تقييم حالة المطارات السورية بوضعها الحالي

الملخص:

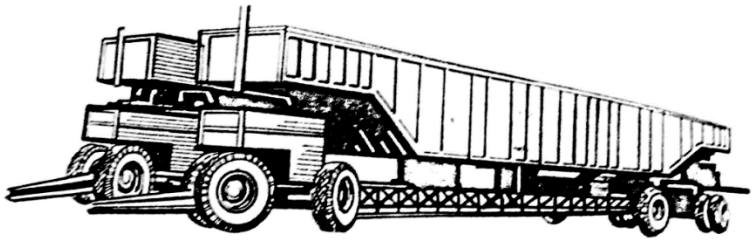
يهدف هذا البحث إلى تحديد وضع آلية علمية للكشف عن الوضع الراهن لمهابط الطيران في القطر العربي السوري، بغرض الكشف المستمر عن حالة طبقات الرصف ومعرفة مدى الحاجة إلى إجراء صيانة وإصلاح في أجزاء المهبط كافة، وذلك عن طريق قياس قيم الهبوطات في النقاط المختلفة في الرصف، ويجرى هذا القياس بواسطة عربات اختبار متخصصة في ذلك. وفي النهاية، يتم رفع النتائج ومن خلالها بالتالي تصنيف المهبط برقم تصنيف PCN حسب المواصفات العالمية لتصنيف مهابط الطيران لدى المنظمة العالمية للطيران المدني ICAO.

المقدمة:

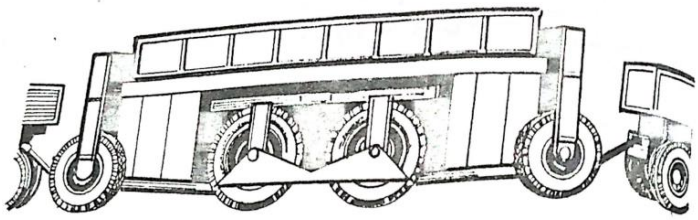
من خلال اهتمامنا بالبنية التحتية للطرق والمطارات في سوريا في الفترة الحالية لإعادة تأهيل المنشآت وإعادة الإعمار التي تمر بها البلاد، فقد ظهرت حاجة ملحة قبل وضع المطارات السورية في الخدمة إلى الكشف المستمر عن حالتها خلال المرحلة الراهنة وفي المستقبل على فترات متباعدة قد تصل إلى ١٠ سنوات، وذلك لتسليط الضوء على الحالة الإنشائية للرصف من عيوب وتطور في التشققات والقيم المتزايدة للهبوطات والتي تحصل خلال العمر التصميمي للرصف تحت ظروف الاستثمار.

إن تهيئة وإعادة تأهيل المطارات بشكل تقني صحيح يخدم الأهداف والرؤية الاقتصادية والوطنية للدولة والتي تقع على عاتق المهندسين السوريين من خلال عملهم في خدمة بلدهم وأداء دورهم المحوري في إعادة الإعمار.

قبل البدء بأية تقوية أو حتى تصنيف يجب اكتشاف واختبار الواقع الراهن للمهبط، ويتم ذلك بعدة طرق منها: عمليات السبر لمعرفة واقع كل طبقة على حدى، ومنها يعتمد على قياس الهبوط في عدد من النقاط على المهبط باستخدام عربات خاصة كالمبينة بالأشكال التالية:



عربة الاختبار الستاتيكي للمهبط.



عربة اختبار المهبط من خلال حمولات متكررة.

حيث تم تحميل العربة ومن ثم قياس الهبوط النهائي بعد التحميل، كما يتم قياس الهبوط قبل التحميل في عدد من النقاط المتناظرة بالنسبة للمحور حيث يتوقع مرور المحور الأساسي للطائرات باستمرار.

2- تقييم المهابط ذات طبقات الرصف المرنة:

-2- لمحة نظرية:

يمكن بهذه الطريقة تقييم معامل المرونة E_c^{wf} المكافئ لكافة الطبقات الموجودة بما فيها الأرض الطبيعية عن طريق الدولاب المحمل، الذي يحسب من العلاقة التالية:

$$E_c^{wt} = \frac{091.(q-q_1).Dwt}{(wmt-wmt_1).K_v-K_t}.K_c.K_q$$

حيث: q_1: التحميل الأولي للعربة (غالباً ما تكون q=0)

تحسب qمن العلاقة التالية:

$$q = \frac{4.p_{max}}{\pi.D_{wt}^2}$$

حيث:

- D_{wt}: قطر دولاب التجربة أو قطر سطح التماس مع الغطاء
- K: عامل الفصل الذي يتم إجراء التجربة فيه، حيث يؤخذ في الصيف $K_c = 0.68$، وفي الخريف من أجل الغضار $K_c = 0.85$ من أجل بقية الترب $K_c = 0.9$
- K_q: ثابت ثقل الحمولة على الغطاء، يؤخذ من أجل المهابط المرنة: $K_q = 0.6$
- w_{mt} : w_{mt1} : وسطي لهبوط من أجل التحميل الأولي والأخير وعادة: $w_{mt1} = 0$
- K_v: ثابت يؤخذ بعين الاعتبار التوزع العشوائي لنقاط الاختبار ويحسب من العلاقة:

$$K_v = 1 + pv$$

v : ثابت فارياتسي ويحسب من العلاقة:

$$v = \frac{1}{w_{mt}}.\sqrt{\frac{\sum_1^n (w_{mt}-w_i)^2}{n-1}}$$

حيث:

w_i : الهبوط في النقطة *I*

w_{mt} : الهبوط الوسطي لكامل النقاط ويحسب من العلاقة:

$$w_{mt} = \frac{1}{n}.\sum_{i=1}^n w_i$$

- *n*: عدد النقاط المقاس فيها الهبوط
- *p*: ثابت الانحراف ويأخذ القيم التالية:

(n=10 ⇨ p=1.10)
(n=15 ⇨ p=1.08)
(n≥20 ⇨ p=1.06)

- K_t: ثابت الهبوط المقاس في درجة الحرارة t_1 (مقارنة بالدرجة *10°*)

من أجل سماكة إسفلت *9-20cm* ⟵ $K_t = 0.60 - 0.75$

من أجل *20°* ⟵ $K_t = 0.45 - 0.62$

من أجل *40°* ⟵ $K_t = 0.40 - 0.45$

يتم حساب معامل المرونة من العلاقة: $E_{e1} = \frac{E_e^{wt}.D_{wt}}{D_e}$

حيث D_{wt} قطر دولاب التجربة

E_e^{wt} : معامل المرونة المكافئ للطبقات الموجودة والناتج من دولاب التجربة *P*

D_e : القطر المكافئ لدواليب الطائرة التصميمية

E_{e1} : معامل المرونة المكافئ لطبقات الرصف الموجودة بالنسبة للطائرة التصميمية

نقارن هذا المعامل مع معامل المرونة المكافئ لطبقات التغطية الحسابية اللازمة لتحمل الطائرة التصميمية وليكن E_{e2}

