بناء نموذج رياضي لتصميم حائط افتراضي بأستخدام قيود الأمان والمعولية (مع تطبيق)

أ.م.د. أحمد محمود السبعاوي م.م. منال عبدالكريم العباجي

الملخص

يتضمن هذا البحث بناء نموذج رياضي لتصميم حائط افتراضي بأستخدام قيود عاملي امان هما ،عامل امان الانقلاب (overturning safety factor) وعامل امان الأنزلاق (sliding safety factor) وقيود المعولية المقابلة لكل عامل من هذه العوامل واستخدام تقنيات التجزئة وتحديداً التجزئة ثنائية المستوى – خوارزمية الأرخاء للحصول على الابعاد المثلى للحائط ، وتم انجاز برنامج لتصميم حائط بالقيود اعلاه أذ تم برمجة خطوات خوارزمية الارخاء بأستخدام البرنامج الجاهز (matlab) واستخدام الـ(optimization toolbox function) لايجاد الحل للمسألة الرئيسية والمسائل الجزئية وأظهر هذا البرنامج كفائة عالية وسهولة في الحصول على النتائج .

Building Mathematical model for virtual wall design by using safety factor and reliability constraints (with application)

ABSTRACT

This Research comprises building mathematical model for virtual wall design by using two safety constraints : overturning safety factor and sliding safety factor, also reliability's constraints for each factor and using decomposition technique especially bilevel decomposition – relaxation algorithm to obtain the optimal dimensions for the wall, A program has been achieved for design a wall with constraints which mentioned above via programming relaxation algorithm steps by using Matlab and using optimization toolbox functions in order to find solution for master and subproblems , this program shows high efficiency and easily at obtaining results.

بحث مستل من رسالة ماجستير

1-المقدمـــة :

هناك حالات خاصة من مسائل الامثلية لها خواص هيكليـــة (Structural properties) هذه الخواص هي ان تكون المسالة ذات هيكل قابل للتجزئـــة (decomposable structure) والتي يمكن ان تستغل حسابيا بشكل مفيد لجعل الحل اكثر سهولة عن طريق تطبيق ما يـــسمى بتقنيات التجزئة (Decomposition techniques) إذ تعود اولى المبـــادئ لتجزئـــة مـــسائل الامثلية الى Dantzig و Wolfe عام (1960)[5].

ان اغلب المسائل العملية في مجال الهندسة والعلوم لها هيكل قابل للتجزئة ، ومن اجـــل تطبيق مميز لتقنيات التجزئة فان المسالة يجب ان يكون لها هيكل مناسب وبشكل عـــام هنـــاك هيكلين للمسالة الاول يتصف بقيود معقدة (Complicating constraints) والثاني بمتغيرات معقدة (Complicating variables) ، المتغيرات والقيود المعقدة هذه هي تلـــك التـــي تعقـــد الحل للمسالة او تمنع الحل المجزأ للمسالة وبالتالي تجعل حل المسالة اكثر صعوبة.

تقنيات التجزئة تسمح بتحويل الحل لمسائل الامثلية التي تحتوي على متغيرات او قيـــود معقدة الى حل لمتتابعة من المسائل بابعاد اصغر ، لذلك فان تقنيات التجزئة يمكن ان تعـــرف بانها تقنيات حسابية تأخذ بنظر الاعتبار وبشكل غير مباشر القيود (المتغيرات) المعقـــدة لكـــن الثمن الذي سيدفع لهذا التبسيط هو التكرار إذ بدلا من حل المسالة الاصلية بقيود (متغيـــرات) معقدة سيتم حل مسألتين بصورة تكرارية هما مسالة رئيـــسة (Master problem) ومـــسالة مشابهة للمسالة الاصلية لكـــن بـــدون قيـــود (متغيـــرات) معقـــدة تـــسمى مـــسالة جزئيـــة (Subproblem) وبهذا الاسلوب فان القيود (المتغيرات) المعقدة تأخـــذ بالحـــسبان بـــصورة تدريجية .

هناك حالة اخرى تتطلب تطبيق تقنيات التجزئة للحصول على الحل الامثل وهي حـــين تكون مسالة الامثلية ذات هيكل قابل للتجزئة ثنائية المستوى إذ يكون احد القيود (او اكثر مـــن قيد) هو عبارة عن مسالة امثلية اضافية ، وحين تكون المسالة مـــن هـــذا النـــوع فانـــه مـــن المستحيل ايجاد الحل الامثل لها باستخدام خوارزميات الامثلية القياسية لذلك تظهر هنا الحاجة الضرورية الى تطبيق تقنيات التجزئة.

2- التصميم الهندسي للبناء

Engineering design of structure :

ان التصميم الهندسي لعناصر البناء هي عملية معقدة وكثيرة التكرار وعادة تتطلب خبرة سابقة شاملة . التكرارات تسببها عدة محاولات لاختيار متغيرات التصميم او المعلمات معا مع اختبار تحقق القيود الهندسية وقيود الامان لحين الحصول على ابنية معقولة من ناحية الكلفة والامان .

