أبحاث ندوة عمارة المساجد، م ٦ أ، ص ص ٤١-٥٢، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود (١٤١٩ هـ/ ١٩٩٩م)

مسجد الملك عبد الله بن الحسين
التوافق بين الفن والعلم

رزق نمر شعبان حماد

قسم الهندسة المعمارية، الجامعة الأردنية

علي العمايرة

قسم الفنون التطبيقية، جامعة العلوم التطبيقية

عمان, المملكة الأردنية الهاشمية

ملخص البحث: يعتبر مسجد الملك عبد الله بن الحسين من اكبر المشاريع التي تم تنفيذها في الأردن، وهو عبارة عن مركز ديني ومسجد. ويحتوي على صالة اجتماعات وندوات بالإضافة إلى مكتبة ومصلى للنساء ومعرض ومكاتب للإدارة وسكن للإمام ومواقف سيارات داخلية. ونتيجة للحجم الهائل للمسجد التي بلغ حوالي ٥٠٠٠٠ مترا مكعبا فقد واجه المسجد مشكلة صوتية في غاية التعقيد. فقد ارتفع الحقل الترددي بشكل طغى على الحقل المباشر. وارتفع ضجيج الخلفية داخل المسجد عن الضجيج الخارجي. وكان الوضوح الصوتي معدوما تقريبا.

وتبحث هذه الورقة في المعضلات التي واجهها هذا المسجد في مراحل التصميم المختلفة والمعالجات الداخلية وعلاقتها بالحلول العلمية، وتلقي الضوء على خطة التصميم الداخلي الفنية والعلمية والقياسات المختلفة التي تمت من اجل تحقيق الراحة الصوتية للمسجد. وقد أظهرت القياسات التي تمت على المسجد بعد المعالجات على أن وضوح الصوت في المسجد قد تراوح ما بين جيد جدا وجيد على مقاس الراستي (RASTI) ونزل زمن الترديد من ٢٧ ثانية إلى اقل من ٣ ثانية وضمن الحدود الموصى بها في المواصفات العالمية والأردنية.

المقدمة

يقع مسجد الملك عبد الله بن الحسين في قلب مدينة عمان، وقد تم افتتاحه للمصلين في نهاية عام ١٩٨٩م، واستمر العمل فيه ما يقارب سبع سنين وتجاوزت تكلفته عشرين مليون دولار. وهو يعتبر مسجد الدولة الرسمي: منه يبث الآذان الموحد لمدينة عمان الكبرى ومنه تنقل الاحتفالات الرسمية والدينية، ويحمل اسم مؤسس المملكة. وقد عكس تصميمه بعض المعضلات التي غالبا ما يتركها المعماري إلى المراحل المتأخرة ولا يعلم مدى تأثيرها على الناتج النهائي للمبنى، ويتم التركيز على النواحي الجمالية والتخطيطية. ورغم أن هنالك معضلات معمارية وإنشائية كثيرة واجهها هذا المبنى إلا أن التركيز في هذا البحث سوف يتم على النواحي الصوتية التي كانت وراء الاهتمام الكبير بالتصميم الداخلي والطريقة المتوازنة بين تحقيق النواحي الجمالية والفنية وارتباطها بالتراث

الإسلامي من جهة وبين تحقيق النواحي الوظيفية وتحقيق الراحة السمعية داخل هذا الفراغ الضخم من جهة أخرى. ومن هنا ظهرت الحاجة إلى تصميم داخلي على أساس علمي لحل المشكلة الصوتية وتحقيق الروح الجمالية المطلوبة للمسجد، وإلا فان التصميم الداخلي للمسجد لن يتعدى بعض الكتابة القرآنية وبعض ديكورات الجبس كما هي الحال في غالبية المساجد التي بنيت حديثا في الأردن وتعاني من معضلات مشابهة ولكنها ليست بهذا الحجم. [١] وقد كان الباحث أحد أعضاء لجنة الإشراف على التصميم الداخلي والمخول بمراقبة المواد والتصاميم الداخلية وقياس خواصها.

