التقييم الإنشائي للمنشآت البيتونية المسلحة المتصدعة

د.م عبد الحميد كيخيا . كلية الهندسة المدنية-جامعة دمشق

١- مقدمة :

يعتبر علم دراسة تقييم وتأهيل المنشآت الهندسية من العلوم الرئيسية لعلوم الإنشاء بشكل عام ، وذلك للحفاظ على المنشآت وزيادة ديمومتها لتقوم بالوظيفة المطلوبة منها بشكل اقتصادي وأمن .

تكمن أهمية علم دراسة تقييم وتأهيل المنشآت الهندسية في الريعية الاقتصادية الناتجة عنه ، فمثلا تبين نتيجة الإحصائيات في عام ٢٠١٠ بأن كلفة أعمال الصيانة وتدعيم المنشآت الهندسية بلغت بحدود ٨٥% من قيمة الأنفاق العام على أعمال بناء المنشآت في العالم [1].

تبين من خلال تراكم الخبرات والتجارب والتزايد المستمر لأعمال الإنشاء والتنوع المستمر لمواد البناء ، بأن هناك أشكال متنوعة ومختلفة من التصدعات والعيوب تتعرض لها المنشآت الهندسية ، وأسباب عديدة جداً لهذه التصدعات لا حصر لها (تأثيرات الوسط المحيط ، سوء التنفيذ أو قصور التصميم ، الشيخوخة والقدم ، الكوارث الطبيعية ، الحرائق ، الحروب ....الخ) .

التقييم الفني والإنشائي للمنشآت الهندسية هي عملية كشف واختبار العناصر الإنشائية وفق قواعد وأسس ومقارنتها مع قيم معيارية وفق كودات البناء الناظمة الخاصة بسلامة وديمومة المنشآت ، ومن ثم بيان وضعها الفني والإنشائي ، وتحديد مقدار الضرر الحاصل فيها ومدى ديمومتها للقيام بالوظيفة المنوطة بها ، واتخاذ القرار المناسب في حال الحاجة إلى تدعيم أو الإجراءات الأخرى حسب وضعها االفني والإنشائي . يمكن تشبيه عملية التقييم الفني والإنشائي للمنشآت من قبل المهندس بعملية الكشف وفحص المريض من قبل الطبيب ، الإخصائي.

تطورت في الآونة الأخيرة عملية تقييم وتقدير الحالة الفنية والإنشائية للأبنية والمنشآت بشكل عام وذلك بسبب الحاجة الملحة لها لعدد أسباب يمكن ذكر بعضها :

١. تلافي بعض أخطاء التصميم والتنفيذ .
٢. تضرر وتشوه الأبنية نتيجة الكوارث (العواصف ، الزلازل ،الحروب ..الخ)
٣. تحديث الأبنية بسبب القدم ومتطلبات الحداثة .
٤. تغير في وظيفة البناء .
٥. تقدير القيمة الفيزيائية والأخلاقية أو الجمالية للبناء .
٦. حساب كلفة الأعمال المطلوبة من أجل إجراءات التأمين أو القروض البنكية للتمويل

من هنا ظهرت الحاجة الملحة لأهمية التقييم الدقيق والموثوق للحالة الفنية والإنشائية للبناء في أي مرحلة محددة من مراحل وجوده من أجل اتخاذ قرار الصيانة والترميم أو التقوية أو الهدم .

إن الظروف الراهنة التي تمر بها سورية والتدمير الرهيب الذي أصاب عدد كبير من الأبنية والمنشآت نتيجة الأعمال التخريبية يدفعنا للتفكير بشكل جدي للأهتمام بعملية تقييم وتقوية المنشآت المتصدعة لأهميتها القصوى في عملية إعادة الإعمار ، التي سوف تكون قريبة إن شاء الله ، واتخاذ القرار الصحيح المناسب في هذه الحالات . المثال الواقعي التالي يبرهن على أهمية عملية التقيم الإنشائي للأبنية المتصدعة واتخاذ القرار المناسب وانعكاساته الاقتصادية . الصور (١) تبين التدمير الحاصل في بعض شوارع مدينة حمص .

الشكل (١) بعض الصور عن التدمير الحاصل في بعض الحياء في حمص .

من الآنطباع الأولي ، بعد مشاهدة هذه المناظر يمكن أن نقول بأنه يجب هدم جميع هذه الأبنية واعادة انشائها من جديد (وهذا رأي عدد كبير من المهندسين ، الذين زارو بعض المواقع) . هل هذا القرار سليم ؟؟؟ ، أو يمكن أن نطرح السؤال التالي ما العمل ؟؟؟ ماهي الاحتمالات للأجابة على هذا السؤال :

١- الإزالة الكاملة ومن ثم إعادة الأعمار .
٢- تدعيم بعض الأبنية وإزالة بعض الأبنية الأخرى ، ماهي الأبنية التي يجب تدعيمها ، وماهي الأبنية التي يجب إزالتها ، ماهي المعايير والأسس التي يجب اعتمادها لاتخاذ القرار المناسب .

قبل أن نجيب على هذا السؤال يجب أن نعلم بأن %(٢٥-٣٥) من كلفة الهيكل الإنشائي هي للاساسات ، وذلك بحسب نوعية الأساسات وظروفها ، وهي بحالتنا سليمة في أكثر الأحيان ، كما إن كلفة الهيكل الإنشائي تقدر بحدود % (٤٠-٦٠) من كلفة البناء ، وذلك بحسب نوعية الأكساءات والهيكل الإنشائي ، من هنا نرى الجدوى الاقتصادية من عملية التقييم الدقيق للحالة الإنشائية للهيكل الإنشائي واتخاذ القرار المناسب

القرار يحتاج إلى معرفة عميقة وخبرة في تقييم الفني والإنشائي للأبنية المتصدعة .

نلاحظ من الصورة على الشكل (٢) وهي لمبنى اتحاد عمال حمص : انهيار بشكل كامل للبلاطات في الواجهة الجنوبية للطوابق (السادس ، الخامس ، الرابع والثالث)، الواجهة الشرقية والواجهة الغربية متصدعة بشكل جزئي ، يوجد بعض التصدعات والانهيارات في بعض العناصر (الأعمدة ، الجوائز ، والبلاطات) في داخل البناء .

الشكل (٢) الأنهيارات الحاصلة في مبنى اتحاد عمال حمص .

كان القرار الأولي (من قبل الإداريين) يقضي بإزلة المبنى واعادة إنشائه من جديد .

بعد عملية الكشف الأولي وإجراء بعض الأختبارات حصلنا على المعلومات التالية :

١- الأساسات سليمة ولا يوجد فيها أية تصدعات
٢- %(٣٠-٤٠) من الهيكل الإنشائي سليم .
٣- %(٣٠-٤٠) من الهيكل الإنشائي متصدع بدرجات متفاوته ويمكن تدعيمه وتقويته .
٤- مقاومة البيتون الفعلية في العناصر الإنشائية الرئيسية هي بحدود 18 MPa .