الامان للابنية الهندسية هو معيار اساسي للتصميم لذلك فان المهندس يحدد اولا كل حالات الفشل للبناء الذي سيصمم ثم يحدد قيود الامان (safety constraints) التي يجب ان تتحقق[3 ، 7 ،8] .

في السنوات القليلة الماضية تحسنت طرائق التصميم عن طريق تطبيق تقنيات الامثلية (optimization techniques) والميزة الرئيسة هي ان هذه التقنيات تقود الى تصميم امثل هذا يعني ان القيم لمتغيرات التصميم سيتم الحصول عليها باسلوب امثلية (القيم المثلى) وليست مثبتة من قبل المهندس . وبالطبع فان ما يهتم به المصمم هي القيود التي ستفرض على المسالة ودالة الهدف التي ستؤمثل [2 ، 7] .

ان عدم التاكد والامثلية هما أمران رئيسيان في تصميم البناء إذ أن العشوائية في مواد البناء والاحمال المطبقة وعدم التاكد في سلوك النماذج هو امر محتوم ويجب ان يعلل بشكل مناسب في التصميم لتاكيد امان ومعولية البناء لذلك فالامثلية للتصميم هي أمر ضروري من اجل استخدام كفوء للمصادر وتعظيم المنافع وعليه فان هدف هندسة البناء هو دمج اعتبارات المعولية والامثلية في هيكل واحد لتصميم البناء [9 ،10] .

3-مسألة التصميم الاحتمالي[7,4,3,2]

The probabilistic design problem

يتضمن التصميم وتحليل المعولية للعمل الهندسي عدد من المتغيرات العشوائية $(x_1,x_2,\ldots x_n)$ والتي تشمل متغيرات هندسية (Geometric variables) ، خواص المواد (Material properties) ، الاحمال (Loads) .... الخ ، وبشكل عام سوف لن يكون هناك تمييز بين المتغيرات العشوائية والمحددة لان المتغيرات المحددة هي فقط حالات خاصة منها.

هذه المتغيرات تنتمي الى فضاء بعده-n والذي يمكن ان يقسم الى منطقتين ، منطقة امان (Safe region) ومنطقة فشل (Failure region) .

منطقة امان : $S \equiv \{(x_1, x_2, ..., x_n) | g(x_1, x_2, ..., x_n) \geq 1\}$

منطقة فشل : $F \equiv \{(x_1, x_2, ..., x_n) | g(x_1, x_2, ..., x_n) < 1\}$

إذ ان $g(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ هي نسبة بين مقدارين متعارضين مثل قوة الاستقرار (stabilizing force) الى قوة الانقلاب (overturning force) ، المتانة (Strength) الى الضغط (Stress) ... الخ.

بسبب ان القيد $g(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 1$ يوضح استقرار او امان صارم فلزيادة الامان يتم ابدال الثابت 1 بثابت اكبر F^0 واذا كان هناك حالات فشل مختلفة عددها m فان المسالة تكون لها الصيغة الاتية :

منطقة التصميم في الحالة i : $Si \equiv \{(x_1, x_2, ..., x_n) | g_i(x_1, x_2, ..., x_n) \geq F_i^0\}$

إذ ان $i = 1,2, \ldots m$

من المهم التمييز بين قيم التصميم للمتغيرات العشوائية x_i وقيمتها الحقيقية (الواقعية) χ_i (i=1,2,…,n) إذ ان قيم التصميم هي تلك القيم التي يتم اختيارها من قبل المهندس في مرحلة التصميم للمتغيرات الهندسية مثل الابعاد (dimensions) ، خواص المواد (متانة Strength ، مقاومة الانحناء Stiffness .... الخ) وغالبا قيم التصميم سوف تكون الاوساط $E(x_i)$ او $\bar{\chi}_i$ او القيم المميزة للمتغيرات العشوائية $\tilde{\chi}_i$. بعض من قيم التصميم هذه يتم اختيارها من قبل المهندس او تؤخذ عن طريق قوانين التصميم (The design codes) وبعضها يتم اختياره باسلوب امثلية وعليه وبشكل عام يمكن القول ان مجموعة المتغيرات العشوائية $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ يمكن ان تجزأ الى أربع مجاميع هي :

1. متغيرات تصميم مثلى (Optimized design variables) d :

هي متغيرات التصميم التي قيمها تختار عن طريق برنامج أمثلية لأمثلة دالة الهدف (تصغير الكلفة) وهذه المتغيرات تمثل الابعاد للعمل الذي سيصمم مثل الارتفاع height ، العرض Width ، المقطع العرضي Cross sections .... الخ.

2. متغيرات تصميم غير مثلى (Non-optimized design variables) η :

هي مجموعة من المتغيرات التي اوساطها او قيمها المميزة تثبت من قبل المهندس او قوانين الهندسة (Code) والتي تعطى كبيانات لبرنامج الامثلية مثل الكلف ، خواص المواد (الوزن النوعي Unit weight، متانة Strength، معامل يونك Young modula، ...الخ) وابعاد هندسية اخرى للعمل الذي سيصمم والتي تكون ثابتة.