المطار	K_e	K_q		K_t			K_v				$K=\frac{K_e \cdot K_q}{K_v \cdot K_t}$
		نوع الرصف	K_q	C^o	T [cm]	K_t	n	ρ	ν	K_v	
حلب	0.68	F	0.6	20	30	0.775	44	1.06	0.333	1.353	0.389
اللاذقية					20	0.62	32		0.238	1.252	0.543
القامشلي					7	0.42	38		0.136	1.145	0.848

$E_{e1} > E_{e2}$ لا داعي لتقوية المهبط

$E_{e1} < E_{e2}$ ⟵ المهبط بحاجة إلى تقوية

-2-2- تقييم المطارات السورية في وضعها الراهن:

الخطوة الأولى:

تحديد الثوابت اللازمة للحساب:

* اعتمدنا في التقييم تقرير شركة ***BOING*** لحساب الهبوطات على مدارج المطارات السورية حيث جرت اختبارات الهبوط في صيف عام *1995* لذا أخذ عامل الفصل K_e الموافق لفصل الصيف

* وباعتبار تتم دراسة المهابط المرنة أخذ ثابت نقل الحمولة إلى الغطاء الموافق لهذه المهابط.

* وتم حساب الثابت *K0* الذي يأخذ بعين الاعتبار التوزع العشوائي لنقاط الاختبار فمثلا لمطار اللاذقية كانت الحسابات كالتالي:

- عدد النقاط المقاس فيها الهبوط *n=32*
- الهبوط الوسطي لكامل النقاط $\omega_{av} = 0.031\ inch$
- الهبوط في كل نقطة ω_1 موضحة بالجداول لاحقا

- وبالتالي يحسب ثابت فاريستي من العلاقة:

$$v = \frac{1}{\omega_{mt}} = \sqrt{\frac{\sum(\omega_{mt}-\omega_i)^2}{n-1}} = \frac{1}{0.031}.\sqrt{\frac{0.001692}{32-1}} = 0.238$$

- وباعتبار $n > 20$ ⟸ ثابت الانحراف *p=1.06* وبالنتيجة يكون الثابت K_v

$$K_v = 1 + p.v$$

- أما ثابت الهبوط فحدد في درجة حرارة ***20°*** وحسب سماكة الاسفلت لكل مطار، وقيم هذه الثوابت محدد ضمن الجدول أدناه

الخطوة الثانية:

تحديد معامل المرونة المكافئ لطبقات التغطية الحسابية: اللازمة لتحمل الطائرة التصميمية E_{e2} ويتم وفق المراحل التالية:

1- تحديد قطر سطح تماس دولاب طائرة التجربة مع الغطاء:

$$D = 2.\sqrt{\frac{Pe}{\pi.q}}$$

حيث:

Pe: حمولة الدولاب المفرد المكافئة *[Kg]*

q: ضغط النفخ $[Kg/cm^2]$

ونحصل عليهما من جدول مواصفات الطائرات ومن مخطط إيجاد الحمولة المكافئة (وقد تم شرح كيفية رسم المخطط سابقاً)

2- تحديد معامل المرونة الوسطي Ec :

حيث:

$h_1, h_2, \ldots$: سماكة الطبقات $[cm]$

$E_1, E_2, \ldots$: عامل المرونة لكل طبقة من الطبقات $[Kg/cm^2]$

وتؤخذ من المواصفات الهندسية للمهبط

3- من مخطط إيجاد عامل المرونة المكافئ، بدلالة النسب $\frac{E_0}{E_c}, \frac{H}{D}$ نحصل على E_{e2} حيث:

H: مجموع سماكات الطبقات

E_0 : معامل مرونة الطابق الترابي

الخطوة الثالثة:

تحديد معامل المرونة E_e^{wt} المكافئ لكل الطبقات الموجودة: بما فيها الأرض الطبيعية عن طريق الدولاب المحمل:

$$E_e^{wt} = \frac{0.91.(q-q_1).D}{(\omega_{mt}-\omega_{mt1})}$$

الخطوة الرابعة: **المقارنة:**

وفقاً للطريقة النظرية المشروحة سابقاً $E_e^{\omega t} = E_{e1}$ جرى الاختبار بالطائرة

نقارن بين القيمتين:

$E_{e1} > E_{e2}$ المهبط محقق

$E_{e1} < E_{e2}$ المهبط غير محقق

الحسابات والتحقيقات موضحة بالجدول أدناه وعلى سبيل المثال تم دراسة مطار حلب تفصيلياً:

تقييم مطار حلب الدولي:

تم اختبار الهبوطات لتقييم حالة المدرج الحالية بطائرة تجريبية من النموذج *B727-200* مواصفاتها:

نموذج *B727-200*	
59330[Kg]	الحمولة الكلية P_{max}
48.4%	نسبة المجموعة الرئيسية
28718[Kg]	حمولة المجموعة الرئيسية P_q
14359[Kg]	حمولة الدولاب المفرد P_k
9.5Kg/cm²	ضغط النفخ q

الحسابات:

- تحديد الحمولة المكافئة لتأثير المجموعة P_e:

على مقياس لوغاريتمي *(log H, log P_e)* نحدد النقطتين اللتين إحداثياتهما $(2a_s, P_0)$ و *(a/2,P_k)*

حيث:

$$a = a_t = 2.\sqrt{\frac{P_k}{1.4.\pi.q}} = 86 - 2.\sqrt{\frac{14359}{1.4.\pi.9.5}} = 48.92$$

$$H \leq \frac{a}{2} = 24.46cm \Rightarrow P_e = P_K = 14359[Kg]$$

$$H \geq 2.a_s = 172cm \Rightarrow P_e = P_0 = 28718\ [Kg]$$

- انطلاقاً من سماكة الرصف $H=85[cm]$ ومن مخطط الحمولة المكافئة أدناه توجد $P_e = 22.5t$
- قطر سطح تماس دولاب طائرة التجربة:

$D=2.\sqrt{\frac{22500}{\pi.9.5}}$

- معامل المرونة الوسطي لطبقات الرصف:

$$E_c = \frac{30.7733+45.3515+10.1406}{85} = 4756Kg/cm^2$$

- ندخل إلى مخطط حساب عامل المرونة المكافئ بدلالة النسب التالية:

$$\frac{E_0}{E_c} = \frac{411}{4756} = 0.086$$

$$\frac{H}{D} = \frac{85}{54.92} = 1.55$$

من المخطط نجد $\frac{E_{e2}}{E_c} = 0.43$ $\Leftarrow$ $E_{e2} = 2045.1\ kg/cm^2$