وصف المجمع

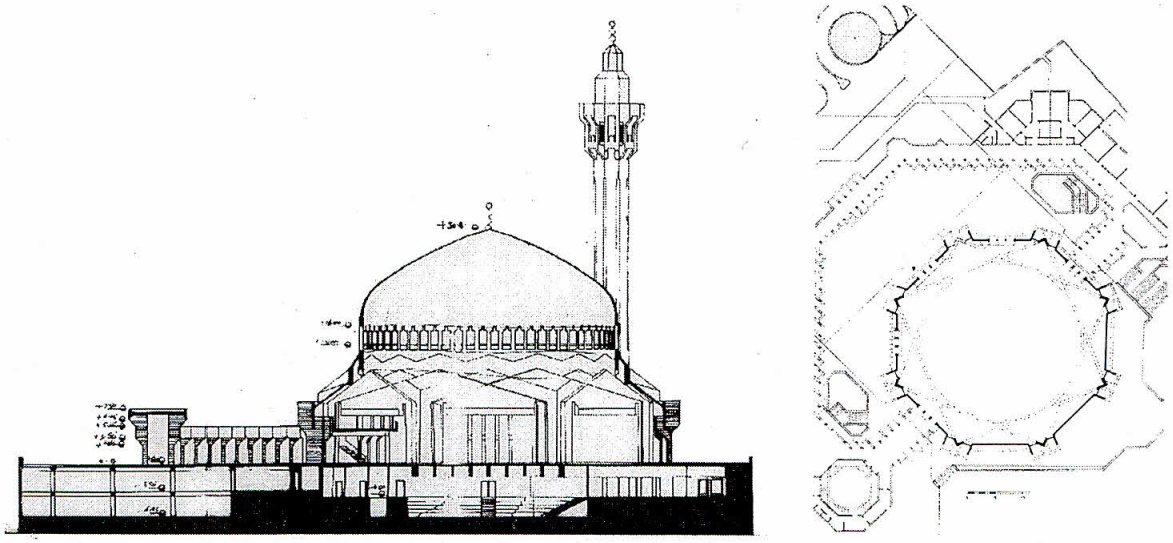
يتكون هذا المجمع من مجموعة من الفراغات أهمها المسجد والرواق المحيط الذي يتسع لحوالي ١٠٠٠٠ مصلي، ومصلى النساء ومركز إسلامي ومكتبة ومعرض وسكن للإمام ومكاتب للإدارة ومبنى لمواقف سيارات تحت الأرض يتسع لحوالي ٢٥٠ سيارة والخدمات الضرورية الأخرى. ومسقط المسجد مثمن الشكل يبلغ طول المسافة القصوى بين رأسين فيه حوالي ٥٠ متر مسقوف بقبة على كامل المسجد ارتفاعها حوالي ٣٠ متر (ارتفاع مبنى من ١٠ أدوار) والقبة محملة على ثمانية جمالونات خرسانية ضخمة متقاطعة على شكل مثمن محمولة على ثمانية ركائز كل منها على شكل زاوية قائمة تشكل نقط رؤوس المثمن شكل (١). وعبئت الفراغات بين القبة والجمالونات بأسطح سداسية الشكل مائلة. وهنالك ٣٢ شباك على عنق القبة مستطيلة الشكل. ويقع تحت هذا الفراغ القاعة الرئيسية وهي قاعة مؤتمرات واجتماعات تتسع لحوالي ٥٠٠ شخص. والنتيجة النهائية للمسجد فراغ معماري ضخم أسطحه الداخلية من الخرسانة والجدار المحيط بالجمالونات في مستوى المصلين وبارتفاع ٧ متر كان مقترحا آن يكون من حجر أردني مداميك بارتفاع ١٥ سم، مما يقطع الطريق أمام أية معالجات جمالية أو وظيفية.

ويحيط بالمسجد من جهتين منه شارعان كثافة المرور عليهما تزيد على ٣٠٠٠ سيارة في الساعة ما بين الساعة ٦-١٨. ويصل منسوب ضجيج المرور (L_{10})[١] [٣،٢] إلى ٨٥ ديسيبل (85dBA). وهذا أيضا من الأمور التي لم يأخذها المصمم بعين الاعتبار. وعند الانتهاء من المرحلة الأولى من التنفيذ ظهرت المعضلة للمالك (وزارة الأوقاف)بشكل لا يمكن التغاضي عنها واهم هذه المعضلات:

١- ضجيج الخلفية الكبير الذي يفوق الضجيج الخارجي نتيجة للشبابيك العلوية التي تستقبل الضجيج من الجهات المختلفة ونتيجة للشكل الدائري للقبة الذي يقوم بعكس الصوت للداخل بسبب الأسطح الخرسانية العاكسة.

---

[١] يعرف L10 بأنه الضجيج الذي يساوي أو يزيد في ١٠٪ من وقت التسجيل، فإذا قلنا إن منسوب L10 هو ٨٥ ديسبل فان الصوت كان في فترة رصد الصوت أو تسجيله (ساعة أو ١٨ ساعة) يساوي أو يزيد هن ٨٥ ديسبل.



شكل١ : مسقط أفقي ومقطع للمسجد

٢- زمن الترديد العالي والذي وصل إلى اكثر من٢٧ ثانية بحيث اصبح من الصعب سماع أي صوت بوضوح داخل المسجد حتى على بعد متر واحد بين المصدر والمستمع .

٣- خرج مسقط المسجد عن المساقط التقليدية المستطيلة أو المربعة التي كانت بمثابة توجيه للمصلين باتجاه القبلة وكان لا بد من التأكيد على التوجه للقبلة في التصميم الداخلي.

٤- هنالك معضلات معمارية وإنشائية ووظيفية أخرى متعددة ليس المجال للحديث عنها في هذه الورقة، ولكن المعضلات السابقة وخصوصا الصوتية منها كانت وراء العمل الفني الذي أدى إلى التصميم الداخلي الذي حظي به المسجد.

