

(تقييم المطارات السورية باستخدام الطائرة التجريبية في قياس الهبوطات)

### 1-5- Introduction:

**Before commencing any reinforcement or even classification of the landing strip, its current condition must be discovered and tested. This is done in several ways, including: sounding operations to determine the condition of each layer individually, and methods that rely on measuring the landing at several points on the landing strip using specialized vehicles.**

**The aircraft was loaded, and the final landing was measured after loading. The landing was also measured before loading at several points symmetrical to the axis, where the aircraft's main axis is expected to continuously pass. This research will explain in detail how to evaluate landings, using empirical equations and laws to illustrate this process.**

**2-5- تقييم المهابط ذات طبقات الرصف المرنة :**

**1-2-5- لمحة نظرية :**

يمكن في هذه الطريقة تقييم عامل المرونة  $E_c^{Ry}$  المكافئ لكامل الطبقات الموجودة بما فيها الأرض الطبيعية عن طريق الدولاب المحمل , الذي يحسب من العلاقة التالية :

$$E_c^{wt} = \frac{0.91(q-q_1)Dwt}{(wmt-wmt_1)*Kv*k_1} Kc * Kq$$

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

تحسب  $q$  من العلاقة التالية :

$$q = \frac{4 * p_{max}}{x * D^2 wt}$$

حيث:

-  $Dwt$  : دولاب التجربة و قطر سطح التماس و الغطاء.

-  $Kc$  : عامل يتعلق الذي مرات التجربة فيه , حيث يؤخذ في الصيف  $Kc = 0.68$  و في

الخريف من أجل الغضار  $Kc=0.85$  من أجل بقية الفصول  $Kc=0.9$

$Wmt1=0$ : وسطي الهبوط من أجل التحمل الأولي و الأخير و عادة

-  $Kv$ : ثابت يأخذ بعين الاعتبار التوزيع العشوائي لنقاط الاختبار و يحسب من العلاقة:

$$k_v = 1 + pv -$$

$v$ : ثابت فارياتسي و يحسب من العلاقة:

$$v = \frac{1}{w_{mt}} * \sqrt{\frac{n}{n-1}} (Wmt - W_i)^2$$

حيث:

$W_i$ : الهبوط في النقطة  $i$

$Wmt$ : الهبوط الوسطي لكامل النقاط و يحسب من العلاقة:

$$Wmt = 1/n (\sum w_i)$$

-  $n$ : عدد النقاط المقاس فيها الهبوط.

-  $P$ : ثابت الانحراف و يأخذ القيم التالية:

$$(n=10 \quad p=1.10)$$

$$(n=15 \quad P=1.08)$$

$$(n \geq 20 \quad P=1.06)$$

$Kt$ : ثابت الهبوط المقاس في درجة الحرارة  $t1$

$Kt=0.60_0.75$  من أجل سماكة إسفلت  $20_9cm$ .

$$E_{e1} = \frac{E_e^{wt} \cdot Dwt}{De}$$
 يتم حساب معامل المرونة من العلاقة

حيث:

$Dwt$ : قطر دولاب التجربة

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

**De** : القطر المكافئ لدواليب الطائرة التصميمية .

**E<sub>e1</sub>** : 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<sub>e2</sub>**

**E<sub>e1</sub> > E<sub>e2</sub>** لا داعي لتقوية المهبط

**E<sub>e1</sub> < E<sub>e2</sub>** المهبط بحاجة الى تقوية

**5-2-2-2** - 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 **Ke** الموافق لفصل الصيف .
- وباعتبار تتم دراسة المهابط المرنة أخذ ثابت نقل الحمولة إلى الغطاء الموافق لهذه المهابط .
- وتم حساب الثابت **Ko** الذي يأخذ بعين الاعتبار التوزع العشوائي لنقاط الاختبار فمثلا لمطار اللاذقية كانت الحسابات كالتالي:
- من جدول الهبوطات نستخلص المعطيات اللازمة للحساب وهي :
  - عدد النقاط المقاس فيها الهبوط الهبوط : **n = 32**
  - الهبوط الوسطي لكامل النقاط **w<sub>av</sub> = 0.031 inch**
  - الهبوط في كل نقطة **w<sub>1</sub>** موضحة بالجدول لاحقا

وبالتالي يحسب ثابت فاريستي:

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

$$v = \frac{1}{0.031} = \sqrt{\frac{0.001692}{32-1}} = 0.238$$

وباعتبار **n > 20** ثابت الانحراف **1.06** وبالنتيجة يكون الثابت **K<sub>v</sub>**

$$K_v = 1 + p.v$$

$$= 1 + 1.06 \cdot 0.238 = 1.252$$

- اما ثابت الهبوط فحدد في درجة حرارة **20<sup>0</sup>** وحسب سماكة الاسفلت لكل مطار وقيم هذه الثوابت محدد ضمن الجدول أدناه:

المطار	K <sub>e</sub>	K <sub>q</sub>		K <sub>t</sub>			K <sub>v</sub>			K = $\frac{K_e \cdot K_q}{K_v \cdot K_t}$	
		نوع الرصف	K <sub>q</sub>	C°	T [cm]	K <sub>t</sub>	n	ρ	v		K <sub>v</sub>
حلب					30	0.775	44		0.333	1.353	0.389
اللاذقية	0.68	F	0.6	20	20	0.62	32	1.06	0.238	1.252	0.543
القامشلي					7	0.42	38		0.136	1.145	0.848

## الخطوة الثانية :

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

1. تحديد قطر سطح تماس دولا ب الطائرة مع الغطاء:

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

$Pe$ : حمولة دولا ب 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 ) سابقا

2. تحديد معامل المرونة الوسطي:

$$\frac{Ea}{Ec'} \frac{H}{D} \text{ نحصل على } E_{e2} \text{ حيث:}$$

$H$ : مجموع سماكة الطبقات  $[cm]$

$E_0$ : معامل مرونة الطابق الترابي

## الخطوة الثالثة :

تحديد معامل المرونة  $E_e$  المكافئ لكامل الطبقات الموجودة بما فيها الأرض الطبيعية عن طريق الدولا ب المحمل

$$E_w^{mt} = \frac{0.91(q-q_1).D}{W_{mt}-W_{mn}} .K$$

## الخطوة الرابعة: المقارنة

وفقا للطريقة النظرية المشروحة سابقا  $E_e^{wt} = E_{e1}$  باعتبار جرى الاختبار بالطائرة

نقارن بين قيمتين:

$E_{e1} > E_{e2}$  المهبط محقق

$E_{e1} < E_{e2}$  المهبط غير محقق

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

## تقييم مطار حلب الدولي:

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

نموذج **B727-200**

الحمولة الكلية  $P_{max}$  **59330 [kg]**

المجموعة الرئيسية **43.4%**

حمولة المجموعة الرئيسية  $P$  **287 Kg**

حمولة الدولا ب المفرد  $P_K$  **759 Kg**

ضغط النفخ **9 Kg/Cm<sup>2</sup>**

الحسابات:

