

## عوامل الأمان في الكودات المختلفة وانعكاسها على حساب قدرة تحمل الوتد المسموحة

حياة السمارة<sup>1</sup> وطلال عواد<sup>2</sup>

### The Safety Factors in the International Norms on Calculation of the Ability of Pile

#### مُستخلص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة طرق حساب قدرة تحمل الوتد المسموحة وفق الكودات العالمية التالية: الكود المصري والكود الأمريكي والكود الأوروبي والكود الروسي. ومقارنة هذه الطرق وبيان مميزاتها وأوجه التشابه بينها واستخلاص النتائج التي يمكن استخدامها كنقطة انطلاق للكود المحلي في القطر العربي السوري في مجال البحث. إن منهجية العمل ضمن هذا البحث اعتمدت على إجراء مقارنة نظرية بين الكودات المختلفة وإجراء دراسة تطبيقية للحصول على معطيات رقمية قابلة للمقارنة في حالات توضع ترب مختلفة.

#### Abstract:

This research target to study calculating ways of the ability of pile according to the norms is Egyptian Norm, American norm, European Norm and Russian Norm. and comparing these ways and its beside the similarities between it plus taking out the results which we can use as a starting point in national norms in Syrian Arab republic in research domain.

Working according to this research depending on theoretical comparison between different norms and practical studying to get numbering data are possible in cases of different positions of soil.

#### ملاحظة:

إن هذا البحث تابع لبحث بعنوان: مقارنة طرق حساب قدرة تحمل الوتد الحديدية حسب الكودات العالمية

قبل للنشر من قبل مجلة جامعة البعث-حمص- سوريا بالمجلد 33 لعام 2011

#### 1- مقدمة:

إن قدرة تحمل الوتد الحديدية هي أقصى حمل يتحمله الوتد وللإستخدام الآمن يؤخذ عامل أمان ويختلف عامل الأمان من كود إلى آخر لذلك سنوجد قدرة تحمل الوتد المسموحة حسب الكودات العالمية المدروسة.

2- عوامل الأمان وحساب قدرة تحمل الوتد المسموحة في الكودات المختلفة:

## 1-2- طريقة الكود المصري:

الكود المصري يطبق عامل أمان يساوي (3) في حالة الأحمال الاعتيادية (الحمل الميت والحي) وعامل أمان يساوي (2.5) في حال أخذ تأثير الرياح ويأخذ عامل أمان يساوي (2) في حال أخذ تأثير الزلازل في الاعتبار.

$$Q_{aLL} = Q_u / F_s$$

حيث:

$$Q_{aLL} = \text{قدرة تحمل الوتد المسموحة.}$$

$$Q_u = \text{قدرة تحمل الوتد الكلية الحديدية.}$$

$$F_s = \text{عامل الأمان.}$$

## 2-2- طريقة الكود الأوروبي:

الكود الأوروبي يطبق عوامل أمان جزئية على:

a- المؤثرات (A)

b- مواصفات التربة (M)

c- المقاومات (R)

بالطرق التالية:

الطريقة الأولى:

$$A_1 + (R_1=1) + (M_1=1)$$

$$R_4 + (A_2=1) + M_1 O R M_2$$

الطريقة الثانية:

$$A_1 + R_2 + (M_1=1)$$

الطريقة الثالثة:

$$M_2 + (A_1 O R A_2=1) + (R_3=1)$$

عوامل الأمان الجزئية:

جدول (1-2): عوامل الأمان الجزئية للمؤثرات

A2	A1	Actions
1.00	1.35	Permanent loads, unfavorable
1.00	1.00	Permanent loads, favorable
1.30	1.50	Variable loads, unfavorable

جدول(2-2): عوامل الأمان الجزئية لمواصفات التربة

M2	M1	Materials
1.25	1.00	Angle of internal friction $\tan(\phi)$
1.25	1.00	Cohesion $c$
1.40	1.00	Undrained cohesion $c_u$
1.00	1.00	Unit weight $\gamma$

جدول(3-2): عوامل الأمان الجزئية للمقاومات

R4	R3	R2	R1	Resistances
1.60	1.00	1.10	1.25	End bearing for bore piles( $\gamma_b$ )
1.30	1.00	1.10	1.00	Skin friction for bore piles, compress( $\gamma_s$ )

## 3-2- طريقة الكود الأمريكي:

بعد تحديد قدرة تحمل الوتد الكلية الحديدية فإنه يجب استخدام عامل أمان مناسب للحصول على الحمولة المسموحة الكلية:

$$Q_{all} = Q_U / FS$$

حيث:

$Q_{all}$  = قدرة تحمل الوتد المسموحة.

$Q_U$  = قدرة تحمل الوتد الكلية الحديدية.

$FS$  = عامل أمان.

يؤخذ عامل أمان كلي يساوي (3) في حالة الأحمال الاعتيادية ( الحمل الميت والحي) ويؤخذ عامل أمان يساوي (2.5) في حال أخذ تأثير الرياح ويؤخذ عامل أمان يساوي(2) في حال أخذ تأثير الزلازل في الاعتبار.

## 4-2- طريقة الكود الروسي:

قدرة تحمل الوتد المسموح بها:

$$F = F_d / \gamma_k$$

حيث:

$F$  = قدرة تحمل الوتد المسموحة.

$F_d$  = قدرة تحمل الوتد الكلية الحدية.

$\gamma k$  = عامل الأمان ويؤخذ (1.4).

