي القرن الأول قبل الميلاد اهتم المعماري الروماني فيتروفيس بجانب مواد وطرق تشييد المباني بأهداف معمارية لخصت بعد ذلك في عصر النهضة الى ثلاثة اهداف هي :-

أ-١-أ- الثبات (**Firmness**)

أ-١-ب- الأقتصاديات (**Commodity**)

أ-١-ت- الشعور بالمتعة لدى المتلقي (**Delight**) أي ما يطلق عليه بالجماليات (**Aesthetics**) .

(المصدر :- د. عبدالعزيز،احمد،عباس، (النحت بين العضوية والعمارة)، جامعة حلوان،القاهرة، ١٩٧٤).

وقد لاحظ المعماري (**Le Corbusier**) ان تأثر المنشأ بقانون الأقتصاد والحسابات الرياضية وضع المصممين في مواجهة قانون عالمي ، فالمنشأ يسهم في إنتاج عمارة ، حيث

انه يوظف الحسابات الرياضية المأخوذة من قانون الطبيعة لتحقيق شكل معماري يعطي الأحساس بالتواؤم او الأنسجام ، وبالتالي يظهر ان به خاصة جماليات للأنشاء) ، واستنتج الإنشائي **Nervi** على نفس النهج بأن الجوهر الحقيقي للتصميم الجيد يتلخص في الأستيفاء الكامل للوظيفة و الثبات (**Statical**) والأغراض الأقتصادية ، ويؤدي استيفاء تلك الشروط في التصميم الى تشكيل معبر جماليا ، ولا يمكن ان يصبح مزعجا للمتلقي .

وقد لخصت **Elizabeth Mock** فن تصميم الجسور الناجحة بقولها :- ((بما ان حقيقة الجسر تكمن في النظام او الشكل الأنشائي الخاص به ، فأن فن تصميم الجسور يكمن في معرفة وتطوير جمال تلك الاشكال التي تظهر قوة وخصائص المواد المستخدمة فيها بكفاءة عالية ، فالجمال ليس تلقائيا ، ولا تكفي الجودة التقنية وحدها لتحقيقه ، والمصمم الجيد ليس عبدا للمعادلات ، بل هو فنان يستخدم الحسابات كأدوات لخلق اشكال عاملة تتميز بالبقاء والتوافق والأنسجام في مظهرها مثل قوانين الطبيعة التي اوجدتها.

كما قال **Menn** في ذلك :- ((كمبدأ عام تتحقق جماليات التشكيل في الجسور من خلال عنصرين غير معتمدين على بعضهم البعض هما :-

- تكامل الجسر مع البيئة المحيطة به .
- تصميم الجسر كمنشأ مستقل .

أي ان الجسور ذات التشكيل المعماري الجيد تتحقق من خلال اتحاد العلم والفن ، وبالتالي يحتاج مصمم الجسر الى الإلمام بالحس التشكيلي (الفني) بجانب الحس الأنشائي العلمي .

وقد اهتم عدد من المختصين بمبادئ الجمال في التشكيل المعماري للجسور وناقشوه وحددوا المتطلبات الأتية لتحقيق ذلك :-

أ- اختيار الشكل الأكثر تعبيرا (**Expressiveness**) مع التمسك بالعامل الاقتصادي .

ب- التماثل **(Symmetry).**

ت- البساطة (**Simplicity**) .

ث- التضاد الانسجام (**Harming & contrast**) .

ج- التوافق مع البيئة .

ح- الدمج الصحيح للمواد .

خ- الاستخدام المناسب للزخرفة لأعطاء مظهر عام ممتع للمتلقي .

وبذلك يمكن تلخيص الجوانب الأساسية المعتمدة لتحقيق جسور ذات صفات جمالية وفق مفهوم الشكل والتشكيل المعماري للجسور:-

اعتمد المفهوم على فكرة تطويع الشكل الأنشائي لخدمة الأبداع التشكيلي ، وان الحسابات الرياضية غير كافية لتحقيق ذلك ، اي ان المصممين اتجهوا الى استثمار صفات جمالية للمنشأ بعيدة عن الجمال الناتج من الحسابات الرياضية الدقيقة (والذي سيظهر في المفهوم الأنشائي وكما سيتطرق اليه البحث في الصفحات القادمة).

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

أ-٢- جماليات المنشأ :-

كما ان للمنشأ جماليات خاصة به، لذا طبق المصممين اتجاهين لتحقيق جسور تمتلك صفات جمالية بالتعامل معها كتشكيل معماري يخلقه الشكل الأنشائي ، تمثل الأتجاهين بالاتي :-

أ-٢-أ- اتجاه الحركة الملفتة

أ-٢-ب- اتجاه التفصيل المنشئي .

إتجاه الحركة الملفتة :-

يرى **Jim Eyre** ان اهم مزايا العديد من الجسور في العالم الحديث هي حركتها الملفته والمقصود بالحركة الملفتة كثرة الأنحناءات في التشكيل ، مع التأكيد على المحافظة على التوازن (الأنشائي والبصري) الى ابعد حدودها .

يتعامل هذا الأتجاه مع مستوى النظام الأنشائي بأتجاه المخطط الأفقي والمقطع العرضي للنظام ، فضلا عن الشكل الكلي للجسر ، والمقصود بالحركة الملفتة على مستوى النظام الأنشائي هو التلاعب بالشكل الأنشائي للنظام ، حيث ان لكل نظام قواعده الخاصة ، رغم ذلك انتجت التصاميم المعاصرة وبمساهمة المعمارين نماذج تمتاز بحركة غير تقليدية في الشكل الأنشائي للجسر رغم اعتمادها على نفس مبدأ النظام،وظهر هذا التأثير بشكل منطقي في المخطط الأفقي والمقطع العرضي للجسور المعاصرة.

فضلا عن ذلك فأن التلاعب بالنظام الأنشائي يؤثر بدوره على اضفاء حركة غير تقليدية الى الجسر كشكل معماري ، مثال جسر **Gateshead Millennium** (٢٠٠١ – ١٩٩٨) والذي سوف نتحدث عنه بالتفصيل في الدراسات العالمية .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

إتجاه التفصيل الانشائي :-

التفصيل الانشائي :- هو تحديد شكل وتشكيل وانهاء العناصر الانشائية ومفاصل ربطها مع بعضها البعض ، ويتضمن التفصيل الانشائي كعملية تصميم المقطع العرضي والواجهة الجانبية ومفاصل العناصر الانشائية ، من اجل تحقيق متطلبات الهندسة الأنشائية في الاستقرار والمتانة والصلادة .

ويمكن ان يسهم التفصيل الانشائي المكشوف بشكل كبير الى عمارة أي هيكل بنائي ، حيث انه يمتلك القدرة على تحويل العناصرالانشائية النفعية الأعتيادية او النقية (ذات الوظيفة العملية البحتة) الى عناصر تعطي متعة جمالية ، كما انه يربط الأفكار التصميمية الرئيسة للمشروع مع الأفكار التفصيلية . وغالبا ما يتمكن المعماريون من اظهار تنوع هائل في الافكار التصميمية من خلال التفاصيل الانشائية ، حيث تظهر مجموعة من الصفات المعمارية التي يكون فيها التفصيل الانشائي قادر على المساهمة في التصميم والذي بدوره يؤدي الى نتائج مرضية جماليا .

لكن عند اخفاء التفصيل الانشائي عن النظر تصبح أي اعتبارات اخرى بجانب الاداء الانشائي والأقتصاد وقابلية البناء غير ضرورية .

كما يجب ان يكون التفصيل ملائما انشائيا ومتناغما مع افتراضات الهندسة الأنشائية ، لهذا تتطلب الحلول الأنشائية الناجحة تعاونا كبيرا بين المعماري والأنشائي ، أي يجب ان يرضي التفصيل كل من فكرة التصميم المعماري والضرورة الأنشائية .

(المصدر :- عبدالعظيم فيصل، (الكباري بين التصميم المعماري والإنشاء دراسة تحليلة) ، جامعة حلوان كلية الفنون الجميلةعام ٢٠٠٣) .