- تحديد الحمولة المكافئة لتأثير المجموعة:  $pe$  على مقياس لوغاريتمي  $(\log H, \log P)$  نحدد النقطتين اللتين احداثياتهما  $(2as, P_0)$  و  $(a/2, P_k)$  حيث:

$$a = a_t - 2 \sqrt{\frac{P_k}{1.4 \cdot q}}$$

$$= 86 - 2 \sqrt{\frac{14359}{1.4 \cdot 9.5}} = 48.92$$

$$H < a/2 = 24.46 \text{ cm}, P_e = P_k = 14359 \text{ Kg}$$

$$H > 2as = 172 \text{ cm}, P_e = P_k = 28718 \text{ Kg}$$

- انطلاقاً من سماكة الرصف  $H = 85 \text{ cm}$  ومن مخطط الحمولة المكافئة أدناه نوجد  $P_e = 22.5t$
- قطر سطح تماس دولاب طائرة التجربة:

$$D = 2 \sqrt{\frac{22500}{.9.5}} = 54.92 \text{ cm}$$

- معامل المرونة الوسطي لطبقات الرصف:

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

- ندخل الى 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 2 نجد:  $\frac{E_{e2}}{E_c} = 0.43$  و  $E_{e2} = 2045.1$

- نحدد معامل المرونة المكافئ لكامل الطبقات الموجودة بما فيها الأرض الطبيعية وسأخذ  $q_1 = 0$  و  $W_{av} = 0$  لجميع المهابط

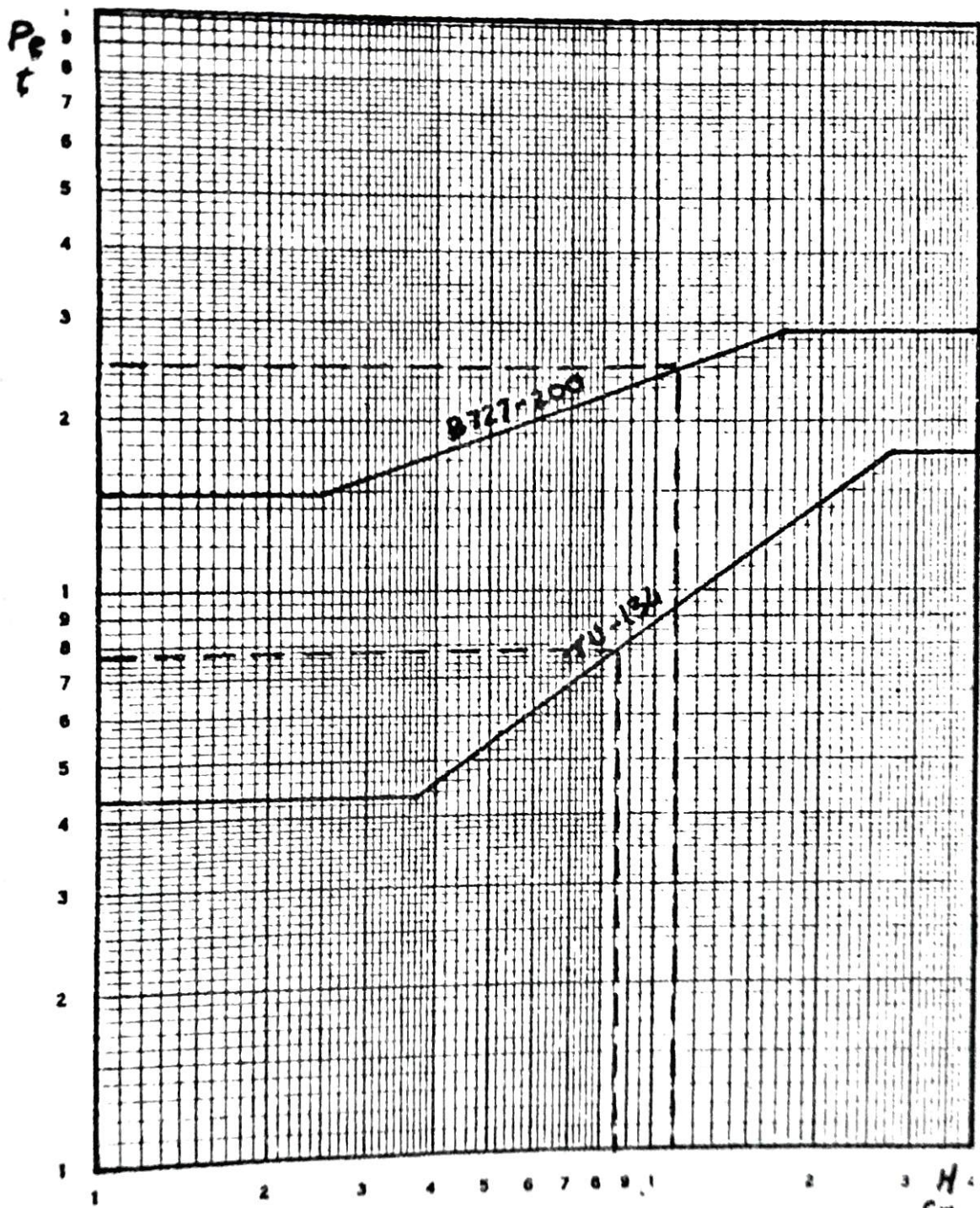
$$Kg/cm^2 E_{e1} = \frac{0.91 - (9.5 - 0) \cdot 54.92}{(0.14 - 0)} \cdot 0.389 = 1319.22$$