الكود الروسي يطبق عوامل أمان جزئية على الحمولات:

- عامل تصعيد الحمولة الموزعة بانتظام على الأسقف والأدراج جدول (4-2).
- عامل تصعيد حمولات الرياح. جدول (5-2)

جدول(4-2): عامل تصعيد حمولة الرياح

عامل تصعيد الحمولة	حمولة الرياح
1.2	الحالات العادية
1.3	الأبنية العالية

جدول(5-2): عامل تصعيد الحمولة على الأسقف والأدراج

عامل تصعيد الحمولة	الحمولة على الأسقف والأدراج (Kg/m <sup>3</sup> ) N
1.4	N > 200
1.3	N = (200-500)
1.2	N > 500

### 3- الدراسة التطبيقية:

تمت الدراسة التطبيقية بحل أمثلة عملية وفق الكودات المدروسة ولتوضع ترب مختلفة بمعطيات افتراضية.

- حساب قدرة تحمل الوتد المسموحة الناتجة عن رد فعل التربة تحت النهاية السفلى للوتد.
- حساب قدرة تحمل الوتد المسموحة الناتجة عن قوى الاحتكاك الجانبي بين الوتد والتربة.
- حساب قدرة تحمل الوتد الكلية المسموحة.
- نتائج قدرة تحمل الوتد المسموحة.

حيث عوامل الأمان المأخوذة للكودات المدروسة كما يلي:

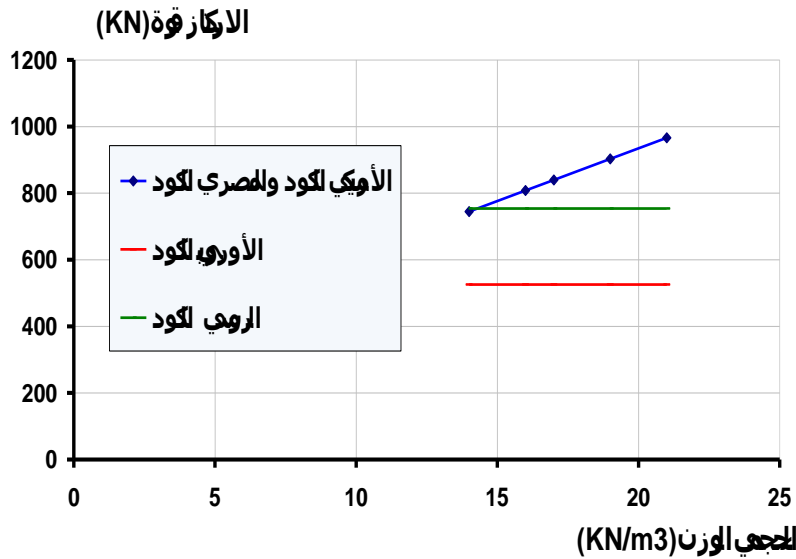
الكود العالمي	الكود المصري	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود الروسي
عامل الأمان	كلي 3	جزئي 1.1	كلي 3	جزئي 1.4

## 1- تربة مؤلفة من طبقة واحدة

المواصفات	الطبقة 1
طول الوتد (m)	18
قطر الوتد (m)	0.8
التماسك ( $kN/m^2$ )	40
الوزن الحجمي ( $kN/m^3$ )	19
زاوية الاحتكاك (درجة)	10

## الجدول (1-1): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير الوزن الحجمي

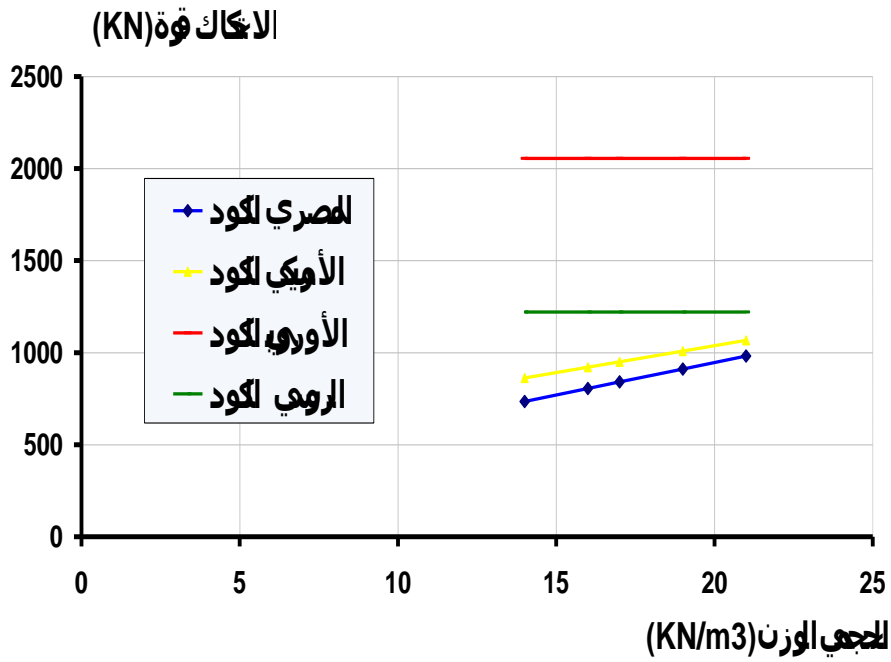
قوة الارتكاز المسموحة ( $Q_b$ (kN))				
$\gamma 1$ ( $kN/m^3$ )	الكود المصري	الكود الأمريكي	الكود الأوروبي	الكود الروسي
14	744.56	744.56	525.24	753.6
16	807.86	807.86	525.24	753.6
17	839.51	839.51	525.24	753.6
19	902.81	902.81	525.24	753.6
21	966.12	966.12	525.24	753.6



الشكل (1-1): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير الوزن الحجمي

الجدول(2-1): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير الوزن الحجمي

قوة الاحتكاك المسموحة $Q_f$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )
1221	2055.45	861.98	734.91	14
1221	2055.45	921	805.45	16
1221	2055.45	949.79	841	17
1221	2055.45	1008.34	911.25	19
1221	2055.45	1067	981.79	21