الصفات الجمالية للتفصيل الانشائي :-

للتفصيل الانشائي تنوع هائل من الصفات الجمالية ، ولتوضيح هذا التنوع يمكن وصف ازواج من صفات متعاكسة ضمن اربعة مجاميع رئيسه ، وان عملية التصنيف هذه غير دقيقة لأن بعض التفاصيل يمكن ان تناقش ضمن سياق مجاميع اخرى ، ولكن ليست الغاية من هذا التصنيف ترتيب تفصيلا معينا جماليا ، لكنه يوضح التنوع الكبير في اللغات الانشائية المختلفة وطرق التفصيل الانشائي ، ويساعد كل تفصيل على ايجاد قراءة معمارية خاصة به ويؤثر على الكيفية التي يدركه بها مستخدمي المنشأ ، وتقسم هذه المجاميع كالأتي :-

أ- التحسين مقابل المنفعة :- برغم انه من المتوقع ان يكون التفصيل الانشائي مصقولا في كل الأعمال المعمارية ، الا انه في بعض الحالات قد تقلل الميزانية او المدة الزمنية المحدودة لأنجاز العمل فرص التحسين والصقل في التفصيل ، او قد يلغى التحسين والصقل عمدا لضمان التناغم مع الفكرة المعمارية ، حيث قد يتطلب العمل جمالا صناعيا قاسيا او غير مصقول فنيا .

ب- البساطة مقابل التعقيد :- ليس المقصود من هذه المجموعة من الصفات غياب التحسين والصقل ، لكنها تشير الى ان كل عمل معماري يتضمن تحسينا بطريقة مختلفه تميزه عن المشاريع الأخرى ، فقد يتضمن بساطة الشكل وبساطة العناصر الأنشائية او التعقيد ، اذ ليس احد هذه الصفات صحيحا لكن كل منها يصح في موقع معين .

ج - الخفة مقابل الثقل :- عادة يميل المصممون الى استخدام عدد كبير من عناصر نحيفة بدلا من عدد قليل من عناصر ذات حجم كبير ، وقد تظهر في بعض الأحيان صفات الخفة والرشاقة في تصميم معين لكنها تكون اقل نجاحا من حيث المظهر اذا ما شوهدت من مواضع اخرى ، حيث ان المتلقي يختبر الشكل الانشائي من مواضع تختلف عن تلك المستخدمة لتصميم المخططات والمقاطع والواجهات ، كما تحث الحساسية للقرب البشري من العمل استخدام لمسة من الخفة في التفاصيل ، مع ذلك يمكن تخفيف الخشونة والقسوة البصرية في العناصر وفي ادراك احجامها بأستخدام سطوح منحنية .

د- البساطة مقابل الزخرفة :- ان الفرق بين الزخرفة والجمال غير واضح بالنسبة لأغلب المصممين ، فتصميم جسر يتصف شكله بالجمال ليس معناه خلق جسر مزخرف ، بل تعد الزخرفة اضافات للديكوروالتزيين ، ويجب ان تكون الملجأ الأخير الذي يتجه إليه المصمم للحصول على قدر من الشكل وجمال وتعد الجسور انشاء نقيا، بمعنى انها لا تحتوي على عناصر المبنى من جدران وابواب ونوافذ ..... الخ ، ويعد الشكل المعماري للجسر ترجمة

طبيعية للنظام او الشكل الأنشائي ، ولتحقيق جمال الشكل يجب عدم وضع قناع يخفي النظام الإنشائي المستخدم ، لأن جمال الشكل ينتج عن فهم منطق الشكل ، فيجب ان لا تغطى الجسور بالزخارف ، حيث ان الغرض من الزخرفة (في حالة استخدامها هو تأكيد العناصر الأنشائية وبالتالي التأثير على المتلقي دون اخفاء الطبيعة الحقيقية للشكل الأنشائي والمادة ، وفي ذلك وضع **Ruskin** قاعدة نشرت في كتاب بعنوان (**Artistic Bridge Design**) عام ١٩١٢م **To decorate construction without constructing decoration**)) فيها يقول)) ، فيجب ان لا تستخدم الزخرفة بغرض تعويض النقص الجمالي للشكل ، ومع ذلك يمكن ان تكون للزخرفة المقننة اهمية عندما يقترب المتلقي من الجسر ويطلع على تفاصيل المنشأ عن قرب .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

٢. المفهوم الأنشائي :-

سادت المفاهيم الإنشائية في عمارة الجسور لمدة غير قليلة من الزمن بعد الانفصال الحاصل بين الفنون والعلوم، وهيمن عليها مفهوما الكفاءة الانشائية و الأقتصاد في الكلفة ، لكن اضيف المفهوم الجمالي ضمن هذه المفاهيم ، وبذلك اصبحت هذه المفاهيم الرئيسة الثلاثة اهم المعايير الواجب توفرها في كل جسر .

حيث نتجت جماليات الجسور في الحقول الأنشائية من الأختيارات اللاواعية للأشكال على يد مهندسين يبحثون عن تعبير المنشأ (**expression of structure**) فهي تمثل اما النتيجة الواعية للبحث عن الأقتصاد ، او نتيجة الدرجة القصوى من الحسابات الرياضية .

يرى **Billington** بأن الهياكل الناتجة وفق هذا المفهوم ليست اعمالا نحتية ولا معمارية ، لكنها تعود الى وسط اخر مرتبط بكليهما معا ، و يبرز عن الأثنين الاخرين من خلال استخدامه لقواعد الكفاءة الانشائية كأسس اولية لخلق اشكال مرئية جديدة ومثيرة يطلق عليه ((الفن الانشائي))

فالفن الانشائي بالنسبة لـ **Billington** هو بنفس مستوى العمارة والنحت ولكنه يمتلك مميزاته الخاصة.

ويعرف الفن الانشائي بأنه :- التعبير الشخصي عن المنشأ ضمن قواعد ونظام الكفاءة والأقتصاد)) ، وقد وجد الفنانون ا الانشائيون ضمن هذه الحدود الوسيلة لأختيار الأشكال والتفاصيل التي تعبر عن رؤيتهم الخاصة .

ويعتمد الفن الانشائي على ثلاث قواعد او معايير اساسية في العمل هي كالأتي :-

(أ) الكفاءة :- وتعني استخدام اقل ما يمكن من المواد مع امكانية السيطرة على توفير عامل الأمان .

(ب) الأقتصاد :- أي اقل ما يمكن من الكلف مع امكانية السيطرة على ادائها للوظيفة المطلوبة منها وامكانية المحافظة عليها لمدة طويلة .

(ج)الأناقة :- اي اقصى ما يمكن من التعبير عن شخصية المصمم مع ضمان تطبيق قاعدتي الكفاءة والأقتصاد .

وتقدم اعمال الفن الانشائي في عصرنا الحالي ادلة بأن الحياة العامة يمكن ان تزدهر بشكل افضل عندما تتحقق اهداف الحرية مع تطبيق قواعد العمل بأتزان ، وتكمن حرية قواعد الفن الانشائي في انها تتيح الأمكانيات للمصمم للتعبير عن اسلوبه الشخصي بالبحث الجمالي الواعي عن الأناقة الهندسية .

واذا كان تصميم الجسور وسيلة فعالة للتعبير الجمالي بحد ذاته اذن فهو احد اكثر هذه الوسائل ارباكا وتشويشا ، لأن تصميم الجسور كشكل فني يترنح بين امكانيته الضخمة غير المستغلة بشكل كبير وبين الثقافة السائدة التي تكبح بقسوة خلق الأعمال المتميزة جماليا . (المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠) .

ب - ١ - مصادر الجمال في الجسور وفق المفهوم الإنشائي :-

ينتج التأثير الجمالي للجسور على المتلقي من اي جانب من جوانب الجسر ضمن هيئته الكلية واجزائه المنفردة وكما يراها المتلقي اثناء عبوره خلاله سواء من فوق او تحت الهيكل او مشاهدته من مسافة معينة .حيث ان هيمنة المظهر الخارجي للجسور على مشهد المدينة ناتجة عن احجام واشكال عناصرها المنشئية ، وليس نتيجة التفاصيل والألوان والسطوح ، فهذا يعني أن التأثير الجمالي الأعظم ناتج عن :-

١ - العناصر الإنشائية نفسها (الأسلاك ، العوارض ، والدعامات) ، حيث ان وجودها حتمي في كل جسر ، على سبيل المثال جسر **Golden Gate** في الولايات المتحدة الأمريكية يدين بجماله وفتنته الى الشكل الرشيق لأبراجه واسلاكه وليس الى لونه المحمر . و لو كان تصميم الأبراج نفسها قبيحا فلن يجعلها الطلاء الأحمر جذابة بأي حال من الأحوال . (المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

الشكل (12- ٢) يوضح جسر **Golden Gate** في الولايات المتحدة الأمريكية - المصدر: الانترنت

٢- التصميم الجيد للعناصرالانشائية دون اضافة كلفه غير ضرورية ، وغالبا ما يواجه هذا التحدي قيود في حالات المشاريع ذات الميزانية المضغوطة ، وافضل وسيلة لمواجهة ذلك هي اعتبار القيد نفسه تحديا واستخدامه لأيجاد الجمال المتأصل والمتضمن داخل المشكلة، اذن يكمن المبدأ الرئيسي لتصميم جسور ذات قيم جمالية وفق قواعد العمل الثلاث(الفعالية والكلفة والخاصية الجمالية) في وضع كل هذه المقاييس مع بعضهاالبعض في نفس الوقت والعمل

على تحسينها سويا دون التضحية بأحدها من اجل تحقيق الأخريات ويعتبر جسر **Craigellachie** لمصممه **Telford** مثالا جيدا لتوضيح هذا المفهوم .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

الشكل (**13**-٢) يوضح جسر **Craigellachie** لمصممه **Telford**- المصدر: الانترنت

حيث يتكون الجسر من عقد من حديد الصب كفوء منشئيا ، في حين اختار المصمم نموذجاماسيا في قضبان السبندل (حيت تسمح الأعتبارات الانشائية في تلك النقطة من الجسر بالعديد من الخيارات) و كان اختيار المصمم اخذا بنظر الأعتبار المظهر الخارجي للجسر ووفق نظرته الشخصية لما هو جميل .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

ب-١-١ خصائص الجسور ذات الصفات الجمالية وفق المفهوم الأنشائي :-

تتلخص خصائص الجسور ذات الصفات الجمالية بالأتي :-

أ- انها ابسط :- بمعنى انها تمتلك عدد اقل من العناصر الفردية ، كما ان عناصرها المتشابهة في الوظيفة (كالعوارض مثلا) متشابهة من حيث الشكل والحجم .

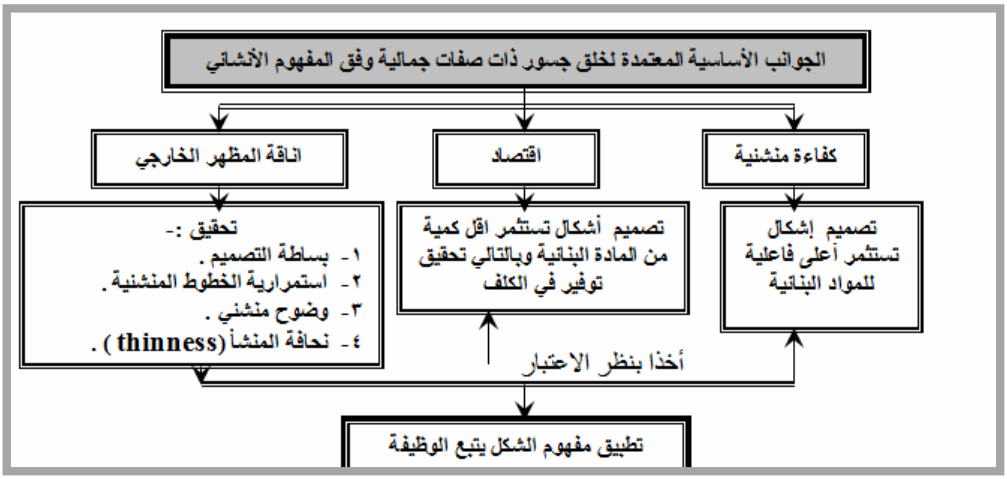
ب- عوارضها انحف نسبيا :- (أي نسبة العمق الى الأمتداد اصغر) .

ج- خطوط المنشأ الرئيسة مستمرة :- أي ان امتدادات الجسر مستمرة مع بعضها البعض او تبدو للعيان بأنها مستمرة .

د- يعكس شكل العناصر الانشائية القوى الساقطة عليها :- أي يزداد سمك العنصر في المناطق التي تكون فيها القوى اكبر ويقل في المواقع التي تتحمل قوى اقل .

يظهر من هذه الخصائص بأنها جميعها صفات مرئية للكفاءة الانشائية ، أي ان تحسين الخاصية الجمالية في الجسور يزداد كلما زادت الكفاءة الانشائية ، وهذا ينطبق مع تفسير مصممي الجسور لمفهوم (الشكل يتبع الوظيفة)، حيث فهمت هذه العبارة ضمن سياق تصميم الجسور بأن السلوك الأنشائي الكفوء وكلف التشيد المنخفضة شروط كافية لتحقيق الأناقة

البصرية، كما يظهر انها تمثل مجموعة من الصفات متمثلة بـ(البساطة، النحافة (**thinness**) ،الأستمرارية) ، ولا تتضمن مميزات او خصائص شكلية محددة ، مثل دعامات على شكل حرف (**Y**) مثلا وما شاكلها ، حيث ان الجسور كغيرها من الهياكل العمرانية تختلف عن بعضها البعض بنواحي مهمة ، منها متطلبات الموقع واختلاف تقنيات التشييد المتوفرة فضلا عن اختلاف الأجراءات التحضيرية اللازمة لموقع التشييد ، فأذا تطلع المصمم الى تحقيق الجمال كان عليه محاكاه او تقليد سمات الجسور الناجحة جماليا المذكورة اعلاه وتطبيقها وفقا لمعطيات الموقع ، وبذلك يمكن تلخيص الجوانب الأساسية المعتمدة لخلق جسور ذات صفة جمالية وفق المفهوم الانشائي .



الشكل (14- ٢) يوضح الجوانب الأساسية المعتمدة لخلق جسور ذات صفة جمالية -

المصدر: الجماليات المعمارية للجسور الحضرية

قادت وجهة النظر السابقة للتعامل مع جماليات الجسور وفق عبارة الشكل يتبع الوظيفة مع ميل المهندسين الى العمل مع الأرقام والحسابات الأنشائية الى اقتراح وتطوير طرق كمية للتعامل مع قضايا الجمال في الجسور ، على سبيل المثال طور **Zuk** نظام يتكون من ١٧٧ مفردة يتعلق بجماليات الجسور مستخلصة من نصوص متعلقة بالموضوع ، حيث وضع مقياسا لتقييم المظهر الخارجي للجسور يبدأ من صفر بالنسبة للجسور الأكثر قبحا الى ١٠ بالنسبة للجسور ذات الجمال الراقي) وتمنح القيمة الأعلى للتصاميم المشابهة والأكثر انسجاما مع البيانات او التصريحات في قاعدة بيانات النظام ، لكن ادت هذه العملية الى انتاج مجرد نسخ من التصاميم المجربة والموجودة مسبقا ، وبذلك تحولت العناصر الأبداعية في تصميم الجسور الى عمليات اتباع فعلية للقوانين وان هذه التطبيقات معيبة بشكل اساسي لأنها جعلت المظهر الخارجي لأي جسر محدد بمجموعة قوانين دون اعتبارات خاصة لقضايا الجمال ، رغم ما اظهرته تصاميم ومؤلفات **Maillart** و **Roebling** و **Ammann** وغيرهم من عباقرة مصممي الجسور من اهمية ووضوح الصلة بين السلوك الانشائي والمدلول الجمالي ، لكن هذه العلاقة معقدة اكثر بكثير من مجرد تطبيق مفهوم الشكل يتبع الوظيفة .

