

## التصميم الأمثلي للمنشآت البيتونية المسلحة تحت تأثير حمولات متعددة

الدكتور رياض العيسى \*

(تاريخ الإيداع 14 / 2 / 2008. قُبل للنشر في 2008/12/31)

### □ الملخص □

يركز هذا البحث على إيجاد التصميم الأمثلي (optimal design) للمنشآت البيتونية المسلحة لدى تعرضها لعدد كبير من تراكيب الأحمال (load combinations). حيث تم اقتراح طريقة محسنة لإيجاد تراكيب الأحمال الهامة من بين عدد كبير من تراكيب الأحمال الممكنة و وضعت في برنامج لحساب التصميم الأمثلي للمنشآت البيتونية المسلحة ، و لدعم كفاءة الطريقة المقترحة تضمن البحث مثال عددي لإيجاد التصميم الأمثلي لإطار بيتوني باستخدام طرق مستمرة (continuous) و مجزأة (discrete) ، وبالنتيجة تبين أن الطريقة التقليدية لإيجاد تراكيب الأحمال الهامة تهمل تركيب أحمال هام تؤدي إلى نقص في كمية التسليح يمكن أن ينتج عنها تصاميم غير آمنة ، بينما أعطت الطريقة المحسنة نتائج صحيحة .

الكلمات المفتاحية : التصميم الأمثلي ، تراكيب الأحمال ، مستمرة ، مجزأة

\* أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سورية.

## Optimal Design of Reinforced Concrete Structures for Multiple Loads

Dr. Riad AL-Issa\*

(Received 14 / 2 / 2008. Accepted 31 / 12 / 2008)

### □ ABSTRACT □

This paper focuses on optimal design of reinforced concrete structures when a great number of load combinations are allowed for. An improved method of finding significant load combinations out of a great number of possible load combinations is proposed and implemented in programs of optimal design for reinforced concrete structures. This study presents a numerical example of optimal design of a frame using continuous and discrete approaches. We conclude that the traditional method of finding significant load combinations ignores one significant load combination, which leads to decreasing the amount of enforcement. However, the improved method has provided correct results.

**Keywords:** optimal design, load combinations, continuous, discrete

---

\*Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.

**مقدمة:**

تعد النظرية الرياضية لإيجاد الأمثلية واحدة من طرق أتمتة تصميم المنشآت حيث يواجه التصميم الأمثلي لمنشآت البيتون المسلح بعض المشاكل التي لا تزال قيد الدراسة و البحث . و قد اقتضى أن يتواجد عدد كبير من المتراجحات التي تنشأ من متطلبات سعة التحميل المستندة إلى حالات الحدود القصوى و حالات حدود الاستثمار . هذه المتراجحات يجب أن تتحقق من أجل كل تراكيب الأحمال ، مما يجعل العدد الكلي للمتراجحات كبيراً جداً . علاوة على ذلك سيأخذ جزء من متغيرات التصميم على الأقل قيمة مجزأة مما سيزيد الصعوبة العددية لإيجاد الأمثلية .

قدمت في المرجع [9] الاعتبارات العامة للتصميم الأمثلي للمنشآت البيتونية المسلحة ، كما نوقشت المعايير الأمثلية للجوائز والإطارات البيتونية المسلحة [2,11,12] . ودرس التصميم الأمثلي للجوائز مع ضرورة استخدام متراجحات قوى القص وعزوم الانعطاف ومتراجحة الانحراف (الميل) [11] ، واستنتجت المعايير الأمثلية لجوائز موثوق معرض لحمولات متعددة، يمكن استخدامها أيضاً في خوارزميات للتصميم الأمثلي لتراكيب الإطارات [5,8] . كما اهتم الباحثون بدراسة الجوائز والإطارات في حالة القوى اللاخطية ومتراجحات الانتقالات والسهوم ، وذلك باستخدام قانون تايلور وتفرعاته [2] ، وبالاستناد على هذه التفرعات اشتقت هذه المتراجحات بإهمال إعادة توزيع الإجهاد نتيجة لتنوع متغيرات التصميم . ولجعل المسألة خطية اشتقت المعايير الأمثلية، واستخدمت في خوارزمية للتصميم الأمثلي ، كما استخدمت في الدراسات طرق البرمجة اللاخطية من أجل التصميم الأمثلي [3,4,6,9,10,14] .