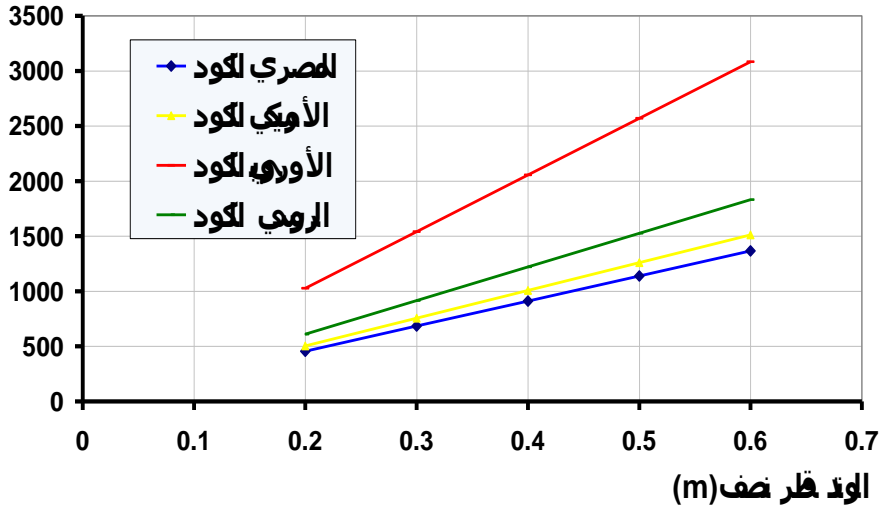


الشكل(2-1): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير الوزن الحجمي.

الجدول(3-1): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير نصف قطر الوتد

قوة الاحتكاك المسموحة $Q_f$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$R(m)$
610.41	1027.64	504.17	455.63	0.2
915.62	1541.45	756.26	684.4	0.3
1221	2055.45	1008.34	911.25	0.4
1526.1	2569.1	1260.43	1139.1	0.5
1831.25	3082.91	1512.52	1367	0.6

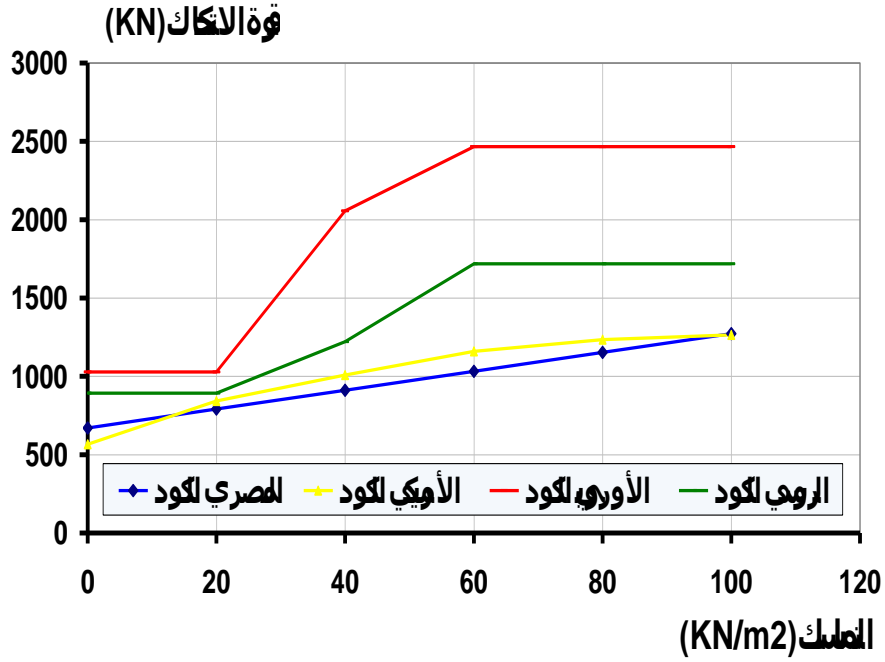
الاحتكاك قوة (KN)



الشكل(3-1): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير نصف قطر الوتد.

الجدول(4-1): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير التماسك

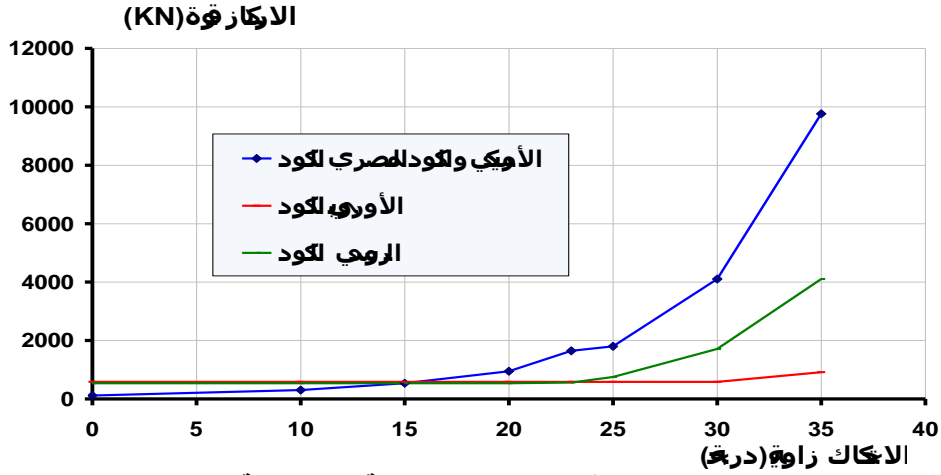
قوة الاحتكاك المسموحة $Q_f$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$CI(kN/m^2)$
893.01	1027.64	566.18	670.1	0
893.01	1027.64	842.55	791	20
1221	2055.45	1008.34	911.25	40
1718.21	2466.33	1159.1	1031.83	60
1718.21	2466.33	1234.42	1152.41	80
1718.21	2466.33	1264.57	1272.98	100



