

Coparision the wind and earthquake loads for local industrial reinforced concrete chimney types

Dr.Zakai Tarifi*
Ayman Hasan**

(Received 5 / 3 / 2017. Accepted 17 / 10 / 2017)

□ ABSTRACT □

Reinforced concrete chimneys are used to expel gases and exhaust from industrial processes to be differentiated in the upper layers of the atmosphere of high altitudes , to reduce air pollution . They can be conical , cylindrical , or mixed-section (conical - cylindrical) . It has been in the research study of the forces resulting from wind , earthquakes for three models of chimneys . conical , cylindrical, and Mixed-section chimneys , with equal heights of 110 m , As it exists in the Syrian coast . The seismic forces was calculated using the equivalent static method , Wind loads were calculated in both longitudinal and transverse directions . modeling was done using SAP2000.V14 software , have also been drawing shear force , bending moment and displacement diagrams to the three models .

It was concluded that the effect of wind on the three models is greater than the effect of earthquakes (within the local data) , and the largest earthquake forces were on the conical chimney . While the forces of the wind was the biggest on the cylindrical chimney. And the forces of earthquakes and winds are at least on mixed-section chimney.

At the end of the research , it is recommended to use chimneys with a mixed section (conical - cylindrical) in the design of chimneys where the forces on them were the least.

Key words: reinforced concrete chimneys, wind loads, seismic loads, along- wind, across-wind , maximum displacement , maximum relative drift ratio .

*Professor - Department of Structural Engineering –Faculty of Civil Engineering- Tishreen University – Lattakia – Syria.

**Postgraduate Studies (Master)– Department of Structural Engineering –Faculty of Civil Engineering- Tishreen University – Lattakia – Syria .

مقارنة حمولات الرياح والزلازل لنماذج من المداخل البيتونية المسلحة الصناعية المحلية

الدكتور زكائي طريفي*

أيمن حسن**

(تاريخ الإيداع 5 / 3 / 2017. قُبل للنشر في 17 / 10 / 2017)

□ ملخص □

تستخدم المداخل البيتونية المسلحة لطرخ الغازات والعوادم الناتجة عن العمليات الصناعية إلى ارتفاعات عالية لتفريقها في طبقات الجو العليا، للتخفيف من التلوث الهوائي . ويمكن أن تكون بشكل جذع مخروط أو اسطوانية أو بمقطع مختلط (مخروطي - اسطواني) . تم في البحث دراسة القوى الناتجة عن الرياح والزلازل لثلاثة نماذج من المداخل ، مخروطية واسطوانية ومدخنة بمقطع مختلط ، وذات ارتفاعات متساوية 110 m . وذلك باعتبارها موجودة في الساحل السوري . تم حساب حمولة الزلازل بالطريقة الاستاتيكية المكافئة كما تم حساب حمولة الرياح بالاتجاهين الطولي والعرضي . تمت النمذجة باستخدام برنامج SAP2000.V14 ، كما تم رسم مخططات العزوم والقص والانتقال للمداخل الثلاث .

تم التوصل إلى أن تأثير الرياح على النماذج الثلاث هو أكبر من تأثير الزلازل (ضمن المعطيات المحلية) ، وقوى الزلازل الأكبر كانت على المدخنة المخروطية . بينما قوى الرياح كانت الأكبر على المدخنة الأسطوانية . وقوى الزلازل والرياح هي الأقل على المدخنة بمقطع مختلط .

وفي نهاية البحث ينصح باعتماد مداخل بمقطع مختلط (مخروطي - اسطواني) في تصميم المداخل حيث القوى عليها كانت الأقل .

الكلمات المفتاحية : المداخل البيتونية المسلحة ، أحمال الرياح ، أحمال الزلازل ، الرياح باتجاه الهبوب ، الرياح العرضية ، الانتقال الأعظمي ، الانحراف النسبي الأعظمي .

* أستاذ- قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - اللاذقية - سورية .

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - اللاذقية - سورية .

مقدمة :

تستخدم المداخل البيتونية المسلحة لطرح الغازات والعوادم الناتجة عن العمليات الصناعية إلى ارتفاعات عالية لتفريقها في طبقات الجو العليا، وذلك للتخفيف من التلوث الهوائي . ومن أهم تطبيقاتها في محطات الطاقة والمصانع البتروكيميائية حيث تتراوح ارتفاعاتها بين 150-350 m، ويتعلق ارتفاع وقطر المدخنة بكمية الغازات المطروحة وبالمعطيات الحرارية والتجهيزات الصناعية للمنشأة (مصنع- مصفاة - محطة طاقة) ، تصنف منشآت المداخل على أنها منشآت حيوية وخدمية هامة جداً ، مما يعني أنها يجب أن تصمد تحت تأثير حملات الزلازل والرياح معاً . ويمكن التمييز بين الأنواع التالية من المداخل في المقطع الطولي الشاقولي (الشكل 1) : (طريفي ، 2014)

- المداخل الأسطوانية ، يكون المقطع العرضي ثابت من القاعدة إلى القمة .
- المداخل بشكل جذع مخروط، بميل ثابت في المقطع الطولي حوالي % 2.5 .
- المداخل بمقطع طولي مختلط ، أي جذع مخروط في الأسفل وبميل طولي حوالي % 10-15 حتى ثلث الارتفاع تقريباً ، ومن ثم بشكل اسطوانة حتى أعلى القمة .
- وفي المقطع العرضي يمكن أن تأخذ أحد الأشكال التالية :
- دائري أملس .
- متعدد الأضلاع أملس (مضلع منتظم من الخارج ودائري أملس من الداخل) .
- دائري ذو نتوءات من الخارج .
- متعدد الأضلاع مع نتوءات بارزة من الخارج .

كما يتم تبطين المدخنة من الداخل بطبقة من الأجر القرميدي وهو يفيد في حماية جدار المدخنة البيتوني من الحرارة المرتفعة لغازات العوادم، وحماية جدار المدخنة من التأثيرات الكيميائية لغازات العوادم . يترك عادة فراغ هوائي بحدود 80-150 mm ، بين جدار المدخنة البيتوني وطبقة العزل القرميدي ، وذلك لزيادة فعالية العزل الحراري .