3. معلمات نموذج عشوائي (Random model parameters) κ :

هي مجموعة من المعلمات التي تستخدم في التصميم الاحتمالي حيث توصف خاصية التغير العشوائية (Random variability) للمتغيرات التي تتضمنها المسالة على سبيل المثال الانحرافات القياسية ، معاملات الارتباط ، معاملات الاختلاف ، ... الخ.

4. متغيرات غير اساسية او معتمدة (Dependent or non basic variables) y :

هي متغيرات معتمدة يمكن ان يتم الحصول على قيمها من المتغيرات الاساسية d و η باستخدام بعض الصيغ وهذه المتغيرات تستخدم لتسهيل الحسابات وتبسيط قيود المسألة .

الاوساط المناظرة لـ d يرمز لها بـ $\bar{d}$ والاوساط او القيم المميزة لـ η يرمز لها بـ $\tilde{\eta}$.

4- تصميم هندسي بقيود عوامل امان ومعولية[4]
Engineering design with safety factor and reliability constraints

تسمح هذه الطريقة بفحص مزدوج (مضاعف) للامان. هذه الطريقة تعتمد في التصميم على قيود ثابتة لعوامل الامان والاحتماليات لكل حالة فشل بدلا من تثبيت احتمالية الفشل الشاملة. هذه الطريقة تقود الى تصميم بحيث ان احتماليات الفشل المناظرة لكل حالة فشل وعوامل الامان المقترنة بها تستخدم لضمان الامان للعمل الهندسي. وباتباع طريقة التصميم هذه فان دالة الهدف والقيود ستأخذ الصيغة الاتية :

$$\underset{\bar{d}}{\text{Minimize}}\ h(\bar{d},\bar{h}) \quad ....(1)$$

Subject to :

$$g_i(\bar{d},\bar{h}) \ge F_i^{(v)}\ ;\ \ i \in I_f \quad ....(2)$$

$$b_{F_i}(\bar{d},\bar{h},k) \ge b_i^0\ ;\ \ i \in I_f \quad ....(3)$$

إذ ان β_{Fi} ، $i \in I_f$ هي مؤشرات المعولية المقترنة بكل حالات الفشل و κ هو متجه المعلمات التي تعرف التغيرات الاحصائية .

بسبب ان كل قيد من القيود (3) هو عبارة عن مسالة امثلية (حسب اقتراح Hasofer and Lind لمؤشر المعولية[6]) فان المسالة (1)-(3) لايمكن ان تحل مباشرة وان هذه المسالة لها هيكل تجزئة ثنائية المستوى لذلك سيتم تطبيق خوارزمية الارخاء لحلها

وتتلخص خطوات الخوارزمية على النحو الآتي :

الخطوة (1) :

اعطاء قيم للقيود الدنيا $\{F_1^0, F_2^0, ..., F_m^0\}$ لعوامل الامان $\{F_1,F_2,...,F_m\}$، وقيم للقيود الدنيا $\{\beta_1^0, \beta_2^0, ..., \beta_m^0\}$ لقيم β – $\{\beta_1,\beta_2,\dots\beta_m\}$ بالنسبة الى كل حالات الفشل ، واعطاء قيمة الخطأ $\in$ للسيطرة على التقارب للخوارزمية.

الخطوة (2) :

عداد التكرار V=1 ، قيود عوامل الامان $F_i^{(1)}$ ، $i \in I_f$ تبدأ بقيودها الدنيا المطلوبة F_i^0 ، $i \in I_f$.

الخطوة (3) : حل المسالة الرئيسة Master problem

تتضمن هذه الخطوة تصميم تقليدي امثل لتصغير الكلفة بالاعتماد على قيود عوامل الامان .

$$\underset{\bar{d}}{\text{Minimize}}\ h(\bar{d},\bar{\eta})$$

Subject to :

$$g_i(\bar{d},\bar{\eta}) \ge F_i^{(v)}\ ;\ \ i \in I_f$$

ونتيجة لهذه الخطوة سنحصل على قيم متوسطة مثلى $(\overline{d}^{(v)})$لمتغيرات التصميم.