- نجري التقييم: نلاحظ  $E_{e1} > E_{e2}$  والمهبط غير محقق

تحديد معامل المرونة

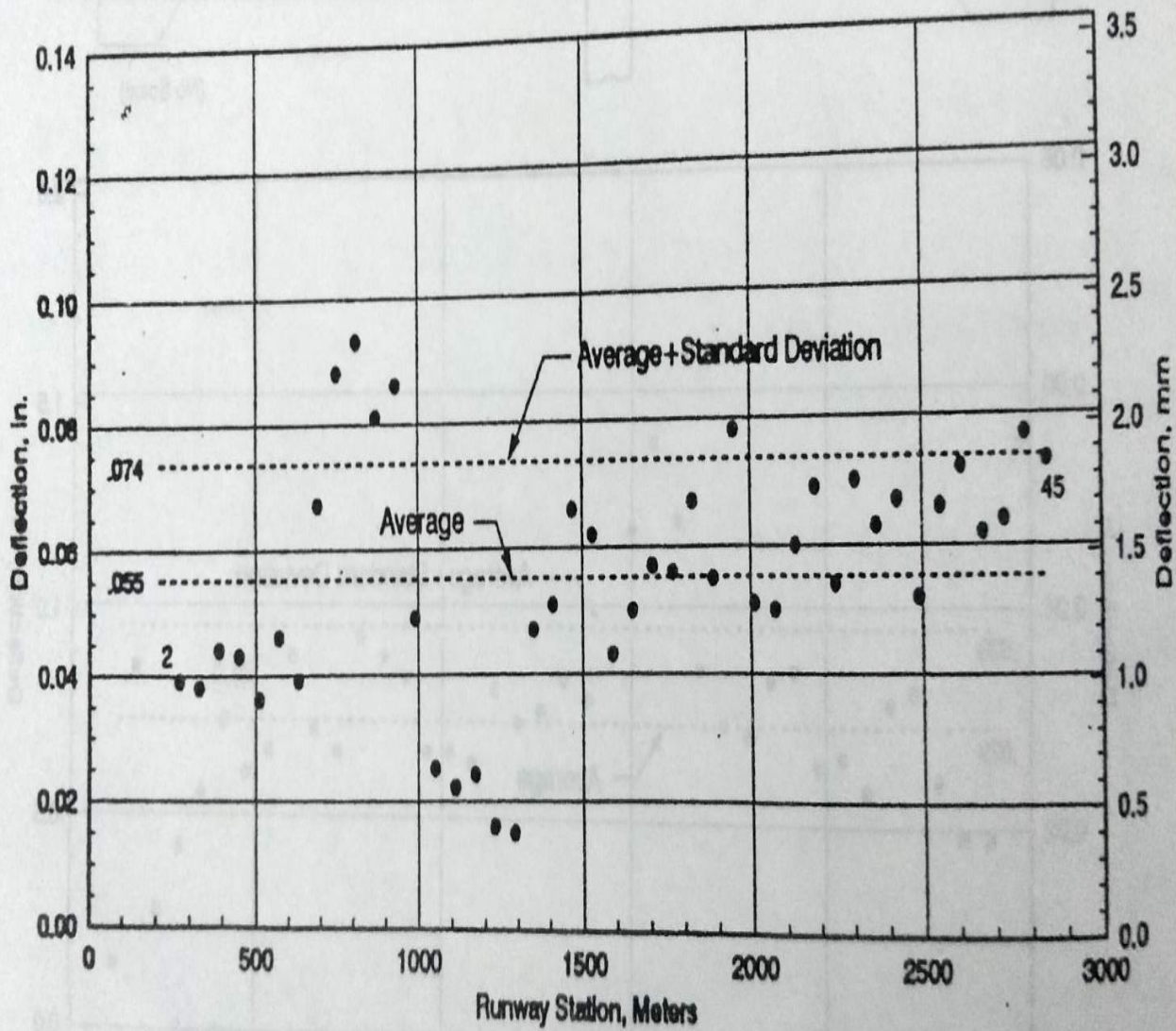
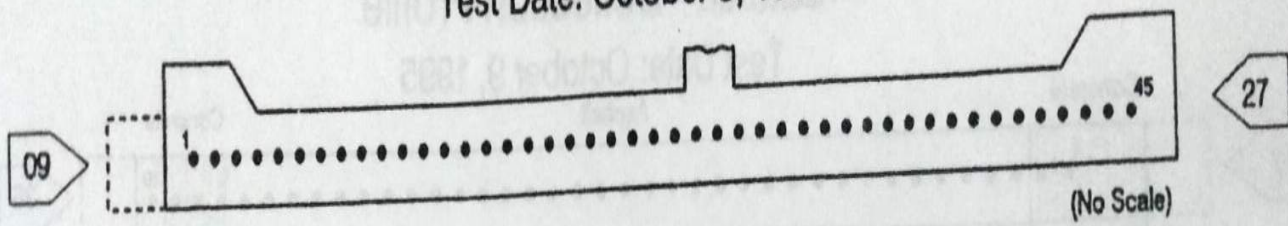
طائرة الاختبار		معامل المرونة							معامل المرونة		
		معطيات الطبقات	فحص سطح التماس								
النموذج	$q$ Kg/cm <sup>2</sup>	$E_0$ Kg/cm <sup>2</sup>	$H$ Cm	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	$P_e$ T	$D$ Cm	$E_{e2}$ Kg/cm <sup>2</sup>	$K$	$C_m$	$Kg/cm^2$	
حلب	B727-	12.5	85	47.56	22.5	54.92	2045.1	0.389	0.14	1319.2	N

	<b>200</b>											<b>0</b>
اللا ذقية	<b>B727- 200</b>		<b>455</b>	<b>110</b>	<b>5234</b>	<b>.25</b>	<b>50.4</b>	<b>.2564</b>	<b>0.54</b>	<b>0.07</b>	<b>.3945</b>	<b>0</b>
						<b>0</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>k</b>
قامشا ب	<b>TU134</b>	<b>9.5</b>	<b>436</b>	<b>.86</b>	<b>.4254</b>	<b>7.5</b>	<b>31.7</b>	<b>.2212</b>	<b>0.84</b>	<b>0.09</b>	<b>.2535</b>	<b>0</b>
				<b>5</b>	<b>7</b>			<b>4</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>k</b>



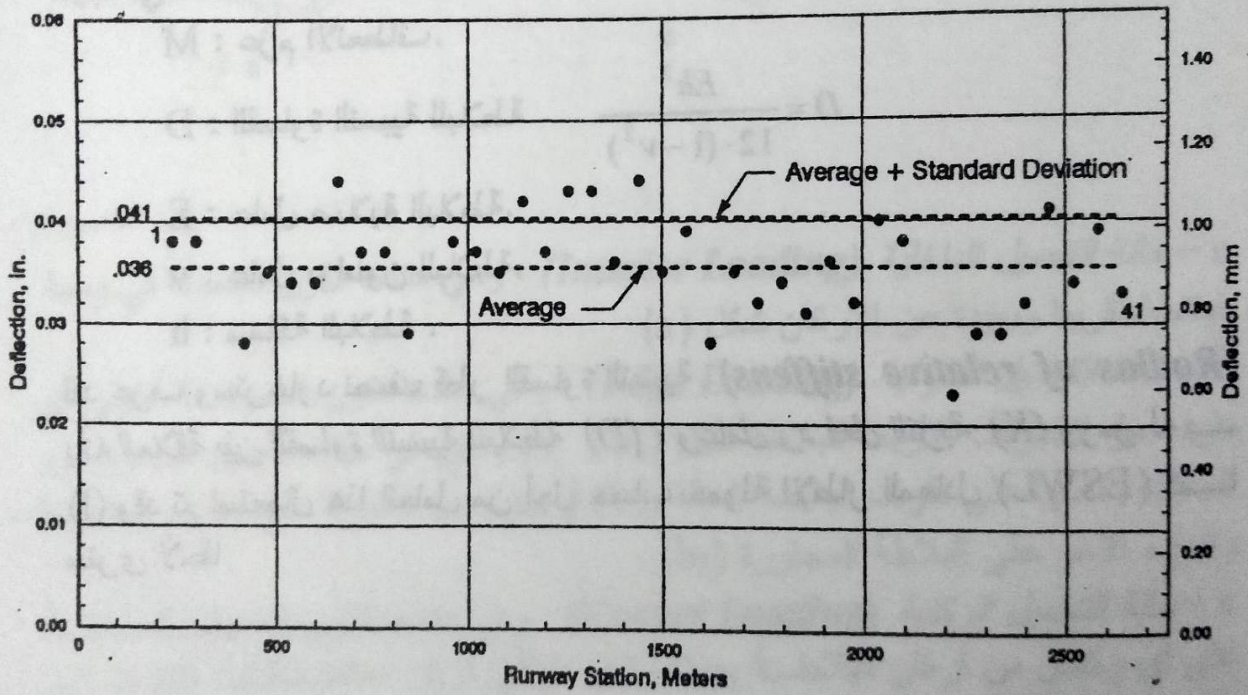
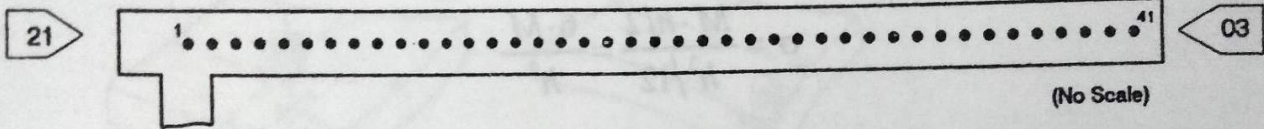
# Aleppo - Deflection Profile