في المرجع [9] استندت استراتيجية الأمثلية على ثلاث مستويات ، في المستوى العلوي حسبت عزوم الانعطاف في الجوائز باستخدام برامج خطية تسمح بإعادة توزيع لتلدن جزئي ، في المستوى الأوسط حسبت أبعاد المقطع العرضي ، وفي المستوى السفلي حسب التسليح، واستخدمت مغلفات عزوم الانعطاف لحساب حالات الحمولات المتعددة . في [4] قدمت خوارزمية أمثلية فعالة مستندة على طرق البرمجة اللاخطية وذلك بوضع قيود هندسية على أبعاد المقطع البيتوني .

في [14] استمدت متراجحات تمهيدية من الصيغ الموصوفة أعلاه عن عرض الشقوق الناتجة عن القص والعزم. كما قدمت خوارزمية موضوعية للأمثلية مستخدمة التحليل والبرمجة المختلطة (المستمرة والمجزأة) [7]. كما نوقشت التطبيقات النظرية والعددية للتحليل الدقيق للمنشآت البيتونية المسلحة التي تسمح بتطبيق الهندسة اللاخطية وخلفيتها النظرية [1,13] ، حيث اتبع الباحثون منهجين الأول تطبيق حمولات مركزة أو موزعة بانتظام ومن ثم بالإمكان تصميم منشأ على مغلف العزوم ، ولكن هذه الطريقة تجعل المنشأ آمناً بشكل كبير جداً . بينما يتم في المنهج الثاني تدقيق كل المتراجحات على التوالي لكل تراكيب الأحمال [14] ، وهذه الطريقة تستهلك الكثير من الوقت .

**أهمية البحث وأهدافه:**

يهدف البحث إلى إيجاد التصميم الأمثلي للمنشآت البيتونية المسلحة لدى تعرضها لعدد كبير من تراكيب الأحمال، حيث تم اقتراح طريقة محسنة لإيجاد تراكيب الأحمال الهامة وتجاهل بعضها الآخر . ولقد طبقت الطريقة المعدلة على برنامج أمثلي يقلل الزمن الحسابي بشكل ملحوظ، وتقدم خوارزمية الحل الأمثلي (المستمرة والمجزأة) . كما تم دعم فعالية هذه الطريقة بمثال عددي أثبت أن الطريقة التقليدية لإيجاد تراكيب الأحمال الهامة، تهمل تركيب أحمال هام مما يؤدي إلى نقص في كمية التسليح، و بالتالي يمكن أن ينتج عنها تصاميم غير آمنة، بينما أعطت الطريقة المقترحة نتائجاً صحيحةً.

## طريقة البحث ومواده:

يستخدم التحليل الخطي بشكل واسع في التصميم الهندسي العملي، حيث يطبق على المنشأ من أجل كل حمل بشكل مجزأة وتخزن النتائج في ذاكرة الحاسوب . ثم نوجد ست تراكيب أحمال مهمة لكل مقطع من العناصر الإنشائية، وسيتم تحقق متراجحات الإجهاد لهذه التراكيب فقط .

لقد وجدت ستة تراكيب أحمال هامة من أجل مقطع محدد طبقاً للقاعدة التالية :

(a) إيجاد تراكيب أحمال تعطي  $M_{max}$  وتؤخذ بمشاركة  $N, Q$  ، ثم تعاد من أجل  $M_{min}$

(b) إيجاد تراكيب أحمال تعطي  $N_{max}$  وتؤخذ بمشاركة  $M, Q$  ، ثم تعاد من أجل  $N_{min}$

(c) متابعة العمل لإيجاد  $Q$  الأعظمية والأصغرية ، حيث  $M, N, Q$  ترمز إلى قوة القص والقوة المحورية