حيث ان الكفاءة الانشائية والأقتصاد بحد ذاتها ليس لها مدلولات جمالية ، لكن يمكن ان تساعد قواعد عمل الكفاءة والأقتصاد على توليد اشكال مرئية ماكانت لتنشأ دون هذه القواعد بأيدي بعض المصممين الموهوبين .

لكن تطبيق مفهوم الشكل يتبع الوظيفة يسمح بأستثناء واحد فقط وهو ((الجسور الدلالية **Signature Bridges**)) ، تشمل هذه الفئة كل الجسور التي سعت الجهات المسوؤلة فيها الى تحقيق نتاج ذي تعبيربصري فريد من نوعه ، حيث يكون المراد من هذه الجسور ان تكون دليلا (**signature**) او عنصر دلالة لمدينة او منطقة) ،و بدأت الجهات المسوؤلة على مستوى العالم تدرك بأن الكفاءة الانشائية وحدها لن توفر مستوى صفة الجمال المطلوبة للجسور الدلالية ، فضلا عن وجود استعداد لتخصيص ميزانية عالية لمثل هذه المشاريع ، وبشكل عام هناك ميل للاستعانة بخدمات المعماريين في هذه المشاريع اكثر من غيرها ، حيث يلعب المعماري فيها دورا اساسيا في تحديد المظهر البصري للجسر .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

٣. المفهوم الفني :-

بدأت تدرك امكانية تصميم الجسور كوسائل للتعبير الفني من قبل علماء الفن وتاريخ الفن والمهندسين ، حيث وضحت امكانية تصميمها كوسائل للتعبير الفني في روائع التحف الفنية لبعض المهندسين مثل جسر بروكلن لمصممه **Maillart** لمصممه **Salginatobel** وجسر **Roebling** وجسر **Pont Isère** ، وعرفت هذه الهياكل كاعمال ذات مدلولات جمالية من قبل الباحثين في مهنة الهندسة وكذلك من قبل كتاب اخرين في حقول اخرى.

مع ذلك تختلف مكانة الفن في الجسور عنها في الحقول الأخرى ، ويكمن الأختلاف الرئيس هذا في التقييد (**restrictions**) ، حيث ان فكرة الفن العامة هي اظهار العواطف والمشاعر القوية ونقلها الى الأخرين بمساعدة العنصر المبتكر ، وفي الجسور يظهر من ناحية ان هذه العواطف موجودة بشكل اساسي ومن ناحية اخرى هناك متطلبات خاصة بالمنشأ يجب تطبيقها ليتمكن الهيكل من الوقوف والأستمرار لمدة طويلة ، فالجزء الأكثر تحديا في فن الجسور هو عكس احساس الفنان (المصمم) ضمن حدود القيود الموجودة مع اعطاء اولوية للوظيفة .

ج- الجسور وجوهر الفن :-

يقوم هذا الاتجاه على فكرة مفادها :- ((اذا ادرك تصميم الجسور كوسيلة متميزة وفعالة للتعبير الفني عندها يجب ان تعكس الجسور الحقائق التي تظهر الجوهر الأساسي المشترك بين كل الأعمال الفنية ، من غير التركيز على الوسيلة او التقنية المستخدمة للتعبير الفني))، ولتجسيد هذه الحقائق في الجسور يجب الأعتراف بوجود واهمية هذه الحقائق في اطر العمل الفكرية التي يستخدمها المصممون لتوجيه قراراتهم التصميمية .

ج-١-١ الخصائص الأساسية لجوهر الفن :-

الخاصية الاساسية لجوهر الفن هي تحدي الأفكار الموجودة من ثم تحدي النظريات الدوغماتية (او النظريات العقائدية الجازمة) عن كيفية خلق اعمال فنية تتمتع بذوق رفيع ، ويظهر

ضمن سياق الثقافة السائدة في جماليات الجسور ان اكثر هذه الخصائص اهمية هي :- ((ان الفن يتحدى الأفكار الموجودة بطرق ذات هدف ومعنى)) ، حيث ان الأشارة الى الأعمال الفنية بأستخدام كلمات مثل (ثوري) و (فتح افاقا) و (حالم) يعكس وعي وادراك بأن الأعمال الفنية يمكن بل انها تتحدى فعليا الأراء الشائعة والمتمسك بها ، وتؤكد عبارة (بطرق ذات هدف ومعنى) على استبعاد اخذ الأعمال الصادمة من دون مبرر بعين الأعتبار ، ويمكن توضيح التحدي ذي الهدف للأفكار الموجودة بأنه ذلك الذي يستطيع ان يحافظ على قدرته لتنبيه الأحاسيس والعواطف او يحافظ على قدرته على اثارة الأفكار بعد مدة طويلة من حدوث الصدمة وبعد ان تصبح بالية (بمعنى ان هذا التحدي يستطيع تحفيز افكار جديدة بعد مرور مدة زمنية طويلة على حدوث الصدمة) ، والدليل المنهجي على هذا الأفتراض هو ان الفن الذي يتحدى الأفكار الموجودة بطرق ذات هدف لا يتم التعدي عليه عادة ، بل عوضا عن ذلك تستخدم امثلة لتوضيح الطرق التي يمكن ان تثبت بها هذه الخصائص الأساسية نفسها ضمن الأعمال الفنية وفي كل من الأوساط الكلاسيكية وتصميم الجسور .

وبالنسبة للجسور ذات المدلولات الجمالية فأنها ايضا تجسد تحديات ذات اهداف نسبة الى الأفكار الموجودة ، على سبيل المثال يعتبر جسر **Pont de la Tournelle** في باريس للمثل الأعلى ، شيد عام ١٩٢٨ الصيغة الدلالية المعاصر لجماليات الجسور الممتعة ، ورغم انه مشيد من الخرسانة المسلحة الا انه مكسي بطبقة تزينية من الحجارة استخدمت لأضفاء تفاصيل تشبه الجسور التي تعود الى عصور سابقة ، لكن عندما جاء جسر **Salginatobel** تصميم **Maillart** فأنه اعتبر انحرافا راديكاليا عن الذوق الفني الشائع والمتمثل بجسر **Pont de la Tournelle** ، حيث انه استخدم المنشأ الخرساني نفسه ليكون وسيلته في التعبير ، حيث ان الأقتصاد في جسره كان اكثر اهمية لدى السلطات المحلية من الأختلاف بين تحقيق الجمال واتباع الأفكار السائدة .

(المصدر :- "الجماليات المعمارية للجسور الحضرية"، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية - جامعة بغداد، ٢٠١٠).

٢,٩. التخطيط الأفقي والرأسي للجسر :

التخطيط الأفقي للجسر :

يشمل التخطيط الأفقي للجسر ما يلي :

١. تصميم المنحنيات الأفقية .
٢. تصميم الرفع الجانبي.
٣. تصميم عدد حارات المرور للجسر وعروضها ، والتي تعتمد على الآتي :
٤. مسار الحركة على الجسر وإتجاهاتها .
٥. أعداد المركبات المتوقعة على الجسر .

*(تعتبر عناصر التخطيط الأفقي للجسر هي نفس العناصر التي تطبق على تخطيط الطرق إلا أنه في الجسور تستخدم المنحنيات المنبسطة لإعطاء عامل أمان للسائق) .

١. الخلوص الأفقي والعروضات :

أ- الخلوص الأفقي عند الممرات السفلية (أسفل الجسر)

ب- الخلوص على اليمين من حافة حارة المرور الطولي إلى الحائط أو العمود يجب أن يكون(٢,٤٠ ـ ٣,٦٠) متراً ولايقل عن ١,٨٠متراً.

ت- في حالة وجود رصيف مشاة يجب الإبقاء على الكتف كاملاً .

ث- يفضل أن يكون عرض أرصفة المشاة بين ١,٢٠ ـ ١,٨٠متراً وليس أقل من ١,٠٠متراً

ج- يفضل أن يكون الخلوص الأفقي بين رصيف المشاة وحافة الرصيف الخارجية ١,٨٠ ـ٢,٦٠متراً والأدنى للطرق الرئيسية ١,٨٠متراً ، ٠,٦٠متراً على الطرق المحلية.