بعد القيام ببعض الحسابات الأولية توصلنا إلى قرار بانه يمكن تدعيم البناء وإرجاعه إلى ماكان عليه .

مما سبق يمكن أن نستنتج بأن اتخاذ القرار بخصوص الأبنية المتصدعة يحتاج إلى خبرة معمقة ومعرفة واسعة بالأسس والقواعد الناظمة لعملية التقييم الإنشائي للابنية .

٢- أسس و معايير التقييم الإنشائي:

إن عملية التقييم الإنشائي للمنشآت هي عملية كشف و تحقق من مواصفات و خصائص العناصر الإنشائية للمنشأ، و الوقوف على كافة التغيرات و التبدلات و الأضرار التي تعرض لها، لتشكيل قاعدة بيانات كاملة و كافية لتحديد مستوى السلامة و الأداء، و الإجراءات الواجب إتباعها لتحسين أدائه و استمرارية عمله ضمن متطلبات الكودات المرتبطة بهذا المجال .

نتيجة الأهمية الكبيرة لعملية التقييم الفني و الإنشائي للمنشآت القائمة فقد تم وضع العديد من الاشتراطات و الكودات العالمية لتنظيم عملية التقييم و وضع الأسس و المبادئ و القيم الحدية المسموحة للأضرار الممكن ظهورها في هذا المنشآت ، مثل المبادئ التوجيهية لمعهد الخرسانة الأميركي (ACI 2003) [8]، توصيات اللجنة المشتركة للسلامة الإنشائية (JCSS2001) و كذلك المذكرة السويسرية (SIA 1994) ، ويوجد العديد من الكودات العالمية التي اهتمت بعملية التقييم نذكر منها ISO 13822 ، الكود العالمي للأبنية القائمة IEBC 2009 [5] ، (FEMA 365) [2]

حاولت رابطة مهندسي الإنشاء في كاليفورنيا SEAOCs Vision 2000 (SEAOC1999) و البرنامج العالمي للحد من خطر الزلازل (NEHRP Guide lines See ATC 1996) توفير المزيد من التعريفات لمستويات أداء المنشآت كما هو موضح في الجدول (١) [9] :

الجدول (١) مستويات أداء المنشآت وفق (ATC1996 & Vision2000) [9]:

مستوى الأداء وفق NEHRP (ATC.1996)	مستوى الأداء وفق Vision 2000	وصف مختصر
تشغيلي (Operational)	يؤدي الوظيفة بشكل كامل (Fully Function)	لا يوجد تضرر يمكن ملاحظته في العناصر الإنشائية و الغير الإنشائية
الإشغال الفوري (Immediate Occupancy)	تشغيلي (Operational)	لا يوجد تضرر يمكن ملاحظته في العناصر الإنشائية و المكونات الغير انشائية محمية و غالبيتها يمكن أن تقوم بوظيفتها إذا توفرت المرافق
أمان الأرواح (Life Safety)	أمان الأرواح (Life Safety)	وجود أضرار يمكن ملاحظتها في العناصر الإنشائية العناصر الغير إنشائية محمية و لكنها لا تؤدي وظيفتها.
منع الانهيار (Collapse Prevention)	قريب من الانهيار (Near Collapse)	ضرر كبير في العناصر الإنشائية و الغير إنشائية هامش أمان محدود ضد الانهيار

تناولت الأبحاث و الدراسات الروسية [17-16-15-14] دراسة تقييم المنشآت القائمة من الناحية الإنشائية و الاقتصادية (قيم الفقد الفيزيائي و الأخلاقي) ، و وضعت هذه الدراسات القيم الحدية لمستويات الضرر الممكن تشكلها في العناصر الإنشائية ، حيث تقسم مستويات الضرر وفق الكود الروسي إلى خمسة مستويات كما يلي :

١. العنصر سليم.

٢. العنصر يلبي الوظيفة.
٣. العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود.
٤. العنصر لا يلبي الوظيفة.
٥. العنصر في حالة الانهيار.

الجداول (٢-٣-٤) يبين تقييم وتصنيف العناصر الإنشائية المتصدعة وذلك حسب العيوب والتصدعات الحاصلة فيها ونتائج القياسات والاختبارات المنفذه في هذه العناصر وذلك حسب الدراسات والأبحاث الروسية .

جدول (٢) تصنيف الحالة الإنشائية للعناصر بشكل عام وفق العيوب والتشوهات والتصدعات الحاصلة فيها للعناصر البيتونية المسلحة بشكل عام وفق الدراسات والأبحاث الروسية .

تصنيف حالة البناء	التشوهات أو العيوب الظاهرة
١- بناء سليم (عادي) يلبي متطلبات الكود المعتمد والوثائق التصميمية . يمكن أن تتم الإصلاحات والترميمات المطلوبة بدون توقف عمل البناء .	- يوجد في بعض المناطق على السطوح الغير معزولة بعض الشقوق الشعرية . - سطوح حديد التسليح نظيفة بعد الكشف عنها وكذلك قطع الوصل المعدنية المعزولة . - بشكل تقديري مقاومة البيتون لا تقل عن المقاومة التصميمية - لا يوجد تخريب في طبقات الحماية للبيتون . - سرعة الأمواج الصوتية (YZB) تزيد عن 4km/c . - سماكة طبقة التغطية البيتونية تقل بمقدار ٢٠% عن التصميمية . - درجة النفوذية تقل درجة واحدة عن التصميمية . - قيمة التشوهات والشقوق لا تزيد عن المسموحة . - لا يوجد نقصان في كمية حديد التسليح .
٢- بناء يلبي الوظيفة (مقبول) حساب وتحقيق البناء وفق المواصفات الفعلية لمواد البناء والحمولات الفعلية يلبي متطلبات الكود في حالة الحساب وفق الحالة الحدية ، لكن يمكن أن لا يلبي وفق حالات الحدود الأخرى لكن هذه التشوهات لا تعيق الاستثمار .	- يوجد تخريب في طبقات الحماية للسطوح البيتونية في بعض المناطق. - يوجد بقع زيتية ، أو رطبة ، أو ملحية . - يوجد ظواهر تأكسد لحديد التسليح العرضي أو الثانوي على طبقات الحماية في بعض المناطق. لا يوجد ظوهر لتأكسد حديد التسليح العامل - بشكل عام المقاومة التقديرية للبيتون أقل من المقاومة التصميمية بمقدار لا يزيد عن ١٠% . - المقاومة في المقطع الرئيسي (بعد طبقة التغطية ، وفي منطقة الضغط) لا تقل عن المقاومة التصميمية . - سرعة الأمواج الصوتية 3-4km/c. - سماكة طبقة التغطية لحديد التسليح أقل بمقدار ٣٠% عن التصميمية وضمن منطقة لا تزيد عن ٣٠% من سطح العنصر - نقصان في مقطع حديد التسليح الرئيسي وقطع الوصل لا تزيد عن ٥%