أهمية البحث وأهدافه :

تصنف منشآت المداخن على أنها منشآت حيوية وخدمية هامة جداً ، مما يعني أنها يجب أن تصمد تحت تأثير حمولات الزلازل والرياح معاً. يهدف البحث إلى دراسة القوى الناتجة عن تأثير الرياح والزلازل على نماذج مختلفة من المداخن (أسطوانية ، مخروطية ،مداخن بمقطع مختلط)، وذلك بافتراضها موجودة في الساحل السوري ، ومقارنة النتائج للنماذج السابقة لاختيار النموذج الأفضل بينها، والذي ينتج أقل تأثير لأحمال الرياح والزلازل عليه.

طرائق البحث ومواده :

اعتمد المنهج التحليلي في انجاز البحث ، حيث تم حساب القوى الزلزالية بالطريقة الاستاتيكية المكافئة ، كما تم حساب حمولات الرياح بالاتجاهين ، الطولي أي باتجاه الهبوب ، والعرضي المتعامد معه . كما وضعت النماذج للمداخن الثلاث المدروسة باستخدام برنامج SAP2000 . كما تم إجراء مقارنة بينها للعزوم وقوى القص والانتقال بتأثير حمولات الزلازل والرياح .

أحمال الرياح على المداخن :

تنشأ الرياح أساساً من حركة الهواء عبر نطاق واسع بفعل التيارات الحرارية ، وهي تلعب دوراً مهماً في تصميم المنشآت الطويلة لأنها تسبب أحمالاً استاتيكية وديناميكية والتي تؤثر على المنشآت الاسطوانية كالمداخن . حمولة

الرياح على المدخنة يمكن اعتبارها كمجموع مركبتين استاتيكية وديناميكية . درس (Reddy,2012) وآخرون حملات الرياح بالاتجاهين الطولي والعرضي لمدخنة بارتفاع 275m في الهند، وكانت سرعة الرياح الأساسية 33 m/sec و 55 m/sec ، تمت النمذجة باستخدام برنامج STAAD.pro . توصل إلى أن تأثيرات الرياح العرضية متناسبة مباشرة مع وزن المنشأ والترددات الطبيعية وأشكال أنماط الاهتزاز ، ولاتزداد بزيادة سرعة الرياح . في المنطقة الأولى (33 m/sec) كانت القوى الحاكمة للاستجابة هي تلك الناتجة عن تأثيرات الرياح العرضية ، بينما في المنطقة الثانية (55 m/s) فإن القوى الحاكمة للاستجابة هي تلك الناتجة عن تأثيرات الرياح الطولية .

كما أجرى (John,2011) وآخرون دراسة تجريبية لتأثير التداخل لعدة مداخن متجاورة على الاستجابة الديناميكية للرياح ، وأجريت هذه الدراسة على مداخن محطة الطاقة الحرارية في مدينة Panipat ، في الهند. تم وضع نموذج مصغر ضمن نفق الهواء ، ولوحظ أنه من أجل ظروف التداخل (interference condition) أن عزم الانعطاف الناتج عن الاهتزاز العرضي يتضاعف تقريباً إذا ما قورن بالعزم للمدخنة بالحالة المنفردة .

أحمال الزلازل على المداخن :

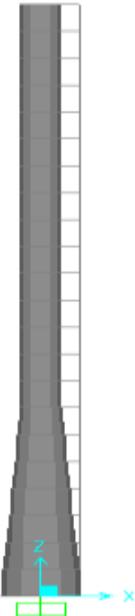
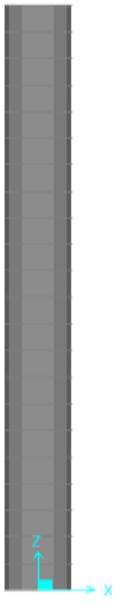
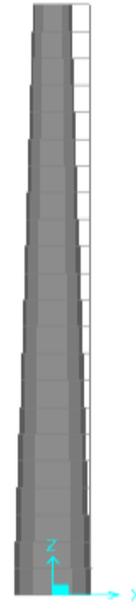
درس (John,2012) الأداء الزلزالي للمداخن البيتونية المسلحة في زلزال تشيلي 2010 ، حيث تم التحري عن سلوك أربع مداخن بتأثير تحريض زلزالي شديد، بشدة بلغت (MMI 9) وسرعة أعظمية $PGV = 360 \text{ m/sec}$. شملت الدراسة محطات شمالاً (Ventanas , Campiche) بارتفاع بلغ 95m ، حيث لم تلاحظ أي تشققات في مدخنة Ventanas ، بينما سجل تصدع بسيط في مدخنة Campiche ، وفي الجنوب لم تلاحظ أي شقوق في مدخنة Colbun بارتفاع 130m ، بينما لوحظ وجود شقوق عديدة في مدخنة Bocamina بارتفاع 100m ولكنها كانت صغيرة ولم تتجاوز 0.2 mm .

كما درس (Huang,Gould,2008) انهيار مدخنة Tupras في Kocaeli في تركيا عام 1999 ، باستخدام إجراءات التحليل ثلاثي الأبعاد بطريقة العناصر المنتهية . بلغ ارتفاع المدخنة 115m، مع فتحة عند ثلث الارتفاع تقريباً . وتم التوصل إلى أن الانهيار كان بفعل قوى القص عند منطقة الفتحة وليس بفعل عزوم الانعطاف .

وأجرى (John,2002) دراسة تجريبية بهدف تحديد الاستجابة الزلزالية للمداخن البيتونية المسلحة الطويلة، شملت الدراسة أربع عينات أنبوبية بطول 4565 mm وقطر 1200 mm وسماكة 30 mm. تم اختبارها كأظفار أفقية بتطبيق حملات شاقولية دورية عند النهاية الحرة للعينات . تبين أن جميع العينات أبدت مطاوعة معقولة تحت تأثير حملات التجربة ، وأن الانهيار قد تم بفعل تحنيط التسليح الطولي وانخفاض الصلابة وفقدان طبقة التغطية .