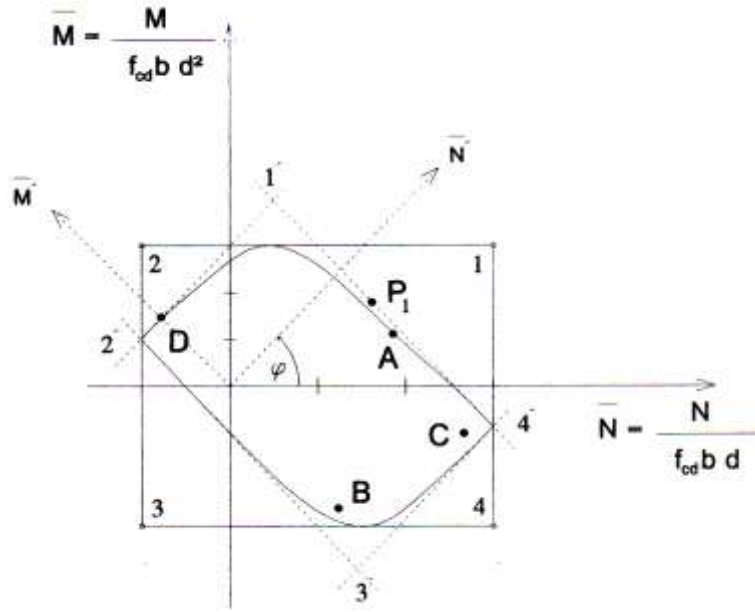
وعزم الانعطاف على التوالي .

هذه الطريقة ذات كفاءة عالية ولكن للأسف يمكن أن ينتج عنها تصاميم غير آمنة، وهذا مشار إليه في النقطة  $P_1$  من الشكل (1) . إن تركيب الأحمال المتعلق بالنقطة  $P_1$  تم تجاهله بهذه الطريقة . لذا فهي خارج حدود مخطط الترابط ، ويمكن للمصمم ألا يعلم أنه صمم منشأ غير آمن .

تمكننا الطريقة المقترحة لإيجاد تراكيب الأحمال الهامة من تجنب هذه العوائق مع الاستنادة من كفاءتها . حيث نضع  $(M, N)$  أولاً ثم نوجد تراكيب الأحمال الهامة بالبحث عن القيمة الأعظمية والأصغرية على المحاور  $M, N$  ومن ثم على المحاور  $M', N'$  المدورة بزواوية  $\varphi = 45^\circ$  المشار إليه بالمستطيل (1', 2', 3', 4) في الشكل (1) مع استخدام قاعدة تدوير المحاور التالية :

$$\begin{bmatrix} \bar{N}' \\ \bar{M}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N' \\ M' \end{bmatrix} \quad (1)$$

نلاحظ أن النقطة  $P_1$  تقع على محيط المستطيل (1', 2', 3', 4) وبالتالي تؤخذ في المحاور المدورة كنقطة عظمى وتراكيب الأحمال الموافق لهذه النقطة سيؤخذ بالحسبان في التصميم، وهذا ما سيرغمنا على إعادة تصميم المقطع العرضي بحيث يكون قادراً على تحقيق الأمان لتحمل تراكيب الأحمال هذه .



الشكل (1) مخطط ترابط الحمولات المغلق وعليه دوران المحاور الإحداثية وفقاً للطريقة المقترحة  
النقطة  $P_1$  الموافقة لتركيب الحمولات الذي أهمل بالطريقة التقليدية أخذ بالحسبان بالطريقة المحسنة

## النتائج والمناقشة:

### صيغة المسألة بشكل أمثلي:

ليكن لدينا مقطع عرضي في جوائز أو لعنصر إطاري وللتعبير عن خواص المقطع تم استخدام الرموز التالية:  
(b) العرض ، (h) الارتفاع ، (d) الارتفاع الفعال و  $A_{S1}$  ,  $A_{S2}$  مساحات التسليح في منطقة الشد والضغط على التوالي ، (d = h - a) وتحدد a من شرطي المقاومة على الحريق والتآكل .  
إن الهدف هو تصميم أمثلي لأبعاد المقطع العرضي h , b والتسليح  $A_{S1}$  ,  $A_{S2}$  من أجل كل عناصر الإطار حيث إن التسليح قد حسب من أجل ثلاثة مقاطع لكل عنصر أي في وسط المجاز وطرفيه . هذه المتحولات الثمانية للمقطع العرضي، والتي تشير إلى العناصر المستقلة في الإطار تشكل عامل التصميم s . ولأسباب هندسية عملية فقد تم افتراض نفس العرض (b) لجميع عناصر الإطار . وبافتراض F تابع الكلفة الكلية للإطار [5] .