٣- بناء يلبي الوظيفة بشكل محدود (غير مقبول) حساب وتحقيق البناء وفق المواصفات الفعلية لمواد البناء والحمولات الفعلية لا يلبي متطلبات الكود ، لكن لا يوجد خطورة على حياة الشاغلين ، يوجد حاجة إلى تقوية بعد العناصر ، أو استبدالها ، أو تغير شروط ومواصفات الاستثمار .	- ظواهر أكسدة أو تبقعات في حديد التسليح العامل في منطقة الشقوق الطولية أو في قطع الوصل المعدنية ، التي تؤدي تصغير مساحة مقطع حديد التسليح بمقدار ١٥% . - شقوق في منطقة الشد في البيتون باتساع يزيد عن القيمة المسموحة . - انخفاض في مقاومة البيتون في منطقة الضغط يصل إلى ٣٠% في العناصر المتعرضة لعزوم أنعطاف وإلى ٢٠% في العناصر الأخرى . - انكشاف حديد التسليح الثانوي (الإنشائي) ، انكشاف بعض حديد الأتاري أو انقطاع بعضها ، ماعدا في العناصر المضغوطة ، بسبب التأكسد، لا يوجد شقوق في هذه المنطقة - مقاومة بيتون العناصر الإنشائية الرئيسية أقل من التصميمية ، سرعة الأمواج الصوتية ضمن العناصر البيتونية أقل من 3KM/C ، . - نسبة الضياع في مقطع حديد التسليح العامل يزيد عن ٥% والناتجة عن التأكسد ، وكذلك في مقاطع عناصر الوصل المعدنية (المسبق الصنع) - اتساع الشقوق في بيتون منطقة الشد ، في مستوى حديد التسليح ، الناتجة عن الحمولات الاستثمارية ، يزيد عن القيم المسموحة حسب النورم . - الشقوق في منطقة الضغط ، أو في منطقة الإجهادات الرئيسية في العناصر المنعطفة ، الناتجة عن الحمولات الاستثمارية ، تزيد بمقدار ٣٠% عن القيم المسموحة وفق النورمات .
٤- بناء لا يلبي الوظيفة (غير مقبول) يوجد بعض المظاهر على خطورة تواجد الناس في البناء المختبر . يجب اتخاذ الإجراءات السريعة لحماية البناء	العيوب والتشوهات في وسط مجاز الجوائز أو البلاطات متعددة المجازات تكون : - انقطاع في حديد تسليح الأتاري في منطقة الشقوق المائلة . - ضياع في مقطع حديد التسليح بقيمة تزيد عن ١٥% نتيجة التأكسد . - انبعاج أو انحناء في حديد التسليح في منطقة الضغط . - تفتت في البيتون وانسلاخ الحصويات الكبيرة في منطقة الضغط . - انخفاض في شروط استناد العناصر مسبقة الصنع حسب الكود والتصميم من أجل عامل الأمان 13<K>1.6(انظر الملاحظة ١) .
٥- البناء في حالة الانهيار يوجد ظواهر تدل على إمكانية الانهيار في أية لحظة . يجب اتخاذ الإجراءات السريعة لتخفيض الحمولات وتدعيم البناء بشكل مؤقت	- وجود شقوق في منطقة تثبيت حديد التسليح العامل المشدود العادي أو مسبق الصنع بمقدر يزيد عن القيم المسموحة . - التحنيب في العناصر المنعطفة يزيد عن 1/50 من طول المجاز . - اتساع الشقوق في منطقة الشد في العناصر المنعطفة يزيد عن 05mm - انقطاع في حديد تسليح الأتاري في منطقة الضغط في العناصر المضغوطة ، وانقطاع الأتاري في منطقة الشقوق المائلة . - انقطاع في بعض قطبان حديد التسليح المشدودة العاملة . - انبعاج أو تحنيب في حديد تسليح منطقة الضغط .

جدول (٣) التقييم الإنشائي للجوائز و البلاطات الخرسانية المسلحة وفق العيوب والتصدعات الحاصلة فيها وفق الدراسات والأبحاث الروسية

نوع الضرر	تصنيف العنصر	القيم الحدية للتشوه أو الضرر
اتساع الشقوق الناظمية	سليم	0.1 mm
	العنصر يلبي الوظيفة	0.3 mm
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.5 mm
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1 mm
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1 mm
اتساع الشقوق المائلة	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	0.2 mm
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.3 mm
	العنصر لا يلبي الوظيفة	0.4 mm
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 0.4 mm
انحناء الجائز	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	1/150
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	1/100
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1/75
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1/50
انحناء الجائز الحامل للروافع	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	1/400
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	1/300
	العنصر لا يلبي الوظيفة	1/200
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 1/200
انخفاض المقاومة %	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	--
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	20
	العنصر لا يلبي الوظيفة	30
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 30
انخفاض في مساحة مقطع حديد التسليح نتيجة التأكسد %	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	5
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	10
	العنصر لا يلبي الوظيفة	20
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 20

جدول (٤) التقييم الإنشائي لعناصر الأعمدة و الجدران الخرسانية المسلحة وفق العيوب والتصدعات الحاصلة فيها ووفق الدراسات والبحاث الروسية

نوع الضرر	تصنيف العنصر	القيم الحدية للتشوه أو الضرر
اتساع الشقوق الطولية (الشاقولية)	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	0.2 mm
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.3 mm
	العنصر لا يلبي الوظيفة	0.4 mm
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 0.4 mm
اتساع الشقوق العرضية (الأفقية)	سليم	0.1
	العنصر يلبي الوظيفة	0.3 mm
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	0.4 mm
	العنصر لا يلبي الوظيفة	0.5 mm
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 0.5 mm
انخفاض في مقطع البيتون نتيجة التأكل (التاكسد) %	سليم	5
	العنصر يلبي الوظيفة	10
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	15
	العنصر لا يلبي الوظيفة	25
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 25
انخفاض في مقطع حديد التسليح نتيجة التأكسد %	سليم	--
	العنصر يلبي الوظيفة	5
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	10
	العنصر لا يلبي الوظيفة	20
	العنصر في حالة الانهيار	أكبر من 20
انتفاخ في حديد التسليح المضغوط	سليم	-
	العنصر يلبي الوظيفة	-
	العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود	-
	العنصر لا يلبي الوظيفة	+
	العنصر في حالة الانهيار	+

٣- درجة الفقد الفيزيائي والأخلاقي لقيمة المنشأ

تعني درجة فقدان القيمة الفيزيائية للبناء فقدان البناء أو أحد أجزاءه ، قدراً ما من المواصفات الفيزيائية او الميكانيكية ، نتيجة تأثير تغيرات في البنية الداخلية لمواد البناء ، أو التصدعات والتشوهات والعيوب الناتجة عن اسباب مختلفة مقارنة بمواصفاته الأولية في بداية الاستثمار.