الشكل (4-1): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير التماسك

الجدول (5-1): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك

قوة الارتكاز المسموحة $Q_b$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\Phi_1$
538.29	584.64	117.56	117.56	0
538.29	584.64	300.94	300.94	10
538.29	584.64	534.9	534.9	15
538.29	584.64	945.53	945.53	20
559.278	584.64	1646.07	1646.07	23
750.164	584.64	1800.23	1800.23	25
1711.75	584.64	4106.33	4106.33	30
4104.24	913.455	9763.3	9763.3	35



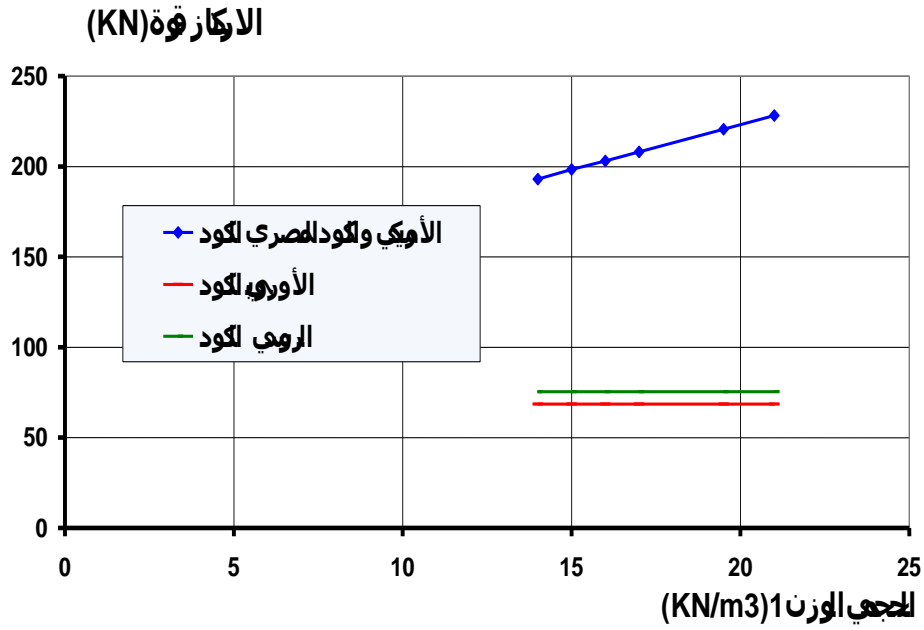
الشكل (1-5): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

## 2- تربة مؤلفة من طبقتين

المواصفات	الطبقة 1	الطبقة 2
قطر الوند (m)	0.8	0.8
طول الوند (m)	12	6
التماسك ( $\text{KN/m}^2$ )	15	80
الوزن الحجمي ( $\text{KN/m}^3$ )	17	19.5
زاوية الاحتكاك (درجة)	10	25

الجدول (1-2): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير الوزن الحجمي

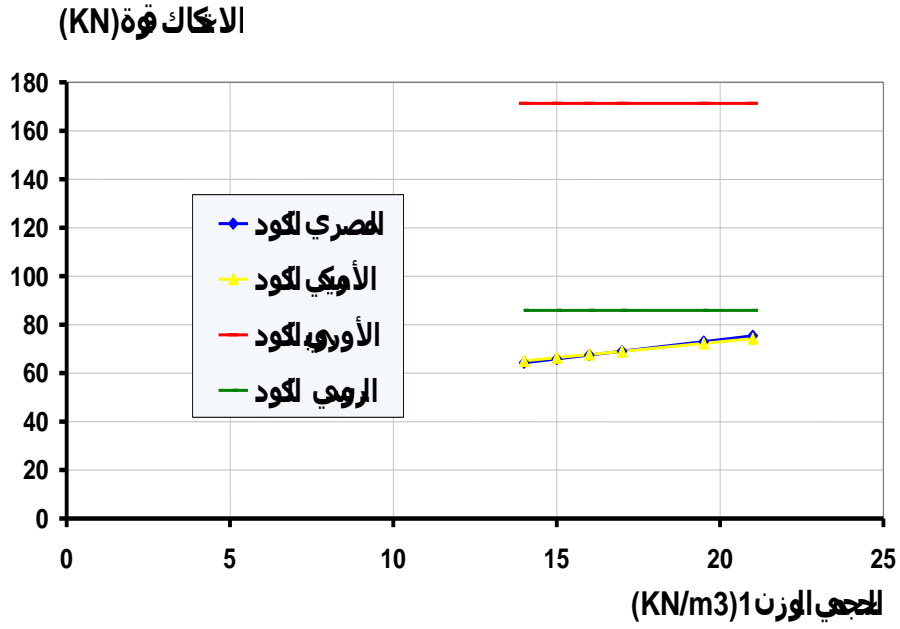
قوة الارتكاز المسموحة $Q_b$ (kN)				
الكود المصري	الكود الأمريكي	الكود الأوروبي	الكود الروسي	$\gamma 1 (\text{kN/m}^3)$
193	193	68.51	75.374	14
198.367	198.367	68.51	75.374	15
203.1	203.1	68.51	75.374	16
208.1	208.1	68.51	75.374	17
220.64	220.64	68.51	75.374	19.5
228.17	228.17	68.51	75.374	21



الشكل (1-2): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير الوزن الحجمي.

الجدول (2-2): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير الوزن الحجمي.