$$F(s) = c_c b \sum_{i=1}^{NE} h_i l_i + c_s \sum_{i=1}^{NE} (A_{S1} + A_{S2})_i l_i + c_c \left( \sum_{i=1}^{NE} (A_{S1} + A_{S2})_i l_i + 0,35 (A_{S1}^L + A_{S2}^L + A_{S1}^r + A_{S2}^r) l_i \right) + c_f \sum_{i=1}^{NC} 2(b + h_i) l_i + c_f \sum_{i=1}^{NC} (b + 2h_i) l_i \quad (2)$$

حيث :  $c_c$  : واحدة الكلفة للبيتون

$c_s$  : واحدة الكلفة للفلواز

$c_f$  : واحدة الكلفة للقوالب

الدالات العلوية  $r, l$  تشير إلى المسند الأيسر والأيمن على الترتيب

يتم الوصول إلى المتراجحة التي تصف حالة الحدود القصوى باستخدام منحنيات الترابط  $\Phi(M, N) = 0$  المحسوبة من أجل قيمة حقيقية للمتغير التصميمي  $S$  ولجميع عناصر وهي على الشكل :

$$\Phi(M, N) \leq 0 \quad (3)$$

$M$  - عزم الانعطاف

$N$  - القوة المحورية

العلاقات المكونة من أجل البيتون  $\sigma = f(\varepsilon)$  ممثلة بقطع مكافئ من الدرجة الثانية ، و بعلاقة ثنائية خطية (مرنة-لدنة) للفلوآذ ، وتتبع قيم  $(M, N)$  التحليل بواسطة العناصر المحدودة . وعندما يتزايد عزم الانعطاف في الأعمدة فإنه يسمح بظهور لا مركزيات عرضية والتي تُفترض كقيم محددة (ثابت) ، و اعتبر التوازن على شكل متراجحة تأخذ الشكل التالي :

$$(N_{sd})_i \leq \beta(N_{crit})_i \quad \text{من أجل } i=1,2,3\dots \quad (4)$$

حيث :

$NC$  - عدد الأعمدة

$N_{crit}$  - القوة الحرجة

$\beta$  - عامل يعطى من قبل المصمم  $\beta = 0,8$

وضعت المتراجحات اللاحقة لتحديد الإجهادات الضاغطة الرئيسية في البيتون الناتجة عن قوة القص . لهذا

حددت قوة القص في برنامج الحاسوب بـ  $0.25bdf_{cd}$

طريقة حالات حدود الاستثمار تحققت بإدخال متراجحات الانتقالات للجوائز و متراجحات عرض الشقوق في الجوائز والأعمدة . وقد قُرئت الانتقالات الناتجة عن الانعطاف بضرب الانتقالات المرنة الناتجة عن تحليل العناصر المحددة بعامل الصلابة

$$a = a_{elastic} \frac{EI}{B} \quad (5)$$

حيث تشير  $B$  إلى صلابة العنصر البيتوني المسلح في حالة التشقق .

تعطى متراجحات الشقوق في مقطع وسط مجاز أو في مقطعين قرب المساند للجوائز أو قرب العقد في الإطار

حيث تحدد القيم الحدية من قبل المصمم .

المتراجحات التالية لها شكل هندسي و حددت نسب التسليح بالعلاقات 6 → 8 :

$$\frac{(A_{s1})_i}{bd_i} \geq \rho_{\min} \quad \text{من أجل } i = 1, 2, \dots, NE \quad (6)$$

$$\frac{(A_{s2})_i}{bd_i} \geq \rho_{\min} \quad \text{من أجل } i = 1, 2, \dots, NE \quad (7)$$

$$\frac{(A_{s1})_i + (A_{s2})_i}{bd_i} \leq \rho_{\max} \quad \text{من أجل } i = 1, 2, \dots, NE \quad (8)$$