ح- الخلوصات على اليسار من حافة الرصيف للمرور الرئيسي (**Through Traffic**) أو من الحارة الإضافية إلى العمود الأوسط أو الحائط من المرغوب أن تكون ١,٨٠ متراً وليس أقل من ١,٤٠متراً .

خ- في حالة عدم وجود بردورة للرصيف المقترب وكان الخلوص الأيسر أقل من ١,٨٠ متراً فيجب عمل حواجز معدنية عند العمود الأوسط أو الحائط على أن تبعد واجهة الحواجز عن حافة الرصيف بمقدار ١,٤٠متراً .

د- يجب ألا تنتهي الحواجز فجأة عند النهاية المواجهة للمرور ، بل يجب أن تبتعد تدريجياً من الرصيف إلى نقطة من ٢,٤٠متراً إلى ٣,٠٠متراً من الجانب الأيسر للرصيف .

ذ- عرض الممر السفلي (البحر الصافي) هو مجموع عروضات الرصيف وعروض الخلوص والحارات الإضافية ورصيف المشاة.

ر- الخلوص الأفقي والعروضات عند الممرات العلوية (أعلى الجسر) الجسور القصيرة هي التي طولها ١٥متراً فأقل والجسور الصغيرة هي التي طولها يصل إلى ٧٥متراً مقاس بطول السياج أو الحائط . والجسور الطويلة هي التي تزيد عن الأطوال السابق ذكرها .

ز- في الطرق ذات حجم المرور المنخفض فإن أدنى خلوص بين الحافة اليمنى للرصف والواجهة الداخلية للحائط **Parapet 0.75**تر على الأقل ويفضل متراً واحداً .

س- في الجسور الطويلة (أكبر من ٧٥متراً) والجسور الطويلة الأخرى ذات نسبة حجم المرور إلى السعة التصميمية أقل من ٠,٧٥ يجب أن يكون الخلوص للسياج أو الحائط يميناً ويساراً على الأقل متراً واحداً ، ويفضل ١,٤٥متراً سواء ببردورات الأمان أو بدونها .

ش- يمكن تقليل الأبعاد السابقة بمقدار ٣٠ سم على الطرق ذات حجم المرور المنخفض .

ص- عندما توجد أرصفة للمشاة فإن الجسر يجب أن يصمم ببردورة أمان ، ويضاف عرض البردورة إلى عرض رصيف المشاة .

ض- على الممرات العلوية (الجسور) للطرق المحلية يمكن تطبيق الخلوص السابق إذا كانت البردورة مستمرة حيث يجب أن يكون ٠,٧٥متراً على الأقل ، ويفضل متراً

واحداً بين واجهة البردورة وواجهة السياج في حالات خاصة يمكن استخدام خلـوص ٠,٥ متراً .

ط- عرض الممر العلوي هو مجموع عروض الرصف كما هي موضحة في التقاطع وعروضات الخلوص والحارات الإضافية .
(المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية - **www.momra.gov.sa/files/bridges**) .

التخطيط الرأسـي للجسر :

يشمل التخطيط الرأسـي للجسر مايـلي :

١. تصميم الميول الطولية .
٢. تصميم المنحنيات الرأسية والتي يجب أن تتوافق مع السرعة التصميمية للجسر ومسافات الرؤية المطلوبة للوقوف والتخطي .
٣. ويفضل عدم أخذ القيم الأدنى لأطوال المنحنيات الرأسية ، ولكن يتم أخذ قيم أكبر لزيادة عامل الأمان في الحركة المرورية على الجسور .
٤. الخلوص الرأسـي :

- يجب أن يكون الخلوص الرأسي (المسافة بين سطح الرصف العلوي للطريق أسفل الجسر والحافة السفلية للجسر) ٥,٠٠ متراً فوق كامل العرض لحارات المرور الإضافية ومناطق الخلوص الجانبي إلى البردورات والحوائط والأعمدة شاملة الأكتاف .
- يجب زيادة الخلوص الرأسي بحوالي ١٠ سم تحسباً لإعادة رصف الطريق أسفل الجسر مستقبلاً .
- في حالات خاصة في الطرق المحلية تحت الجسور ذات السطح السفلي المقوس فإن الخلوص فوق الكتف عند الحائط يمكن أن يكون أقل من ٤,٢٠ متراً ولكن ليس أقل من ٣,٧٥ متراً أو أقصى إرتفاع قانوني للمركبة .

* تعتبر عناصر التخطيط الرأسي للجسر هي نفس العناصر التي تطبق على تخطيط الطرق .
(المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية - **www.momra.gov.sa/files/bridges**) .

٢,١٠. التصميم الإبتدائي للجسر :

يعطى هذا البند فكرة عامة عن التصميم الابتدائي للجسور ، حيث تشمل مرحلة التصميم الابتدائي تحديد الأبعاد والقطاعات الأولية للجسر وبالتالي تحديد التكلفة التقديرية له ، كما تشمل المقارنات الاقتصادية لجميع الهياكل الإنشائية للجسور التي يمكن استخدامها .

ومن خلال دراسة تحليلية متقدمة وتحديد القطاعات الأولية التقريبية للجسر والمعتمدة على النظريات العلمية والنواحي العملية يمكن اختيار الهيكل الإنشائي للجسر والمواد المستخدمة به

وقطاعاته والتي تمكن المصمم من إجراء التحليل الإنشائي وتصميم الجسر وبالتالي إعداد الرسومات التنفيذية له .

- (المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية **www.momra.gov.sa/files/bridges**) .

٢,١١. الاعتبارات الواجب مراعاتها لتصميم الجسور :

١. شكل الجسر :

- التخطيط الأفقي والرأسي للجسر .
- القطاعات الإنشائية المسموح بها للجسر (عمق الجسر ـ عرض الدعامة .. الخ) .
- دراسة حركة المرور أثناء تنفيذ الجسر .
- الخدمات الرئيسية .

٢. التكلفة التقديرية للجسر :

- طبيعة التربة عند موقع الجسر .
- الزمن الكلي اللازم لإنشاء الجسر .
- تفاصيل التنفيذ (طريقة التنفيذ ـ مواد الإنشاء ـ معدات الإنشاء.. إلخ) .
- متطلبات الامتداد المستقبلي .
- متطلبات الصيانة .

٣. معاملات الأمان :

- معاملات الأمان أثناء التنفيذ مثل :
- معامل الأمان للمنشآت المجاورة للجسر .
- معامل الأمان للخدمات والمرافق العامة .
- معامل الأمان لفريق التنفيذ والإشراف على تنفيذ الجسر .
- معامل الأمان لحركة المرور أثناء التنفيذ .
- معامل الأمان بعد تنفيذ الجسر .
- معامل الأمان اللازم لحركة المرور بعد تنفيذ وتشغيل الجسر .

٤. الشكل الخارجي للجسر :

- يجب أن يكون الشكل الخارجي للجسر منسجماً وملائماً للمنشآت المجاورة للجسر .
- يجب أن يكون الشكل الخارجي للجسر متجانساً مع الطبيعة حول الجسر .

٥. المتطلبات الخاصة بالجسور المتقاطعة مع المجاري المائية :

- الارتفاع الصافي للجسر وكذلك طول البحر .
- المسافة بين الدعامات الرأسية للجسر وتأثير ذلك على كميات المياه المارة بين تلك الدعامات .

- تأمين حركة الملاحة داخل المجرى المائي أثناء تنفيذ الجسر .
- متطلبات حركة الملاحة داخل المجرى المائي بعد تنفيذ الجسر .

٦. المتطلبات الخاصة بالجسور ذات الخرسانة سابقة الصب وسابقة الإجهاد :

- تكلفة الشـدة .
- طول بحر الجسر .
- المقارنة بين تكلفة المصنع وتكلفة الخرسانة المصبوبة بالموقع .
- وزن العناصر الإنشائية المختلفة للجسر (بلاطات ـ كمرات ... الخ) .
- تكاليف نقل العناصر الإنشائية وتركيبها بموقع الجسر .
- تكاليف المواد المستخدمة ومعدلات الإنتاج .