المعضلات والمقترحات

أولا: زمن الترديد

يعرف زمن الترديد [٤ ص١١٣] بأنه الزمن اللازم للصوت أن يتزل بمقدار ٦٠ ديسيبل بعد توقف الصوت الأصلي عن البث، وهو يعبر عن كمية الطاقة الصوتية المنعكسة عن الحوائط ويعتبر من أهم المحددات الصوتية للحكم على مدى وضوح الصوت في الفراغات. وهنالك منحنيات قياسية لهذه الأزمنة تعتمد على نوعية النشاط السمعي في القاعة وعلى حجمها. وهو يربط ما بين كمية الامتصاص في الفراغ (معالجة الأسطح الداخلية) من جهة وبين حجم الفراغ من جهة ثانية وبين نوعية الصوت في داخل الفراغ من جهة ثالثة. وقد عبر عنه بالمعادلة:

$$Rt = \frac{0.161V}{A}$$

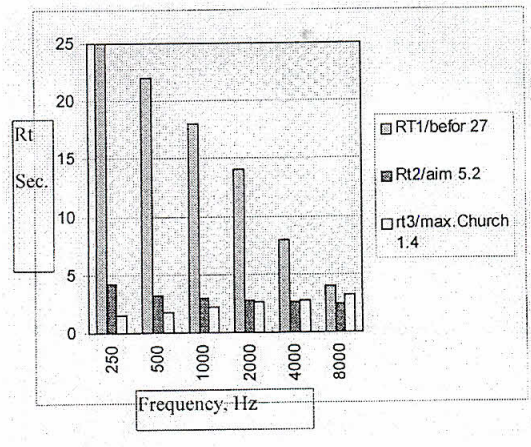
حيث (Rt.) زمن الترديد بالثانية

حجم الفراغ متر.مكعب كمية الامتصاص الكلي داخل الفراغ متر مربع سابين. [٥ ص٣٧]

هذه هي معادلة سابين الأصلية وقد طرأ عليها بعض التطوير من قبل عدد كبير من البـــاحثين ولكـــن مـــا زالـــت هـــذه الصيغة مستعملة حتى ألان. وهنالك أجـــهزة خاصـــة لقيـــاس هـــذا المعـــامل في الفراغـــات المعماريـــة (مثـــل جـــهاز Building Acoustic Analyzer) وأجهزة أخرى متعارف عليها.[٥ ص ١٢٧] كمـــا يمكـــن حســـاب هـــذا المعـــامل بمعرفـــة المواد الداخلة في التصميم الداخلي، ومعرفة حجم الفراغ، ومـــن ثم الحكـــم علـــى الفـــراغ المعمـــاري مســـبقا بالنســـبة لأدائه الصـــوتي.

يوضح شكل (٢) زمن الترديد المقاس داخل المســـجد بعـــد اكتمـــال العمـــل في المرحلـــة المعماريـــة الأولى (القصـــارة والدهان)[٢] وكذلك زمن الترديد المثالي لمثل هذا الفراغ.[٦ص ٢٢٠] والواضح أن زمن الترديد عـــــالي بشـــكل كبـــير جـــدا، بحيث يصعب تحقيق أي وضوح للصوت في المسجد، ففي حـــين أن أكـــبر زمـــن ترديـــد مســـموح بـــه في أي فـــراغ معماري بحدود ٣ ثانية في الترددات الوسطى فان زمن الترديد يصل هنـــا إلى ٢٧ ثانيـــة. ولتـــرتيل زمـــن الـــترديد إلى القيم الموصى بها عالميا فقد كان التوجه من قبل فريق التصميم الداخلـــي ومنـــه مـــهندس الصـــوت المعـــين مـــن قبـــل المصمم بكسوة القبة من الداخل بمادة الأوكستون (مادة مســـتوردة مكونـــة مـــن مســـحوق الجرانيـــت المعـــالج بمـــادة لاصقة) بسماكة ٢٠مم مركبة على زوايا حديد. وقد تم رفضها نهائيا من قبـــل اللجنـــة المشـــرفة علـــى التصميـــم وتم اقتراح بدائل منها الخشب باعتباره مادة مناسبة في المساجد واقل تكلفـــة وهـــي مـــادة محليـــة تنفـــذ مـــن قبـــل فنيـــين محليين. وقد تم اختبار مادة الأوكستون والمواد البديلة المقترحـــة في مختـــبرات كليـــة الهندســـة والتكنولوجيـــا بالجامعـــة الأردنية من قبل المؤلف. يوضح شكل (٣) معامل الامتصاص لمادة الأوكستون والمـــواد البديلـــة[٣]، وكمـــا هـــو واضـــح فان امتصاص المواد البديلة كالخشب يضاهي مادة الأوكســـتون. وان الامتصـــاص بشـــكل عـــام يعتمـــد علـــى المـــادة الماصة خلف الكسوة الخارجيـــة

وليس على مادة الأوكستون التي تصل كثافتها إلى كثافـــة الجرانيـــت.