بحيث يكون عدد العناصر  $NE = NC + NB$

من البديهي أن تحدد نسبة عوامل صلابة العناصر الإنشائية المتصلة مع بعضها البعض بعقدة واحدة في إطار ولذلك نفرض أن :

$$\left[ \left( \frac{k EI}{1} \right)_{\max} \right] \leq 7 \quad \text{من أجل} \quad i = 1, 2, \dots, NJ \quad (9)$$

$$\left[ \left( \frac{k EI}{1} \right)_{\min} \right]_i$$

حيث :

$NJ$  - عدد العقد

$K=4$  للعناصر الموثوقة من الطرفين

$K=3$  للعناصر الموثوقة من طرف والتمفصلة من الطرف الآخر

لم يؤخذ تسليح القص والفتل بالحسبان ، وتحدد المقاطع العرضية بالمتراجحات التالية :

$$1.0 \leq \frac{h_i}{b} \leq 3,5 \quad \text{من أجل} \quad i = 1, 2, \dots, NDV \quad (10)$$

$$\frac{l_{0,i}}{h_i} \leq 30 \quad \text{من أجل} \quad i = 1, 2, \dots, NC \quad (11)$$

حيث :

$NDV$  - عدد متغيرات التصميم

$NC$  - عدد الأعمدة

### حل المسألة:

تمت دراسة حمولة الرياح والنلج والحمولات الحية على كل مجاز للجوائز كحمولات مستقلة ، ووجدت حالات التحميل الهامة من بين العدد الكلي لتراكيب الأحمال المحتملة باستخدام الإجراء المبين في الجزء الثاني .  
حلل الجائر البسيط بطريقة العناصر المحدودة ، ولإيجاد الأمثلية قُسم شعاع متغيرات التصميم إلى قسمين :

- أبعاد المقطع العرضي  $s^1[b, h_i]$

- التسليح  $s^2 = [(A_{S1})_i, (A_{S2})_i]$

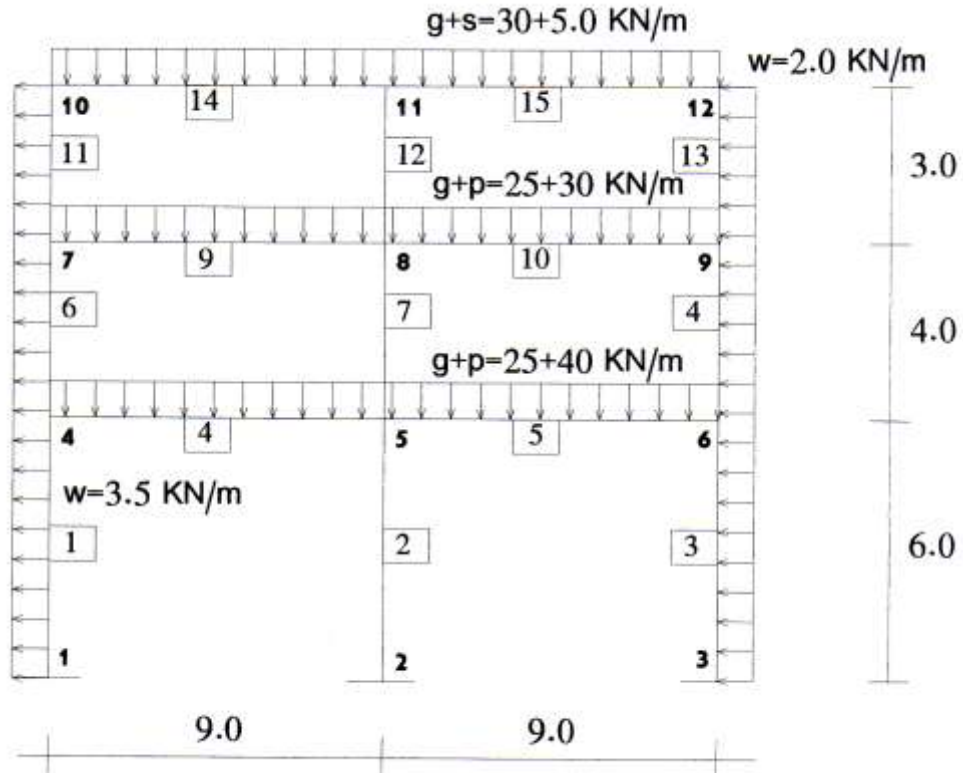
يمكن حساب التسليح الأصغري كمسألة فرعية من أجل قيم محددة لـ  $b, h$  و  $M, N$ . وبالتالي نجد في كل خطوة مكررة الشعاع  $s^1$  وذلك باستخدام طريقة الاتجاه الخطي للبرمجة اللاخطية المترافقة مع طريقة العناصر المحدودة . في حين يحسب الشعاع  $s^2$  لتصغير  $(A_{S1})_i + (A_{S2})_i$  بشكل منفصل من أجل كل مقطع عرضي .  
إن المسألة المصاغة أعلاه عبارة عن مسألة أمثلية من الشكل المستمر بحيث نوجد التصميم الأمثلي باستخدام البرمجة اللاخطية . بينما في الهندسة العملية تستخدم حالات منفصلة من التسليح والأبعاد  $b, h$  في المرحلة الراهنة للدراسة تدرس أبعاد المقطع العرضي البيتوني لكل عناصر المنشأ كمتغيرات مجزأة فقط. في حين حسبت نسب التسليح كمتغيرات مستمرة . وهذا الحل الأمثلي المجزأ /المستمر يتبع الخطوات التالية :