يتم تحديد درجة فقدان البناء لقيمته الفيزيائية والجمالية بشكل عام من أجل تقدير القيمة الاقتصادية له من اجل التأمين أو اتخاذ القرار بخصوص تقويته أو هدمه أو الاستمرار باستثماره . تقاس نسبة فقدان القيمة الفيزيائية للبناء بشكل عام كمتوسط مجموع نسب الفقدان الفيزيائية للعناصر المشكلة للبناء [14]:

$$V = \sum_1^n \frac{\gamma i * vi}{100} \qquad (١)$$

V: نسبة فقدان القيمة الفيزيائية للبناء بشكل عام %.

n: عدد العناصر الرئيسية في البناء.

γi : وزن سعر العنصر i بالنسبة لسعر البناء بشكل كامل في لحظة القيام الحساب.

vi: مقدار فقدان العنصر *i* لمقدرته والتي تحدد كالتالي :

$$vi = \min(N_{ii}^f \ / \ N_{ii}^n) \qquad (٢)$$

N_{ii}^f: القيمة الفعلية لمقدرة العنصر في لحظة الحساب آخذين بعين الاعتبار العيوب والتشوهات الحاصلة فيه.

N_{ii}^n: القيمة التصميمية الحسابية لمقدرة العنصر.

القيمة الصغرى في العلاقة (٢) تحدد بكل الاحتمالات الممكنة للتحقق من : المقاومة، الاستقرار، الصلابة، التشوهات ، ...الخ ، وكذلك بكل الاحتمالات المتعلقة بتصميم تفصيلات العنصر الإنشائي i .

الأبحاث والدراسات الروسية [14] وضعت جداول خاصة تحدد نسب الفقد الفيزيائي $\boldsymbol{vi}$ في العناصر الإنشائية انطلاقاً من نوع الضرر و شدته نورد منها الجداول (٦-٥) كنماذج ، لتكون أساساً في حساب قيمة الفقد المادي للمنشأ المتضرر . إن المعلومات الكبيرة و الشاملة التي توفرها الكودات الروسية من أجل عملية تقييم دقيقة و شاملة، تجعل منها قاعدة بيانات كافية لاستخدامها في عملية تقييم المنشآت من الناحيتين الإنشائية و الاقتصادية.

جدول (٥) نسب الفقدان الفيزيائي لقيمة البلاطات و الجوائز المتصدعة [14]

العيوب والتشوهات	قيمة العيوب والتشوهات	نسبة الفقدان الفيزيائي %
شقوق في منطقة اتصال البلاطات مع الجدران	اتساع الشقوق حتى 05 مم	١٠-٠
شقوق في البلاطات باتجاه الطول العامل للبلاطة أو شقوق تقلص	اتساع الشقوق حتى 2 مم ، مجموع طول شقوق التقلص لا يزيد عن 08 م على مسحة ١م^{٢}	٢٠-١١
شقوق في البلاطات باتجاه العمودي على الاتجاه العامل ، شقوق تقلص كثيرة	اتساع الشقوق حتى 2 مم . مجموع طول شقوق التقلص لا يزيد عن 15 م على مساحة ١ م^{٢}	٣٠-٢١
شقوق ، انحناء ،آثار تسرب أو رشح مياه	اتساع الشقوق أكثر من 2 مم انحناء حتى 1/150 من المجاز	٤٠-٣١
تطور الشقوق في منطقة الاستناد ، انحناء	انحناء حتى 1/100 من المجاز	٥٠-٤١
ازدياد الشقوق و التحنيب مع الزمن	الانحناء أكثر من 1/100 واتساع الشقوق أكبر من 3 مم	٨٠-٥١

جدول (٦) نسب الفقدان الفيزيائي لقيمة الأعمدة و الجدران الخرسانية المسلحة المتصدعة [14]

العيوب والتشوهات	قيمة العيوب والتشوهات	نسبة الفقدان الفيزيائي %
شقوق في منطقة الشد على كامل ارتفاع العمود في الزوايا ، انخفاس أو انتفاخ في السطح	اتساع الشقوق حتى 05 مم ، عمق الإنخفاس حتى 5 مم بعدد لا يزد عن ٣ في المتر المربع	٤٠-٠
شقوق في منطقة الشد والضغط على محيط العمود ، انسلاخ في طبقة التغطية الخرسانية ، انحناء في حديد التسليح ، انحناء في العمود	اتساع الشقوق حتى 2 مم ، انحناء في العمود حتى 1/200 من الارتفاع	٦٠-٤١
شقوق على كامل ارتفاع العمود في منطقة الشد والضغط ، انسلاخ في طبقة التغطية الخرسانية على كامل الارتفاع ، تأكسد في حديد التسليح ، انحراف في شاقولية العمود	اتساع الشقوق أكثر من 2 مم	٨٠-٦١

يعني الفقدان الأخلاقي لقيمة البناء : التغيرات الطارئة على الحالة الأولية (عند بداء استثمار البناء) للشكل العام وتأثيراته السلبية على الناحية الجمالية والبيئية والصحية ...الخ .

هناك علاقتين لتحديد مقدار الفقدان الأخلاقي لقيمة البناء . تعتني العلاقة الأولى بانخفاض قيمة البناء بالمقارنة مع قيمته الأولية عند بدء الاستثمار ، والناتجة عن انخفاض في قيمة المواد واليد العاملة اللازمة لإنجاز نفس البناء في هذه اللحظة . مقدار الفقدان الأخلاقي في هذه الحالة يقدر وفق العلاقة التالية [14]:

$$M_1=(A-B).100/A \qquad (٣)$$

حيث: A– كلفة البناء في بداية الاستثمار . B– كلفة البناء لو تم بناءه الآن .

تعتني العلاقة الثانية بقدم البناء وتعبر عن كلفة تحديثه بحيث يقوم بمتطلبات الوقت الحالي وتساوي :

$$M_2= (C/B).100 \qquad (٤)$$

حيث : C– الكلفة لتحديث البناء ليقوم بمتطلبات الوقت الحالي .

العلاقة الثانية لتحديد مقدار الفقدان الأخلاقي للبناء أكثر تعبيراً للأبنية ذات المواصفات المتعلقة بالتحديث والتطوير المستمر للتقنيات . فمثلاً عدم ملائمة التباعد بين محاور الأعمدة أو ارتفاع الطابق ، أو انخفاض في مقدرة البناء على تحمل الحمولات الجديدة الناتجة عن وسائل التكيف ....الخ .

يمكن التعبير عن الفقدان الكلي لقيمة البناء (الفيزيائي والأخلاقي) من خلال العلاقة الرياضية التالية :

$$V_0= V +M – (V.M/100) \qquad (٥)$$

يمكن تخفيض قيمة الفقدان الفيزيائي بإجراء الصيانة العامة الدورية للبناء ، أما تخفيض الفقدان الأخلاقي فيتم من خلال التطوير والتحسين المستمر .