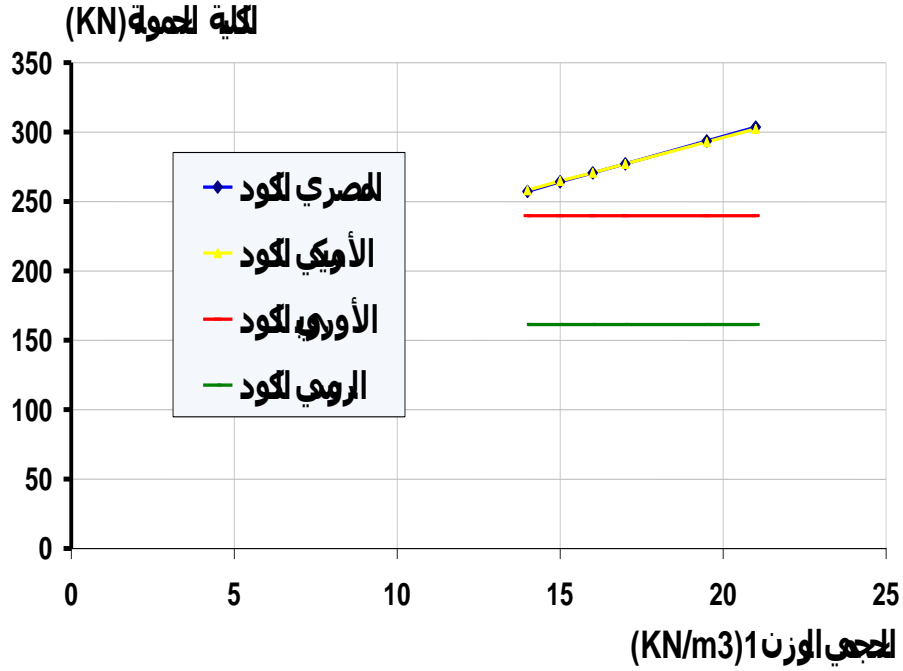
قوة الاحتكاك المسموحة $Q_f$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\gamma_1$ (kN/m <sup>3</sup> )
85.911	171.272	65.1	64.283	14
85.911	171.272	66.367	65.87	15
85.911	171.272	67.677	67.458	16
85.911	171.272	68.989	69.045	17
85.911	171.272	72.267	73.014	19.5
85.911	171.272	74.237	75.395	21



الشكل (2-2): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير الوزن الحجمي.

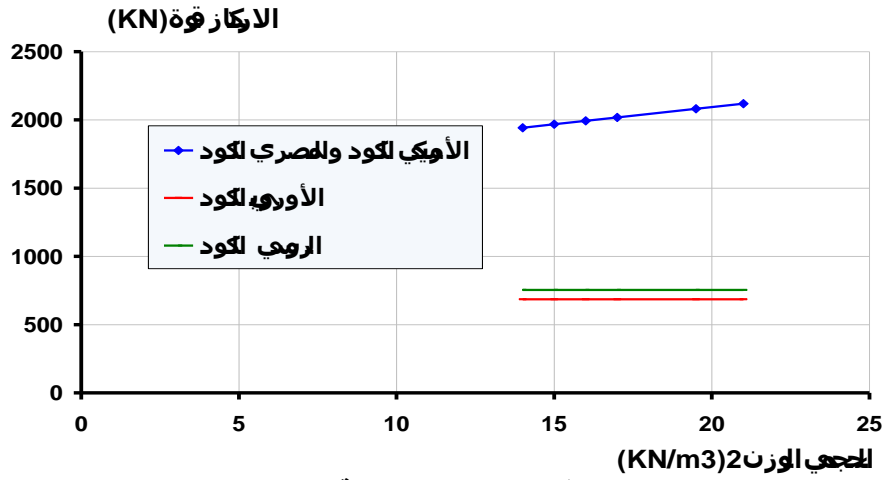
الجدول (3-2): تغير الحمولة الكلية المسموحة بتغير الوزن الحجمي.

الحمولة الكلية المسموحة (kN) Q				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\gamma 1$ (kN/m <sup>3</sup> )
161.285	239.782	258.1	257.283	14
161.285	239.782	264.734	264.237	15
161.285	239.782	270.777	270.558	16
161.285	239.782	277.089	277.145	17
161.285	239.782	292.907	293.654	19.5
161.285	239.782	302.407	303.565	21



الجدول (4-2): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير الوزن الحجمي.

قوة الارتكاز المسموحة $Q_b$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\gamma_2$ (kN/m <sup>3</sup> )
753.74	685.1	1942.6	1942.6	14
753.74	685.1	1967.73	1967.73	15
753.74	685.1	1992.87	1992.87	16
753.74	685.1	2017.97	2017.97	17
753.74	685.1	2081	2081	19.5
753.74	685.1	2118.47	2118.47	21