Test Date: October 5, 1995



# Kamishly - Deflection Profile

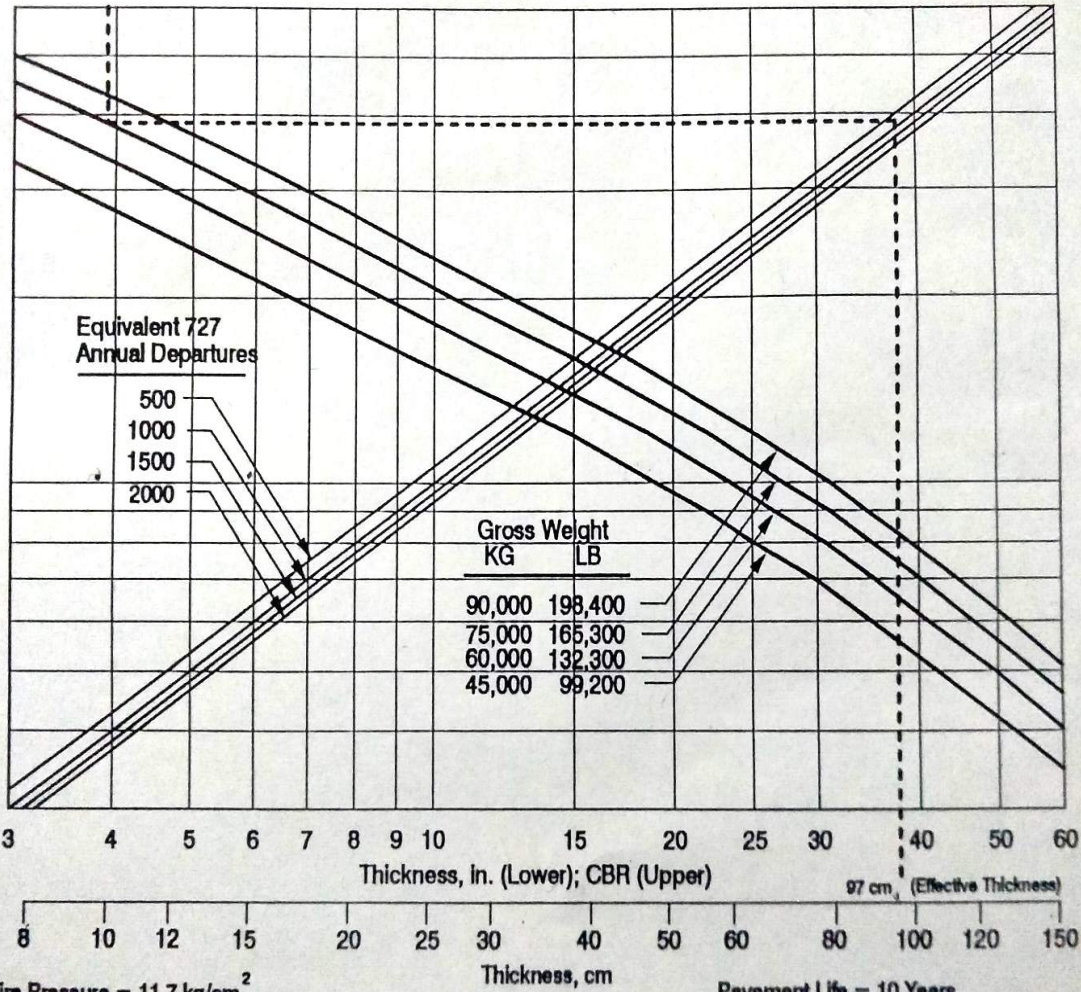
Test Date: October 8, 1995



# Aleppo - Flexible Pavement Requirements

CBR 3.9

727-200

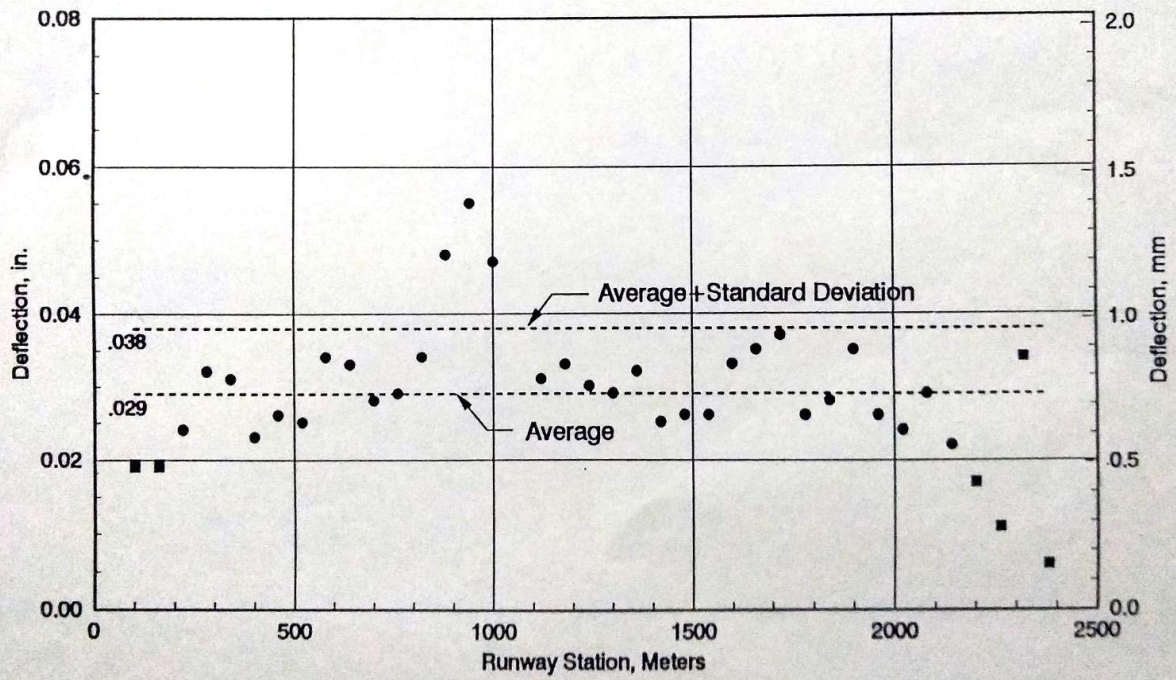
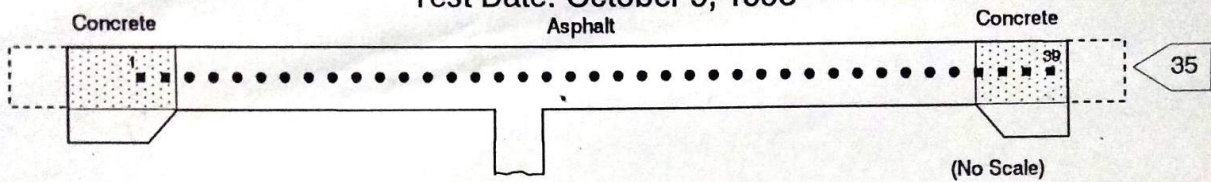