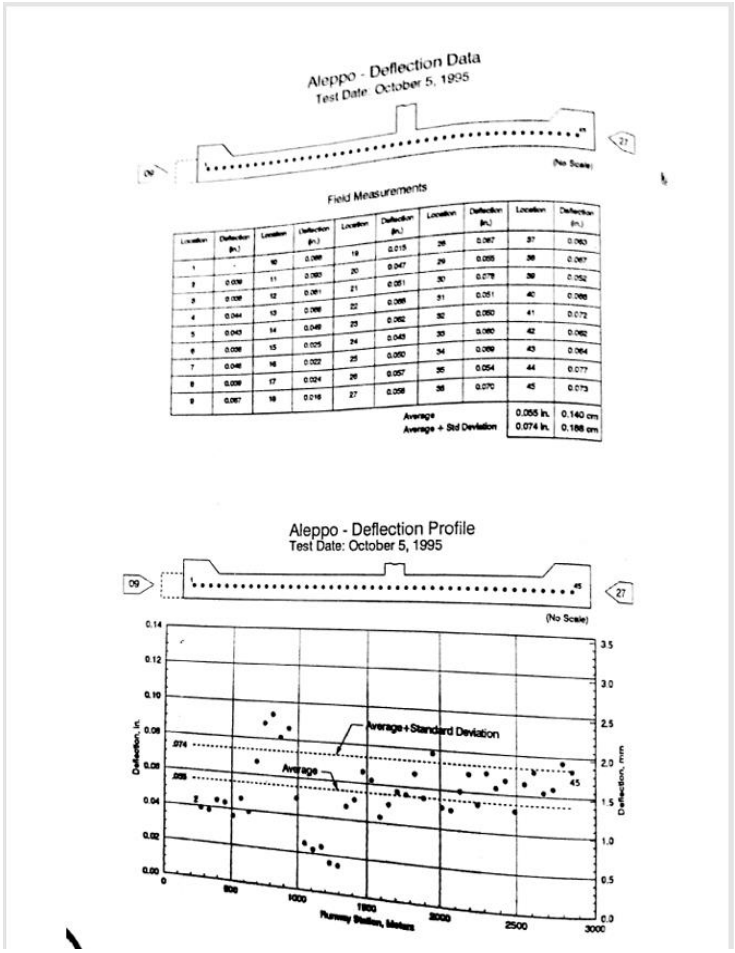
- نحدد عامل المرونة المكافئ لكامل الطبقات الموجودة بما فيها الأرض الطبيعية وسنأخذ $q_1 = 0$، $w_{av} = 0$ لجميع المهابط:

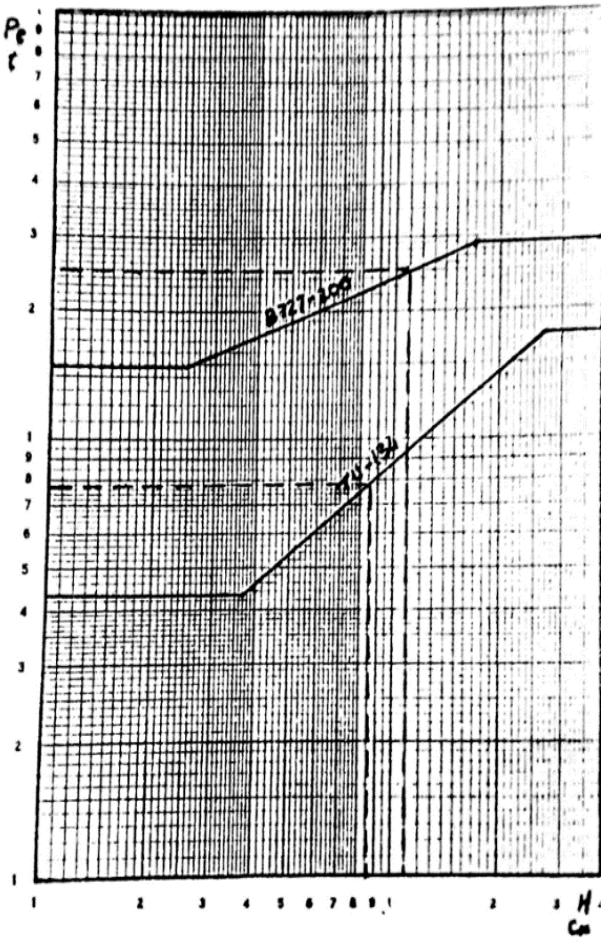
$$E_{e1} = \frac{0.91.(9.5-0).54.92}{(0.14-0)}.0.389 = 1319.22Kg/cm^2$$

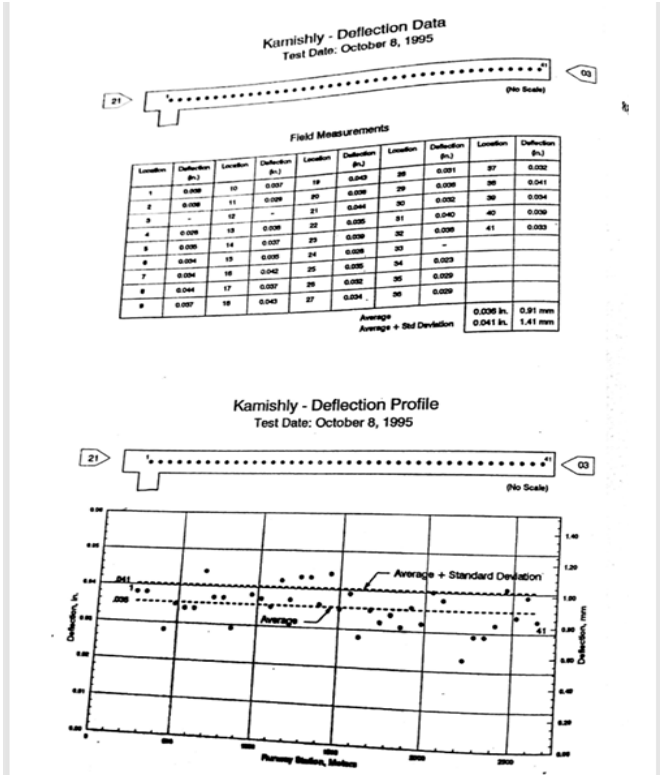
- نجري التقييم:

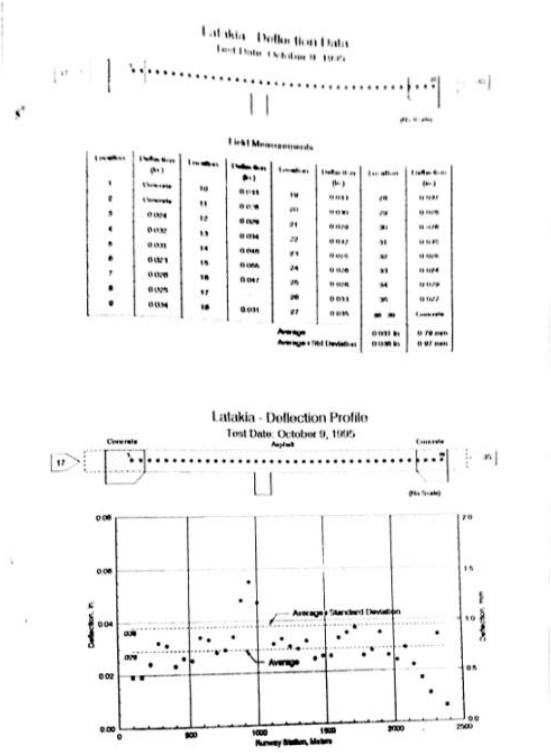
نلاحظ أن: $E_{e2} < E_{e1}$ والمهبط غير محقق

المهبط	تحديد معامل المرونة E_{e2}								تحديد معامل المرونة E_{e1}			التحقيق
	طائرة الاختبار					قطر سطح التماس						
	النموذج	q Kg/cm^2	E_0 Kg/cm^2	H Cm	E_c Kg/cm^2	Pe t	D Cm	E_{e2} Kg/cm^2	K	ω_{av} cm	Kg	
حلب	B727-200	12.5	411	85	4756	22.5	54.92	2045.1	0.389	0.14	1319.2	No
اللاذقية			455	110	5234	25.0	50.46	2564.7	0.543	0.079	3945.2	OK
القامشلي	Tu134	9.5	436	86.5	4254.7	7.5	31.7	2212.4	0.848	0.091	2553.7	OK









-3- تقييم المهابط ذات طبقات الرصف الصلبة:

-1-3- الطريقة الأمريكية:

-1-1-3- مقدمة:

سنعتمد في التقييم على طريقة ويستر غارد *Westergard Method*

يعتبر البروفيسور ويستر غارد عميد كلية الهندسة سابقاً بجامعة هارفرد في الولايات المتحدة الأمريكية هو السابق في دراسة الحلول النظرية لتصميم الرصف الصلب. إن فرضية ويسترغارد تتلخص بأن بلاطة الرصف الصلب عبارة عن صفيحة مرنة رقيقة *(Thm Elastic Plate)* تستند على تربة المسار التي هي بدورها عبارة عن مجموعة لا منتهية من النوابض الشاقولية الموزعة بانتظام أسفل البلاطة وإن الانتقال الشاقولي *(w)* لأي نقطة من البلاطة يتناسب مع الضغط الشاقولي المطبق *(v)*أي: $V=K.V$

حيث ثابت التناسب K هو عامل رد فعل التربة

إن فرضية ويستر غارد هذه لا تتوافق بشكل جيد مع الحقيقة، ولكن تتميز بأنها تقود إلى عمليات حسابية نسبياً سهلة.

إن المعادلة العامة لتشوه البلاطة هي معادلة لاغرانج للصفائح الرقيقة أي:

$$\nabla^4 w = \frac{1-V^2}{E.I} K.W$$

بالاعتماد على شروط فإنه يمكن حل المعادلة التفاضلية وتحديد التابع *(W)* والعزوم والإجهادات الفعالة وذلك من خلال المعادلات المعروفة في مقاومة المواد:

من أجل الحمولة: $M = EI.\frac{d2y}{dx^2}$

من أجل البلاطات: $M = D.\frac{\partial 2\omega}{dx^2}$

$$\partial = \frac{M.h/2}{h^3/12} = \frac{6.M}{h^2}$$

حيث في هذه المعادلات:

M: عزم الانعطاف

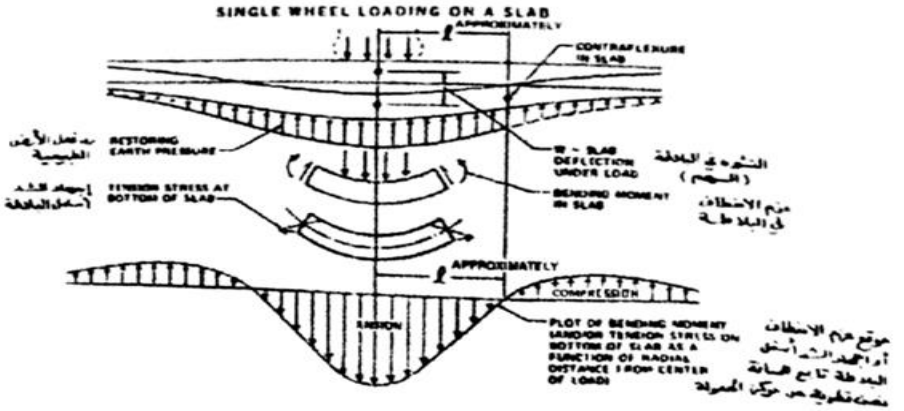
D: القساوة النسبية للبلاطة $D=\frac{Eh^3}{12.(1-v^2)}$

E: عامل صلابة البلاطة

V: عامل بواسون للبلاطة

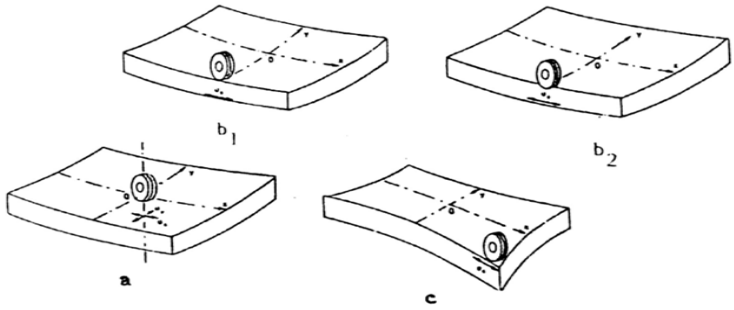
h: سماكة البلاطة

لقد عرف ويسترغارد نصف قطر القساوة النسبية *(Radius of relative stiffens)* بأنه العلاقة بين القساوة النسبية للبلاطة *(D)* ، وعامل رد فعل التربة *(K)* ورمز له بـ *(l)* وقد تم استعمال هذا العامل من أجل حساب حمولة الإطار المعادل *(ESWL)* كما سنرى لاحقا



باعتبار أن الرصف الصلب يتعرض للتغيرات المناخية، وهذه بدورها تؤدي إلى تمدد أو تقلص طبقات الرصف لذلك فإن الطبقة السطحية أو البيتونية يتم إنشاؤها بشكل بلاطات محدودة الأبعاد، حيث يفصل بين هذه البلاطات فواصل تمدد وتقلص.