المواصفات الهندسية لنماذج المداخن المدروسة :

تم دراسة ثلاثة نماذج من المداخن، مخروطية وأسطوانية وأخرى بمقطع مختلط (متضيق حتى ثلث الارتفاع ومنتظم حتى القمة)، ولها نفس القطر الوسطي والسماكة عند القاعدة . الخصائص الهندسية للنماذج الثلاث مبينة في الجدول (1) .

الجدول (1) : الموصفات الهندسية لنماذج المداخن المدروسة			
نموذج المدخنة	المدخنة المخروطية	المدخنة الأسطوانية	المدخنة بمقطع مختلط
الواجهة الجانبية للنموذج			
			
110	110	110	الارتفاع الكلي (m)
8	8	8	القطر الوسطي عند القاعدة (m)
35	35	35	السماكة عند القاعدة (cm)
3.85	8	4	القطر الوسطي عند القمة (m)
28	35	12.5	السماكة عند القمة (cm)

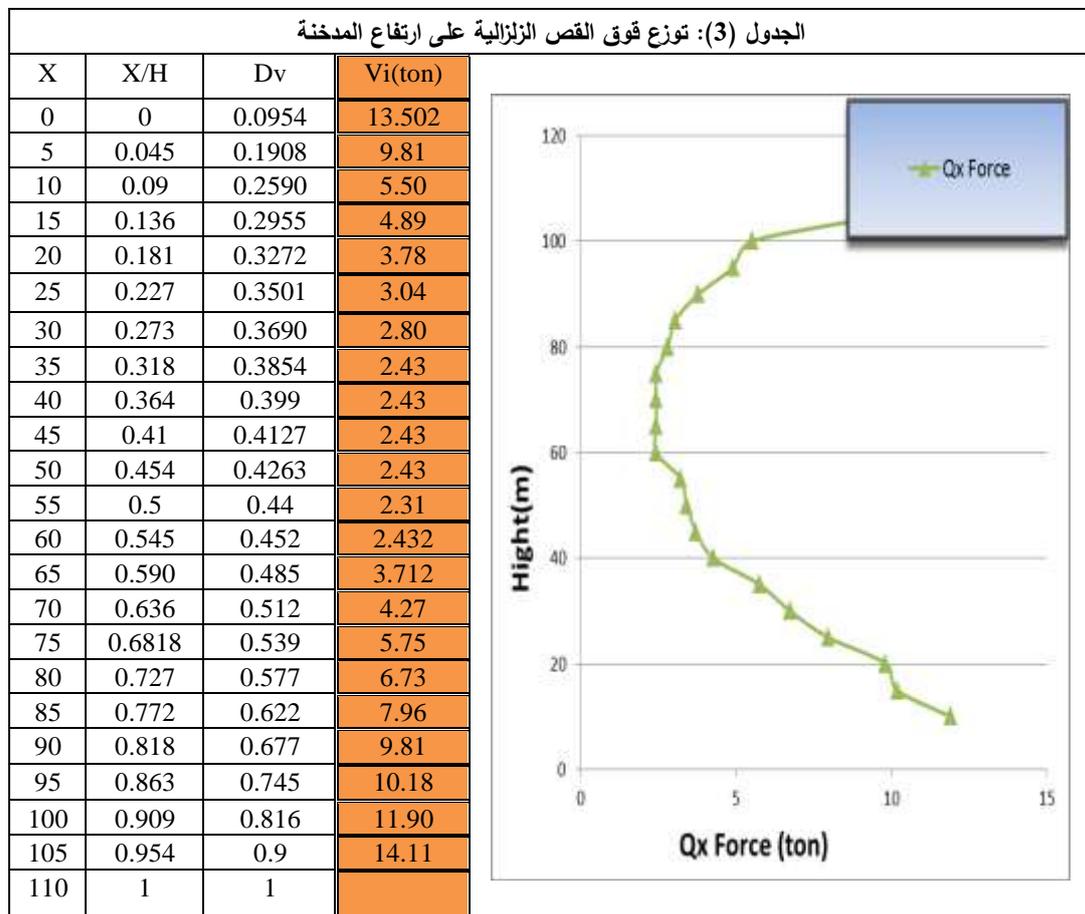
- المقاومة المميزة للبيتون $f'_c = 35 \text{ MPa}$ والوزن الحجمي للبيتون 25 kN/m^3 .
 - المداخن مبطنه بطبقة من الآجر القرميدي بسماكة 10 cm مع وجود فراغ هوائي أيضاً بسماكة 10 cm
 - الوزن الحجمي للآجر القرميدي 18 kN/m^3 .
- تمت النمذجة باستخدام برنامج SAP2000.V14 ، تم تقسيم نماذج المداخن إلى عناصر بطول $\Delta H = 5\text{m}$.
تم استخدام عناصر بمقطع غير موشوري (Nonprismatic) ، تحمل الخصائص الهندسية لمقطع العنصر (القطر-السماكة) عند بداية ونهاية كل عنصر ، كما تم تطبيق القوى المحسوبة (زلازل - رياح) عند نقاط التقسيم السابقة.

الدراسة التحليلية :

حساب حمولة الزلازل للمدخنة المخروطية :
يتم حساب الحمولة الزلزالية استناداً للكود الهندي (IS-1893 (part4)-2005) كما في الجدول (2) :

الجدول (2) : خطوات حساب قوة القص الزلزالية		
C_T : معامل يتعلق بنسبة النحافة للمنشأ K معامل مرونة البيتون : $E_c = 3.5 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ الوزن الكلي للمدخنة $W_t = 1635.7 \text{ ton}$	حساب الدور التقريبي $T = C_T \sqrt{\frac{W_T \cdot H}{E_c \cdot A \cdot g}}$ $T = 71.776 * \sqrt{\frac{16357 \cdot 110 \cdot 1000}{3.5 \cdot 10^{10} \cdot 8.796 \cdot 9.81}} = 1.752 \text{ sec}$	1
معامل المنطقة الزلزالية : $Z=0.3$ معامل أهمية المنشأ : $I=1.5$ التسارع الطيفي : S_a/g معامل السلوك اللامرن : R	حساب المعامل الزلزالي الأفقي A_h $A_h = \frac{(Z/2)(S_a/g)}{R/I} = \frac{(0.3/2)(0.7762)}{2} = 0.058215$	2
C_V : معامل قوة القص ويعتمد على النحافة K معاملات توزيع قوة القص والعزم : D_V, D_m من الكود IS-1893 (part4) - (table 10)	حساب العزم و القص عند مسافة X مقاسة من قمة المدخنة $V = C_V \cdot A_h \cdot W_t \cdot D_V$ $M = A_h \cdot W_t \cdot h \cdot D_m$	3