1- إيجاد التصميم الأمثلي من الشكل المستمر  $(b, h, A_{S1}, A_{S2})$  . وقيمة تابع الكلفة هو الحد الأدنى للحل الجزأ .

2- استخدام طريقة البحث في مجموعة جزئية محددة بالمنطقة المجاورة للتصميم الأمثلي من النوع المستمر ومحددة أيضاً بتلك التصاميم الجزئية حيث تابع الكلفة لا يقل عن الحد الأدنى أعلاه .

مثال عددي:

أوجد أبعاد المقطع العرضي ونسب التسليح للإطار المبين بالشكل (2) حيث : البيتون C15/20 ،  
 $f_{yd} = 350 MP_A$  ،  $f'_c = 14,3 MP_a$  ، الفولاذ A-III وواحد الكلفة  
 $C_c = 140 SL/m^3$  ،  $C_s = 1,20 SL/kg$  ،  $C_f = 0,0$  . صمم الإطار من أجل الحمولات التالية :  
 (1) حمولات ميتة g ، (2) حمولة الثلج s ، (3) حمولة رياح w بالاتجاه الأيمن ، (4) حمولة رياح w بالاتجاه الأيسر ، من (5) إلى (8) الحمولات الحية p على كل مجاز من الجوائز .



الشكل (2) إطار بيتوني بفتحتين من ثلاث طوابق



الجدول (1) الارتفاعات  $h$  ونسب التسليح الأمثلية بتطبيق الإجراء التقليدي لإيجاد تراكيب الأحمال في الحالة المستمرة

الرقم	الأبعاد المتغيرة للتصميم $b = const = 0,30m$	عدد العناصر	$h$ [m]	نسب التسليح		تابع الكلفة $F(S.P)$
				الشد [%]	الضغط [%]	
1	$h_1 = h_2 = h_3 = h_6 =$ $h_7 = h_8 = h_{11} = h_{12} =$ $h_{13}$	1	0.41	0.33	0.82	4170.63
		2		0.83	0.83	
		3		0.33	0.82	
		6		0.91	0.71	
		7		0.43	0.43	
		8		0.91	0.71	
		11		0.87	1.31	
		12		0.25	0.25	
		13		0.87	1.31	
2	$h_4 = h_5$	4	0.73	0.00-0.00-0.00	0.60-1.75-1.50	
		5		0.00-0.00-0.00	1.50-0.75-0.60	
3	$h_9 = h_{10}$	9	0.62	0.00-0.00-0.00	0.97-0.75-4.52	
		10		0.00-0.00-0.00	1.52-0.75-0.97	
4	$h_{14} = h_{15}$	14	0.49	0.00-0.00-0.00	0.87-0.73-1.57	
		15		0.00-0.00-0.00	1.57-0.73-0.87	

الجدول (2) الارتفاعات  $h$  ونسب التسليح الأمثلية بتطبيق الإجراء التقليدي لإيجاد تراكيب الأحمال في الحالة المجزأة