نظراً لأن أبعاد البلاطة محدودة فإن الإجهاد الأعظمي الناشئ عن مرور الحمولة الدورانية يتوقف على موقع هذه الحمولة من البلاطة. وقد أوجد ويستر غارد قيمة الإجهادات الأعظمية، وأسهم الانعطاف في البلاطة البيتونية لحالات التحميل الأساسية الثلاثة التالية:



a- حالة التحميل الأساسية *(Interior Loading)*: وهي عندما تكون الحمولة في وسط البلاطة تقريباً وبعيدة عن الأركان شكل *(a)*

b- حالة التحميل الطرفية *(Edge Loading)*: وهي عندما تكون الحمولة على أي طرف من الأطراف الأربعة للبلاطة شكل (b_1 وb_2) ونميز في حالة التحميل هذه وجود الحمولة بكاملها على طرف البلاطة الحالة(b_1) أو جزء من الحمولة على طرف البلاطة والجزء الآخر على البلاطة المجاورة (b_2)

c- حالة التحميل الركنية *(corner Loading)*: وهي عندما تكون الحمولة مطبقة على أي ركن من أركان البلاطة بحيث يكون طرفي الركن مماسة لسطح تماس التحميل شكل *(c)*

-2-1- العلاقات المستخدمة في الحساب:

1- الإجهادات الناتجة عن التحميل: (Flexural Stresses)

I- معادلة إجهاد الانعطاف لحالة التحميل الداخلية:

$$\sigma_1 = \frac{P}{h^2}[0.275.(1+v).239.(1-v).\frac{a-b}{a+b}]$$

II- معادلة إجهاد الانعطاف لحالة التحميل الطرفية:

$$\sigma_{e1} = \frac{2.2.(1+v).p}{(3+v).h^2}.\log[\frac{Eh^2}{100.K.(\frac{a+b}{2})^4}] + \frac{3.(1+v).p}{\pi.(3+v).h^2}[2.34 - 1.84.v + 1.18.(1+2v)\frac{b}{1}]$$

$$\sigma_{e2} = \frac{2.2.(1+v).p/2}{(3+v).h^2}.\log[\frac{Eh^2}{100.K.(\frac{a+b}{2})^4}] + \frac{3.(1+v).p}{\pi.(3+v).h^2}[3.84 - \frac{4}{3}.v + 0.5.(1+2v)\frac{b}{1}]$$

III- معادلة إجهاد الانعطاف لحالة التحميل الركنية:

$$\sigma_c = \frac{3p}{h^2}.[1 - \left(\frac{12.(1-v^2).K}{E.h^3}\right)^{0.3}.(\frac{a+b}{2}.\sqrt{2})^2$$

حيث:

P: حمولة الإطار المعادل بـ *[Kg]*

H: سماكة البلاطة بـ: *[Cm]*

V: عامل بواسون

E: عامل مرونة البيتون $[Kg/m^2]$

K: عامل رد فعل التربة $[Kg/m^2]$

a: نصف المحور الكبير للقطع الناقص الذي يرسمه دولاب الطائرة *[Cm]*

b: نصف المحور الصغير للقطع الناقص الذي يرسمه دولاب الطائرة *[Cm]*

2- إجهادات الالتواء: Warping Stresses

العلاقات المستخدمة:

a- في الجزء الداخلي من البلاطة:

$$\sigma_{\theta(i)} = \frac{E.e.\Delta\theta}{2}.[\frac{C_x+y.C_y}{1-v^2}]\ n$$

b- إجهاد الالتواء عند طرف البلاطة:

$$\sigma_{\theta(e)} = \frac{C_x.E.e.\Delta\theta}{2}$$

c- إجهادات الالتواء عند ركن البلاطة:

$$\sigma_{\theta(c)} = \frac{E.e.\Delta\theta}{3.(1+v)^2}.(\frac{a}{I})^{1/2}$$

σ_θ : إجهادات الالتواء $[Kg/cm^2]$

E: عامل مرونة $[Kg/cm^2]$

e: عامل التمدد الحراري للبيتون الاسمنتي لكل (درجة مئوية)

$\Delta\theta$: تفاضل درجة الحرارة بين السطح العلوي والسفلي للبلاط (درجة مئوية)

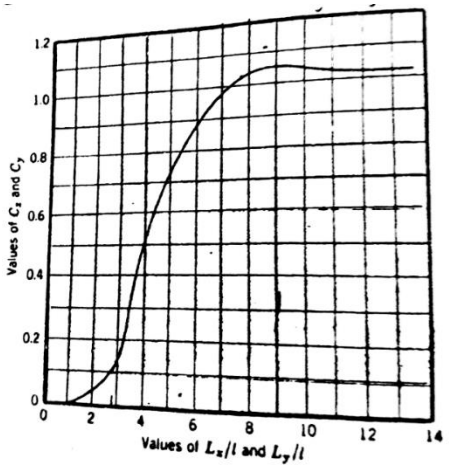
C_x :عامل النسبة (L_x, L) بالاتجاه المرغوب

C_y :عامل النسبة (L_x, L) بالاتجاه العمودي على الاتجاه المرغوب

y: عامل بواسون ويؤخذ عادة (0.5).

L_y, L_x : أبعاد البلاطة بالاتجاهين (y,x) (cm)

إن قيم العوامل C_y, C_x التابعة لإجهادات الالتواء تؤخذ من الشكل:



3-* إجهادات الاحتكاك: *frictional Stresses

$$\sigma_f = \frac{y_c.L.f}{2.10^{-4}}$$

σ_f : الاجهادات المتولدة في البلاطة والناتجة عن الاحتكاك $[Kg/cm^2]$

y_c : وزن واحدة الحجم للبلاطة البيتونية $(2400Kg/m^3)$

f: عامل الاحتكاك (*1.5* تقريباً)

L: طول البلاطة *[m]*

التجمع الحرج للإجهادات: *Critical combination of stresses*

a- أثناء الصيف:

التجمع الحرج للإجهادات =*[* الاجهاد الناتج عن التحميل (حالة تحميل داخلي أو طرقي) + إجهاد الالتواء – إجهاد الاحتكاك*]*

b- أثناء الشتاء:

التجمع الحرج للإجهادات = [الاجهاد الناتج عن التحميل (حالة تحميل داخلي أو طرفي – إجهاد الالتواء + إجهاد الإحتكاك]

c- التجمع الحرج للإجهادات= [الإجهاد الناتج عن التحميل (حالة تحميل ركنية)- (إجهاد الالتواء+ إجهاد الاحتكاك)]

3-1-3- حسابات المهابط السورية الصلبة:

مطار دمشق الدولي: المهبط القصير:

المعطيات:

h=36cm *K= 62MN/m^3* *v= 0.15* *q=13.2Kg/m^2*

P= 68867Kg *N=4* دواليب *E= 351535Kg/cm^2* *A= 1303cm^2*

S= 110cm *St=175.7m*

الحل:

$A=\frac{P}{N.q}=\frac{68867}{4.13.2}=1303cm^2$

⇨ *D=40.75 cm^2* ⇨ *a= 20.375cm*

$b=\sqrt{1.6.(a)^2+(h)^2}-0.675.R=\sqrt{1.6.(20.375)^2+(36)^2}-0.675.36$

b= 19.97 cm

$L=\sqrt[4]{\frac{E.h^3}{12.(1-\mu^2).K}}=\sqrt[4]{\frac{3.51535.10^6.(36)^3}{12.(1-0.15^2).6.2}}=122.54$

$\left.\begin{array}{l}\frac{A}{L^2}=\frac{1303}{122^2}=0.087\\ \frac{St}{L}=\frac{175.7}{122}=1.44\\ \frac{S}{L}=\frac{110}{122}=0.9\end{array}\right\}\Rightarrow \frac{P_0}{P_K}=3.15$

$P_K=\frac{P_0}{3.15}=\frac{68867}{3.15}=21862.5\ Kg$

a- حالة التحميل الداخلية:

$$\sigma_1=\frac{21862.5}{(36)^2}.\{0.275.(1+0.15).\log(\frac{351535.(36)^3}{6.2.\left(\frac{20.375+19.97}{4}\right)^4}+0.239.\ (1-0.15).\frac{20.6-19.7}{20.4+19.7})\}$$

$\sigma_1=22.5\ Kg/cm^2$

b- حالة تحميل طرفية:

$\sigma_{e1}=\frac{2.2.(1+0.15).(21862.5)}{(3+0.15).36^2}.\log\left(\frac{351536.36^3}{100.6.2.20^4}\right)+\frac{3.(1+0.15).21862.5}{\pi.(3+0.15).36^2}$ *x [2.34-1.84.0.15.1.18 +2.0.15)*$\frac{20}{122.54}$*]*

=42.65 kg/cm^2

$\sigma_{e2}=\frac{2.2.(1+0.15).21862.5/2}{(3+0.15).(36^2/2)}.\log\left(\frac{351536.36^3}{100.6.2.20^4}\right)+\frac{3.(1+0.15).21862.5}{\pi.(3+0.15).36^2}$*x[3.84* $-\frac{4}{3}.0.15+$

0.5 *(1+2.0.15).*$\frac{19.97}{122.561}$*]=26kg/cm^2*

C- حالة التحميل الركنية:

$\sigma_C=\frac{3.21862.5}{36^2}.$ *[1-*$\left(\frac{12.(1-0.15^2).6.2}{351535.36^3}\right)^{0.3}.\left(20.375.\sqrt{2}\right)^{1.2}$]

$\sigma_c=41.7$ *kg/cm^2*

بفرض انه يحدث تغير في درجة الحرارة درجة مئوية لكل *1cm*

$\left.\begin{array}{l}\frac{I_x}{I}=\frac{350}{122.54}\end{array}\right\}$ ⇨

$\frac{I_y}{I} = \frac{350}{122.54}$ $C_x = C_y = 0.1$

- في المنطقة الداخلية:

$\sigma_{\theta(i)} = \frac{3.51535.10^5.10.10^{-6}.36}{2}.[\frac{0.1+0.15.0.1}{1-0.15^2}] = 7.44\ kg/cm^2$

- الإجهاد عند الطرف:

$\sigma_{\theta(e)} = \frac{0.1.351535.10.10^{-6}}{2} = 6.33kg/cm^2$

- الإجهاد لركن البلاطة:

$\sigma_{\theta(c)} = \frac{351535.10.10^{-6}.36}{3.(1-0.15^2)}.(\frac{20}{122.54})^{1/2} = 17.43kg/cm^2$

إجهاد الاحتكاك:

$\sigma_F = \frac{2400.1.5.3.5}{2.10^4} = 0.63\ kg/cm^2$

التجمع الحرج للإجهادات:

a- أثناء الصيف:

$\sigma = 22.5 + 7.44 - 0.63 = 29.31kg/cm^2$ داخلي

$\sigma = 43.65+6.33- 0.63=49.35\ kg/cm^2$ طرفي

*b-*أثناء الشتاء:

$\sigma = 22.5-7.44+0.63=15.59\ kg/cm^2$ داخلي

$\sigma = 43.65-6.33+0.63= 37.95kg/cm^2$ طرفي

c- حالة ركن البلاطة:

$\sigma = 41.7-17.43-0.63=23.64kg/cm^2$

مطار دمشق الدولي: المهبط الطويل:

المعطيات:

$H=36cm$ $K=54MN/m^3$ $v=0.15$

$E= 351535kg/cm^2$ $q= 13.2kg/cm^2$ $P=68867$

$S= 110\ cm$ $St= 175.7cm$ $A= 1303cmcm^2$

$L = \sqrt{\frac{E.h^3}{12.(1-\mu^2).K}} = \sqrt{\frac{3.51535.10^3.36^3}{12.(1-0.15^2).5.4}} = 126.85$

$\frac{A}{L^2} = \frac{1303}{126.85^2} = 0.081$

$\frac{St}{L} = \frac{175.7}{126.85} = 1.39$ ⇒ $\frac{P_0}{P_K} = 3.1$

$\frac{S}{L} = \frac{110}{126.85} = 0.867$

a- حالة التحميل الداخلية:

$\sigma_i = \frac{22215}{36^2}[0.275.(1+0.15).\log\left(\frac{351535(36)^3}{5.4.\left(\frac{20.375+19.97}{2}\right)^4}\right) + 0.239.(1-0.13).\frac{20.4-19.7}{20.4+19.7}]$

$\sigma_i = 23.19\ kg/cm^2$

b- حالة تحميل طرفية:

$\sigma_{e1} = \frac{2.2.(1+0.15).22215}{(3+0.15).36^2}.\log\left(\frac{351535.36^3}{100.9.4.20^4}\right) + \frac{3.(1+0.15).22215}{\pi.(3+0.15).36^2} - [2.34-1.84.\ 0.15+1.18.$

$(1+2+0.15).\frac{20}{126.85}] = 45.36\ kg/cm^2$

$$\sigma_{e2} = \frac{2.2\ .(1+0.15).\ 22215/2}{(3+0.15).(36)^2}.\log\left(\frac{351535\ .36^3}{100\ .5.4\ .20^4}\right) + \frac{3.\ (1+015).22215/2}{\pi.(3+0.15).(36)^2}.\ [3.84-\frac{4}{3}.\ 0.15+0.5$$

$$.(1+2+0.15).\ \frac{19.97}{126.85}] = 27.15\ \ kg/cm^2$$

c- حالة تحميل ركنية:

$$\sigma_C = \frac{3.22215}{36^2}.\left[1-\left(\frac{12\ .(1-0.15^2)\ .5.4}{351535\ .36^3}\right)^{0.3}.\left(20.375\ .\sqrt{2}\right)^{1.2}\right]$$

$$\sigma_C = 4.68\ kg/cm^2$$

بفرض أنه يحدث تغير في درجة الحرارة درجة مئوية لكل $1cm$

$$\left.\begin{array}{l}\frac{I_x}{I} = \frac{350}{126.85}\\ \frac{I_y}{I} = \frac{350}{126.85}\end{array}\right\} \Longrightarrow C_x = C_y = 0.09$$