الخطوة (4) : حل المسائل الجزئية Subproblems

حـــساب احتماليـــات الفـــشل $P_i^{(v)}$ ، $i \in I_f$ او قـــيم- β المنـــاظرة لهـــا $\beta_i^{(v)}$ ، $i \in I_f$ المقترنة بكل حالة من حالات الفشل بالاعتماد على القيم لمتغيرات التـــصميم التـــي نحصل عليها من الخطوة 3 وهذا يتضمن الحل لمسألة امثلية واحدة لكل حالـــة فـــشل وكمـــا موضح سابقا فان الحساب لاحتماليات الفشل المقترنة بكل حالة فـــشل ($i \in I_f$) يمكـــن ان تنجز بحل مسالة البرمجة اللاخطية الآتية :

$$\underset{d_i,\eta_i}{\text{Minimize}}\ \beta_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} Z_j^2}$$

Subject to :

$$Z_j = h_j(d_i, \eta_i; \overline{d}, \overline{\eta}, \kappa) \ ; \ j = 1,\dots,n$$

$$g_i(d_i, \eta_i) = 1$$

إذ ان Z_j والـــ j=1,…,n هي متغيرات عشوائية طبيعية قياسية مستقلة . ونتيجة لهـــذه الخطوة سوف نحصل على مؤشر المعولية $\beta_i^{(v)}$ ونقطة التصميم $(d_i^{(v)}, \eta_i^{(v)})$ للحالة i عند التكرار v .

الخطوة (5) : فحص التقارب ، اذا كان اعظم خطأ نسبي .

$$\text{error}^{(v)} = \max_{\forall i}\left|\frac{\beta^{(v)} - \beta^{(v-1)}}{\beta^{(v)}}\right|$$

اصغر من $\in$ تتوقف الخوارزمية حيث تم الحصول على الحل الامثـــل وأذهـــب الـــى الخطوة (7) والا أذهب الى الخطوة (6) .

الخطوة (6) : تحديث عوامل الامان (Updating safety factors) .

في التكرار v يتم تحديث عوامل الامان باستخدام الصيغة الاتية :

$$F_i^{(v+1)} = \text{Max}(F_i^{(v)} + \rho(\beta_i^0 - \beta_i^{(v)}),\ F_i^0) \quad ; \quad i \in I_f$$

إذ ان β_i^0 ، $i \in I_f$ هي القيود الدنيا المرغوب فيها لـــ β و ρ هو عامـــل الارخـــاء (ثابت موجب صغير) ، بعد التحديث اذا اصبح عامل الامان $F_i^{(v+1)}$ اصغر من القيد الادنـــى

المتعلق به F_i^0 عندها سوف يبقى مساوياً لـــ F_i^0 (وهذا يوضح الاستخدام لدالة التعظيم Max اعلاه).

ضع $v = v+1$ واذهب الى الخطوة (3) .

الخطوة (7) :

حساب عوامل الامان الحقيقية باستخدام التعبير $g_i(\overline{d}^*, \overline{\eta})$ لان القيم $F_i^{(v)}$ هي فقط قيود (ليس بالضروري فعالة) ، إذ ان $\overline{d}^*$ هي القيم المثلى للتصميم التقليدي .

النتيجة النهائية لهذا الاسلوب هي تصميم تقليدي امثل $\overline{d}^*$ مع عوامل الامان الناتجة والذي هو في الوقت نفسه تصميم يعتمد الاحتمالية أمثل حيث يحقق متطلبات الاحتمالية.

5 - التطبيق

تم استخدام تقنيات التجزئة من اجل الحصول على التصميم الهندسي الامثل (الابعاد المثلى) لحائط افتراضي يتوفر فيه عاملي امان هما عامل امان الانقلاب Overturning safety factor وعامل امان الانزلاق Sliding safety factor ولكل عامل من هذه العوامل هناك معولية محددة يجب تحقيقها.

حيث تم اولا صياغة قيود عوامل الامان هذه وقيود المعولية بعدها تم استخدام تقنيات التجزئة وتحديدا التجزئة ثنائية المستوى – خوارزمية الارخاء للحصول على التصميم الامثل (الابعاد المثلى) بحيث تتحقق عوامل الامان اعلاه ومتطلبات المعولية المرغوب فيها .

1-5 متغيرات المسالة [1] :

ان مسالة التصميم الهندسي للحائط تتضمن المتغيرات الآتية :

X : عرض الحائط ويقاس بالمتر (m)

Y : ارتفاع الحائط ويقاس بالمتر (m)

γ : الوزن النوعي للحائط ويقاس بـــ كيلونيوتن/متر^3 (KN/m^3)

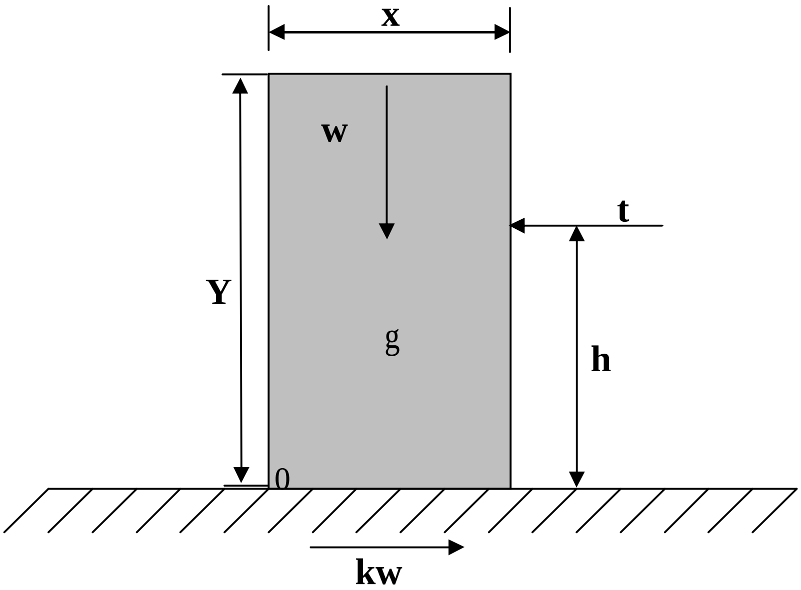
W : وزن الحائط لكل وحدة طول ويقاس بـــ كيلونيوتن/متر (KN/m)