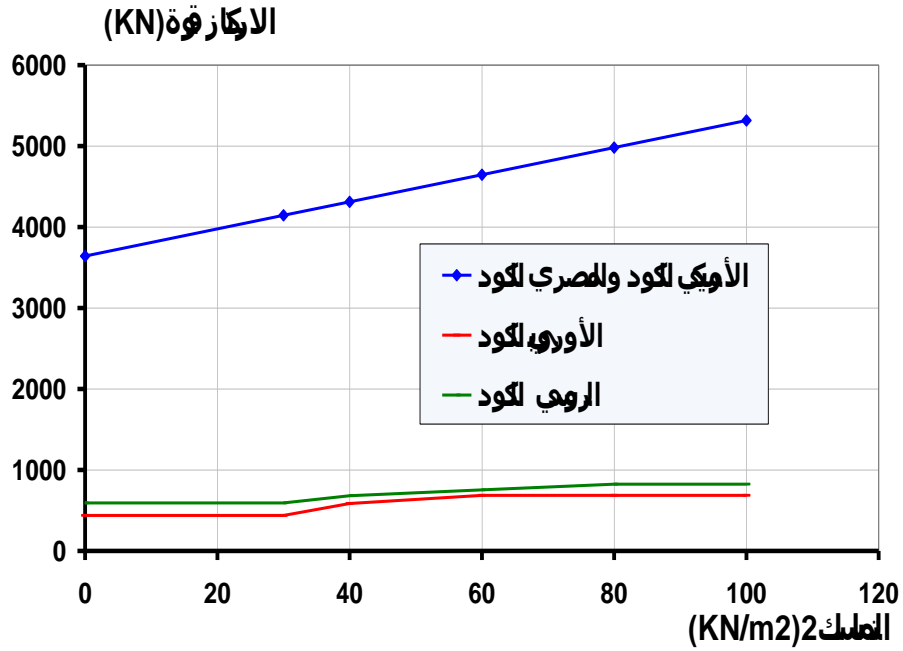


## 3- تربة مؤلفة من ثلاث طبقات.

المواصفات	الطبقة 1	الطبقة 2	الطبقة 3
قطر الوند (m)	0.8	0.8	0.8
طول الوند (m)	5	10	5
التماسك (KN/m <sup>2</sup> )	15	30	80
الوزن الحجمي (KN/m <sup>3</sup> )	17	18	19.5
زاوية الاحتكاك (درجة)	10	25	30

## الجدول (1-3): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير التماسك.

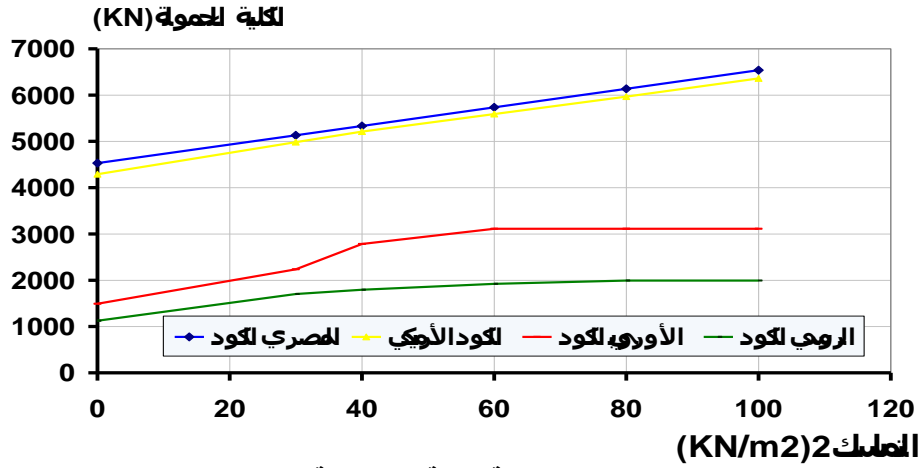
قوة الارتكاز المسموحة $Q_b$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$C_2$ (kN/m <sup>2</sup> )
592.11	438.45	3642.4	3642.4	0
592.11	438.45	4144.8	4144.8	30
681.83	584.63	4312.27	4312.27	40
753.6	685.1	4647.2	4647.2	60
825.37	685.1	4982.13	4982.13	80
825.37	685.1	5317.1	5317.1	100



الشكل(1-3): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير التماسك.

الجدول(2-3): تغير الحمولة الكلية المسموحة بتغير التماسك.

الحمولة الكلية المسموحة $Q$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$C2(kN/m^2)$
1125.91	1493.63	4291.33	4529.05	0
1703.67	2236.81	4982.13	5131.93	30
1793.39	2782.63	5212.4	5333.27	40
1921.7	3111.46	5589.19	5735.13	60
1993.47	3111.46	5965.99	6136.72	80
1993.47	3111.46	6359.57	6538.69	100



الشكل (2-3): تغير الحمولة الكلية المسموحة بتغير التماسك.

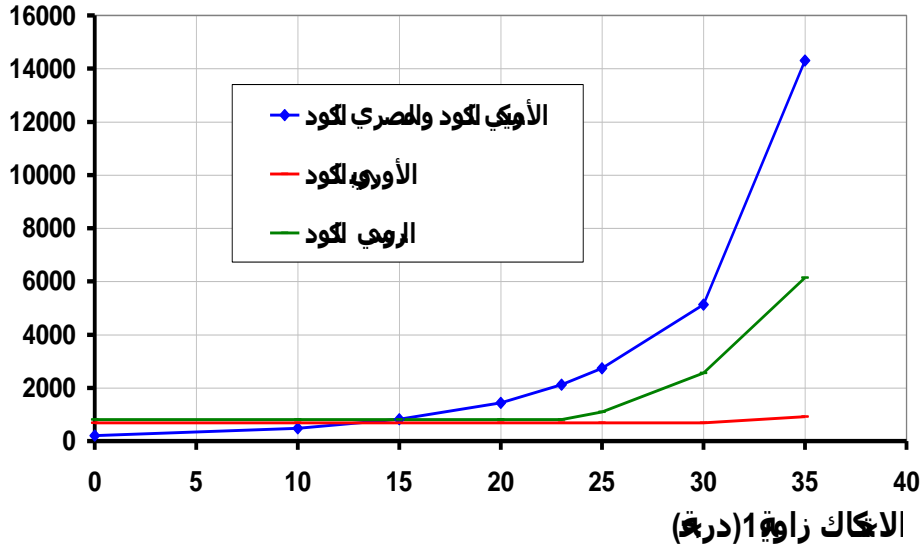
## 4- تربة مؤلفة من أربع طبقات

المواصفات	الطبقة 1	الطبقة 2	الطبقة 3	الطبقة 4
قطر الوند (m)	0.8	0.8	0.8	0.8
طول الوند (m)	4	6	10	5
التماسك (KN/m <sup>2</sup> )	15	30	60	80
الوزن الحجمي (KN/m <sup>3</sup> )	17	18	195	21
زاوية الاحتكاك (درجة)	10	20	25	30