- في المنطقة الداخلية:

$$\sigma_{\theta(i)} = \frac{3.\ 51535\ .10^5\ .10\ .10^{-6}.36}{2}.\ [\frac{0.09+0.15\ .0.09}{1-0.15^2}] = 6.7kg/cm^2$$

- الإجهاد عند الطرف:

$$\sigma_{\theta(e)} = \frac{0.09\ .\ 351535\ .10\ .10^{-6}\ .36}{2} = 5.69\ kg/cm^2$$

- الإجهاد لركن البلاطة:

$$\sigma_{\theta(c)} = \frac{351535\ .10.\ 10^{-6}.36}{3\ .(1-0.15^2)}.\left(\frac{20}{126.85}\right)^{1/2} = 17.2kg/cm^2$$

اجهاد الاحتكاك:

$$\sigma_F = \frac{2400\ .\ 1.5\ .3.5}{2\ .10^4} = 0.63kg/cm^2$$

<u>التجمع الحرج للإجهادات:</u>

1- أثناء الصيف:

$$\sigma = 23.19+6.7-0.63=29.26\ kg/cm^2$$

2- أثناء الشتاء:

$$\sigma = 45.36-6.7+0.63=39.29\ kg/cm^2$$

3- حالة ركن البلاطة:

$$\sigma = 42.68-17.2-0.63=24.85\ kg/cm^2$$

ملاحظة: إن الإجهاد في البيتون بوضعه الحالي لمهبطي دمشق الدولي يساوي $30.2Kg/cm^2$ وهو أصغر من الإجهادات الحسابية والمهبطين غير محققين وبحاجة إلى تقوية.

مطار دير الزور:

<u>المعطيات:</u>

$h=22\ cm$ $K=6.8$ $E=3.17\ .1010^5 kg/cm^2$ $P=4300Kg$

$A=453cm^2$ $q=9.5kg/cm^2$ $S=100cm$

الحل:

$$L = \sqrt{\frac{E.h^3}{12.(1-v^2).K}} = \sqrt{\frac{3.17\ .10^5\ .22.3^3}{12\ .(1-0.15^2)\ .6.8}} = 80.65$$

$$A=\frac{P}{N.q} = \frac{4290}{9.5} = 443cm^2 \Longrightarrow b=23.75cm\ ,\quad a=b=11.876cm$$

$\Longrightarrow$

$\frac{A}{L^2} = \frac{453153}{80.65^2} = 0.07$

$\frac{St}{L} = \frac{153}{80.65} = 1.9$ $\qquad\qquad$ $\frac{P_0}{P_K} = 3.8$

$\frac{S}{L} = \frac{100}{80.65} = 1.24$

$P_K = \frac{P_0}{3.8} = \frac{17200}{3.8} = 4526\ Kg$

a- حالة التحميل الداخلية:

$\sigma_i = \frac{4526}{22^2}.\ [0.275\ .\ (1+0.15).\ \log\left(\frac{3.17\ .10^3\ .22^3}{6.8\ .(11.876)^4}\right)]$

$\sigma_i = 13 \quad kg/cm^2$

b- حالة التحميل الطرفية:

$\sigma_{e1} = \frac{2.2\ .(1+0.15).4526}{3.15\ .22^2}.\log\left(\frac{3.17\ .10^5\ .22^3}{100.\ 6.8\ .(11.876)^4}\right) + \frac{3.\ (1+0.15).4526}{\pi.\ 3.15\ .22^2}$ *x[2.34-1.84 . 0.15+1.18. (1+2. 0.15) .* $\frac{11.876}{80.65}$*] =25.35 kg/cm²*

$\sigma_{e2} = \frac{2.2\ .(1+0.15).4526/2}{3.15\ .22^2}.\log\left(\frac{3.17\ .10^5\ .22^3}{100.\ 6.8\ .(11.876)^4}\right) + \frac{3.\ (1+0.15).4526/2}{\pi.\ 3.15\ .22^2}$ *x[3.84-*$\frac{4}{3}$*. 0.15+0.5. (1+2. 0.15) .* $\frac{11.876}{80.65}$*] =15.03 kg/cm²*

c- حالة تحميل ركنية:

$\sigma_C = \frac{3.4526}{22^2}.\left[1 - \left(\frac{12\ .(1-0.15^2)\ .6.8}{3.17\ .10^5.\ 22^3}\right)^{0.3}.\left(11.876\ .\sqrt{2}\right)^{1.2}\right]$ *= 23.79 kg/cm²*

بفرض أنه يحدث تغير في درجة الحرارة درجة مئوية لكل *1cm*

$\left.\begin{array}{l}\frac{I_x}{I} = \frac{350}{80.65}\\ \frac{I_y}{I} = \frac{350}{80.65}\end{array}\right\} \Rightarrow C_x = C_y = 0.55$

- في المنطقة الداخلية:

$\sigma_{\theta(i)} = \frac{3.\ 17.10^5\ .10\ .10^{-6}.22}{2}.\ [\frac{055+0.10\ .0.55}{1-0.15^2}]$ *=20.673kg/cm²*

- الإجهاد عند الطرف:

$\sigma_{\theta(e)} = \frac{0.55\ .\ 3.17\ .10\ .10^{-6}\ .22}{2}$ *=19.18 kg/cm²*

- الإجهاد لركن البلاطة:

$\sigma_{\theta(c)} = \frac{3.17\ .10.\ 10^{-6}.22}{3\ .(1-0.15^2)}.\ \left(\frac{11.875}{80.65}\right)^{1/2} = 9.126 kg/cm^2$

إجهاد الاحتكاك:

$\sigma_F = \frac{2400\ .\ 1.5\ .3.5}{2\ .10^4}$ *=0.63kg/cm²*

<u>التجمع الحرج للإجهادات:</u>

1- أثناء الصيف:

σ *=25.35+19.18-0.63=43.9 kg/cm²*

2- أثناء الشتاء:

σ *=25.35-19.18+0.63=6.8 kg/cm²*

3- حالة ركن البلاطة:

σ =23.79-9.126-0.63=14 kg/cm^2

ملاحظة: إن الإجهاد في البيتون بوضعه الحالي لمهبطي دمشق الدولي يساوي $30.2Kg/cm^2$ وهو أصغر من الإجهادات الحسابية والمهبطين غير محققين وبحاجة إلى تقوية.