٧. معوقات التخطيط :

يوجد العديد من الجسور التي تحتاج لإعادة تصميم بسبب التحسينات التي تطرأ على تخطيط الطرق (مثل زيادة عدد حارات المرور وتغيير ارتفاع منسوب المياه في المجرى المائي، زيادة سعة الخدمات العامة من مياه وصرف صحي وتليفونات والمرتبطة بالهيكل الإنشائي للجسر) ولذلك يجب الانتهاء من التصميم النهائي لتلك العناصر في مرحلة مبكرة لتجنب زيادة تكاليف إنشاء الجسر ، وكذلك زيادة الزمن اللازم لاعادة التصميم .

٤. طول بحر الجسر :

يعتمد طول بحر الجسر على عدة عوامل منها :
قطاعات تمديدات الخدمات التي تمر أسفل الهيكل الإنشائي للجسر .

مواقع ونوع الدعامات الرأسية للجسر والتي تعتمد على (نوع التربة ـ الارتفاع الصافي المطلوب ـ عوامل الأمان ـ الحركة المرورية أسفل الجسر ـ الملاحة داخل المجرى المائي في حالة الجسور على مجارى مائية... إلخ).

٥. نوع الهيكل الإنشائي للجسر :

يتوقف اختيار نوع الهيكل الإنشـائي للجسـر على العلاقة بين عمـق وبحـر الجسـر
DEPTH – SPAN RATIO

(المصدر :- دليل تصميم الجسور ، وزارة الشئون البلدية والقروية السعودية - www.momra.gov.sa/files/bridges) .

ملخص الباب :-

أ- اذا كان جوهر الفن يتضمن انشاء او اظهار تحد للأفكار الموجودة في هذه الحالة لن يكون ذلك الفن نتيجة التطبيق المجرد للقواعد والتقاليد المحددة مسبقا والشائعة الاستعمال او للنظم المبدأية الأخرى .

ب- اذا اعتبر تصميم الجسور كوسط فعال ومتميز للتعبير الفني ، وفي النهاية يظهر ان نجاح الجسر لا يأتي من اداءه لوظيفته فقط ، بل من جماله المرئي ، برغم اختلاف الأراء حول الجمال لدرجة انه لا يمكن ان يوجد فهم واضح ما اذا كان من الممكن اعتبار بناية او جسر معين جميلا او لا .

ومن المفاهيم السابقة توصل البحث الى الأستنتاج التالي :-

فيما يتعلق بعلاقة المستوى الجمالي بالأنشائي في عمارة الجسور :- ((كقاعدة عامة لا يمكن فصل المستوى الجمالي عن المستوى الأنشائي في عمارة الجسور)) .

الباب الثالث

الأنفاق

٣,١. تعريف الأنفاق :-

النفق هو ممر تحت سطح الأرض طوله أكبر من ضعف عرضه وهو مغلق من كل الجهات عدا فتحة في كل من نهايتيه وممرات جانبية للصيانة والإنقاذ. هدف النفق هو الربط بين منطقتين، ولا تنحصر وظيفته فقط على النقل بل تتعداها إلى انفاق التعدين التي تستخدم في استخراج معادن الخام. وانفاق الاعمال العامة وهي انفاق تنقل المياه أو لخطوط الغاز أو البترول أو مياه المجاري، يجب مراعات امرين هامين هما :امان النفق وديمومته وكذا تكلفة لمشروع. نظرا لتباعد التجمعات السكانية ووجود عقبات طبيعية كالجبال والبحار وغيرها من التضاريس التي تعيق الاتصال والمواصلات ،لكن ارادة الإنسان لا تقف عند هذه الحواجز فنلجأ إلى صنع الانفاق لتقليص المسافات واجتياز السلاسل الجبلية والأنهار... وغيرها.

تعتبر الأنفاق في عصرنا الحالي من الوسائل الضرورية التي تساعد على حل مشاكل المرور وتسيير وسائل النقل في المدن الكبيرة والعواصم المزدحمة خاصّة في حالة وجود عوائق طبيعية كالجبال والممرات المائية ذات الأتساع الكبير.

وتستخدم الأنفاق بكثرة في أعمال التعدين ومشروعات توليد الكهرباء أمام السدود والخزانات وكذلك عمليات الصرف المختلفة .

كلمة نفق تشير إلى معنايين متشابهين، أولهم النفق المحفور، وثانيهم النفق الواقع أسفل جسر علوي .(المصدر (د / سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

الشكل (١ - ٣) يوضح النوع الاول من الانفاق وهي الانفاق المحفورة - المصدر:- صيانة الجسوروالأنفاق .

الشكل (٢- ٣) يوضح النوع الثاني من الانفاق وهي الانفاق اسفل الجسور العلوية - المصدر:- صيانة الجسوروالأنفاق .

٣,٢. تصنيف الأنفاق:-

تصنف الأنفاق تبعاً لأغراض إنشائها إلى : -

١- أنفاق السيارات .
٢-أنفاق السكك الحديدية .
٣- أنفاق المشاه .
٤- أنفاق النقل .
٥- أنفاق التحويل أثناء إنشاء السدود .
٦- أنفاق صرف المياه .
٧- أنفاق توليد القوى الكهربية .
٨- أنفاق صرف المجاري .
٩- أنفاق المناجم بغرض النقل والتهوية

هذا بالإضافة إلى عديد من الأنفاق الصناعية متعددة الأغراض التي تجمع بين أكثر من نوع من الأنفاق سالفة الذكر مثل تلك التي تشق بغرض إنشاء الطرق السريعة للنقل في المناطق ذات التضاريس المعقدة للتغلب على المنحدرات الشديدة . (المصدر (د / سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

الشكل (**3** - ٣) يوضح أنفاق السيارات - المصدر:- صيانة الجسوروالأنفاق .

ولا تشيد أنفاق للسكك (underground railways) عادة تكون ممتدة لأطوال كبيرة تحت الأرض وهو ما يسمى

الحديدية للعبور تحت الطرق والعوائق الأخرى باعتبار أن التصميم الهندسي لخطوط السكك الحديدية يلزم باستخدام ميول طولية قليلة مما يؤدي إلى أطوال كبيرة للأنفاق وبالتالي يتطلب تكلفة كبيرة.

الشكل (**4** - ٣) يوضح أنفاق السكة حديد - المصدر:- صيانة الجسوروالأنفاق .

الشكل (**5** - ٣) يوضح أنفاق المشاه - المصدر:- صيانة الجسوروالأنفاق .

٣,٣. إستخدامات الأنفاق:-

١. تمديد شبكة المواصلات الحديدية تحت الأرض والتي لها أثر كبير في فك الاختناقات المرورية وسرعة الوصول وتجنب العوائق وسلاسة الحركة .

٢. تمديد وتمرير شبكة الخدمات المختلفة مثل الماء والكهرباء والهاتف والألياف وغيرها وتسهيل صيانتها وتحديثها ومراقبتها وحمايتها .

٣. استخدمت أنفاق المواصلات تحت الأرض في كل من موسكو ولندن وغيرها خلال الحرب العالمية الثانية كملاجئ من قصف الطائرات الألمانية .

٤. استخدمت الأنفاق كمجارٍ للتخلص من مياه الفيضانات في الدول التي يحدث فيها فيضانات متكررة وخير مثال على ذلك مشروع نفق سمارت في مدينة كولالمبور

٥. أصبحت الأنفاق تحت الأرض جزءاً من البنية التحتية العسكرية وذلك للامداد والمواصلات والتكتيك والمناورة والاختباء .

(المصدر (د / سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

٣,٤. مواقع الانفاق علي حسب نوعية التربة الموجودة بها :-

الأنفاق في الصخور الرسوبية المتحولة :-

في الصخور الرسوبية تكون مستويات الضعف هي مستويات التطابق. والفواصل العمودية على مستويات التطابق أكثر الأنواع خطراً على الأنفاق .