الرقم	الأبعاد المتغيرة للتصميم $b = const = 0,30m$	عدد العناصر	$h$ [m]	نسب التسليح		تابع الكلفة $F(S.P)$
				الشد [%]	الضغط [%]	
1	$h_1 = h_2 = h_3 = h_6 =$ $h_7 = h_8 = h_{11} = h_{12} =$ $h_{13}$	1	0.40	0.40	0.90	4317.59
		2		0.95	0.95	
		3		0.40	0.9	
		6		0.98	0.77	
		7		0.48	0.48	
		8		0.98	0.77	
		11		1.17	1.15	
		12		0.29	0.29	
		13		1.17	1.15	
2	$h_4 = h_5$	4	0.70	0.00-0.00-0.00	0.66-0.82-1.69	
		5		0.00-0.00-0.00	1.69-0.82-0.66	
3	$h_9 = h_{10}$	9	0.60	0.00-0.00-0.00	1.05-0.81-1.76	
		10		0.00-0.00-0.00	1.76-0.81-1.05	
4	$h_{14} = h_{15}$	14	0.50	0.00-0.00-0.00	0.83-0.70-1.50	
		15		0.00-0.00-0.00	1.50-0.70-0.83	

الجدول (3) الارتفاعات  $h$  ونسب التسليح الأمثلية بتطبيق الإجراء المحسن لإيجاد تراكيب الأحمال في الحالة المستمرة

الرقم	الأبعاد المتغيرة للتصميم $b = const = 0,30m$	عدد العناصر	$h$ [m]	نسب التسليح		تابع الكلفة $F(S.P)$	
				الشد [%]	الضغط [%]		
1	$h_1 = h_2 = h_3 = h_6 =$ $h_7 = h_8 = h_{11} = h_{12} =$ $h_{13}$	1	0.41	0.33	0.18	4215.89	
				2	0.84		0.84
				3	0.33		0.81
				6	0.99		0.78
				7	0.42		0.42
				8	0.99		0.78
				11	1.15		1.12
				12	0.28		0.28
		13		1.15	1.12		
2	$h_4 = h_5$	4	0.72	0.00-0.00-0.00	0.62-0.78-1.15		
		5		0.00-0.00-0.00	1.15-0.78-0.62		
3	$h_9 = h_{10}$	9	0.62	0.00-0.00-0.00	1.99-0.76-1.56		
		10		0.00-0.00-0.00	1.56-0.76-0.99		
4	$h_{14} = h_{15}$	14	0.51	0.00-0.00-0.00	0.82-0.70-1.51		
		15		0.00-0.00-0.00	1.15-0.70-0.82		

الجدول (4) الارتفاعات  $h$  ونسب التسليح الأمثلية بتطبيق الإجراء المحسن لإيجاد تراكيب الأحمال في الحالة المجزأة

الرقم	الأبعاد المتغيرة للتصميم $b = const = 0,30m$	عدد العناصر	$h$ [m]	نسب التسليح		تابع الكلفة $F(S.P)$	
				الشد [%]	الضغط [%]		
1	$h_1 = h_2 = h_3 = h_6 =$ $h_7 = h_8 = h_{11} = h_{12} =$ $h_{13}$	1	0.40	0.44	0.95	4243.67	
				2	0.95		0.95
				3	0.44		0.95
				6	1.02		0.81
				7	0.49		0.49
				8	1.02		0.81
				11	1.18		1.17
				12	0.30		0.30
		13		1.08	1.17		
2	$h_4 = h_5$	4	0.70	0.00-0.00-0.00	0.66-0.82-1.69		
		5		0.00-0.00-0.00	1.69-0.82-0.66		
3	$h_9 = h_{10}$	9	0.60	0.00-0.00-0.00	1.06-0.81-1.77		
		10		0.00-0.00-0.00	1.77-0.81-1.06		
4	$h_{14} = h_{15}$	14	0.50	0.00-0.00-0.00	0.83-0.70-1.51		
		15		0.00-0.00-0.00	1.51-0.70-0.83		

النتائج الأمثلية التي تم الحصول عليها في الجدولين (1،2) اتبعت فيها الطريقة التقليدية لإيجاد تراكب الأحمال ، حيث رتبنت نتائج الطريقة المجزأة في الجدول (2) بتدوير نتائج المقاطع العرضية للبيتون ، أما النتائج التي تم الحصول عليها نتيجة استخدام الطريقة المحسنة لإيجاد تراكيب الأحمال الهامة فقد رتبنت في الجدول (3، 4).