Tire Pressure = 11.7 kg/cm<sup>2</sup>  
 Percent Weight on Main Gear = 92.8

Pavement Life = 10 Years  
 Ref. U.S. Army Corps of Engineers Report S-77-1

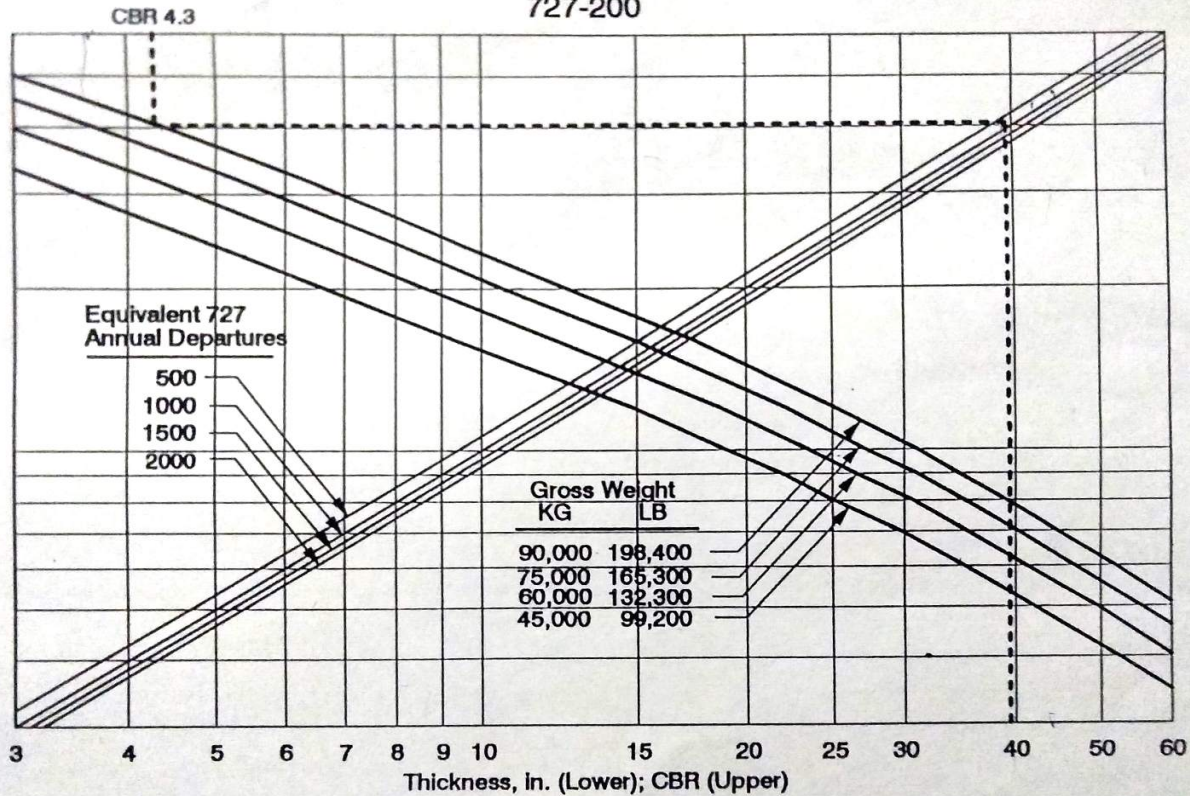
# Latakia - Deflection Profile

Test Date: October 9, 1995



# Latakia - Flexible Pavement Requirements

727-200



Equivalent 727  
Annual Departures

- 500
- 1000
- 1500
- 2000

Gross Weight

KG	LB
90,000	198,400
75,000	165,300
60,000	132,300
45,000	99,200

3 4 5 6 7 8 9 10 15 20 25 30 40 50 60  
Thickness, in. (Lower); CBR (Upper)

8 10 12 15 20 25 30 40 50 60 80 100 120 150  
Thickness, cm

Tire Pressure = 11.7 kg/cm<sup>2</sup>  
Percent Weight on Main Gear = 92.8

Pavement Life = 10 Years  
Ref: U.S. Army Corps of Engineers Report S-77-1

### 5-3-3- تقييم المهابط ذات طبقات الرصف الصلبة:

### 5-3-1 الطريقة الأمريكية:

### 5-3-1-1 مقدمة:

وسنعمد في التقييم على طريقة ويستر غارد **Westrgrad Method**

يعتبر البروفيسور ويستر غارد عميد كلية الهندسة سابقاً بجامعة هارفارد في الولايات المتحدة الأمريكية هو السباق في دراسة الحلول النظرية لتصميم الرصف الصلب، إن فرضية ويستر غارد تتلخص بأن بلاطة الرصف الصلب عبارة عن صفيحة مرنة رقيقة **Thin Elastic Plate** تستند على تربة المسار التي هي بدورها عبارة عن مجموعة لا متناهية من النواضج الشاقولية الموزعة بانتظام أسفل البلاطة وان الانتقال الشاقولي  $w$  لأي نقطة من البلاطة يتناسب مع الضغط الشاقولي المطبق  $V$  أي:  $V = K.W$

حيث ثابت التناسب  $K$  هو عامل رد فعل التربة

ان فرضية ويستر غارد هذه لا تتوافق بشكل جيد مع الحقيقة ولكن تتميز بأنها تقود الى عمليات حسابية نسبياً سهلة.

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

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

بالاعتماد على شروط المعادلات يمكن حل المعادلة التفاضلية وتحديد التابع والعزوم والا جهادات من خلال المعادلات المعروفة في مقاومة المواد:

$$M = E.I. \frac{d^2y}{dx^2}$$

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

حيث في هذه المعادلات:

$M$ : عزم الانعطاف

$$D = \frac{E.h^3}{12.(1-\nu^2)}$$

$E$ : عامل صلابة البلاطة.

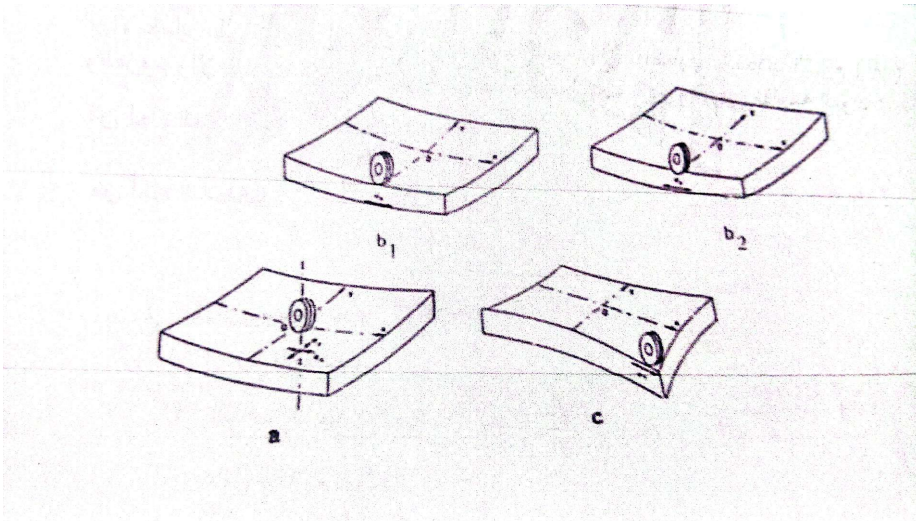
$\nu$ : عامل بواسون للبلاطة

$h$ : سماكة البلاطة

لقد عرف ويستر غارد نصف قطر القساوة النسبية (**Raduis of relative stiffens**) انه العلا قة بين القساوة النسبية للبلاطة  $D$  وعامل رد فعل التربة  $K$  ورمز له ب- $I$  وقد تم استعمال هذا العامل من اجل حساب حمولة الاطار المعادل **ESWL** كما سنرى لاحقاً.