بينما في الصخور المتحولة مثل الشيست والنيس تكون مستويات الضعف هي مستويات التورق.

٣,٥. العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار مواقع الأنفاق في الصخور الطبقية كما يلي :

١. دراسة تأثير مستويات الضعف والفواصل على حالة اتزان الصخور المحيطة بالنفق ، وكذلك دراسة تأثير عمليات التفجير على حالة الصخور إذ أنها تؤدي إلى زيادة الشقوق واتساع الفواصل .

٢. دراسة تأثير الزمن على سلوك الصخور المحيطة بالنفق .

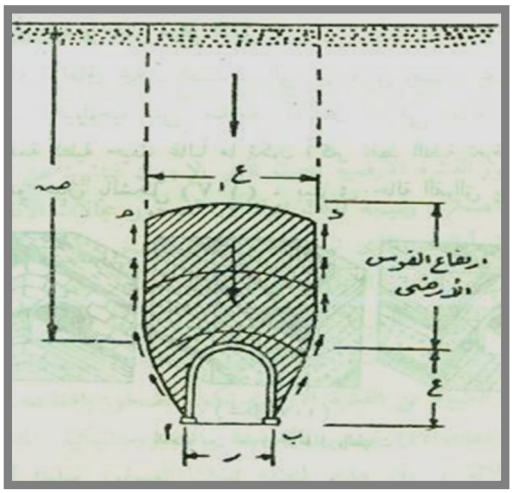
٣. دراسة قدرة تحمل الصخور للإجهادات المختلفة وذلك لتصميم الدعائم المناسبة التي تحمي النفق من الانهيار . ، كذلك يتوقف الضغط الواقع على الدعامات المستخدمة على مقدار ميل الطبقات باتجاه محور النفق .

١. الأنفاق في الصخور النارية:-

تشبه ظروف إنشاء الأنفاق في الصخور النارية كالجرانيت تلك التي تنشأ في الصخور الرسوبية المتماسكة . ويؤدي تداخل كتل الصخور النارية في بعضها البعض إلى نوع من التدعيم الذاتي لسقف النفق .

٢. الأنفاق في الصخور المهشمة:-

عند تعرض الصخور المتماسكة والكتلية لتأثير إجهادات كبيرة تتعدى قدرات تحمل الصخور فإنها تنهار وتتهشم إلى كتل أصغر . غير أن زيادة سمك الغطاء الصخري غالباً ما يعمل على تقليل تأثير الضغط الناشيء عن وزن صخور الغطاء ، وذلك لان بعض الطبقات تعمل على نقل تأثير الضغط الناتج عن ثقل الغطاء الصخري إلى الحوائط الجانبية للنفق . وهذا ما يعرف بالهيكل القوسي ويوضح الشكل الآتي الأسس الرياضية لهذا القوس الصخري وطريقة حساب مقدار الإجهادات التي تتعرض لها الدعائم المقاومة في النفق .



الشكل (٦ - ٣) يوضح نظرية القوس الأرضي في الصخور المهشمة المصدر : الجيولوجيا الهندسية).

٣. الأنفاق في الصخور المجزأة على شكل بلوكات كبيرة :-

يقصد بهذا النوع من الصخور تلك التي تأثرت بالإجهادات وحدث بها انهيارات على مستويات متباعدة وبذلك تكون حركة البلوكات منفصلة عن بعضها وتعامل معاملة الصخور الكتلية عند إنشاء الأنفاق بها .

٤. الأنفاق في الأرض اللينة :-

تقسم الصخور المكونة للأراضي اللينة إلى خمسة أقسام رئيسية هي :

١. الأرض الثابتة أو المستقرة .
٢. الأرض القشرية .
٣. الأرض الزاحفة .
٤. الأرض الانسيابية .
٥. الأرض المنتفخة والمنضغطة .

والأراضي السابقة تحتاج جميعها إلى معالجة خاصة عند إنشاء الأنفاق بها حيث تتميز صخور هذه الأراضي بوجود المعادن الطينية مثل الطين الجيري والطباشيري والصفحي وجميعها تتوقف خواصها الطبيعية والميكانيكية على مقدار ما تتشربه من المياه . وعلى ذلك عند إنشاء الأنفاق في مثل هذه الصخور يجب دراسة أنواع المعادن الطينية ومستوى المياه الأرضية وعلاقته بمنسوب النفق .

٥. الأنفاق تحت الماء :-

بنيت الأنفاق عبر قيعان الأنهار و قيعان الخلجان وأجسام مائية أخرى باستخدام طريقة القطع والتغطية التي تتضمّن غمر أنبوب في خندق وتغطيته بمواد لإبقاء الأنبوب في مكانه يبدأ البناء بإزالة الوحل من قاع الخندق في قاع النهر أو قاع المحيط يوضع بعدها قسم طويل لأنبوب مجهّز مسبقاً مصنوع من الفولاذ أو من الإسمنت ومحكم الإغلاق لإبقاء الماء خارجاً في الموقع

ويغرق في الخندق المحضّر ثمّ يقوم بعدها الغوّاصون بوصل الأقسام وإزالة الأختام ويتم إخراج أيّ ماء فائض ويغطى كامل النفق بتراب الردم.

(المصدر (سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

٣,٦. الدراسات الجيولوجية لاختيار مواقع الأنفاق:-

تشمل الدراسات الجيولوجية والهندسية الخاصة باختيار موقع النفق بغرض جمع المعلومات عن صخور منطقة النفق والتربة الدراسات الآتية :

١. تحديد أنواع التراكيب الجيولوجية بمنطقة النفق وكذلك نوع الصخور التي يمر بها وخواصها الطبيعية والميكانيكية .
٢. عمل القطاعات الجيولوجية الطولية والعرضية للنفق والصخور المحيطة به .
٣. معرفه مدى تأثر المنشآت السطحية بعمليات النفق وخاصة ظاهرة الترييح
٤. مقارنة جيولوجية منطقة النفق بالمشابه من الأنفاق القريبة من المنطقة .
٥. تحديد مصادر الحصول على مواد الإنشاء من مناطق قريبة .
٦. عمل مسح شامل لمنسوب المياه السطحية والأرضية ومدى تأثيرها على النفق والصخور المحيطة به .
٧. معرفة مدى سهولة نقل المعدات من وإلى مناطق التشغيل .
٨. دراسة مناطق الضعف الواجب تدعيمها ونوع التدعيم الملائم .

(المصدر :- سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

٣,٧. شروط إنشاء نفق :-

اختيار المسار: جل الانفاق خاصة طويلة المسار منها تكون منحنية أو متعرجة اي غير مستقيمة وذلك لتفادي المناطق التي تحتوي على صخور صلبة فنختار مناطق التي بها صخور لينة لسهولة الحفر فيها لاختصار الوقت والتكلفة، كما نتجنب الاحواض المائية لانها معرضة لانهيارات أثناء التنفيذ.لكن إذا تعذر ابعاد هذه المشاكل عن مسار النفق نلجأالى بنائه تحت اعماق كبيرة وبصفة عامة يشترط تأمين الشروط التالية :

١. لايتعدى ارتفاع النفق طوله
٢. نراعي المنشآت الموجودة فوق النفق وخاصة شبكات نقل المياه
٣. نراعي المباني القائمة علي جانبي الطريق او منطقة النفق .
٤. ان لايمر على مناطق زلزالية .
٥. إضافة ٢% من ميل النفق باتجاه النهايتين وذلك لسماح للمياه بالخروج .
٦. دون أن ننسى الهدف الذي يبنى من اجله النفق.

(المصدر (سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

٣,٨. اشكال المقاطع العرضية للأنفاق :-

يتم تحديدها تبعا ل تاثير الصخور وطبيعة الأرض فكلما كان الصخرلينا وغير ثابت ازدادت مخاوف تهدم الأرض النفق لذا يكون المقطع اهليجي هو الحل المناسب في هذه الحالة ،اما في الأرض الغضارية فياخذ المقطع شكل دائري.