t : قوة فاعلة افقية على جانبه الايمن ويقاس بـــ كيلونيوتن (KN)

h : ازاحة القوة t عن مستوى التربة وتقاس بالمتر (m)

k : معامل الاحتكاك بين التربة والحائط (ليس له وحدة قياس)

والشكل (1) يوضح هذه المتغيرات .



شكل (1) يوضح متغيرات مسالة التصميم الهندسي للحائط

وحسب الفقرة (3) فان المتغيرات التي تتضمنها المسالة ستجزأ الى اربع مجاميع هي:

1. متغيرات تصميم مثلى (Optimized design variable) d :

ان هذه المتغيرات في مسالة التصميم الهندسي للحائط هي $d = \{X , Y\}$

2. متغيرات تصميم غير مثلى (Non-optimized design variable) : h

ان هذه المتغيرات في مسالة التصميم الهندسي للحائط هي

$\eta = \{\gamma , t , h , k \}$

3. معلمات نموذج عشوائي (Random model parameters) : k

ان هذه المتغيرات في مسالة التصميم الهندسي للحائط هي :

$\kappa = \{\sigma_\gamma , \sigma_t , \sigma_h , \sigma_k \}$

إذ σ تشير الى الانحراف القياسي .

4. متغيرات غير اساسية او معتمدة (Dependent or non basic variables) : y

ان هذه المتغيرات في مسالة التصميم الهندسي للحائط هي :

$\psi = \{w\}$

ان الاوساط المناظرة لــ X , Y يرمز لها بــ $\overline{Y}$ و $\overline{X}$ بالترتيب ، والاوساط او القيم المميزة لــ γ, t , h , k يرمز لها بــ $\tilde{\gamma}, \tilde{t}, \tilde{h}, \tilde{k}$ بالترتيب .

2-5 صياغة قيود المسالة[1]:

اولا : صياغة قيود عوامل الامان

1- قيد عامل امان الانقلاب The overturning safety factor constraint

ان عامل امان الانقلاب (F_o) هو نسبة عزم الاستقرار (Stabilizing moment) الى عزم الانقلاب (Overturning moment) (بالنسبة الى النقطة o في الشكل(1)).

$$F_o = \frac{Stabilizing\ moment}{Overturning\ moment}$$

وبالتعويض عن عزم الاستقرار و عزم الانقلاب نحصل على صيغة عامل امان الانقلاب

$$F_o = \frac{gX^2Y}{2t\,h}$$

الحائط يكون آمناً من الانقلاب اذا وفقط اذا $F_o \geq 1$ ولزيادة الامان يتم استبدال الــ 1 بثابــت اكبر وعليه يصبح قيد عامل امان الانقلاب بالشكل الآتي :

$$F_o = \frac{gX^2Y}{2t\,h} \geq F_o^0$$

إذ ان F_o^0 هو الحد الادنى المتعلق بفشل الانقلاب .

2- قيد عامل امان الانزلاق The sliding safety factor constraint

ان عامل امان الانزلاق (F_S) هو نسبة قوة الاستقرار (Stabilizing force) الى قــوة الانزلاق (Sliding force) .

$$F_S = \frac{Stabilizing\ \ force}{Sliding\ \ force}$$

وبالتعويض عن قوة الاستقرار و قوة الانزلاق نحصل على صيغة عامل امان الانزلاق

$$F_S = \frac{XY\,k\,g}{t}$$

الحائط يكون آمناً من الانزلاق اذا وفقط اذا $F_S \geq 1$ ولزيادة الامان يتم استبدال الـــ 1 بثابت اكبر وعليه يصبح قيد عامل امان الانزلاق بالشكل الآتي :

$$F_S = \frac{XY\,k\,g}{t} \geq F_S^0$$

إذ ان F_S^0 هو الحد الادنى المتعلق بفشل الانزلاق.

ثانيا : صياغة القيود الهندسية

الحائط الافتراضي المراد تصميمه يشترط فيه ان يكون الارتفاع اكبر او يساوي ضعف العرض ، لذلك فان القيد يعبر عنه بالصيغة :

$Y \geq 2X$

ثالثا : صياغة قيود المعولية

ان قيود المعولية تصاغ بالشكل الآتي :

$$\beta_o\,(X , Y , t , h , \gamma , k) \geq b_o^0$$
$$\beta_S\,(X , Y , t , h , \gamma , k) \geq b_S^0$$

إذ ان :

β_o : هي دالة مؤشر المعولية المتعلقة بحالة فشل الانقلاب .