٤- التقدير الأولي (التقريبي) لكلفة الإصلاح أوالصيانة واتخاذ القرار المناسب .

يتم اتخاذ القرار المناسب ، بناء على تصنيف الحالة الإنشائية للعناصر نتيجة وضعها والتصدعات والعيوب التشوهات فيها ، وتحديد عامل ظروف عملها K ، الذي يعبر بشكل تقريبي عن مقدار الضرر الحاصل في هذه العناصر ، وفق الحالة الفنية والإنشائية للبناء كما مبين في الجدول (٧) [16].
بعد حساب مقدار الفقدان الفيزيائي نتيجة العيوب والتشوهات الحاصلة في المنشآ ، يمكن تقدير بشكل أولي (تقريبي) كلفة الصيانة أو الإصلاح اللازم من الجدول (٨) [16]، وذلك حسب تصنيف الحالة الإنشائية للبناء ، حيث K– عامل ظروف العمل للعنص أو البناء كاكل ، ε– نسبة الضرر الحاصلة ، C– كلفة الصيانة كنسبة من كلفة الإنشاء .

جدول (٧) تصنيف حالة البناء [16]

تصنيف حالة البناء	القرار	عامل ظروف العمل K
بناء سليم	لا شيء	1
بناء يلبي الوظيفة (مقبول)	يجب إصلاح طبقة التغطية ، والعيوب الظاهرة	0,85
بناء يلبي الوظيفة بشكل محدود (غير مقبول)	يجب تقوية البناء	0,70
بناء لا يلبي الوظيفة (قبل الانهيار)	يجب ترميم البناء بشكل كامل مع تدعيمه ، يجب التقليل من الحمولات والقوى المؤثرة	0,55
الانهيار	يجب الإسراع في تدعيم البناء بشكل مؤقت ورفع الحمولات والقوى ، وإجراء تدعيم كامل أو إزالة البناء .	0,35

جدول (8) : الكلفة التقريبية للصيانة والإصلاح حسب تصنيف الحالة الفنية والإنشائية للمنشآت

تصنيف الحالة الإنشائية	توصيف الحالة الإنشائية والفنية للعناصر الإنشائية	K	$\varepsilon = 1 - K$	C %
1	2	3	4	5
1	بناء سليم . لا يوجد أية عيوب أو تشوهات أو أضرار ، تدل على انخفاض في مقدرته .	1	0	0
2	الحالة مقبولة . يوجد انخفاض بسيط في مقدرة البناء وديمومته .يجب صيانة طبقات العزل ، والمراقبة الدورية ...الخ .	095	005	0 – 10
3	الحالة مقبولة بشكل محدود . يوجد بعض العيوب والضرار تدل على انخفاض في مقدرة المنشأ ، لا بد من إجراء صيانة وإصلاح .	085	015	10 – 40
4	الحالة غير مقبولة . يوجد أضرار وعيوب تدل على عدم الصلاحية للاستثمار ، يجب إجراء صيانة عامة وتدعيم وتقوية العناصر الإنشائية .	075	025	40 – 90
5	حالة الانهيار . يجب رفع الحمولات بشكل سريع ، إجراء تدعيم مؤقت .	065	035	90–120

٥- الخطوات النموذجية لعملية تقييم المنشآت الخرسانية المسلحة القائمة

نموذجياً تتألف عملية التقييم للمنشآت المتصدعة من الخطوات التالية:

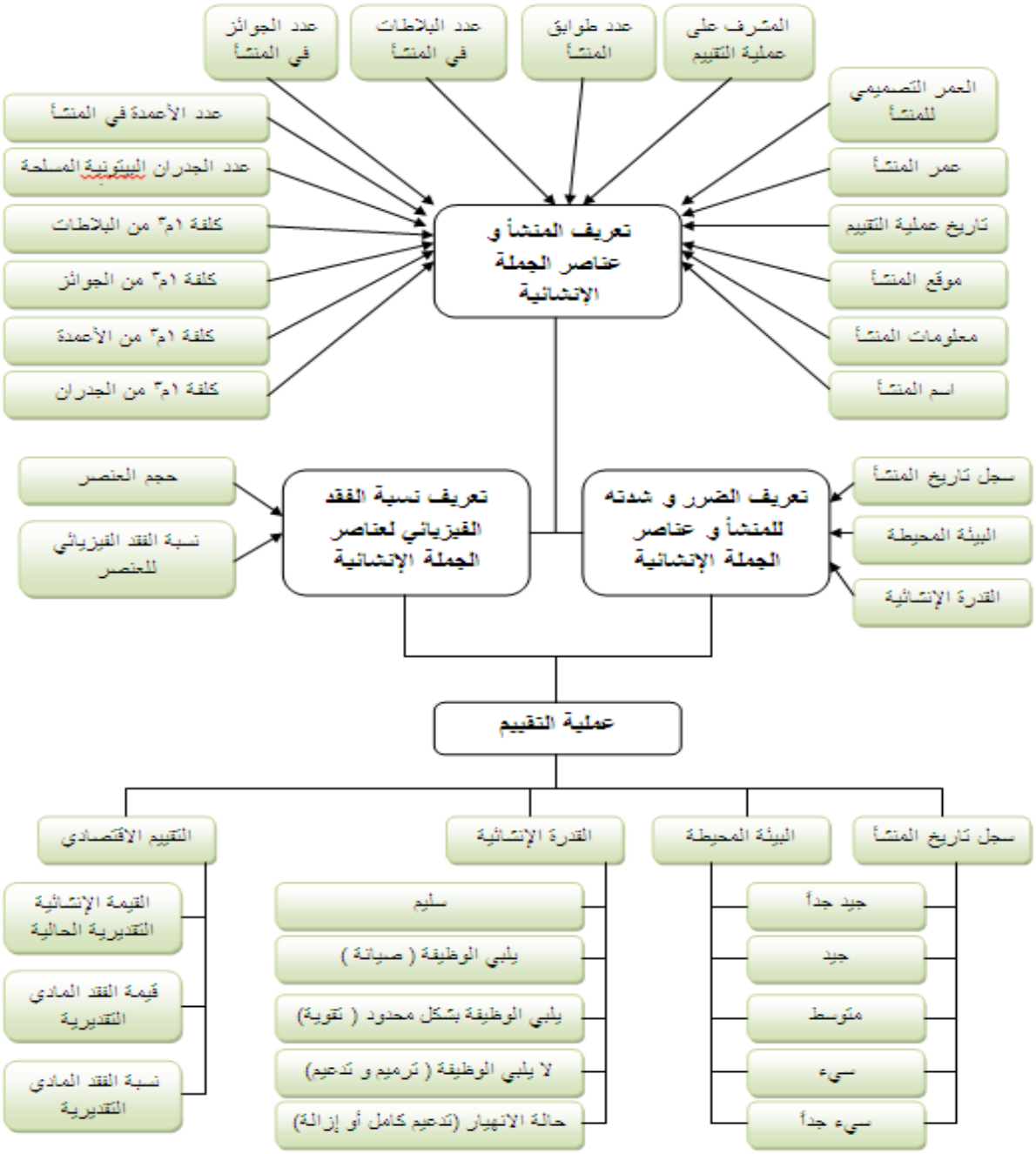
١- كشف بصري مع فحص تمهيدي أولي للتحقق من حالة المنشأ ، تحميل المنشأ، التأثيرات البيئية، الحاجة لاختبارات متقدمة أكثر ....الخ .
٢- مراجعة كل الوثائق و المستندات والمخططات الخاصة بالمنشأ و من ضمنها تاريخ المنشأ من عمليات تغيير في التحميل و عمليات الصيانة و الإصلاح و أي تغيرات حاصلة فيه و طبيعة البيئة المحيطة.
٣- إجراء اختبارات و قياسات محددة في الموقع في حال لزومها (مثل التأكد من الحمولات التأكد من مقاومة المواد و العناصر ..الخ).
٤- تسمية العناصر الإنشائية و ترقيمها على المخططات و المساقط المعمارية و الإنشائية ورسم مخططات العيوب والتشوهات الحاصلة في المنشأ وفق الأسس الناظمة لذلك .
٥- تحليل البيانات وإجراء الحسابات الإنشائية اللازمة للحصول على تصور صحيح لحالة المنشأ الإنشائية ومقاومته للحمولات والتأثيرات المطبقة .
٦- تصنيف المنشآ وفق حالته الإنشائية كما مبين أعلاه ، وذلك وفق العيوب والتصدعات الحاصلة فيه ونتيجة الاختبارات والقياسات المنفذة .
٧- تقييم وحساب نسبة الفقد الفيزيائي للعناصر الإنشائية للمنشأ و نسبة الفقد المادي التقديرية للجملة الإنشائية.
٨- اتخاذ القرارات المناسبة.