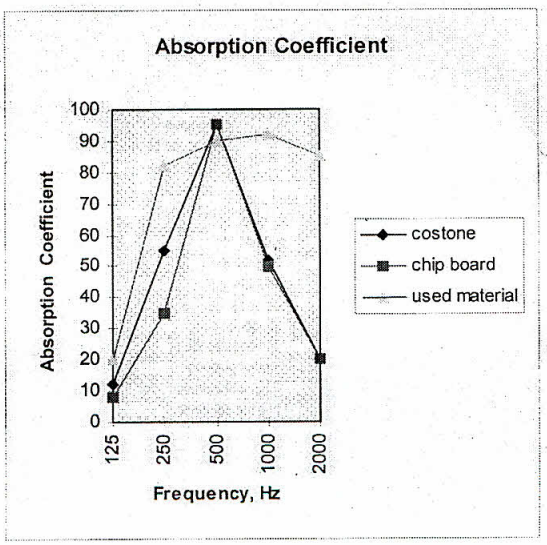


شكل٢ : زمن الترديد قبل المعالجة والهدف.

---

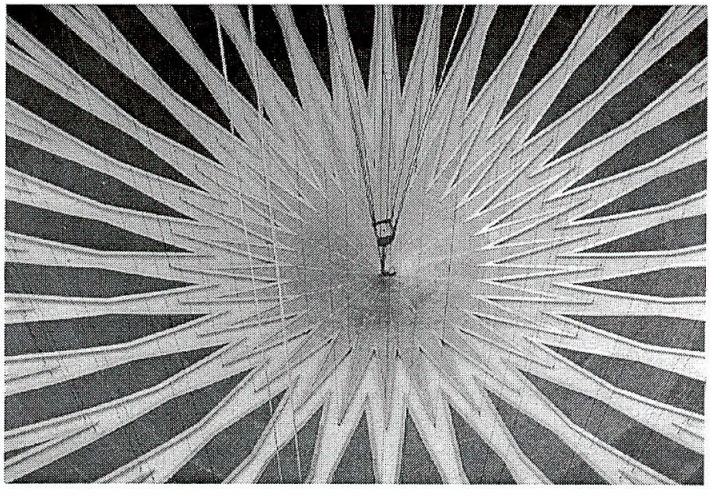
[٢] مما يشير بوضوح انه لم تكن هنالك نية للوزارة بالاهتمام بالتصميم الداخلي للمسجد اكثر من بعض الكتابات وبعض الزخارف الجصية.

[٣] استعملت طريقة الأنبوب لقياس معامل الامتصاص لهذه المادة في حين استعملت الغرفة الترددية لقياس معامل امتصاص المواد البديلة : وهـــي طريقة معتمدة من قبل مؤسسة ISO رقم ١٩٩٩. وطريقة الأنبوب غير دقيقة وحجم العينة صغير جدا ويصعب تمثيل الظروف الطبيعية لعلاقة المادة بالأسطح التي توضع عليها هذه المادة.



شكل ٣: معامل امتصاص الأوكستون والمواد البديلة.

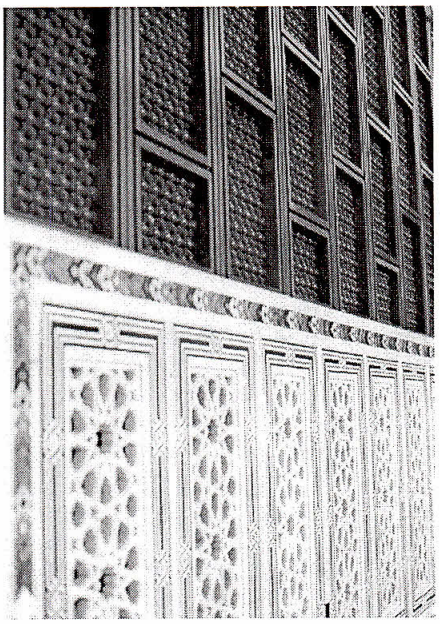
وقد أتاحت مادة الخشب لمهندس التصميم الداخلي أن يسرح بخياله في هذه المادة الطبيعية التي استعملت في المباني التقليدية وفي المساجد بشكل خاص ومتناسبة مع مبنى المسجد المكسو من الخارج من حجر محلي وهو أيضا مادة طبيعية استعملت بكثرة في عمارة المساجد وما زالت تستعمل حتى الوقت الحاضر. ويتناسب الخشب مع الروحانية المطلوبة في المسجد. وقد شكل المصمم الداخلي من هذه المادة شرائح زرقاء وذهبية تتقاطع في وسط القبة من أعلى على شكل نجمة تتدلى منها الثريا الرئيسية التي استنبطت أيضا من الثريات المتوارثة في العمارة التقليدية، وخصوصا في مساجد استنبول والقاهرة: على شكل ثلاث حلقات متعاقبة ويقل قطرها باتجاه الأعلى، تتدلى منها سلاسل مذهبة تحمل الفوانيس الكروية المزخرفة بماء الذهب والآيات بلفظ الجلالة. يوضح شكل (٤) منظر للقبة ناظرا لأعلى.



شكل٤ : منظر للقبة ناظرا للأعلى.