مما سبق نلاحظ أن نسب التسليح المحسوبة في الجدولين 3 و 4 أعلى من النسب التي تم الحصول عليها في الجدولين 1 و 2 . وهذا يثبت حقيقة أن الطريقة التقليدية لإيجاد تراكيب الأحمال تهمل تركيب أحمال هام موضع في النقطة  $P_1$  في الشكل (1) . وهذا المثال يبرهن أن الطريقة التقليدية يمكن أن ينتج عنها تصاميم غير آمنة .

### الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال ما تقدم نستطيع أن نستخلص النتائج التالية:

1-7 الطريقة التقليدية لإيجاد تراكب القوى تهمل إحدى التراكيب الهامة، و هذا موضع في النقطة  $P_1$  في الشكل (1)

2-7 نسب التسليح التي حصلنا عليها في الطريقة التقليدية و المبينة في الجدولين (1،2) أقل من النسب الخاصة التي حصلنا عليها في الطريقة المعدلة و المبينة في الجدولين (3،4) و بالتالي يمكن القول إن الطريقة التقليدية تقدم تصميماً غير آمن .

3-7 الطريقة المقترحة المقدمة في هذا البحث خفتت من الأخطاء الكامنة في الطريقة التقليدية و أعطت نتائج صحيحة.

## المراجع:

- 1-KLEIBER, M. *Shape and non-shape structural sensitivity analysis for problems with any material and kinematic non-linearity . Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* , 1993, 37-97 .
- 2-GRIERSON,D.E ; MOHARRAMI,H. *Design optimization of r.c building frame-works. Optimization of large struct.systems* , 1999, 883-896.
- 3-KARIHALOO,B.L ; KANAGASUNDARAM,S. *Optimum design of r.c.members by nonlinear programming . Optim. Of large struct. Sys.,1998, 897-926 .*
- 4-BOOZ,W. *Zweistufenoptimierung von Stahlbetontragwerken mit hilfe der sequentiellen quadratischen Program.Diss. am Fachberiech Bauwesen,Univ.Essen,1985.*
- 5-GUTOWSKI,W. IWANOW,Z. BAUER,J. *Minimum weight design of space frames from a catalogue.Membranes and Space Frames, Proc. Symp. IASS,Elsevier, Amsterdam,3, 1986 , 229-236.*
- 6-KANAGASUNDARAM,S.; KARIHALOO,B.L. *Minimum cost design of reinforced concrete structur Struct.Optim.2,1999, 173-184.*
- 7-KLOWAN,E.; SULIMOWSI,Z. *Significatin sets of cross-sectional forces xxv Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB , Krynica.1980, 229-235*
- 8-CZARNECKI,W. *Dimensioning of r.c sections subjected to multiple load sets, Archives of Civil Engineering ,11-12,1982, 325-328*
- 9-KIRSCH,U. *Multilevel optimal design of r.c structures. Optim . Met. In Struct. Design,Euromech,164,1985, 156-161.*
- 10-KARIHALOO,B.L; KANAGASUNDARAM,S. *Minimum cost design of plane stryctural frames by non-linear programming . Optimization of large stryctural systems,1996, 927-950.*
- 11-ADAMU,A.;KARIHALOO.B.L;ROZVANY,G.I.N. *Minimum cost design of r.c beams usingcontinuum-type optimality criteria. Optim.7,1995,pp,91-102*
- 12-KARIHALOO,B.L;ADAMU,A. *Minimum cost design of r.c DCOC method. Part,I,and II Struct.Optim.10,1,1995, 16-39.*
- 13-POSTEK,E.; KLEIBER,M. *Design sensitivity of r.c plate/shell structur,12<sup>th</sup> Polish Conference on Comp. Methods in Mech.1995.*
- 14-GLEMA,A.;GARSTESKI,A. *Optimal design of r. c beams and frames, Computer Assisted Mech. And Eng. Sciences, Poznan,3,2995,223-231*