ويبين الجدول (3) توزيع قوة القص على كامل ارتفاع المدخنة :



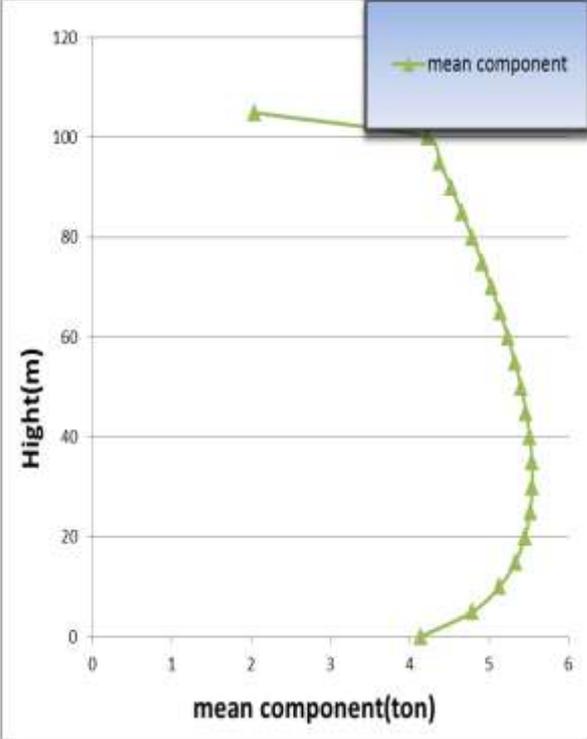
2-5 : حساب حمولات الرياح على المدخنة المخروطية :

إن حمولة الرياح على المداخل تقسم إلى مركبتين، مركبة باتجاه الهبوب (along-wind load) ومركبة بالاتجاه المعامد للهبوب (across-wind load). كما أن المركبة الطولية (باتجاه الهبوب) تقسم إلى مركبة متوسطة وأخرى متقلبة (mean and fluctuating)، ويتم حسابها وفق الكود الهندي IS-875 (part3)، كما في الجدول (4) :

الجدول (4) : خطوات حساب المركبة المتوسطة لحمولة الرياح		
سرعة الرياح الأساسية تحدد من المعطيات المحلية	$V_b = 44 \text{ m/sec} , K_1 = 1.07 , K_3 = 1.36$	1
ارتفاع الخشونة الإيروديناميكي للرياح Z_0	$\bar{K}_2 = 0.1423 \left[\ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \right] (Z_0)^{0.0706}$	2
ضغط الرياح التصميمي الموافق للسرعة التصميمية $\bar{V}(z)$	$(z) = \frac{1}{2} \rho_a \{ \bar{V}(z) \}^2 \bar{F}$	3
المركبة المتوسطة لحمولة الرياح الطولية	$(z) = \bar{C}_D \cdot d(z) \bar{P}(z) \bar{F}$	4

ويبين الجدول (5) حسابات المركبة المتوسطة لحمولة الرياح الطولية (the mean along-wind load) :

الجدول (5): المركبة المتوسطة لحمولة الرياح على كامل ارتفاع المدخنة		
$(z) - \text{ton} \bar{F}$	$P(z) - \text{N/m}^2$	$Z(m)$
4.137	1267.888	5
4.787	1502.489	10
5.127	1648.947	15
5.328	1756.991	20
5.448	1843.158	25
5.513	1915.092	30
5.54	1976.985	35
5.536	2031.396	40
5.509	2080.002	45
5.462	2123.969	50
5.399	2164.138	55
5.322	2201.138	60
5.234	2235.452	65
5.134	2267.458	70
5.026	2297.46	75
4.909	2325.703	80
4.784	2352.39	85
4.653	2377.691	90
4.516	2401.748	95
4.373	2424.683	100
4.224	2446.6	105
2.035	2467.589	110



حساب المركبة المتقلبة (المتغيرة) لحمولة الرياح الطولية (fluctuating component)

المركبة المتقلبة F' (z) بوحدة N/m^2 عند المنسوب Z يتم حسابها وفق الخطوات التالية ، الجدول (6) :

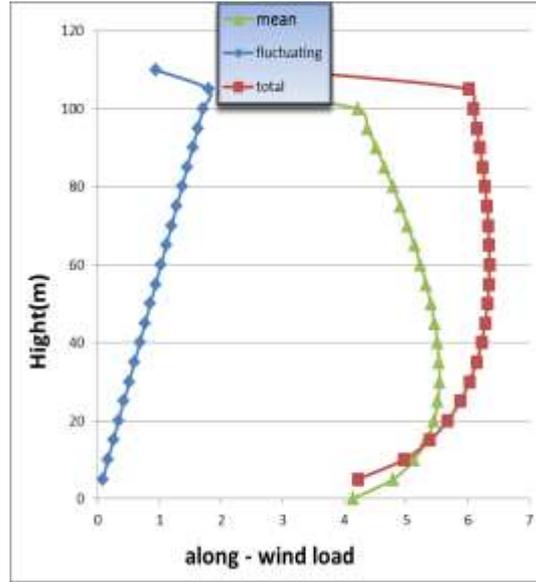
الجدول(6): خطوات حساب المركبة المتقلبة لحمولة الرياح الطولية		
التردد الطبيعي للمدخنة في الدور الأول للاهتزاز	$f_1 = 1/1.752 = 0.571 \text{ Hz}$	1
سرعة الرياح الوسطية الساعية عند ارتفاع 10m	$(10) = V_b \cdot K_2 = 44 * 0.78155 = 34.38 \text{ m/sec}$	2