كما نلاحظ فإن اتخاذ القرار المناسب بشأن الأبنية المتصدعة يحتاج إلى تحليل مجموعة كبيرة من المعلومات ومعرفة معمقة بالاسس والقواعد الناظمة للأختبارت والقياسات وبالتالي فإن العامل الشخصي يلعب دورا رئيسيا في هذا المجال .

انطلاقا من ذلك فقد تم تصميم برنامج حاسوبي اعتمادا على قاعدة بيانات شاملة لعملية التقييم الإنشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة االمتصدعة وفق الكود الروسي والدراسات والأبحاث المعنية بهذا الموضوع (المبين بعضها أعلاه) ، وذلك بهدف توفير الوقت والجهد والدقة ، إضافةً إلى تحييد العامل الشخصي في عملية التقييم، و بالتالي الخروج بنتائج علمية و اقتصادية صحيحة لعملية التقييم تساهم في عملية اتخاذ القرار تجاه المنشآت المتصدعة .

٦- برنامج حاسوبي لعملية التقييم الإنشائي للأبنية المتصدعة :

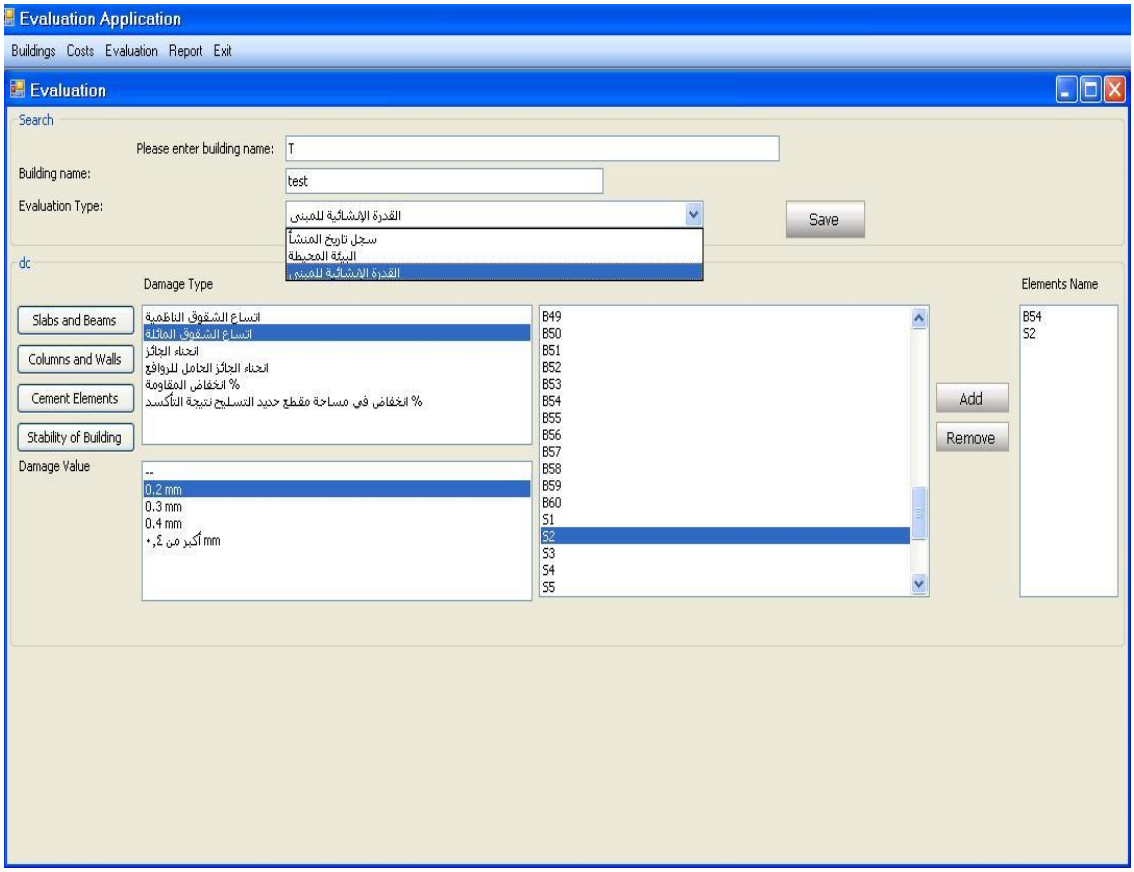
يبين الشكل (٣) المخطط الانسيابي لسير عملية البرمجة حيث تم وضع هذا المخطط بما يتناسب مع الخطوات النموذجية لعملية التقييم