-3-2- الطريقة الروسية:

-3-2-1- مبدأ الطريقة:

وتعتمد على مقارنة عزوم الانعطاف المتولدة من تأثير دواليب المجموعة مع عزم الانعطاف المسموح والمحسوب من إجهاد الشد في البلاطة البيتونية.

-3-2-2- خطوات التقييم وفق الطريقة الروسية:

<u>الخطوة الأولى:</u>

إيجاد عزم الانعطاف في البلاطة M_P ويتم الحساب وفق المراحل التالية:

1- نحسب عطالة مقطع البلاطة:

$B=0.085 \ . E_b \ . h^3$

حيث:

h: سماكة البلاطة بـ $[m]$

E_b : عامل مرونة البيتون $[MPa]$

B: عطالة البلاطة $[KN. M^2/m]$

2- نحسب نصف قطر القساوة النسبية للبلاطة البيتونية:

$$L = \sqrt{\frac{B}{K_s}}$$

حيث:

L: نصف قطر القساوة النسبية للبلاطة $[m]$

B: عطالة البلاطة $[KN. M^2/m]$

K: عامل رد فعل التربة الطبيعية $[MN/M^3]$

3- نحسب حمولة الدولاب المفرد من حمولة المجموعة الرئيسية:

$$P_K = \frac{P_0}{n} . K_d \ . n_p$$

حيث:

P_K : حمولة الدولاب المفرد $[Kg]$

P_0 : حمولة المجموعة الرئيسية $[Kg]$

n: عدد الدواليب في المجموعة الرئيسية

K_d : عامل ديناميكي حيث:

$K_d = 1$: في وسط المهبط

$K_d = 1.15$: في بداية المهبط

n_p : عامل زيادة الحمولة

$n_p = 1$: في الممرات التي انعطاف

$n_p = 1.2$: في المنعطفات وأماكن التقاء الممرات مع المهبط

4- نحسب قطر تماس الدولاب مع البلاطة البيتونية:

$$R = \sqrt{\frac{P_K}{\pi . q}}$$

حيث:

R: قطر تماس الدولاب مع البلاطة $[cm]$

P_K : حمولة الدولاب المفرد

q: ضغط النفخ في الدواليب $[Kg/cm^2]$

5- نحسب قيمة الدليل a للدخول إلى الجداول:

$$a = \frac{R}{L}$$

حيث:

R : قطر تماس الدولاب مع البلاطة $[cm]$

L: نصف قطر القساوة النسبية للبلاطة $[cm]$

6- ندخل بقيمة الدليل a على الجدول أدناه ونحصل على المتحول $F(\alpha)$

جدول قيم المتحولات حسب قيم (ξ ، α)

α ; ξ	$f(\alpha)$	$g(\alpha)$	$f_o(\xi)$	α ; ξ	$f(\alpha)$	$g(\alpha)$	$f_o(\xi)$
0	0	0	0,5000	0,72	0,0922	0,1752	0,3788
0,02	0,4209	0,0007	0,4997	0,74	0,0899	0,1839	0,3743
0,04	0,3565	0,0011	0,4989	0,76	0,0877	0,1926	0,3697
0,06	0,3188	0,0019	0,4977	0,78	0,0855	0,2015	0,3651
0,08	0,2921	0,0031	0,4963	0,80	0,0834	0,2105	0,3606
0,10	0,2714	0,0044	0,4946	0,82	0,0814	0,2196	0,356
0,12	0,2545	0,0061	0,4926	0,84	0,0794	0,2289	0,3514
0,14	0,2402	0,0081	0,4904	0,86	0,0775	0,2382	0,3468
0,16	0,2278	0,0104	0,4880	0,88	0,0756	0,2476	0,3423
0,18	0,2169	0,013	0,4854	0,90	0,0738	0,2571	0,3377
0,20	0,2072	0,0159	0,4826	0,92	0,0721	0,2667	0,3332
0,22	0,1984	0,0191	0,4797	0,94	0,0704	0,2763	0,3286
0,24	0,1904	0,0225	0,4767	0,96	0,0687	0,2861	0,3241
0,26	0,1331	0,0263	0,4735	0,98	0,0671	0,2959	0,3196
0,28	0,1763	0,0303	0,4701	1,00	0,0655	0,3057	0,3154
0,30	0,1700	0,0345	0,4667	1,10	0,0582	0,3558	0,2929
0,32	0,1641	0,0391	0,4532	1,20	0,0518	0,4067	0,2713
0,34	0,1586	0,0438	0,4595	1,30	0,0462	0,4579	0,2504
0,36	0,1534	0,0489	0,4558	1,40	0,0411	0,5087	0,2302
0,38	0,1485	0,0541	0,4520	1,50	0,0366	0,5589	0,211
0,40	0,1438	0,0596	0,4480	1,60	0,0326	0,6081	0,1926
0,42	0,1395	0,0654	0,4441	1,70	0,0291	0,6557	0,1752
0,44	0,1353	0,0714	0,4400	1,80	0,0259	0,7016	0,1588
0,46	0,1313	0,0775	0,4359	1,90	0,023	0,7453	0,1433
0,48	0,1275	0,0839	0,4318	2,00	0,0204	0,7868	0,1289
0,50	0,1239	0,0906	0,4275	2,20	0,0161	0,8629	0,1026
0,52	0,1204	0,0974	0,4233	2,40	0,0126	0,9288	0,0804
0,54	0,1171	0,1044	0,4190	2,60	0,0097	0,9841	0,0614
0,56	0,1139	0,1116	0,4146	2,80	0,0075	1,029	0,0415
0,58	0,1108	0,119	0,4102	3,00	0,0057	1,0645	0,0326
0,60	0,1079	0,1265	0,4058	3,20	0,0043	1,0904	0,022
0,62	0,105	0,1342	0,4014	3,40	0,0032	1,1089	0,0137
0,64	0,1023	0,1421	0,3969	3,60	0,0023	1,1204	0,0071
0,66	0,0997	0,1402	0,3924	3,80	0,0016	1,1253	0,0021
0,68	0,0971	0,1584	0,3879	4,00	0,0011	1,1258	0,0014
0,70	0,0946	0,1668	0,3834				

الخاتمة:

مما سبق وبالاستفادة من البحث نستنتج أن الفحص الدوري لكافة المطارات السورية وتقييمها يفضي إلى عوائد اقتصادية على البلاد نتيجة الحالة الإنشائية الجيدة لرصف مهابط الطيران والتي توضع في الخدمة على مدار العام. الأمر الذي يشجع شركات الطيران العالمية على التعاقد مع مؤسسة الطيران العربية السورية من أجل البدء بالاستثمار في مطارات القطر العربي السوري كافة وخاصة خلال الرحلات على مستوى عبور القارات (التوقف من أجل التزود بالوقود ورحلات الشحن الجوي خلال عبورها الحدود الإقليمية والمجال الجوي السوري).