	$S = \left[1 + 5.78 \left(\frac{f_1}{V_{10}} \right)^{1.14} * H^{0.98} \right]^{-0.88} = 0.1948$	3
مقياس الطاقة المتوفرة في الرياح في الدور الطبيعي للمدخنة	$E = \frac{[123(f_1/V_{10}) * H^{0.21}]}{[1 + (330 * f_1 / V_{10})^2 * H^{0.42}]^{0.823}} = 0.06298$	4
عامل إعادة ويشير إلى المركبة المتغيرة ببطئ لحمولة الرياح المتقلبة	$B = [1 + (H/265)^{0.63}]^{-0.88} = 0.671$	5
تعبير عن كثافة الاضطراب في حركة الهواء عند قمة المدخنة	$r_t = 0.622 - 0.178 \log_{10} H = 0.2586$	6
	$V_T = \frac{3600 * f_1}{\left(1 + \frac{B * \beta}{S * E} \right)^{0.5}} = 1501.27$	7
عامل الذروة ، وهو النسبة بين قيمة الذروة المتوقعة إلى قيمة الجذر التربيعي للحمولة المتقلبة المتوقعة	$g_f = \sqrt{2 \ln(V_T)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(V_T)}} = 3.9755$	8
معامل الهبوب	$G = 1 + g_f * r_t * \sqrt{\left(B + \frac{S * E}{\beta} \right)} = 2.2328$	9
المركبة المتقلبة لحمولة الرياح عند الارتفاع Z بوحدة (N/m)	$(Z) = \frac{3(G-1)}{H^2} \left(\frac{Z}{H} \right) \int_0^H \bar{F}(z) * Z * d(z) = 34.2 * ZF'$	10

ويبين الجدول (7) حسابات المركبة المتقلبة لحمولة الرياح الطولية ، والمركبة الكلية لحمولة الرياح الطولية ،

كما يبين الشكل (2) توزيع حمولة الرياح على كامل الأرتفاع :

الجدول (7): المركبة المتوسطة والمتقلبة والكلي لحمولة الرياح الطولية							
$F = \overline{F(z)} + F'_z$	$\overline{F(z)}$ (ton)	F'_z (ton)	Z (m)	$F = \overline{F(z)} + F'_z$	$\overline{F(z)}$ (ton)	F'_z (ton)	Z (m)
6.349	5.322	1.026	60	4.222	4.137	0.085	5
6.346	5.234	1.112	65	4.958	4.787	0.171	10
6.332	5.134	1.198	70	5.384	5.127	0.256	15
6.309	5.026	1.283	75	5.670	5.328	0.342	20
6.278	4.909	1.369	80	5.876	5.448	0.427	25
6.239	4.784	1.454	85	6.027	5.513	0.513	30
6.194	4.653	1.540	90	6.139	5.540	0.599	35
6.142	4.516	1.625	95	6.221	5.536	0.684	40
6.084	4.373	1.711	100	6.279	5.509	0.770	45
6.021	4.224	1.797	105	6.318	5.462	0.855	50
2.977	2.035	0.941	110	6.340	5.399	0.941	55



الشكل (2): حمولة الرياح الطولية الكلية

تحليل حمولات الرياح العرضية (Across wind load) :

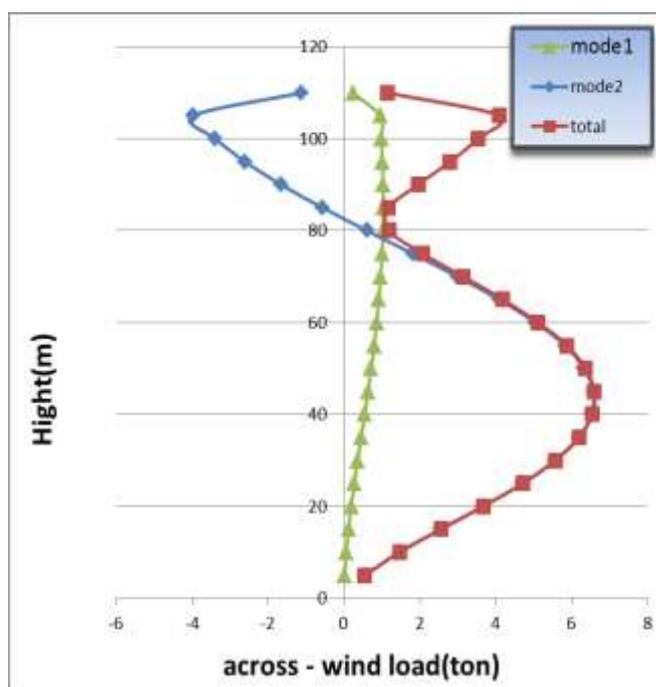
إن تحليل حمولات الرياح العرضية بفعل تأثير الدوامة (Vortex shedding) ، في النمط الأول والأنماط الأخرى للاهتزاز ، يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم المدخنة عندما تكون سرعة الرياح الحرجة V_{cr} تقع ضمن المجال $0.5\bar{V}(Z_{ref}) \leq V_{cr} \leq 1.3\bar{V}(Z_{ref})$. ويتم الحساب وفق الخطوات المبينة في الجدول (8) :