الشكل (٣) خوارزمية عملية التقييم

قمنا بتحويل هذه الخوارزمية إلى برنامج حاسوبي أطلق عليه اسم Evaluation.App

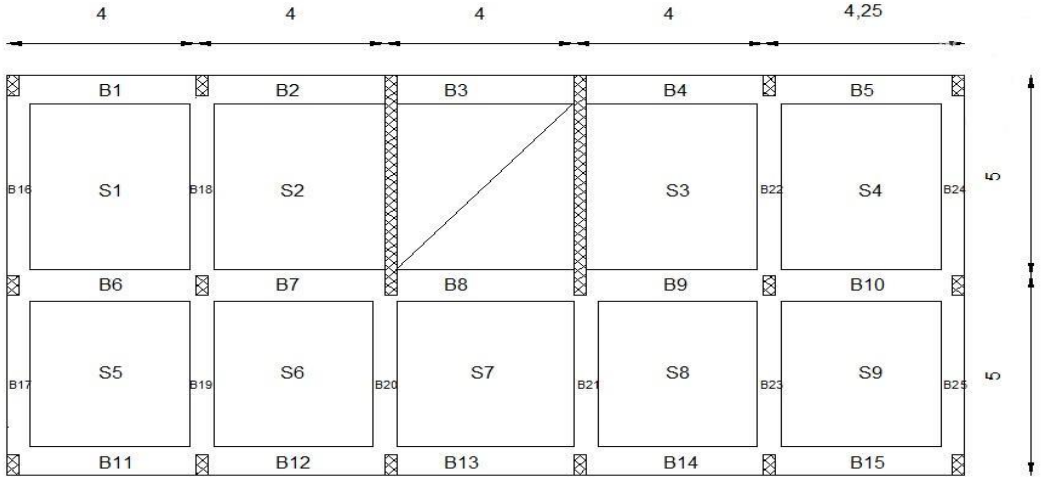
الشكل (٤) التالي يوضح واجهة عمل البرنامج لنافذه تعريف الضرر في المنشأ



الشكل (٤) واجهة عمل المستخدم لتعريف الضرر في المنشأ و عناصره الإنشائية

٧- مثال تطبيقي لأستخدام البرنامج

الشكل (٥) يوضح المساقط الانشائية لمبنى سكني في مدينة سلمية في محافظة حماه ، يتألف المبنى من طابقين الجملة الإنشائية عبارة عن إطارات خرسانية مسلحة و جدران قص ، بلاطة السطح هي بلاطة هوردي،عمر المبنى ١٢ سنة . المطلوب تقييم المبى انشائيا وبيان مقدار الضرر فيه نتيجة العيوب والتشوهات الحاصلة فيه .



الشكل (٥) مسقط بلاطة سطح الطابق الأرضي

الجداول (١٠-٩) التالية توضح بعض النتائج لعملية المعاينة البصرية و القياسات المأخوذة للعناصر الإنشائية

الجدول (٩) توصيف الاضرار و العيوب في بعض العناصر الإنشائية S –بلاطات ، B– جوائز ، C– أعمدة ، W– جدران .

العناصر الإنشائية	الحالة
S1 S2 S5 S6 S10 S13	بعض الشقوق الناظمية الشعرية بعرض لا يتجاوز 0.1 mm
S3 S9 S11 S16	شقوق ناظمية بعرض حتى 1mm شقوق مائلة بعرض حتى 0.4mm انحناء البلاطة حتى 1/100 من المجاز انكشاف حديد التسليح الثانوي/الإنشائي/ انكشاف بعض حديد الأتاري و انقطاع بعضها انخفاض في المقاومة حتى 25%.
S4 S12	شقوق ناظمية باتساع أكبر من 1mm شقوق مائلة باتساع أكبر من 0.4mm انحناء حتى 1/75 من المجاز انخفاض في المقاومة حتى 50% تفتت في البيتون في المقطع البيتوني الرئيسي بعد طبقة التغطية و انسلاخ بعض الحصويات الكبيرة انقطاع في حديد تسليح الأتاري في منطقة الشقوق المائلة.
B3 B8 B14 B21 B27 B31 B36 B41	شقوق ناظمية بعرض حتى 0.2 mm يوجد تخريب في طبقات الحماية في بعض المناطق
B9 B15 B23 B32 B37 B43	شقوق ناظمية باتساع حتى 0.5 mm شقوق مائلة باتساع حتى 0.2mm انسلاخ في طبقات البيتون في طبقة التغطية وبحدود لا تزيد عن ٥٠ سم^{٢} في كل منطقة ماعدى منطقة الوثاقات
C12 C13 C23 C24	شقوق طولية باتساع أقل من 0.2mm شقوق عرضية باتساع أقل من 0.1mm لا يوجد انسلاخ في طبقة التغطية.
C7 C14 C19 C25	شقوق طولية باتساع حتى 0.3mm شقوق عرضية باتساع حتى 0.2mm انخفاض المقاومة حتى 20%
W2	شقوق طولية باتساع حتى 0.3mm شقوق عرضية باتساع حتى 0.3mm سماكة طبقة التغطية الخرسانية تقل عن التصميمية بمقدار حتى 30% و ضمن منطقة لا تزيد عن 30% من سطح العنصر.
W3 W4	لا يوجد تخريب في طبقات الحماية للبيتون شقوق طولية و عرضية شعرية باتساع أقل من 0.1mm

الجدول (10) الخصائص الهندسية و نسب الفقد الفيزيائي لبعض العناصر الإنشائية

البلاطة	الحجم (m3)	نسبة الفقد الفيزيائي (%)
S1 S2 S5 S6 S10 S13	4*5*0.25=5	10
S7 S14	4*5*0.25=5	20
S8 S15	4*5*0.25=5	35
S3 S9 S11 S16	4*5*0.25=5	45
S4 S12	4*5*0.25=5	80
C1 C2 C5 C6 C9 C10	0.5*0.25*3=0.375	0
C15 C18 C21 C22	0.4*0.25*3=0.3	0
C12 C13	0.5*0.25*3=0.375	15
C23 C24	0.4*0.25*3=0.3	15
C7 C14	0.5*0.25*3=0.375	50
B3 B8 B14 B27 B31 B36	0.25*0.7*4=0.7	10
B21 B41	0.25*0.5*5=0.625	10
B9 B15 B32 B37	0.25*0.7*4=0.7	25
B23 B43	0.25*0.5*5=0.625	25
B4 B28	0.25*0.7*4=0.7	45
W2	5*3*0.25=3.75	20
W3 W4	5*3*0.2=3	10

بعد إدخال البيانات و المعطيات السابقة حصلنا على النتائج التالية :

١- نسبة الضرر الحاصلة (الفقد الفيزيائي للمنشأ كاكل) = ٢٥،٣١%

٢- تصنف الحالة الإنشائية للمبنى بالدرجة (٤) لا يؤدي الوظيفة مرحلة قبل الإنهيار.

٣- الحالة الإنشائيية لبعض العناصر الإنشائية (بلاطات ، جوائز ، أعمدة) والقرار المناسب لكل عنصر مبين في الجداول التالية .