وقد عولجت الجدران الجانبية القائمة بما يلـــي:

تم إلغاء الحجر[٤] الداخلي جميعه لإتاحة الفرصة للمصمم الداخلي بالتصرف بحرية في كســـوة الجـدران وكذلـك إتاحـة الفرصة لزيادة مساحة الامتصاص. وتم الاتفاق على كسوة الجدران بمشربيات خشبية مشـــغولة بـاللون الخشـبي البـني تخفي من ورائها المواد الماصة للصوت: عبارة عن صوف صخـري مغطـي بقمـاش لمنعـه مـن التطـاير، علـى بعـد ١٠٠مم عن الحائط. وتتمشى المعالجة الخشبية مع الـروح السـائدة في المسـاجد التقليديـة. وقـد اسـتنبطت هـذه المشربيات من المشربيات المتواجدة في مسجد محمد علي بالقاهرة، وتم تشـكيلها محليـا. يوضـح شـكل (٥) صـورة لهذه المشـربيات.



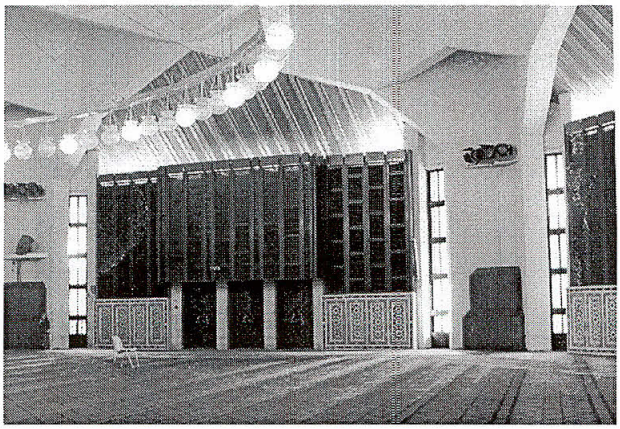
شكل ٥ : صورة المشربيات.

وقد عولج الجزء السفلي من الحائط، بارتفاع ١,٨م بالرخام المشغول والمخرم بزخـارف إسـلامية وقـد اختفـى خلفـه مشعات التدفئة التي بلغ ارتفاعها نفس ارتفاع الرخام. وقـد سـاعد ذلـك في الامتصـاص أيضـا باسـتثناء الحـائط الأمامي الذي كان أيضا من وحدات رخامية مزخرفة بزخارف إسـلامية متنوعـة ولكنـها غـير مخرمـة مـن اجـل المساعدة في عكس صوت الإمام إلى المصلين. وقد استخدم هذا الحـائط لتوجيـه المصلـين باتجـاه القبلـة، حيـث أن الشكل المثمن لا يساعد في توجيه المصلين إلى الاتجـاه المطلـوب. ومـن اجـل ذلـك لم تسـتعمل الأشـكال غـير المستطيل والمربعة في تصميم قاعة الصلاة في المساجد التقليدية، ولا يفضل الحيـد عـن هذيـن الشـكلين.

وعولجت الأشكال السداسية بين القبة والحوائط في المسجد بقفلـها بالخشـب علـى شـكل شـرائح زرقـاء ومذهبـة كالتي في القبة لتربط ما بين المشربيات الخشبية علـى الجـدران وبـين الشـرائح الخشـبية في القبـة. وتخفـي هـذه المعالجات خلفها المواد الماصة للصوت التي أضيفت لمعالجة زمن الترديد العـالي: مكونـة مـن بلاطـات مـن الصـوف

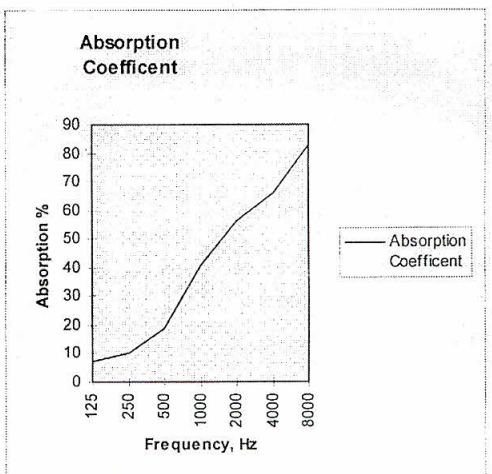
[٤] الغريب أن الحجر المقترح من قبل المعماري كان يغطيه مشعات التدفئة التي كان ارتفاعها ١,٨م .

الصخري الملبس بالقماش ملاصق مباشرة بالمعالجات الخشبية. وقد تم استثناء فتحتين من هذه الأشكال ووضع بداخلها مكبرين للصوت كبيرين فوق المنبر مباشرة وغطيا بالقماش، ليظهر الصوت النهائي قادما من جهة الخطيب أو الإمام. وكان ذلك كافيا لتوصيل الصوت بوضوح تام إلى كافة المصلين. يوضح شكل (٦) هذه الأشكال بعد المعالجة.