الجدول (8): خطوات حساب حمولة الرياح العرضية		
العزم الأعظمي (Peak moment) عند القاعدة لأجل قيم مختلفة للسرعة \bar{V}_*	$M_{ac} = \left[g_{ac} \cdot S_C \cdot C_L \cdot \frac{\rho_a V_{cr}^2}{2} d \cdot H^2 \right] * \left[\frac{\pi}{4(\beta_s + \beta_a)} \right]^{0.5} * S_P * \left[\frac{2L}{\frac{H}{d} + C_E} \right]^{0.5}$	1
	S_C : عامل شكل النمط ويؤخذ 0.57 للنمط الأول ، و 0.18 للنمط الثاني . C_E : عامل تأثير القمة أو النهاية ويؤخذ 3 . g_{ac} : عامل الذروة من أجل حمولة الرياح العرضية ويؤخذ 4 .	2
عامل السحب	$C_L = C_{L0} * F_{1B} = 0.12523 * 0.7877 = 0.09864$	3
السرعة الحرجة	$= 13.32 \text{ m/sec } V_{cr} = \frac{f_1 d}{S_t}$	4
	$2064398.294 \text{ kg.m } M_{ac} =$	5
حمولة الرياح $F_{ac(z)}$ العرضية عند Z الكتلة بوحدة Z الارتفاع عند المنسوب Z شكل نمط الاهتزاز i للمدخنة .	$F_{ac(z)} = \frac{M_{ac} \cdot m_{(z)} \cdot \phi_{i(z)}}{\int_0^H m_{(z)} \cdot \phi_{i(z)} \cdot Z \cdot dz}$ $= \sum m_{(z)} \cdot \phi_{i(z)} \cdot Z = 5682601 \int_0^H m_{(z)} \cdot \phi_{i(z)} \cdot Z \cdot dz$	6
حمولة الرياح العرضية للنمط (i) للاهتزاز	$= 0.363284 \cdot m_{(z)} \cdot \phi_{i(z)} F_{ac(z)} = \frac{2064398.294 \cdot m_{(z)} \cdot \phi_{i(z)}}{5682601}$	7

وبنفس الطريقة السابقة تحسب حمولة الرياح العرضية للنمط الثاني للاهتزاز ، وتكون المحصلة الناتجة هي :

حمولة الرياح العرضية على كامل ارتفاع المدخنة : $F_{ac}(z) = \sqrt{(F_{ac(z)mode1})^2 + (F_{ac(z)mode2})^2}$ ، كما في الجدول (9) ، ويبين الشكل (3) توزيع

الجدول (9): حمولة الرياح العرضية الكلية على كامل ارتفاع المدخنة							
Total	Mode 2	Mode 1		Total	Mode 2	Mode 1	
Fac(z) - ton	Fac(z)- ton	Fac(z)- ton	الارتفاع Z	Fac(z) - ton	Fac(z)- ton	Fac(z)- ton	الارتفاع Z
5.115	5.043	0.861	60	0.551	0.550	0.018	5
4.188	4.087	0.919	65	1.459	1.459	0.058	10
3.143	2.991	0.967	70	2.549	2.547	0.118	15
2.069	1.810	1.002	75	3.672	3.667	0.189	20
1.189	0.605	1.024	80	4.709	4.702	0.272	25
1.179	-0.568	1.033	85	5.571	5.559	0.360	30
1.947	-1.652	1.031	90	6.196	6.179	0.452	35
2.796	-2.606	1.015	95	6.544	6.522	0.543	40
3.529	-3.389	0.988	100	6.599	6.569	0.632	45
4.091	-3.979	0.949	105	6.362	6.321	0.716	50
1.155	-1.132	0.233	110	5.879	5.826	0.796	55



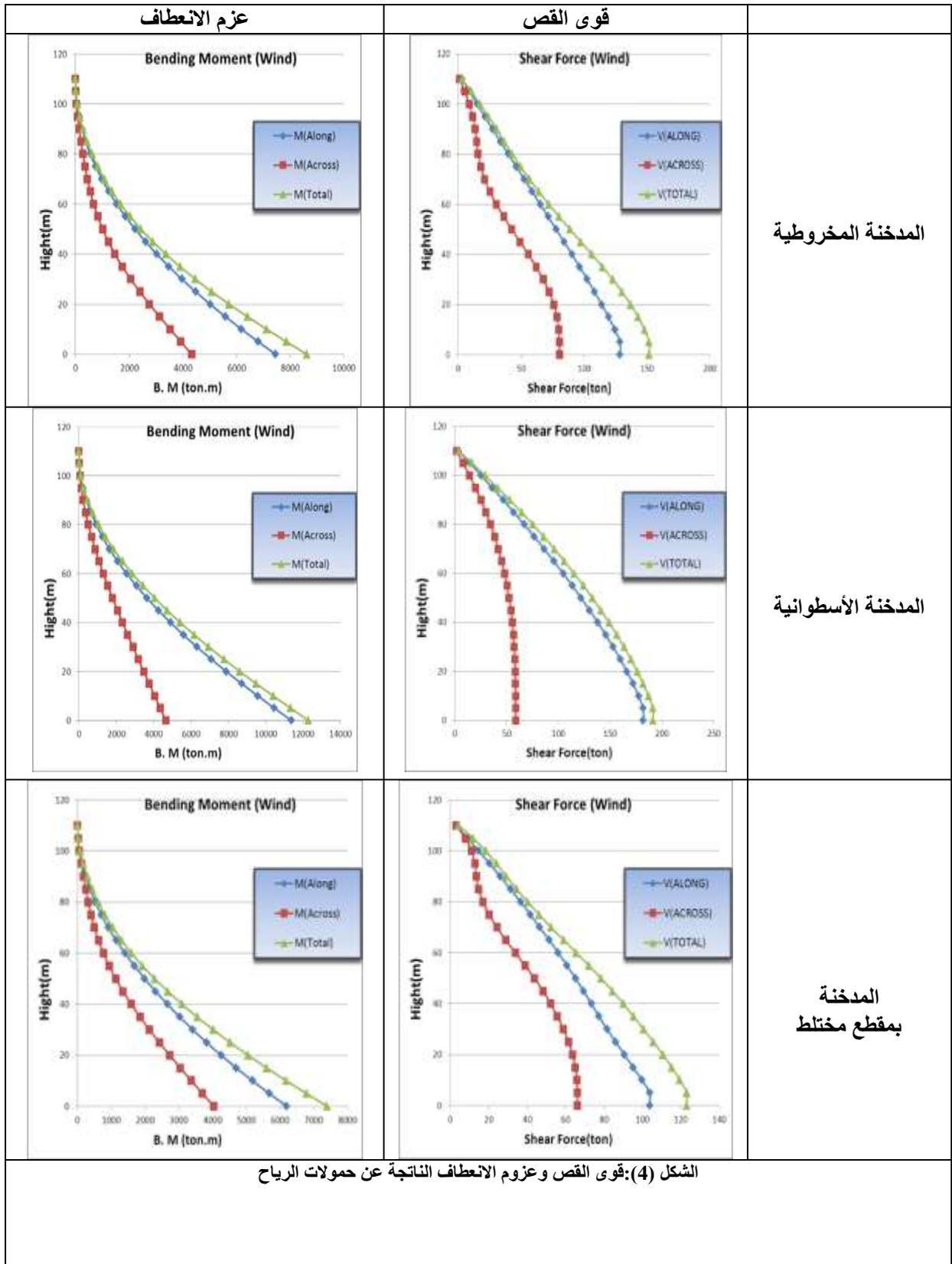
الشكل (3): حمولة الرياح العرضية الكلية

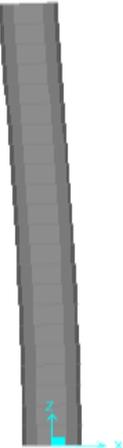
يتم تطبيق حمولة الرياح الطولية والعرضية على نموذج المدخنة المدروس ، ويتم الحصول على القص والعزم