٤- الكلفة التقديرية الأولية للأصلاح والترميم %(٤٠-٩٠) من كلفة البناء .

٥- القرار : الحالة الإنشائية غير مقبولة . يوجد أضرار وعيوب تدل على عدم الصلاحية للاستثمار ، يجب إجراء صيانة عامة وتدعيم وتقوية العناصر الإنشائية . يجب إجراء تدعيم مؤقت .

B19 : سليم
B20 : سليم
B21 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
B22 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
B23 : العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (يجب تقوية البناء)
B24 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
B25 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)
B26 : سليم
B27 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
B28 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)
B29 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
B30 : سليم
B31 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
B32 : العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (يجب تقوية البناء)
B33 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
B34 : سليم
B35 : سليم
B36 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
B37 : العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (يجب تقوية البناء)
B38 : سليم
B39 : سليم
B40 : سليم
B41 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
B42 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
B43 : العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (يجب تقوية البناء)
B44 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
B45 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)
S1 : سليم
S2 : سليم
S3 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)
S4 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
S5 : سليم
S6 : سليم
S7 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
S8 : العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (يجب تقوية البناء)
S9 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)
S10 : سليم
S11 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)
S12 : العنصر في حالة الانهيار (يجب الإسراع في ة عيم البناء بشكل موقت ورفع الحمولات والقوى الموثرة ، وإجراء ة عيم كامل أو إزالة البناء .)
S13 : سليم
S14 : العنصر يلبي الوظيفة (يجب إصلاح طبقة التغطية والعيوب الظاهرة)
S15 : العنصر يلبي الوظيفة بشكل محدود (يجب تقوية البناء)
S16 : العنصر لا يلبي الوظيفة (يجب ترميم البناء بشكل كامل مع ة عيمه يجب التقليل من الحمولات والقوى الموثرة)

التقييم الاقتصادي

القيمة الإنشائية التقديرية الحالية = 543075
قيمةالتقاعدي التقديرية = 137477.5
نسبة التقاعدي التقديرية = 25.31 %

المشرف على التقييم: Eng. Khaled Abbas

التوقيع:

٨- النتائج النهائية والتوصيات للبحث :

١- إن عملية التقييم الإنشائي للمنشآت البيتونية المتصدعة تحتاج إلى خبرة معمقة ومعرفة نظرية كبيرة في علم تصدع المنشآت والأسس والمعايير الناظمة لعملية الكشف والاختبارات اللازمة للتقييم المنشآت المتصدعة لما لها من تأثير كبير على عملية اتخاذ القرار المناسب للتدعيم أو الإصلاح أو الهدم .

٢- إن البرنامج الحاسوبي المصمم في هذا البحث لتقييم المنشآت الخرسانية المسلحة المتصدعة ، الذي يستخدم واجهات عمل واضحة و سهلة التعامل من قبل أي مستخدم ، يمكن أن يساعد المهندسين في الإحاطة بالواقع الفني و الإنشائي للمنشآت القائمة و اتخاذ القرارات اللازمة و المناسبة حول هذه المنشآت .

٣- وفق هذه الدراسة فإن التقييم المادي و تحديد نسبة الفقد المادي التقديرية التقريبية للمنشأ تعتبر عاملاً مهماً في اتخاذ القرار لما توفره من معلومات تقديرية حول مقدار خسارة المنشأ من قيمته الأصلية نتيجة الضرر الحاصل ، و هي لا تعني أن مقدار الفقد المادي هو نفسه مقدار تكلفة إعادة تأهيل المنشأ. و لذلك يجب التوصية بالبحث المعمق في مجال تحديد الكلفة المادية لإعادة تأهيل العناصر الخرسانية المسلحة في المنشآت المتضررة بشكل أكثر دقة ووفق الظروف المحلية لتكون الناظم في عملية اتخاذ القرار.

٤- يجب العمل على وضع كود وطني لعملية التقييم الفني و الانشائي للمنشآت المتصدعة و الاستفادة من خبرات العاملين في هذا المجال إضافة لما توفره الكودات العالمية لتكون مرجعاً شاملاً لعملية التقييم في الظروف المحلية .

المراجع العلمية المستخدمة :

1- Federal Emergency Management Agency (FEMA) 2000 "FEMA 356-Seismic Rehabilitation Pre-standard" Washington DC USA.

2- Atherton library 2009 "FEMA 356 Life Safety Building Performance-Evaluation & PML Analysis" California USA.

3- The Islamic university of Gaza 2010 "Expert system for structural evaluation of reinforced concrete buildings in Gaza strip using fuzzy logic" Master degree research Gaza Palestine.

4-P.Lu and Sh.Chen and Y.Zheng 2012 "Artificial Intelligence in Civil Engineering" Hindawi publishing corporation Article ID 145974 doi:10.1155/2012/145974 China.

5- International Existing Buildings Code (IEBC) 2009 USA.

6- Yüzer N. Aköz F. and Öztürk L.D. "Compressive Strength – Color Change Relation in Mortars at High Temperature" Cement and Concrete Research V. 34 No. 10 Oct. 2004 pp. 1803-1807.

7- Building and Construction Authority 2012 "Periodic Structural Inspection OF Existing Buildings".

8- International Organization for Standardization (ISO 13822) 2003 "Bases for Design of Structures – Assessment of Existing Structures" Geneva Switzerland.

9- Diamantidis D. and P. Bazzurro 2007 "Safety Acceptance Criteria for Existing Structures" Workshop on Risk Acceptance and Risk Communication Stanford University USA. March 26-27.

10- Moodi F 2001" Development of a Knowledge-Based Expert System for the Repair and Maintenance of Concrete Structures" PhD.Thesis Newcastle upon Tyne University UK..

11- Pepenar.I 2009 "Damage Evaluation of Reinforced Concrete Structures in Aggressive Environments" Workshop on Non-Destructive Testing in Civil Engineering Nantes France June 30th – July 3rd.

12- Konrad.B 2002 "Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures"Flb Yask Group 5.1 State-of-the-Art report Final draft June 2002.

13- Holicky.M 2013 "Basics For Assessment Of Existing Structures" Tech.Rep. No.1 Prague Czech Republic: Czech Technical University in Prague Klokner Institute.

14- Methods of determining the physical deterioration of civil buildings. M. 1999. (In Russian)

15- SNIP 3.06.07-07. Bridges and pipes. Terms of examinations and tests. TSITP 2007. (In Russian).

16- AN Dobromyslov. " Assessment of the operational reliability of building structures by external characteristics". Design and calculation of building structures. Knowledge Society of the RSFSR. Leningrad House of Scientific and Technical propaganda. Ln. 2009. (In Russian)

17- AN Dobromyslov 2008 ." Predicting the likelihood of accidents of engineering structures". Design and engineering survey. № 2 2008. (In Russian)