باعتبار أن الرصف الصلب يتعرض للتغيرات المناخية ، وهذه بدورها تؤدي إلى تمدد أو تقلص طبقات الرصف لذلك فإن الطبقة السطحية البيتونية يتم إنشاؤها بشكل بلاطات محدودة الأبعاد ، حيث يفصل بين هذه البلاطات فواصل تمدد وتقلص . نظرا لأن أبعاد البلاطة محدودة فإن الإجهاد الأعظمي الناشئ عن مرور الحمولة الدورانية يتوقف على موقع هذه الحمولة من البلاطة . ولقد أوجد وستر غارد قيمة الإجهادات الأعظمية وأسهم الانعطاف في البلاطة البيتونية لحالات التحميل الأساسية الثلاثة التالية:-



## A - حالة التحميل الداخلية (Interior Loading) :

وهي عندما تكون الحمولة في وسط البلاطة تقريبا وبعيدة عن الأركان شكل (a)  
B - حالة التحميل الطرفية (Edge Loading) : وهي عندما تكون الحمولة على أي طرف من أطراف الأربعة للبلاطة شكل (b1) و (b2) ونميز في حالة التحميل هذه وجود الحمولة بكاملها على طرف البلاطة الحالة (b) أو جزء من الحمولة على طرف البلاطة والجزء الآخر على البلاطة المجاورة (b2)

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)  
5-3-1-2 - العلاقات المستخدمة في الحساب:

### 1- الاجهادات الناتجة عن التحميل : Flexural Stresses

$$I_1 = \frac{P}{h^2} \cdot [0.275 \cdot (1+\nu) \log\left(\frac{E \cdot h^3}{K \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right)^2} \pm 0.239 \cdot (1-\nu) \cdot \frac{a-b}{a+b}\right)]$$

II - معادلة اجهاد الانعطاف لحالة التحميل الطرفية:

$$e1 = \frac{2.2 \cdot (1+\nu) \cdot P}{(3+\nu) \cdot h^2} \cdot \left[ \log\left(\frac{E \cdot h^3}{100 \cdot K \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right)^4}\right) \right]$$

$$\cdot \frac{3 \cdot (1+\nu) \cdot P}{(3+\nu) \cdot h^2} \left[ 2.34 - 1.84 \cdot \nu + 1.18 \cdot \frac{(1+2\nu)b}{l} \right]$$

$$e2 = \frac{2.2 \cdot (1+\nu) \cdot P/2}{(3+\nu) \cdot h^2} \cdot \left[ \log\left(\frac{E \cdot h^3}{100 \cdot K \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right)^4}\right) \right]$$

$$\cdot \frac{3 \cdot (1+\nu) \cdot \frac{P}{2}}{(3+\nu) \cdot h^2} \left[ 3.84 - \frac{4}{3} \cdot \nu + 0.5 \cdot \frac{(1+2\nu)b}{l} \right]$$

III - معادلة الاجهاد الانعطاف بحالة التحميل الركنية:

$$c = \frac{3P}{h^2} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{12 \cdot (1-\nu^2) \cdot K}{Eh^3} \right)^{0.3} \cdot \left( \frac{a+b}{2} \cdot \sqrt{2} \right)^{1.2} \right]$$

حيث:

P: حمولة الاطار المعادل ب- Kg

H: سماكة البلاطة ب- 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**

**a-** في الجزء الداخلي من البلاطة:

$$i = \frac{E \cdot e \cdot \Delta}{2} \cdot \left[ \frac{C_x + C_y}{1 - \nu^2} \right]$$

**b-** إجهادات الالتواء عند طرف البلاطة:

$$i^{(e)} = \frac{C_x \cdot E \cdot e \cdot \Delta}{2}$$

**c-** إجهادات الالتواء عند ركن البلاطة:

$$i^{(c)} = \frac{E \cdot e \cdot \Delta}{3 \cdot (1 - \nu)^2} \cdot \left( \frac{a}{l} \right)^{1/2}$$

حيث:

إجهادات الالتواء  $Kg/Cm$ :

**E**: عامل مرونة البيتون  $Kg/Cm$

**e**: عامل التمدد

**Δ**: تفاضل درجة ثانية

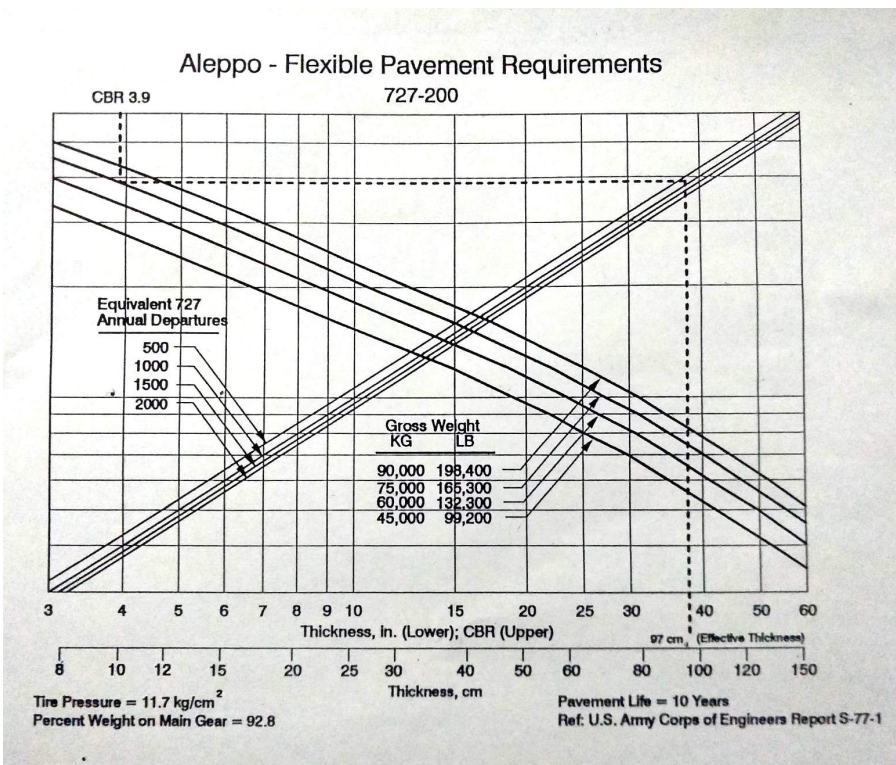
**C<sub>x</sub>**: عامل نسبة  $L_x/L_y$  بالاتجاه المرغوب

**C<sub>y</sub>**: عامل نسبة  $L_x/L_y$  بالاتجاه العمودي على الاتجاه المرغوب

: عامل بواسون ، ويؤخذ عادة **0.5**

**L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>**: أبعاد البلاطة  $(x, y)$

ان قيم معامل **C<sub>x</sub>** و **C<sub>y</sub>** للالتواء تأخذ من الشكل:



### 3- اجهادات الاحتكاك: **Frictional stresses**

$$f = \frac{c \cdot L \cdot F}{3.10^{-4}}$$

$f$  : الاجهادات المتولدة في البلاطة والناجمة عن الاحتكاك  $Kg/Cm^2$

$c$  : وزن واحدة الحجم للبلاطة البيتونية  $2400 Kg/m^3$

$f$  : عامل الاحتكاك  $1.5$  تقريبا

$L$  : طول البلاطة  $m$

### Critical combination of stresses: التجمع الحرج للاجهادات:

**a-** أثناء الصيف:

التجمع الحرج للاجهادات =

/ الاجهاد الناتج عن التحميل (حالة التحميل داخلي أو طرفي) + اجهاد الالتواء - إجهاد الاحتكاك/

**b-** أثناء الشتاء:

التجمع الحرج للاجهادات =

/ الاجهاد الناتج عن التحميل (حالة التحميل داخلي أو طرفي) - اجهاد الالتواء + إجهاد الاحتكاك/