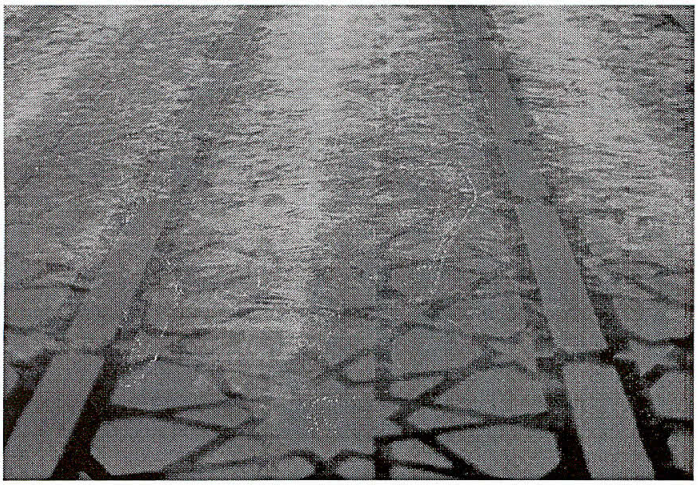


شكل٦ : الجمالونات الحاملة للقبة.

وعولجت أرضية المسجد بسجادة واحدة مزخرفة بالزخارف الإسلامية التي تمثل النجمة العشارية والتي تشكل فيما بينها خطوطا مستقيمة موازية لحائط القبلة للتأكد من توجه المصلين نحو القبلة في فراغ معماري ضخم وحوائطه المتجهة باتجاهات ثمانية، على شكل المسجد. ولزيادة الامتصاص من الأرض والتأكد من عدم انعكاس الصوت من الأرضية فقد أضيفت أرضية تحتية من مادة ماصة سماكتها ١٠مم بالإضافة إلى سماكة السجادة الرئيسية (حوالي ١٥مم)، وبذلك تم رفع معامل امتصاص السجادة إلى حوالي ٠,٥٠ في الترددات المتوسطة. وقد تم قياس معامل الامتصاص لهذه المعالجة. شكل ٧ ، ٨ .



شكل٧ . معامل امتصاص المادة تحت السجاد



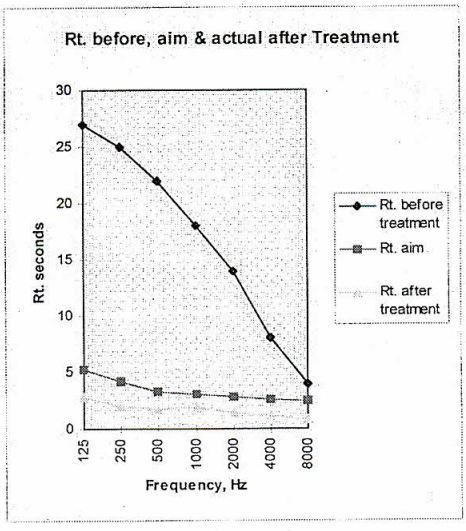
شكل٨ : صورة السجادة

ثانيا : معالجة ضجيج الخلفية

ضجيج الخلفية (Background Noise) هو الضجيج النهائي الذي يصل إلى الفراغ المعماري والذي ليس له علاقة بالصوت المبثوث في داخل الفراغ. ويؤثر هذا الضجيج على المفهومية (intelligibility) أو ما يسمى بمعامل الراستي [٨،٧] داخل ذلك الفراغ: وتقل المفهومية بزيادة ضجيج الخلفية والعكس صحيح. وتشترط المواصفات العالمية والأردنية أن لا يتجاوز ضجيج الخلفية عن (٣٥-٤٠) NC, NR or PNC ° [٦ ص ٣٨] ويمثل هذا الرقم منحنى كامل من الترددات. وقد قيس ضجيج الخلفية داخل المسجد بعد اكتمال تنفيذه فكان كبيرا جدا مقارنة بالمستويات المطلوبة (٦٥-٨٥ NC). وكان غالبية هذا الضجيج ناتج عن ضجيج المرور حيث تحيط الشوارع من ثلاث جهات بالمسجد وهي شوارع مزدحمة بالمرور. ونظرا لارتفاع القبة ووجود النوافذ على عنق القبة بكاملها (٣٦٠ درجة) فان هذه النوافذ تجمع الضجيج من الجهات المختلفة وتعكسه إلى داخل المسجد (نظرا لخاصية الشكل الكروي في تجميع الأشعة باتجاه المركز). ولا يتوقع من النوافذ الزجاجية أن تعزل اكثر من ٢٠ (dBA) : أي أن الناتج النهائي لضجيج الخلفية يتراوح ما بين ٤٥ - ٦٥ NC وهذا الرقم يزيد كثيرا عن الهدف.

وقد تمت معالجة هذا الضجيج ضمن ثلاثة اتجاهات:

الاتجاه الأول: وضع طبقة أخرى من الزجاج سماكة ١٠مم في شبابيك عنق القبة من الداخل ضمن الزخرفة الجصية كطبقة أخرى من الزجاج تفصلها عن الزجاج الخارجي ٢٥٠مم وهذا يؤدي إلى عزل مقداره ٣٥ dBA إضافية. وهو يقع ضمن الزخرفة التي أرادها مهندس الديكور لتكملة الخطة اللونية الداخلية، وكان دور مهندس الصوت في استعمال هذه المعالجات لخدمة الأهداف الصوتية التي وضعها والتأكد من التفاصيل التي يجب ان تصنع بها هذه الشبابيك لضمان الحصول على العزل المطلوب شكل (٩).



