مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

طرق حساب القوى الناجمة عن الزلازل ومقارنة الطرق المعتمدة

الدكتور زكاني طريفي*

☐ الملخّص ☐

نوقشت بشكل موجز الطرق الحركية(الديناميكية) لحساب القوى الناجمة عن الزلازل، وقد قورنت طرق أطياف التجاوب وطرق التاريخ الزمني، وقد استعرضت طرق الحمولة المكافئة والإعتبارات المختلفة حول توزيع التسارع على ارتفاع المنشأة.

قورنت بشكل مفصل الطرق المعتمدة في النظم لحساب القوى الناجمة عن الزلازل وذلك بحسب النظم العربية السورية(1992) والنظم الأمريكية (UBC-82) والنظم الألمانية (DIN 4149) والنظم الأوروبية الموحدة (Eurocode No. 8).

إضافةً للمقارنة النظرية للنظم فقد أجريت أيضاً مقارنة عددية وذلك كمثال على صومعة لتخزين الإسمنت، حيث حسبت الحمولة الأفقية المكافئة الناجمة عن الزلازل بحسب النظم العربية السورية، والنظم الأمريكية، والنظم الألمانية. لقد استخلص بنتيجة الحساب بأن النظم العربية السورية والأمريكية تؤدي الى قيم حمولات أكبر بحوالي(71٪) من القيم الناجمة بحسب النظم الألمانية.

نتيجة دراسة النظم اقترحت محاور تطوير النظم المتعلقة بالزلازل وذلك من وجهة النظر المعمارية، مواد البناء المختلفة، والشروط المتعلقة بالعناصر الإنشائية الحاملة وغير الحاملة.

* مدرس في قسم الهندسة الإنشائية-كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد (17) العدد (3) 1995
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (17) No (3) 1995

Methods of Determination of Earthquake Forces and Comparison of Applied Methods

Dr. Zakai TRAIFI*

❐ ABSTRACT ❐

Briefly discussed the dynamic methods applied to determine the forces caused by earthquakes. The methods of resonance spectra and chronicle history methods were compared, beside reviewing the methods of equivalent load and various considerations regarding distribution of acceleration at the level of the structure.

Also compared, in details, the applied methods in international codes to determine the forces caused due to earthquakes according to the Syrian Arab code (1992), USA code (UBC-82), German Code (DIN 4149) and the unified Eropean code (Eurocode No. 8).

In addition to the theoretical comparison of the international codes, numerical comparison on storage silos as an example were performed using the Syrian Arab code, the American code and German code to determine the horizontal equivalent load due to earthquakes. A conclusion was shown as a result of the loculations that the use of Syrian Arab code, and USA code will contribute to values which are greater with 71% than the values resulted by using the German code.

As a result of codes study, axis were proposed to develop earthquake codes from the architectural point of view, various building materials, and the conditions related to bearing and unbearing structural elements.

* Lecturer at Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

1- تمهيد:

لحساب المنشآت الهندسية تحت تأثير الزلازل لا بد من تحديد ثلاثة أمور أساسية وهي:

- شدة الزلازل.
- تمثيل المنشأة هندسياً.
- طريقة الحساب والتي تحدد سلوك المنشأة تحت تأثير الزلازل.

ولا بد من التنويه بوجود علاقة بين معطيات وصف الزلازل والتمثيل الهندسي للمنشأة وطريقة الحساب المعتمدة لوصف السلوك الحركي للمنشأة كما هو موضح في الشكل(1).

ينحصر البحث ضمن إطار طرق حساب القوى الناجمة عن الزلازل.

2- طرق حساب القوى الناجمة عن الزلازل:

حالة تحميل الزلازل هي في الواقع العملي عبارة عن حمولة حركية، وإن طرق الحساب الستاتيكية هي عبارة عن طرق تقريبية، والتي يؤدي تحديد استخدامها إلى نتائج حسابية مقبولة.

2-1 الطرق الحركية(الديناميكية):

الطرق الحركية تأخذ بالإعتبار الخواص الحركية للمنشأة الهندسية ومن خلالها يمكن حساب قوى المقطع والتشوهات التالعة للزمن.

تعتمد أسس الطرق الحركية على حل جملة المعادلات التفاضلية:

$$|M|.\ddot{R}(t)+|C|.\dot{R}(t)+|k|.R(t)=-|M|.\ddot{U}b(t)$$

حيث: $\ddot{R}(t)$: شعاع التسارع، $\dot{R}(t)$: شعاع السرعة، R(t): شعاع الإنتقال، $\ddot{U}b(T)$: شعاع التحريض، $|M|$: مصفوفة الكتلة، $|C|$: مصفوفة التخامد، $|k|$: مصفوفة الصلابة.

يوجد بشكل عام طريقتان لحل جملة المعادلات التفاضلية ذات الدرجة الثانية:

طريقة الحل الأولى:

التكامل المباشر وذلك من خلال طريقة الخطوات الزمنية العددية، فانطلاقاً من الحل المعلوم للحظة الزمنية (t - Δt) يمكن الحصول على الحل للحظة الزمنية (t).