الجدول (1-4): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك

قوة الارتكاز المسموحة $Q_b$ (kN)				
$\Phi^{\circ}_1$	الكود المصري	الكود الأمريكي	الكود الأوروبي	الكود الروسي
0	200.33	200.33	685.1	809.57
10	479.97	479.97	685.1	809.57
15	825.93	825.93	685.1	809.57
20	1438.2	1438.2	685.1	809.57
23	2122.53	2122.53	685.1	809.57
25	2729.7	2729.7	685.1	1092.14
30	5122.67	5122.67	685.1	2554.49
35	14301.67	14301.67	913.45	6143.76

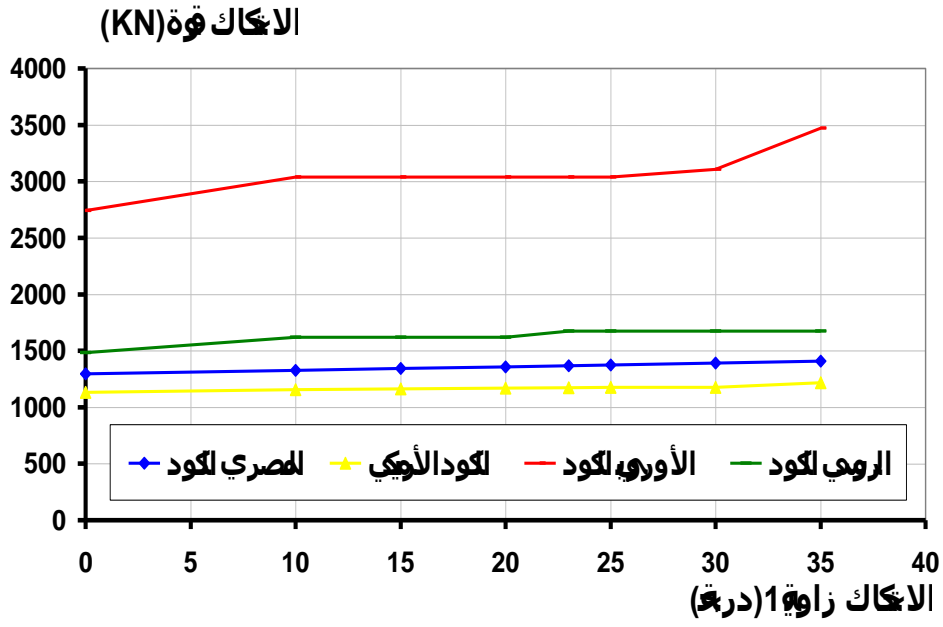
الارتكاز قوة (KN)



الشكل (1-4): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

الجدول (2-4): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

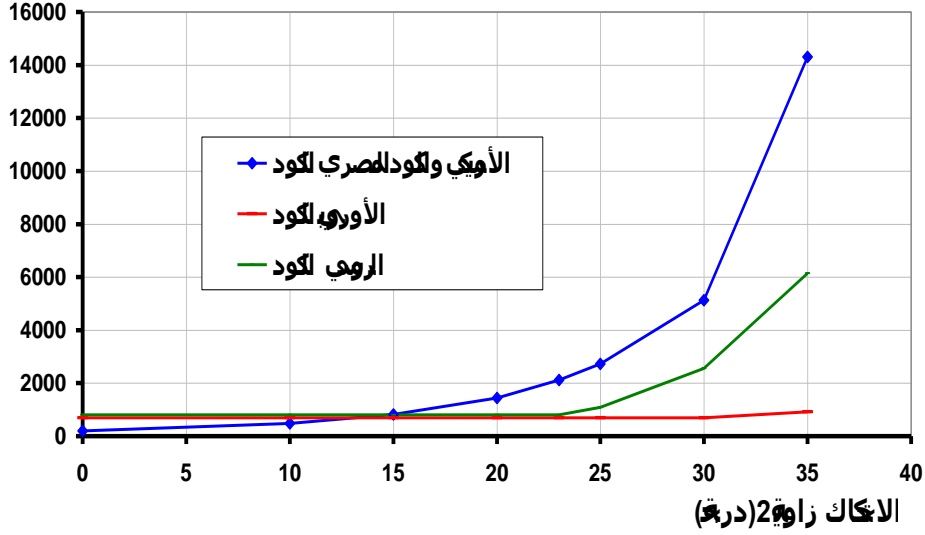
قوة الاحتكاك المسموحة $Q_f$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\Phi_1^0$
1484.59	2740.36	1131	1297.05	0
1620.24	3037.27	1155.31	1327.04	10
1620.24	3037.27	1164.12	1342.36	15
1620.24	3037.27	1171	1358.08	20
1675.51	3037.27	1173.67	1367.77	23
1675.51	3037.27	1175.18	1374.37	25
1675.51	3105.75	1177.71	1391.39	30
1675.51	3471.13	1218.43	1409.37	35



الجدول (3-4): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

قوة الارتكاز المسموحة $Qb$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\Phi_2$
809.57	685.1	200.33	200.33	0
809.57	685.1	479.97	479.97	10
809.57	685.1	825.93	825.93	15
809.57	685.1	1438.2	1438.2	20
809.57	685.1	2122.53	2122.53	23
1092.14	685.1	2729.7	2729.7	25
2554.49	685.1	5122.67	5122.67	30
6143.76	913.45	14301.67	14301.67	35