شكل٩ : زمن الترديد قبل وبعد المعالجة والهدف.

° NC (Noise criteria), NR (noise rating) & PNC (Prefer Noise Criteria)

الاتجاه الثاني: بعد معالجة القبة من الداخل وزيادة الامتصاص من أسطحها المختلفة فان الأصوات الداخلة من هذه الشبابيك لن تنعكس إلى الداخل وان جزءا كبيرا من الطاقة الداخلة سوف يمتص من قبل السطح الداخلي للقبة والتي يصل الامتصاص في الترددات العليا بعد المعالجة إلى ما يقارب ٧٠-٨٠ %.

الاتجاه الثالث: تم استبدال أبواب الخشب الخارجية بأبواب أخرى من الخشب القاسي المصمت وتم الاهتمام بالتفاصيل بحيث تكون مقفلة تماما لمنع دخول الضجيج منها.

كما أن هنالك محاولة من قبل وزارة الأوقاف لاستملاك الشارع الذي يصل بين الشارعين الرئيسيين وهذا بالطبع سوف يزيد من الهدوء المطلوب داخل المسجد. وقد تم قياس ضجيج الخلفية بعد اكتمال بناء المسجد وقد كان ضمن الحدود المطلوبة.

النتائج

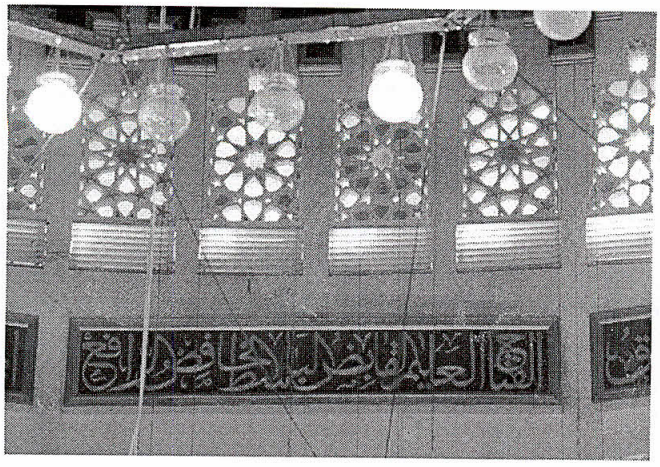
لقد تم قياس زمن الترديد داخل المسجد بعد اكتمال بنائه، شكل (١٠) وكما هو واضح من الشكل أن زمن الترديد قد تم تنزيله بحدود ٣-١ ثانية في الترددات المختلفة وضمن الهدف الذي تم وضعه للوصول إلى دليل مفهومية جيد. وتم قياس معامل الراستي (RASTI [٦]) (الذي يربط ضجيج الخلفية وزمن الترديد ودليل المفهومية في الترددات ٥٠٠ و ٢٠٠٠ هيرتز) وقد كان هذا المعامل يقع ما بين جيد وجيد جدا وهذا يجعله من افضل الفراغات المعمارية في المنطقة.[٩] ومقارنة بالمساجد الهامة والكبيرة في عمان فقد كان المسجد من جهة الوضوح من افضل هذه المساجد، شكل (١١). وبالتالي فلا شك أن المعضلة التي واجهها هذا المسجد قد حلت. ولا بد من التنويه هنا إلى أن ذلك كان على حساب تكلفة باهظة كان من الممكن تقليلها لو أن المصمم المعماري قد انتبه إلى هذه المعضلة في مراحل التصميم الأولى. [٧]شكل(٩). صورة للنوافذ من الداخل

أما نجاح التصميم الداخلي وردود المعماريين إلى هذا العمل المعماري فان ذلك يصعب الجزم به إلا أن التصميم الداخلي قد تم استلهامه من التراث بشكل عصري وان الألوان والمواد والمعالجات داخل المسجد قد تم استنباطها من المساجد التقليدية المشهورة. ويترك الحكم على هذا العمل المعماري إلى المشاهدين والمعماريين في الدول المجاورة والى حكم المعماريين في مختلف أنحاء العالم ويحتاج ذلك إلى بحوث أخرى ونظرة مختلفة إلى هذا العمل المميز. ومن الجدير بالذكر أن جميع أعمال الديكور وأعمال الإنشاء أيضا صممت ونفذت بأيدي أردنية وعربية وهي تجربة مميزة في الوطن العربي.