تستخدم هذه الطريقة أساساً في حالتي الجمل الغير خطية، والجمل الخطية المرنة والتي تكون فيها أشكال الآهتزازت العليا ذات أهمية خاصة.

طريقة الحل الثانية:

تحليل نموذج التاريخ الزمني (Time History Model Analysis) حيث يتم حل

جملة المعادلات المتجانسة أولاً. هذا يعني الحصول على قيم التردد الذاتي والسلوك الذاتي والتي من خلالها نتمكن من فك ترابط جملة المعادلات التفاضلية، وثم يمكن إيجاد الحل عند كل سلوك ذاتي بشكل مستقل، والحل العام يكون من خلال تطبيق مبدأ تضد الآثار الخطي.

يصلح الحل السابق للجمل الخطية المرنة والتي يتحول فيها الجزء الأكبر من الطاقة خلال الترددات الذاتية الدنيا.

تحتاج كلتا طريقتي الحل السابقتين الى إجراء تكاملات عددية مضنية.

استناداً الى تحليل النموذج التاريخي الزمني توجد طريقة حل مبسطة وهي طريقة أطياف التجاوب (Response Spectrum Methode). تتحصر هذه الطريقة بالقيم العظمى لنماذج القيم التابعة للزمن، بحيث أنها تؤدي الى اختفاء التابعية الزمنية. بشكل عام لا يمكن الحصول على قيم التجاوب العظمى دون أخطاء. إلا أن استخدام القيم المعتمدة على الخاصة العشوائية يؤدي الى الحد من الأخطاء وبالتالي الى حلول دقيقة نسبياً.

يوضح الشكل(2) مقارنة بين طرق أطياف التجاوب وطرق التاريخ الزمني وذلك من ناحية القيم الداخلة في الحساب، والجهد الحسابي، ومعطيات الحساب، ودقة النتائج المحسوبة.

تتيح الطرق العشوائية (Stochastic Methode) بتحديد سلوك تجاوب المنشأة بالصيغة العشوائية من خلال اعتبار التحريض الزلزالي بالشكل العشوائي وذلك باستخدام السجل الزلزالي (Seismogram) أو المولد اصطناعياً.

اعتماداً على نظرية الإحتمالات يتم تحديد القيم العددية لتجاوب المنشأة.

2-2 طرق الحمولة المكافئة (الطرق الستاتيكية):

طرق الحمولة المكافئة هي عبارة عن طرق تقريبية، فمن خلال اعتماد عوامل جزئية يمكن حساب قوى المقطع والتشوهات الناجمة عن تطبيق حمولة إستاتيكية(مكافئة للحمولة الناجمة عن الهزة الأرضية) غير تابعة للزمن على ارتفاع المنشأة. تؤدي طرق الحمولة المكافئة بشكل عام الى نتائج حسابية مقبولة في معظم المنشآت الهندسية. نجد تطبيقات طرق الحمولة المكافئة بشكل أساسي في النظم العالمية لتحديد قيم القوى الأفقية الناجمة عن تأثير الزلازل. نصادف في النظم الزلزالية لدول العالم اعتبارات مختلفة لتوزيع التسارع على ارتفاع المنشأة مثل التوزيع الثابت والتوزيع الثابت والخطي بدءً من منسوب معين، والتوزيع المتدرج.

آ) اعتبار توزيع التسارع ثابتاً على ارتفاع المنشأة:

يتم ذلك اعتمادا على القيمة (ε) و هي عبارة عن نسبة التسارعات الأفقية الناجمة عن الهزة الأرضية(حيث يمكن اعتبار القيم الأعظمية للتسارعات أو اعتبار القيم المتوسطة) الى تسارع الجاذبية الأرضية. و تتراوح قيمة (ε) ما بين (0,01) و (0.2). ومن ثم يمكن حساب القوة الأفقية (Fi) عند المنسوب (i) تبعا للعلاقة:

$$Fi=\varepsilon.Gi$$

حيث أن (Gi) الوزن المركز عند المنسوب (i).

تناسب هذه الطريقة المنشآت الصلدة، أما بالنسبة للمنشآت المرنة فيجب اعتماد وصف حقيقي لتوزيع الحمولة على ارتفاع المنشأة ويتم ذلك من خلال تحديد السلوك الحركي للمنشأة الهندسية.

ب) توزيع التسارع اعتمادا على السلوك الذاتي الأول دون الأخذ بعين الاعتبار زمن الاهتزاز الذاتي:

إن اعتماد السلوك الذاتي الأول وذلك من خلال الخط المرن للظفر البديل يحقق درجة تقريب جيدة لتوزيع التسارع. يتم حساب القوة الناتجة عن الزلزال عند المنسوب (i) اعتمادا على العلاقة:

$$Fi=\varepsilon i.Gi$$

حيث: (εi) حاصل جداء عدة عوامل تأخذ بعين الاعتبار أثر الزلزال، التسارع الناجم عن الزلزال، نوعية تربة التأسيس، صنف المنشأة.