β_o^0: هو الحد الادنى لمؤشر المعولية المتعلق بحالة فشل الانقلاب .

β_S : هي دالة مؤشر المعولية المتعلقة بحالة فشل الانزلاق .

β_S^0: هو الحد الادنى لمؤشر المعولية المتعلق بحالة فشل الانزلاق.

3-5 دالة الهدف للمسالة [1]:

دالة الهدف الاصغرية تمثل تصغير مساحة الحائط ويتم ذلك بتصغير ابعاده وعليه فـــان دالة الهدف ستأخذ الصيغة الآتية :

Minimize M=X Y

4-5 الصيغة النهائية للمسالة[1] :

مما تقدم يمكن كتابة الصيغة النهائية للمسالة على النحو الآتي :

Minimize M=X Y …………… (4)
Subject to :

$$\frac{gX^2Y}{2th} \geq F_o^0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

$$\frac{XY\,kg}{t} \geq F_S^0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

$$\beta_o(X, Y, t, h, \gamma, k) \geq b_o^0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

$$\beta_S(X, Y, t, h, \gamma, k) \geq b_S^0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

$$Y \geq 2X \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

اذ ان (7) و (8) كل منها عبارة عن مسالة أمثلية حسب طريقة حساب مؤشر المعوليـــة لــــ Hasofer and Lind وعليه فان :

$$\beta_o(X, Y, t, h, \gamma, k) = \underset{(t,h,g)}{\text{Minimize}} \sqrt{\sum_{j=1}^{3} Z^2{}_j} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

Subject to :

$$Z_1 = \frac{t-\tilde{t}}{s_t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(11)$$

$$Z_2 = \frac{h-\tilde{h}}{s_h} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(12)$$

$$Z_3 = \frac{g-\tilde{g}}{s_g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(13)$$

$$\frac{gX^2Y}{2th} = 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(14)$$

وان

$$\beta_S(X, Y, t, h, \gamma, k) = \underset{(t,g,k)}{\text{Minimize}} \sqrt{\sum_{j=1}^{3} Z^2{}_j} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(15)$$

Subject to :

$$Z_1 = \frac{t-\tilde{t}}{s_t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(16)$$

$$Z_2 = \frac{g-\tilde{g}}{s_g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(17)$$

$$Z_3 = \frac{k-\tilde{k}}{s_k} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(18)$$

$$\frac{XY\,k\,g}{t} = 1 \quad ....(19)$$

هذه المسالة لا يمكن ايجاد الحل لها بشكل مباشر لان القيد (7) يتضمن مسالة امثلية اضافية هي (10) – (14) والقيد (8) ايضا يتضمن مسالة امثلية اضافية هي (15) - (19) وعليه فان القيدين (7) و (8) هما قيدان معقدان للمسالة ونتيجة لهذه القيود لا يمكن ايجاد الحل للمسالة بالخوارزميات القياسية لذلك سوف نحتاج الى تطبيق تقنيات التجزئة وتحديدا التجزئة ثنائية المستوى – خوارزمية الارخاء.

5-5 التوزيعات الاحصائية لمتغيرات المسالة[11] :

ان التوزيعات الاحصائية للمتغيرات التي تتضمنها المسالة تم اخذها من قوانين نموذج احتمالي JCSS (Probabilistic model code) وهي كما في الجدول (1) إذ ان قوانين نموذج احتمالي JCSS هي قوانين عالمية تقدم ارشاد حول صياغة المتغيرات العشوائية في هندسة البناء وهذه القوانين يمكن استخدامها عند انجازاي تصميم احتمالي .

جدول (1)

التوزيعات الاحصائية لمتغيرات المسالة

الوحدة Unit	الانحراف القياسي Standard deviation	الوسط Mean (m)	التوزيع Distribution	المتغير Variable
m	- - - -	- - - -	محدد	X
m	- - - -	- - - -	محدد	Y
- - - -	0.05	0.3	طبيعي	K
KN	15	50	طبيعي	T
KN/m^3	0.46	23	طبيعي	γ
m	0.2	3	طبيعي	h

حيث يمكن الاعتماد على هذه القيم لبناء اي حائط اذا كان المطلوب ان يتوفر فيه عاملي الامان (الانقلاب و الانزلاق).