**c-** التجمع الحرج للاجهادات =

/ الاجهاد الناتج عن التحميل (حالة التحميل ركنية) - (اجهاد الالتواء + إجهاد الاحتكاك)/

**3-1-3-5** - حسابات المهابط السورية الصلبة:

مطار دمشق الدولي

المعطيات:

$h = 36 \text{ cm}$	$K = 62 \text{ MN/m}^2$	$\nu = 1.5$	$132 \text{ Kg/m}^2$
$P = 68867 \text{ Kg}$	دواليب $N = 4$	$F = 37153 \text{ Kg/m}^2$	$1303 \text{ cm}^2$
$S = 110 \text{ Cm}$	$x = 175.7 \text{ m}$		

:الحل

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

$$\gg D = 40.75 \text{ Cm}^2 \gg a = 20.375 \text{ cm}$$

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

$$b = 19.97 \text{ cm}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot K}} = \sqrt[4]{\frac{3.51535 \cdot 10^6 \cdot (36)^3}{12 \cdot (1 - 0.15^2) \cdot 6.2}} = 122.54$$

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

$$P_x = \frac{P_o}{3.15} = \frac{68867}{3.15} = 21862.5 \text{ Kg}$$

**A-** حالة التحميل الداخلية

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

$$i = 22.5 \text{ Kg/cm}^2$$

**b-** حالة التحميل الطرفية:

$$e1 = \frac{2.2 \cdot (1+0.15) \cdot (21862.5)}{(3+0.15) \cdot 36^2} \cdot \log \left( \frac{351536 \cdot 36^2}{100 \cdot 6.2 \cdot 20^4} \right) + \frac{3 \cdot (1+0.15) \cdot 21862.5}{(3+0.15) \cdot 36^2}$$

$$= 41.65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$= \frac{2.2.(1+0.15.) \left( \frac{21862.5}{2} \right)}{(3+0.15).36^2} \cdot \left( \frac{351536.36^2}{100.6.2.20^4} \right) + \frac{3.(1+0.15). \frac{21862.5}{2}}{(3+0.15).36^2}$$

$$\times 3.84 - \frac{4}{3} + 0.15 +$$

$$0.5(1 + 2.0.15. \frac{19.97}{122.561}) = 26 \text{ Kg cm}^2$$

**C- حالة تحميل ركبية :**

$$e_2 = \frac{3.21862.5}{36^2} \cdot \left( 1 - \frac{(12.(1-0.15^2).6.2)}{351535.36^3} \right)^{0.3} \times (20.375. \sqrt{2})^{1.2}$$

$$= 41.7 \text{ Kg cm}^2$$

بفرض أنه يحدث تغير في درجة الحرارة درجة مئوية لكل 1 Cm

$$\left. \begin{array}{l} \frac{l_x}{l} = \frac{350}{122.54} \\ \frac{l_y}{l} = \frac{350}{122.54} \end{array} \right\} \Rightarrow C_x = C_y = 0.1$$

$$(i) = \frac{3.51535.10^5.10.10^{-6}.36}{2} \cdot \left( \frac{0.1+0.15.0.1}{1-0.15^2} \right) = 7.44 \text{ kg/cm}^2$$

الاجهاد عند الطرف:

$$(e) = \frac{0.1.351535.10^{-6}.36}{2} = 6.33 \text{ kg/cm}^2$$

الاجهاد لركن البلاطة:

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

إجهاد الاحتكاك:

$$(e) = \frac{2400.1.5.3.5}{2.10^4} = 0.63 \text{ kg/cm}^2$$

التجمع الحرج للاجهادات:

**A** - أثناء الصيف:

داخلي:

$$= 22.5 + 7.44 + 0.63 = 29.31 \text{ Kg/cm}^2$$

طرفي

$$= 43.65 + 6.33 + 0.63 = 49.31 \text{ Kg/cm}^2$$

**B** - أثناء الشتاء:

طرفي:

$$= 43.65 - 6.33 + 0.63 = 37.95 \text{ Kg/cm}^2$$

**C** - حالة ركن البلاطة:

$$= 41.7 - 17.43 - 0.63 = 23.64 \text{ Kg/cm}^2$$

مطار دمشق الدولي

المعطيات:

$$H=36 \text{ cm}$$

$$K=54 \text{ MN/m}^3$$

$$v=0.15$$

$$E=351535 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q=13.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P=68867$$

$$S=110 \text{ Cm}$$

$$St=175.7 \text{ Cm}$$

$$A = 1303 \text{ Cm}^2$$

الحل:

$$L = \sqrt{\frac{E.h^3}{12.(1-v)^2.K}} = \sqrt{\frac{3.51535.10^3.(36)^3}{12.(1-0.15^2).5.4}} = 126.85$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{A}{L^2} &= \frac{1303}{126.85^2} = 0.081 \\ \frac{St}{L} &= \frac{175.7}{126.85} = 1.39 \\ \frac{S}{L} &= \frac{110}{126.85} = 0.867 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{P_o}{P_K} = 3.1$$

$$P_K = \frac{P_o}{3.1} = \frac{68867}{3.1} = 22215 \text{ Kg}$$

**A-** حالة التحميل الداخلية

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

$$i = 23.19 \text{ Kg/cm}^2$$

**b-** حالة التحميل الطرفية:

$$\begin{aligned} &= \frac{2.2 \cdot (1+0.15) \cdot (22215)}{(3+0.15) \cdot 36^2} \cdot \log \left( \frac{351536 \cdot 36^2}{100.9 \cdot 4 \cdot 20^4} \right) + \frac{3 \cdot (1+0.15) \cdot 22215}{(3+0.15) \cdot 36^2} \\ &- \left[ 2.34 - 1.84 \cdot 0.15 + 1.18 \cdot (1+2 \cdot 0.15) \cdot \frac{20}{126.85} \right] = 45.36 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$= \frac{2.2.(1+0.15.) \left( \frac{22215}{2} \right)}{(3+0.15).36^2} \cdot \log \left( \frac{351536.36^2}{100.5.4.20^4} \right) + \frac{3.(1+0.15). \frac{22215}{2}}{(3+0.15).36^2}$$

$$\times 3.84 - \frac{4}{3} + 0.15 + 0.5(1 + 2.0.15. \frac{19.97}{126.85}) = 27.15 \text{ Kg cm}^2$$

**C- حالة تحميل ركنية :**

$$e2 = \frac{3.22215}{36^2} \cdot \left( 1 - \frac{(12.(1-0.15^2).5.4)}{351535.36^3} \right)^{0.3} \times (20.375 \cdot \sqrt{2})^{1.2}$$

$$= 4.68 \text{ Kg cm}^2$$

بفرض أنه يحدث تغير في درجة الحرارة درجة مئوية لكل 1 Cm

**A- حالة التحميل الداخلية**

$$i = \frac{3.51535.10^5.10.10^{-6}.36}{2} \cdot \left[ \frac{0.09+0.15.0.09}{1-0.15^2} \right]$$

$$i = 6.7 \text{ Kg/cm}^2$$

- الاجهاد عند الطرف:

$$(i) = \frac{0.09.351535.10.10^{-6}.36}{2} = 5.69 \text{ kg/cm}^2$$

- الاجهاد لركن البلاطة:

$$(c) = \frac{351535.10.10^{-6}.36}{3(1-0.15^2)} \cdot \left( \frac{20}{126.85} \right)^{\frac{1}{2}} = 17.2 \text{ kg/cm}^2$$