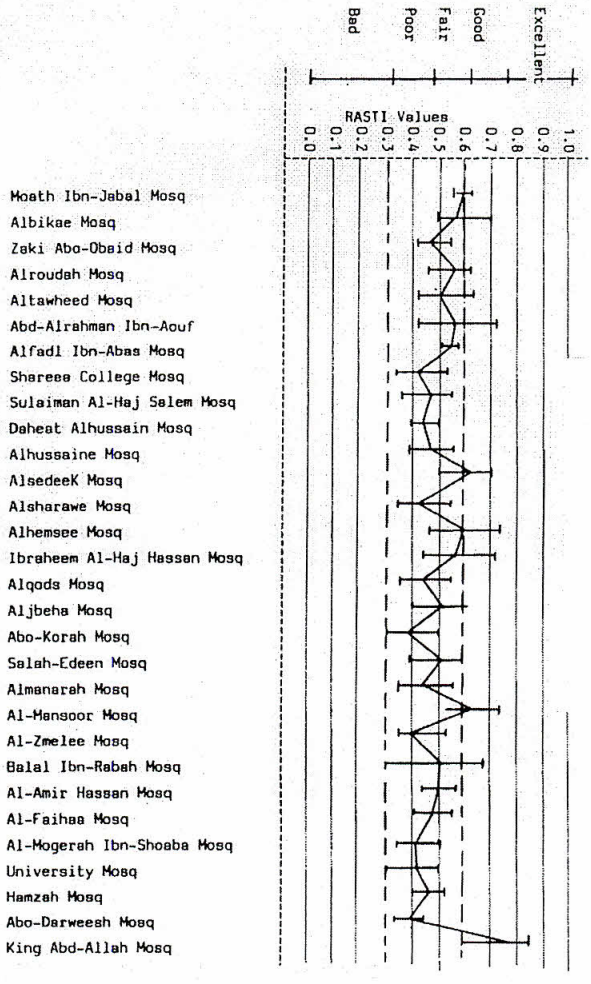
---

[٦] معامل الراستي RASTI هو تطوير لدليل انتقال الحديث STI ويقاس في الترددين ٥٠٠ و ٢٠٠٠ هيرتز باعتبارهما أهم ترددين في الحديث وهنالك أجهزة خاصة لقياس هذا الدليل , وهو يجمع ما بين زمن الترديد المبكر EDT وبين ضجيج الخلفية ويعطي أرقاما تدل على مدى صلاحية الفراغ في وضوح الكلام للمستمعين.

[٧] لقد قدرت تكلفة مادة الأكستون المقترحة من قبل مهندس الصوتيات اكثر من ٢٠٠ ألف جنيه إسترليني واشترط آن تنفذ من قبل فنيين من إنجلترا ، وهذا لا يشمل ثمن مواد وتركيب الزوايا الحديدية الحاملة.



شكل١٠ : صورة للنوافذ من الداخل.



شكل١١ : معامل الراستي في مساجد مدينة عمان.

قيم الراستي: أقل من ٣ ردي، من ٣-٤,٥ضعيف، من ٤,٥-٦مقبول، من ٦-٧,٥جيد واكثر من ٧,٥ممتاز

المراجع

[١] Hammad, R. "RASTI Measurements in Mosque in Amman." *Applied Acoustics*, Jordan: 30,1990, pp335-345.

[٢] Hammad, R. & Abdeazeez, M. "Measurements and Analysis of Traffic Noise in Amman, Jordan and its Effect." *Applied Acoustics*, 21, 1987, pp. 309 – 320.

[٣] حماد، رزق و عبد العزيز، محمد. "ضجيج المرور في مدينة عمان وتأثيراته المختلفة." *مجلة دراسات*، الجامعة أردنية, عمان: ١٩٨٧.

[٤] حماد، رزق. *الهندسة الصوتية في العمارة*. الأردن: مطبعة الجامعة الأردنية، ١٩٩٦م.

[٥] Ginn, K. *Architectural Acoustics*. Denmark: Bruel & Kjaer, 1978.

[٦] Sound Research Laboratories Limited. *Practical Building Acoustics*. England: Little Waldingfield, 1970.

[٧] Houtgast, J. & Steeneken, H. "A Multi - Language Evaluation of RASTI Method for Estimating Speech Intelligibility in Auditoria." *Acustica*, 54, 1984, pp. 186 -194.

[٨] Bruel & Kjaer. *Instruction Manual: Speech Transmission Meter Type 3361*. Denmark: 1986.

[٩] Hammad, R. et.al. "Acoustics of King Abdullah Mosque." *JASA*. 90 Sep., 1991, pp. 1441-1445.

King Abdulla Ibn Al – Hussein Mosque: Harmony between Science and Art

Rizig Nimar Shaban Hammad
Department of Architecture, Jordan University

Ali Alama'yrih
Department of Applied Arts, Applied Science University

Amman, Jordan

Abstract: King Abdullah Ibn Al – Hussein Mosque, a major project implemented in Jordan, comprises an Islamic center and a Mosque. It includes an auditorium, a library, women's prayer space, exhibition space, administration offices, Imam residence and car parking.

Due to its huge size – about 50,000 cubic meters, the mosque was faced with complex acoustic problems. The noise level from the back rows exceeded that of the outdoors and audiable clarity was very poor.

This paper attempts a description of the problems the mosque faced during the various design stages and a scientific evaluation of the interior treatment. The paper then illustrates the technical and scientific rectification plan adopted to achieve acoustical comfort in the mosque. Readings taken subsequently to the rectification showed that audible clarity in the mosque varied between 'good' and 'very good' on the RASTI scale. Reverberation time was reduced from 27 seconds to less than 3 seconds, which is within the Jordanian and International recommendations.