وبأستشارة المهندسين تم افتراض ان حدود عوامل الامان المطلوبة هــي $F_S^0 = 1.6$ ، $F_o^0 = 1.5$ ومؤشرات المعولية هي $\beta_S^0 = 3$ ، $b_o^0 = 3$ والتــي تطــابق بــشكل تقريبــي احتماليات الفشل $P_{F_S} = 0.0013$ ، $P_{F_o} = 0.0013$ بالترتيب وحسب المعادلة (20)[8].

$$P_F \approx \Phi(-b)..........(20)$$

ونود الاشارة هنا الى انه من الضروري اختيار قيمة $\in$ قليلة جداً لضمان عدم تعرض البناء لحالات فشل مما يــؤدي الــى خــسائر بــشرية وماديــة ولهــذا تــم اختيــار قيمــة

$$\in = 0.000001$$

6-5 تنفيذ الخوارزمية ومناقشة النتائج :

تم تنفيذ الخوارزمية بالاعتماد على البيانات الــسابقة باســتخدام البرنــامج الجــاهز Matlab، version 7.6.0.324(R2008a) بحاسبة الكترونيــة نــوع Genuine Intel (R) بسرعة معالج (2cpu) 1.73GHz وبذاكرة عشوائية RAM 1G إذ تم برمجة خطوات هــذه الخوارزمية واستخدام الـــ Optimization toolbox functions لايجــاد الحــل للمــسالة الرئيسة والمسائل الجزئية. تم تنفيذ البرنامج عدة مرات وفي كل تنفيذ يتم تغيير قيمــة عامــل الارخاء ρ إذ تم اخذ قيمة ρ من 0.1-0.9 وتم الحصول على النتائج لكل تنفيذ والجــدول (2) ادناه يوضح النتائج عندما ρ=0.9

V	M	X	Y	F_o	F_s	β_o	β_s	error	Actual F_o	Actual F_s
1	11.594203	2.407717	4.815434	1.5	1.600000	3.457744	1.491515	1.01137755	2.140193	1.600000011
2	21.432148	3.273541	6.547083	1.5	2.957636	10.947198	3.387693	0.68414348	5.378859	2.957636404
3	18.903712	3.074387	6.148774	1.5	2.608712	9.080704	3.040364	0.20554503	4.455662	2.608712274
4	18.640471	3.052906	6.105812	1.5	2.572385	8.883462	2.999864	0.02220331	4.362917	2.572385013
5	18.641361	3.052979	6.105958	1.5	2.572508	8.884130	3.000002	0.00007515	4.363229	2.572507814
6	18.641348	3.052978	6.105956	1.5	2.572506	8.884120	3.000000	0.00000109	4.363224	2.572506039
7	18.641348	3.052978	6.105956	1.5	2.572506	8.884120	**3.000000**	0.00000002	4.363225	2.572506065

الجدول (2)

يوضح النتائج حين يكون r =0.9

يتضح من هذه النتائج ان القيم المثلى التقريبية لابعاد الحائط وللمساحة (بعد تقريب الارقام) هي :

القيمة المثلى التقريبية لعرض الحائط $X = 3.05$ m

والقيمة المثلى التقريبية لارتفاع الحائط $Y = 6.10$ m

والقيمة المثلى التقريبية لدالة الهدف(المساحة) $M = 18.64$

نلاحظ من النتائج انه بتغيير قيمة ρ فان عدد التكرارات التي تحتاجها الخوارزمية للوصول الى الحل الامثل اعلاه يتغير و قيمة الخطأ تتغير ايضا ، أي ان قيمة ρ هي التي تتحكم في زيادة التكرارات و زيادة قيمة الخطأ او نقصانهما وبالطبع فانه كلما كانت التكرارات و قيمة الخطأ اقل كانت الخوارزمية تعمل بشكل أسرع و افضل وبالتالي سيكون هناك اختصار في وقت التنفيذ كما موضح بالجدول (3).

جدول (3)

يوضح القيم المختلفة لـــ r وعدد التكرارات نتيجة لاستخدام كل قيمة من هذه القيم و قيمة الخطأ واوقات المعالجة مقاسة بــ Cputime .

قيمة ρ	عدد التكرارات	قيمة الخطأ	وقت المعالجة
0.1	93	0.00000091	14.5469 Cputime
0.2	47	0.00000094	5.7813 Cputime
0.3	31	0.00000081	3.3594 Cputime
0.4	22	0.00000094	2.3750 Cputime
0.5	17	0.00000059	2.1875 Cputime
0.6	13	0.00000033	1.5625 Cputime
0.7	10	0.00000084	1.3906 Cputime
0.8	9	0.00000021	1.0625 Cputime
0.9	7	0.00000002	1.0469 Cputime

يتبين من الجدول (3) ان افضل قيمة لـــ ρ لهذه المسالة هي 0.9 إذ تطلب الوصول الى الحل الامثل 7 تكرارات فقط وباقل قيمة للخطأ هي 0.00000002 وبوقت معالجة 1.0469 Cputime .

نلاحظ في الجدول رقم (2) ان قيمة عامل امان الانقلاب الحقيقي النهائي $F_o = 4.363$ Actual وقيمة مؤشر معولية الانقلاب $\beta_o = 8.884$ هي قيم عالية جدا مقارنة بقيود التصميم (1.5 و 3 بالترتيب) وهذا يقود الى ان فشل الانقلاب على الاغلب مستحيل.