الناجمين عن الحملتين من العلاقات التالية :

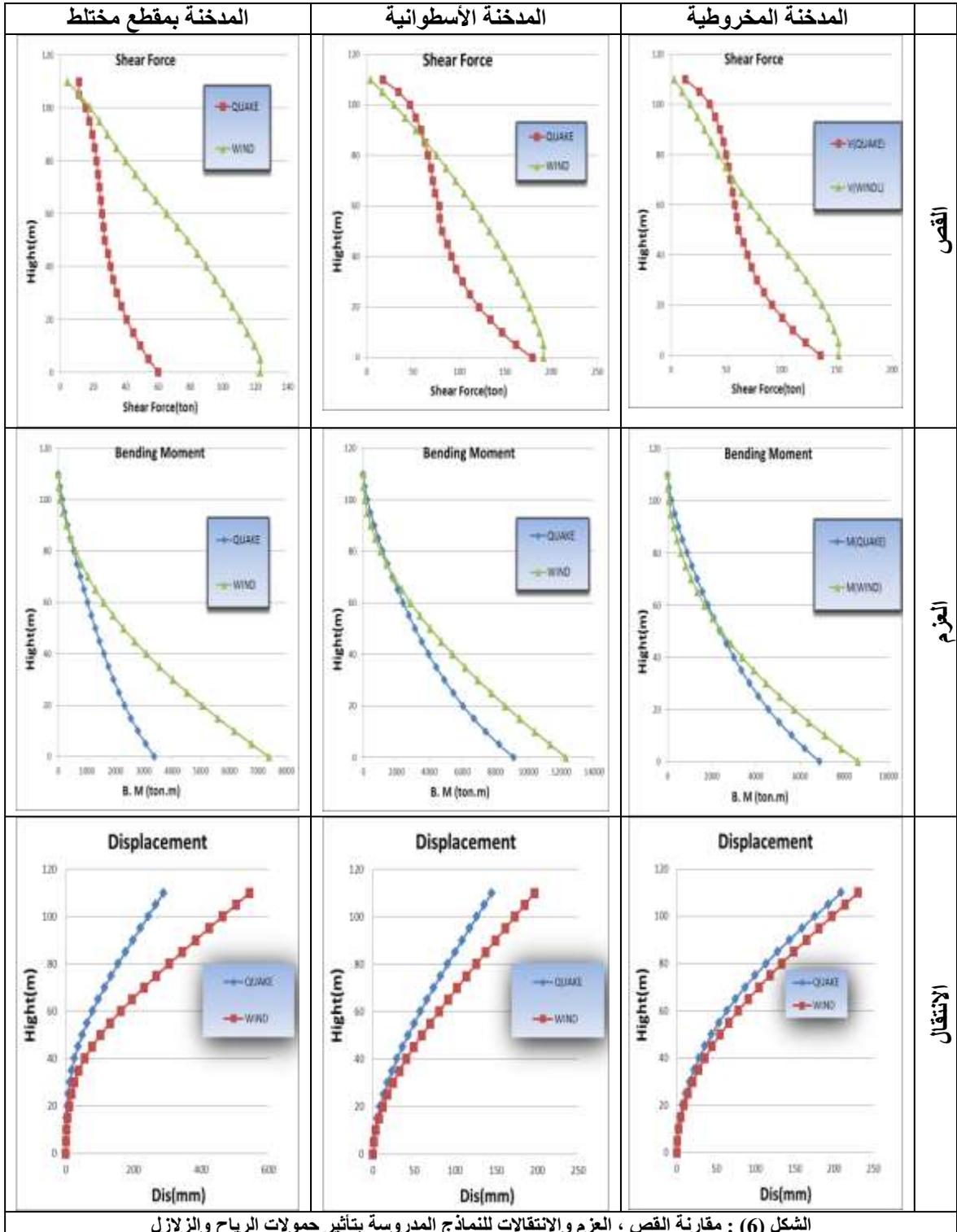
$$M_{total} = \sqrt{(M_{Along})^2 + (M_{Across})^2} \quad \& \quad V_{total} = \sqrt{(V_{Along})^2 + (V_{Across})^2}$$

ويبين الشكل (4) قوى القص وعزوم الانعطاف الناتجة عن جمولة الرياح ، كما يبين الشكل (5) أنماط الاهتزاز الثلاث الأولى للنماذج المدروسة :



المدخنة بمقطع مختلط	المدخنة الأسطوانية	المدخنة المخروطية	
<p>Mode 1 - Period 3.36293</p> 	<p>Mode 1 - Period 2.51080</p> 	<p>Mode 1 - Period 1.81250</p> 	النمط الأول
<p>Mode 2 - Period 0.61798</p> 	<p>Mode 2 - Period 0.40724</p> 	<p>Mode 2 - Period 0.46461</p> 	النمط الثاني
<p>Mode 3 - Period 0.22320</p> 	<p>Mode 3 - Period 0.14517</p> 	<p>Mode 3 - Period 0.17663</p> 	النمط الثالث
الشكل (5) : مقارنة أنماط الاهتزاز الثلاث الأولى للنماذج المدروسة			

كما يبين الشكل (6) العزم والقص والانتقالات للنماذج المدروسة بتأثير حمولات الرياح والزلازل :