طريقة الحفر التي لها اثر في اختيار الشكل العرضي لنفق فمثلا طرق الكلاسكية اليدوية تحقق مقاطع شكل حذوة حصان، اما طريقة الحفر بواسطة الستارة تناسب مقاطع دائرية فقط.

امثلة عن بعض المقاطع :

يكون المقطع بمثابة حذوة حصان في انفاق سكة الحديدية.

يكون المقطع بمثابة سلة في انفاق المترو.

يكون المقطع بمثابة مستطيل أو نصف دائري في انفاق المشاة.

يكون المقطع باشكال متنوعة "مستطيل أو حذوة حصان بالنسبة الانفاق الطرق.

(المصدر :- د / سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

٣,٩. أنواع مواد التبطين :-

تحفر الانفاق تحت الأرض وخوفا من سقوط السقف ،الذي هو مجموعة من الاتربة تدعمها بطانة التي تصنع بمواد مختلفة منها:خشب، بلاستيك ،معادن، خرسانة مسلحة، ونحدد نوعية البطانة باعتبار المقطع العرضي لنفق فاذا كان مقطع منتظم وسهل مثل المستطيل نستعمل بطانة جاهزة مسبقة الصنع ،اما المقاطع الغير المتجانسة نستعمل بطانة مباشرة ،و بجب ان تتوفر البطانة على شروط أهمها :سهولة التنفيد ،التماسك مع التربة، ولا تتفاعل مع الوسط الخارجي.

التبطين بالخشب:هي مادة رخيصة نظرا لوجودها في طبيعة مثل اشجار الصنوبر توضع على شكل الواح من ايجابياتها: قلة وزنها ،سهولة استعمالها.

اما عيوبها: قصر عمرها بسبب تعفنها، ضعف تحملها ،سهولة تخريبها.

التبطين بالمعادن :هي أفضل من سابقتها لانها تتميز بمقاومة عالية مثل الزهر ،والفولاذ.اما عيوبها: ترجع إلى تكلفتها الباهضة، وتعرضها إلى الصدأ بسبب سهولة تفاعلها مع المياه والغازات الموجودة في باطن الأرض.

التبطين بالخرسانة والخرسانة المسلحة :تعتبر الخرسانة احسن أنواع التبطين وذلك لانها تتميز بتحمل كبير لضغط الذي تولده الأرض على النفق ،كما أن تفاعلها مع الوسط المحيط به وما يحتويه من ماءوغازات، هي شائعة الاستعمال في الوقت الحالي لتكلفتها الرخيصة وتدعيمها، نضيف للخرسانة الفولاذ وتسمى بخرسانة مسلحة ،نستعمل هذا النوع في انفاق التي تبنى في الأرض جافة، ولا يناسب الأراضي التي تحتوي على كمية كبيرة من الماء وذلك بسبب تصدؤ الفولاذو بالتالي نقص في مقاومة الضغط ،وكذلك تسرب المياه من البطانة إلى النفق فتكثر الرطوبة داخل النفق.ندعم البطانة بملا الشقوق بين المقاطع بالرصاص ،اما الفراغ الموجود بين البطانة والتربة يملأ بالكلس . (المصدر (د / سيد على صالح – محب الدين حسين - فخري موسى – حسن فهمي) الجيولوجيا الهندسية- دار المعارف بالقاهرة ١٩٨٩).

٣,١٠. هندسة الأنفاق :-

تتم هندسة النفق مثل هندسة الجسر أي يجب أن تتعلق بمنطقة الفيزياء المعروفة بعلم توازن القوى إذ يقوم علم توازن القوى بوصف كيفية قيام القوات التالية بالتفاعل لإحداث الموازنة في الأبنية مثل الأنفاق والجسور:

الشد الذي يقوم بتوسيع أو سحب المواد.

الضغط الذي يقوم بتقصير أو ضغط المواد.

القص الذي يتسبّب بانزلاق أجزاء المواد وبمرورها باتجاهات معاكسة لبعضها البعض.

الالتواء الذي يتسبب بانحناء المواد.

وإن على النفق أن يقاوم هذه القوات بمواد قوية مثل الفولاذ والحديد والإسمنت ولكي تبقى الأنفاق ساكنةً يجب أن تكون قادرة على مقاومة الأحمال التي وضعت عليها ويشير الحمل الميت إلى وزن التركيب بنفسه بينما الحمل الحيّ يشير إلى وزن العربات والناس الذين يتحرّكون خلال النفق.(المصدر :- الأنترنت **https://www. ejabat.google.com**).

٣,١١. الأضرار التي تصيب الأنفاق :-

١. تصدع الجدران الاستنادية للأنفاق:

حيث تحتجز الجدران الاستنادية للأنفاق في المدن التربة المشبعة بالرطوبة والمياه الجوفية وذلك لارتفاع منسوب المياه الجوفية في معظم مواقع الأنفاق بالمدن ،حيث تتم تغذية هذه المياه الجوفية باستمرار من مياه الري للحدائق القريبة أو من مياه التصريف الصحي للمساكن القريبة أو حتى من التسريب من شبكات المياه والصرف الصحي وحتى من مياه الأمطار المحتجزة خلف تلك الجدران.

شكل (٧-**3**) تصدع الجدار الاستنادي

٢. فشل تصريف مياه السيول في الأنفاق :

قد يتسبب تساقط الأمطار الغزيرة في تراكم المياه بسرعة فائقة في بعض الأنفاق مما يفوق قدرة أجهزة تصريف المياه عن مواكبة كمية المياه في هذه الأنفاق مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه عن الحدود التي تسمح بحركة المركبات، وقد يكون من أسباب تراكم مياه الأمطار في الأنفاق بعض الأعطال التي تصيب محطات الضخ في تلك الأنفاق .

شكل (٨-**3**) عدم القدرة على تصريف مياه الأمطار

٣. تباين هبوط في طبقة الأسفلت في الطرق المحاذية للجدران الاستنادية**:**

عندما تكون عملية الردم والدك في طبقات التربة خلف الجدران الاستنادية غير منفذه حسب المواصفات والمعايير النظامية لدك طبقات الردم خلف الجدران الاستنادية، فإن احتمال تباين هبوط التربة تحت طبقة الأسفلت للطرق الجانبية المحاذية للجدران يكون متوقعا وعليه فيحدث تباين في الهبوط بين الجزء المدكوك والجزء غير المدكوك .

شكل(٩-**3**) هبوط في الطبقة الأسفلتية بمحاذاة الجدار الاستنادي

ملخص الباب :-

إن النفق عبارة عن أنبوب مجوّف يمتد خلال الأرض أو الحجارة وإن بناء النفق أحد أكثر التحديات المعقّدة في حقل الهندسة المدنية وتعتبر العديد من الأنفاق تحف تقنية.

وان تطور التكنولوجيا اثر على كل مجالات الحياة بما في ذلك طريقة بناء الانفاق، فتطورت وسائل حفر الانفاق ،وعليه تحولت مشكلة من كيفية بناء النفق إلى تكلفة المشروع ،فعلى المهندسين بناء نفق يؤدي الهدف الذي بني لاجله في اقل وقت واقل تكلفة.

وقد أصبحت اليوم عمليات حفر الأنفاق في الجبال وتحت المحيطات من العمليات الآمنة الى حد كبير ، إلا أنها لم تكن دائما كذلك فيما مضى ، فقد كلفت هذه أفكار الإبداعية حقا آلاف السنين من جهود المهندسين المضنية للوصول الى هذه الهندسة الإنشائية الرائدة والآمنة ،والتي تجاري أعظم الإنشاءات الهندسية الموجودة حاليا ، وفي هذا العصر بينما تتحسّن وسائل حفر الأنفاق يواصل المهندسون بناء أنفاق أطول وأكبر وتوفرت مؤخراً تقنية التصوير المتقدم للمسح داخل الأرض بحساب كيفية سفر الموجات الصوتية خلال الأرض ووفرت هذه الأداة الجديدة صورة دقيقة لبيئة النفق وإظهار أنواع الصخور والتربة بالإضافة إلى الأشياء الجيولوجية الشاذة مثل العيوب والشقوق.