كذلك نلاحظ انه على الرغم من ان دالة الهدف هي تصغير المساحة فاننا نجد ان المساحة تزداد من تكرار الى اخر وذلك لان التصميم الابتدائي لا يحقق قيد مؤشر المعولية المتعلق بحالة فشل الانزلاق β_S لذلك فان قيمة عامل امان الانزلاق F_S تزداد تدريجيا من تكرار الى اخر ونتيجة لذلك فان ابعاد الحائط ايضا تزداد من اجل تحقيق قيد مؤشر المعولية β_S الى ان نحصل على التصميم النهائي الذي يتحقق فيه هذا القيد لذلك فان مساحة الحائط في التصميم النهائي اكبر من التصميم الابتدائي .

6- الاستنتاجات :

بناءً على النتائج التي تم الوصول اليها في هذا البحث تم استنتاج ما يأتي :

1. اظهرت تقنيات التجزئة كفائتها في الوصول الى الحل الامثل التقريبي لمسألة تصميم حائط افتراضي بقيود عاملي أمان ومعولية كون هذه المسألة لها هيكل قابل للتجزئة ثنائية المستوى.
2. ان الاختيار المناسب لعامل الارخاء (Relaxation factor) ρ يقود الى تقارب سريع في الوصول الى الحل الامثل أي يقلل عدد التكرارات التي تحتاجها الخوارزمية للوصول الى الحل الامثل ويقود ايضاً الى تقليل قيمة الخطأ في حين اذا كان الاختيار غير مناسب فانه يقود الى نقصان التقارب وبالتالي زيادة عدد التكرارات التي تحتاجها الخوارزمية للوصول الى الحل الامثل و ايضاً زيادة في قيمة الخطأ مما يستوجب القيام بعدة محاولات من اجل تثبيت القيمة المناسبة لعامل الارخاء ρ لكل مسالة وكما موضح في الجدول (3) فان افضل قيمة لـ ρ لمسالة تصميم حائط افتراضي بعاملي امان (عامل امان الانقلاب وعامل امان الانزلاق)هي 0.9 بقيمة خطأ 0.00000002 وبوقت معالجة 1.0469 cputime .
3. يمكن استخدام البرنامج الذي تم انجازه لايجاد التصميم الهندسي لاي حائط يراد تصميمه بعاملي امان (الانقلاب،الانزلاق) مباشرة بمجرد ادخال قيم عوامل الامان المرغوب فيها

ومؤشرات المعولية المطلوب تحقيقها والبيانات الاحصائية لمتغيـــرات المـــسالة (الاوســـاط والانحرافات القياسية) إذ ان الابعاد الناتجة للحائط هي الابعاد المثلى التقريبية.

References المصــــــادر

1. العباجي ، منال عبدالكريم (2009) ، "بناء نموذج رياضـــي لتــصميم حـــائط افتراضـــي بأستخدام قيود الامان والمعولية (مع تطبيق)"، رســـالة ماجـــستير ، كليـــة علـــوم الحاســـبات والرياضيات.

2. Castillo, C., Mínguez, R., Castillo, E. and Losada, M.A. (2006), "An optimal engineering design method with failure rate constraints and sensitivity analysis. Application to composite break waters", ***Coastal Engineering 53***, PP 1-25.

3. Castillo, E., Conejo, A.J., Míngez, R. and Castillo, C. (2003), "An alternative approach for addressing the failure probability-safety factor method with sensitivity analysis", ***Reliability Engineering and System Safety 82***, PP. 207-216.

4. Castillo, E., Mínguez, R., Tera'n, A.R. and Fernandez-Canteli, A. (2004), "Design and sensitivity analysis using the probability-safety factor method. An application to retaining walls", ***Structural Safety 26***, PP. 159-179.

5. Dantzig, G.B. and Wolfe, P. (1960), "Decomposition principle for linear programs", ***Operations Research***, Vol. 8, No.1, PP. 101-111.

6. Hasofer, A.M. and Lind, N.C. (1974), "An Exact and Invariant First-order Reliability Format", ***Journal of Engineering Mechanics 100***, No. EM1, PP. 111-121.

7. Mínguez, R., Castillo, E., Castillo, C. and Losada, M.A. (2006), "Optimal cost design with sensitivity analysis using decomposition techniques. Application to composite breakwaters", ***structural safety 28***, PP. 321-340.

8. Mínguez, R., Castillo, E. and Hadi, A.S. (2005), "Solving the inverse reliability problem using decomposition techniques", ***structural safety 27***, PP. 1-23.

9. Royset, J.O., Kiureghian, A.D. and Polak, E. (2001), "Reliability-Based Optimal Design of Series Structural Systems", ***Journal of Engineering Mechanics***, Vol. 127, No.6, PP. 607-614.

10. Royset, J.O., Kiureghian, A.D. and Polak, E. (2001), "Reliability-based optimal structural design by the decoupling approach", ***Reliability Engineering and System Safety 73***, PP. 213-221.

11. JCSS. (2001), "Probabilistic model code", The joint committee on structural safety, http://www.jcss.ethz.ch.