النتائج والمناقشة :

تم حساب القوى الزلزالية لنماذج المداخل الثلاث بالطريقة الاستاتيكية المكافئة . كما تم حساب قوى الرياح بالاتجاه الطولي (اتجاه الهبوب) وبالاتجاه العرضي أيضاً . وذلك بالاستناد إلى المعطيات المحلية (المنطقة الزلزالية ، سرعة الرياح الأساسية) ، باعتبارها موجودة في الساحل السوري ، تم حساب عامل القص القاعدي من العلاقة :

$$\alpha_{base} = V_{base} / W_t$$

$$Max.Drift = (Max.Dis / Ht) * 100$$

وتم تلخيص النتائج بالجدول (10) :

الجدول (10): ملخص نتائج الدراسة للمداخل الثلاث			
المدخنة بمقطع مختلط	المدخنة الأسطوانية	المدخنة المخروطية	
60.18 ton	179.31 ton	135.31 ton	$V_{base,quake}$
123.0 ton	191.2 ton	151.814 ton	$V_{base,wind}$
289.06 mm	144.47 mm	209.07 mm	$Max.Dis_{quake}$
543.08 mm	196.56 mm	230.28 mm	$Max.Dis_{wind}$
1395.5 ton	2876.1 ton	1635.7 ton	W_t
$60.18/1395.5 = 4.31 \%$	$179.31/2876.1 = 6.23 \%$	$135.31/1635.7 = 8.27 \%$	α_{Quake}
$123.0/1395.5 = 8.81 \%$	$191.2/2876.1 = 6.65 \%$	$151.814/1635.7 = 9.28 \%$	α_{wind}
0.262 %	0.13 %	$209.07/110000 = 0.19 \%$	$Max.Drift_{Quak}$ e
0.494 %	0.178 %	$230.28/110000 = 0.21 \%$	$Max.Drift_{Wind}$

ومن قراءة النتائج من الجدول (10) ، يمكن ملاحظة مايلي :

❖ تأثير الرياح على النماذج الثلاث المدروسة عموماً هو أكبر من تأثير الزلازل ، وذلك ضمن المعطيات المحلية (المنطقة الزلزالية ، سرعة الرياح) .

❖ معامل القص القاعدي α_{Quake} للمدخنة المخروطية أكبر منه للمدخنة الاسطوانية ثم للمدخنة بمقطع مختلط ، والسبب هو في قيمة الدور الأساسي للاهتزاز ، حيث تتناسب قوى القص القاعدي الزلزالية عكساً مع دور الاهتزاز .

❖ تقاربت قيم عامل القص القاعدي للمدخنة المخروطية والاسطوانية ($\alpha_{wind} - \alpha_{Quake}$) ، بينما كانت

$$\alpha_{wind} / \alpha_{Quake} = 2$$

❖ الانحراف النسبي الأعظمي أخذ القيمة الأكبر للمدخنة بمقطع مختلط ($Max.Drift_{Wind}$ &)

، ويعود ذلك للصلابة المنخفضة نسبياً لها بالنسبة للمدخنة المخروطية والاسطوانية . بينما تقاربت قيم الانحراف النسبي للمدخنتين الاسطوانية والمخروطية .

❖ قوى الرياح كانت الأكبر للمدخنة الاسطوانية (191.2 ton) ، والسبب في ذلك أن القطر ثابت من

القاعدة إلى القمة، بالتالي زيادة المساحة المعرضة لضغط الرياح .

الاستنتاجات التوصيات :

من خلال الدراسة السابقة لاحظنا أن القوى المتولدة بتأثير الرياح والزلازل (ضمن المعطيات المحلية) ، كانت على المدخنة بمقطع مختلط أقل منها على المدخنتين المخروطية والأسطوانية ، فضلاً عن الكتلة المنخفضة لها وبالتالي التوفير في المواد اللازمة للتشييد ، ولذا ينصح باعتماد مداخل بمقطع مختلط (متضيق- منتظم) في تصميم المداخل.

و يمكن التوسع في البحث وذلك بإجراء تحليل استاتيكي لاخطي أو ديناميكي لاخطي ، وذلك للتعرف أكثر على أنماط وحمولات الانهيار للنماذج السابقة ، للوصول إلى تصور أفضل لسلوكها الحقيقي تحت تأثير الأحمال السابقة .

كما يوصى بإجراء دراسة حول النسبة المثالية بين ارتفاع الجزء المخروطي إلى ارتفاع الارتفاع الكلي للمداخل بمقطع مختلط ، للحصول على أفضل استجابة لها .

المراجع:

- [1] طريفي ، زكائي . مقارنة السلوك الزلزالي للمداخل البيتونية المسلحة الصناعية الأسطوانية والمخروطية . مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية ، المجلد (36) - العدد (3) ، 2014 ، 113-116 .
- [2] B REDDY , V PADMAVATHI , CH SRIKANTH . *Study of Wind Load Effects on Tall R.C Chimneys* . international journal of advanced engineering technology, 2012 , pp.92-97 .
- [3] A JOHN , A GAIROLA , E GANJU , A GUPTA . *Design Wind Loads on Reinforced Concrete Chimney- An Experimental Case Study* . Indian institute of technology Roorkee , India, 2011,pp.1-6 .
- [4] JOHN L WILSON . *Performance of Tall Reinforced Concrete Chimney Structures in The 2010 Chilean Earthquake* . Swinburne university of technology , 2012 , pp.4-7.
- [5] W HUANG, P L GOULD . *A case Study Considering A 3-D Pushover Analysis Procedure* . The 14th Word Conference on Earthquake Engineering ,China, 2008 , pp.3-6.
- [6] JOHN L WILSON . *Earthquake Response of Tall Reinforced Concrete Chimneys*. University of Melbourne, Melbourne , Australia , 2002, pp.11-24.
- [7] IS -1893 (part 4), *Code of Practice For Design of Reinforced Concrete Chimneys* . third version of IS 4998 (part 1) , 2005, 27.
- [8] IS-875 (part 3), *Code of Practice For Design Loads (other than earthquake) For Buildings and Structures*, part 3- wind load , 2007, pp.1-67 .