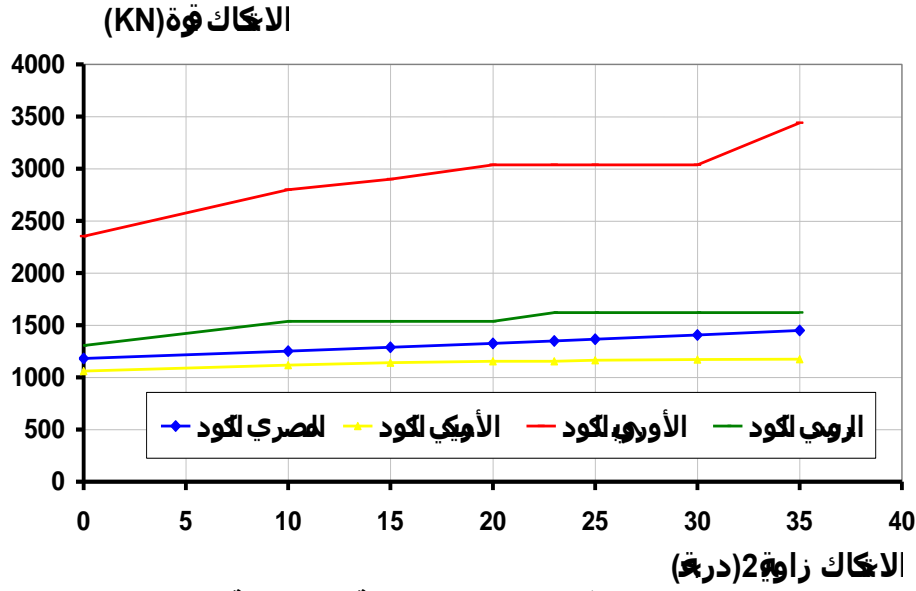
الارتكاز قوة (KN)



الشكل (3-4): تغير قوة الارتكاز المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

الجدول (4-4): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

قوة الاحتكاك المسموحة $Q_f$ (kN)				
الكود الروسي	الكود الأوروبي	الكود الأمريكي	الكود المصري	$\Phi_2^\circ$
1304.1	2352.15	1059.66	1181.65	0
1537.34	2797.45	1118.7	1253.08	10
1537.34	2900.22	1139.65	1289.58	15
1537.34	3037.27	1155.31	1327.04	20
1620.24	3037.27	1155.32	1350.13	23
1620.24	3037.27	1166	1365.84	25
1620.24	3037.27	1172	1406.4	30
1620.24	3439.2	1173.76	1449.23	35



الشكل (4-4): تغير قوة الاحتكاك المسموحة بتغير زاوية الاحتكاك.

## 3- النتائج:

## 3-1- قوة الارتكاز المسموحة:

أظهرت الدراسة التطبيقية أن قوة الارتكاز المسموحة تكون في الكودين الأمريكي و المصري بأعلى القيم يليهما الكود الروسي ثم الكود الأوروبي مهما تغيرت المؤثرات. ويعود ذلك إلى عوامل الأمان المختلفة لكل من الكودات المدروسة حيث أن الكودين المصري والأمريكي يطبقان عامل أمان كلي على المقاومة أما الكود الأوروبي يطبق عوامل أمان جزئية منخفضة بالمقارنة مع عوامل الأمان للكودين الأمريكي والمصري على المقاومات والمؤثرات ومواصفات التربة أما الكود الروسي فيطبق عامل أمان كلي على المقاومة وعوامل أمان جزئية على الحمولات.

وقوة الارتكاز في الكودين الأمريكي والمصري تتأثر بزاوية الاحتكاك بشكل طفيف حتى زاوية (25°) حيث تزداد بشكل ملحوظ وتزداد قوة الارتكاز المسموحة بزيادة قطر الوتد و طول الوتد والوزن الحجمي.

أما في الكود الأوروبي فقوة الارتكاز لا تتأثر بالوزن الحجمي ولا بطول الوتد أما بالنسبة لزاوية الاحتكاك فتبقى ثابتة حتى الزاوية (30°) ثم تزداد بشكل طفيف مقارنة بالكودين المصري والأمريكي.

وكذلك قوة الارتكاز في الكود الروسي لا تتأثر بالوزن الحجمي أما بالنسبة إلى زاوية الاحتكاك فتبقى ثابتة حتى زاوية (23°) ثم تزداد بشكل طفيف وقوة الارتكاز في الكود الروسي تزداد بزيادة قطر الوتد وطول الوتد.

### 3-2- قوة الاحتكاك المسموحة:

أظهرت الدراسة التطبيقية أن قوة الاحتكاك المسموحة تكون في الكود الأوروبي بأعلى القيم يليه الكود الروسي ثم الكودين المصري و الأمريكي. حيث نجد في الكودين المصري والأمريكي أن قوة الاحتكاك تزداد بشكل كبير بزيادة زاوية الاحتكاك وتزداد بزيادة قطر الوند وطول الوند والوزن الحجمي. أما في الكود الأوروبي فتبقى قوة الاحتكاك ثابتة حتى زاوية  $(30^{\circ})$  ثم تزداد ولا تتأثر قوة الاحتكاك بالوزن الحجمي.

وفي الكود الروسي تبقى قوة الاحتكاك ثابتة حتى زاوية  $(23^{\circ})$  ثم تزداد ولا تتأثر قوة الاحتكاك في الكود الروسي بالوزن الحجمي.

### 3-3- الحمولة الكلية المسموحة:

وهي ناتج جمع قوة الارتكاز المسموحة مع قوة الاحتكاك المسموحة وأظهرت الدراسة التطبيقية أن الحمولة الكلية المسموحة تكون في الكودين المصري والأمريكي بأعلى القيم يليهما الكود الأوروبي ثم الكود الروسي.

### المراجع

- 1- الكود المصري.
- 2- الكود الأوروبي.
- 3- الكود الأمريكي.
- 4- الكود الروسي.