إجهاد الاحتكاك:

$$^{(e)} = \frac{2400.1.5.3.5}{2.10^4} = 0.63 \text{ kg/cm}^2$$

**A - أثناء الصيف:**

$$= 23.19 + 6.7 - 0.63 = 29.69 \text{ Kg/cm}^2$$

**B - أثناء الشتاء:**

$$= 45.36 - 6.7 + 0.63 = 39.29 \text{ Kg/cm}^2$$

**C - حالة ركن بلاطة:**

$$= 42.68 - 1.72 - 0.63 = 24.38 \text{ Kg/cm}^2$$

ملاحظة: ان الاجهاد في البيتون بوضعه الحالي لمهبطي دمشق الدولي يساوي  $30.2 \text{ Kg/Cm}^2$  وهو أصغر من الاجهادات الحسابية والمهبطين غير محققين وبحاجة الى تقوية

### مطار دير الزور

المعطيات:

$$H=22 \text{ cm}$$

$$K=6.8 \text{ MN/m}^3$$

$$E=3.17.10^5$$

$$A=453 \text{ cm}^2$$

$$q=9.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P=4300 \text{ Kg}$$

$$S=110 \text{ Cm}$$

$$St=175.7 \text{ Cm}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{E.h^3}{12.(1-\nu)^2.K}} = \sqrt[4]{\frac{3.17.10^5.(22.3)^3}{12.(1-0.15^2).6.8}} = 80.65$$

$$A = \frac{P}{N.q} = \frac{4290}{9.2} = 443$$

$$b=23.75 \text{ cm}$$

$$a=b=11.876 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{A}{L^2} = \frac{453}{80.65^2} = 0.07 \\ \frac{St}{L} = \frac{153}{80.65} = 1.9 \\ \frac{S}{L} = \frac{100}{80.65} = 1.24 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{P_o}{P_K} = 3.8$$

$$P_{\kappa} = \frac{P_0}{3.8} = \frac{17200}{3.8} = 4526 \text{ Kg}$$

**A-** حالة التحميل الداخلية

$$i = \frac{4526}{(22)^2} \cdot [0.275 \cdot (1+0.15) \cdot \log \left( 5.4 \frac{3.17 \cdot 10^3}{6.8 \cdot 11.876^4} \cdot 22^3 \right)]$$

$$i = 13 \text{ Kg/cm}^2$$

**b-** حالة التحميل الطرفية:

$$= \frac{2.2 \cdot (1+0.15) \cdot (4526)}{(3.15) \cdot 22^2} \cdot \log \left( \frac{3.17 \cdot 10^5 \cdot 22^3}{100 \cdot 6.8 \cdot 11.876^4} \right) + \frac{3 \cdot (1+0.15) \cdot 4526}{(3.15) \cdot 22^2}$$

$$\times \left[ 2.34 - 1.84 \cdot 0.15 + 1.18 \cdot (1+2 \cdot 0.15) \cdot \frac{11.876}{80.65} \right] = 25.35 \text{ Kg/cm}^2$$

e1

$$= \frac{2.2 \cdot (1+0.15) \left( \frac{4526}{2} \right)}{3.15 \cdot 22^2} \cdot \log \left( \frac{3.17 \cdot 22^3}{100.6 \cdot 8.11 \cdot 876^4} \right) + \frac{3 \cdot (1+0.15) \cdot \frac{4526}{2}}{(3.15) \cdot 22^2}$$

$$\times 3.84 - \frac{4}{3} + 0.15 + 0.5 \left( 1 + 2 \cdot 0.15 \cdot \frac{11.876}{80.65} \right) = 15.03 \text{ Kg cm}^2$$

**C- حالة تحميل ركنية :**

$$e_2 = \frac{3.4526}{22^3} \cdot \left( 1 - \frac{(12 \cdot (1-0.15^2) \cdot 5.4)^{0.3}}{351535.36^3} \right) \times (20.375 \cdot \sqrt{2})^{1.2}$$

$$= 4.68 \text{ Kg cm}^2$$

بفرض أنه يحدث تغير في درجة الحرارة درجة مئوية لكل 1 Cm

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

CS CamScanner الممسوحة ضوئياً بـ

**- في المنطقة الداخلية:**

$$i = \frac{3.17 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 22}{(2)} \cdot \left( 6.2 \cdot \frac{0.55 + 0.10 \cdot 0.55}{1 - 0.15^2} \right)$$

$$i = 20.623 \text{ Kg/cm}^2$$

- الاجهاد عند الطرف:

$$(i) = \frac{0.05 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5 \cdot 22}{2} = 19.18 \text{ kg/cm}^2$$

- الاجهاد لركن البلاطة:

$$(c) = \frac{3 \cdot 17 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 22}{3(1-0.15^2)} \cdot \left(\frac{11.875}{80.65}\right)^{\frac{1}{2}} = 9.126 \text{ kg/cm}^2$$

إجهاد الاحتكاك:

$$(e) = \frac{2400 \cdot 1.5 \cdot 3.5}{2 \cdot 10^4} = 0.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$(e) = \frac{2400 \cdot 1.5 \cdot 3.5}{2 \cdot 10^4} = 0.63 \text{ kg/cm}^2$$

\_ التجمع الحرج للإجهادات:

**A** - أثناء الصيف:

$$= 25.35 + 19.18 - 0.63 = 43.9 \text{ Kg/cm}^2$$

**B** - أثناء الشتاء:

$$= 25.35 - 19.18 + 0.63 = 6.8 \text{ Kg/cm}^2$$

**C** - حالة ركن بلاطة:

$$= 23.79 - 9.126 - 0.63 = 14 \text{ Kg/cm}^2$$

ملاحظة: ان الاجهاد في البيتون بوضعه الحالي لمهبطي دمشق الدولي يساوي  $30.2 \text{ Kg/Cm}^2$  وهو أصغر من الاجهادات الحسائية والمهبطين غير محققين وبحاجة الى تقوية.

***In conclusion, this research highlights the precise mathematical and engineering methods for evaluating the structural condition of airport pavement layers, specifically through calculating the equivalent modulus of elasticity,  $E_c^{\{wt\}}$ . It has been shown that the accuracy of the evaluation depends not only on field landing measurements but also on considering environmental and seasonal variables (via the  $K_c$  modulus) and the random distribution of test results (via the  $K_v$  modulus). This research also reviews the methodology for evaluating airport runways as a fundamental pillar in civil aviation asset management. Through the structural equations studied, it becomes clear that the accurate technical evaluation of elastic pavement layers is the primary guarantee for preventing sudden structural failures and reducing long-term repair costs.***

#### ***Recommendations:***

***We recommend the necessity of relying on advanced mathematical models in periodic runway maintenance to ensure the sustainability of airport infrastructure and its ability to withstand the increasing weights of modern aircraft, thereby enhancing safety and operational efficiency. In conclusion, we emphasize the importance of integrating digital technologies with the traditional equations presented in this study to create a continuous monitoring system that assists airport decision-makers in accurately and objectively scheduling maintenance work. For example: 1. Considering the coefficient of variation ( $v$ ) in landing calculations reduces the error in estimating the expected pavement lifespan by a certain percentage (if you have conducted a case study).***

***2. The variation in  $K_c$  values between summer and autumn reflects the high sensitivity of airport soils to water content, which must be taken into account during the design phase.***

\_المراجع:

\_كتاب الطرق والمطارات للبروفيسور جلوشكوف، إصدار موسكو **1985**

\_الكود الروسي