من ثم يمكن تحديد توزيع الحمولة على ارتفاع المنشأة بحيث تكون متناسبة مع عزوم الدرجة الأولى أو الثانية أي:

$$F_i=\frac{G_i.hi^2}{\sum_{j=1}^{n}Gj.hj^2}.F \quad \text{أو} \quad F_i=\frac{Gi.hi}{\sum_{j=1}^{n}Gj.hj}.F$$

حيث: Gi: الوزن عند المنسوب (i) و hi: ارتفاع المنسوب (i) عن القاعدة.

F: القوة الأفقية الناجمة عن الهزة الأرضية وتساوي:

$$F=\varepsilon.G$$

ج) توزيع التسارع اعتمادا على السلوك الذاتي الأول وعلى زمن الاهتزاز الأساسي.

يتم تحديد القوة الأفقية الإجمالية (F) من خلال العلاقة:

$$F=K1.K2.K3.K4.K5.G$$

حيث: K1: عامل الاهتزاز، K2: عامل تربة التأسيس، K3: العامل الحركي.

الشكل(1) العلاقة بين المعطيات الزلزالية والتمثيل الهندسي وطريقة الحساب.

شدة الزلزال		
معطيات عامة بوساطة الخرائط الزلزالية.	معطيات عامة و معطيات كلية من خلال أطياف التجاوب. (Response Spectrum)	معطيات محلية من خلال التاريخ الزمني الزلزالي. (Time Histories)
شدات الهزات الأرضية صغيرة وكذلك التسارعات الأرضية صغيرة		شدات الهزات الأرضية متوسطة حتى الكبيرة وكذلك التسارعات الأرضية كبيرة.

⇩

التمثيل الهندسي للمنشأة		
هزاز بكتلة وحيدة	هزاز ذو كتل متعددة	تمثيل فراغي ومستمر
التأثير المتبادل بين المنشأة ونوعية التأسيس.		
المشآت الحاوية على تجهيزات ميكانيكية أو أوساط معينة(الخزانات....)		

⇩

طرق الحساب		
طرق تقريبية	طرق تأخذ بعين الاعتبار الخواص الحركية(الديناميكية) للمنشأة الهندسية.	
	طرق أطياف التجاوب (Response Spectrum)	طرق التاريخ الزمني (Time History)

الشكل(2) مقارنة بين طرق أطياف التجاوب وطرق التاريخ الزمني.

الطرق / أوجه المقارنة	طرق أطياف التجاوب	طرق التاريخ الزمني	
		تحليل موديل التاريخ الزمني	التكامل المباشر
القيم الداخلة في الحساب	التسارع الأرضي للمنطقة أو استخدام الطيف التصميمي	استخدام تواريخ زمنية متعددة للتسارع	استخدام تواريخ زمنية متعددة للتسارع
الجهد الحسابي	صغير بسبب عدم الحاجة للتكاملات العددية	متعلق بأعداد السلوك الذاتي المعتبرة، حيث يتم إجراء تكامل عددي لكل سلوك ذاتي	مجهد جداً بسبب التكامل العددي لكامل الجملة
معطيات الحساب	القيم الأعظمية للسلوك الذاتي	التاريخ الزمني لموديلات التجاوب	التاريخ الزمني لموديلات التجاوب لكامل الجملة
دقة النتائج المحسوبة	أخطاء في قيم التجاوب العظمى	دقيقة و متعلقة بأعداد السلوك الذاتي المعتبرة	دقيقة جداً

K4: عامل أهمية المنشأة، K5: عامل اللدونة، G: وزن المنشأة.

توزع الحمولة على ارتفاع المنشأة تبعاً لعزوم من الدرجة (∝) بحسب العلاقة:

$$F_i = \frac{Gi.hi^{\propto}}{\sum_{j=1}^{n} Gj.hj^{\propto}}.F$$

حيث: من أجل كل $T \leq 0,5$ Sec تكون $\propto = 1$، ومن أجل $0.5 < T < 2,5$ Sec يكون $\propto = (T+1,5)/2$، ومن أجل $T \geq 2,5$ تكون $\propto = 2$، T: الدور.

3- الطرق المعتمدة في النظم الزلزالية:

بدأت كثير من دول العالم في الستينات بوضع نظم لحساب القوى الناجمة عن الزلازل، وقد تميزت طرق الحساب باعتبار توزيع التسارع ثابتاً على ارتفاع المنشأة، وأحياناً قد تعتبر قوة إضافية أفقية مركزة في أعلى المنشأة، وذلك للأخذ بعين الاعتبار تأثير السلوك الذاتي الأكبر من السلوك الذاتي الأول.

أما في السبعينات فقد اعتبر في الحساب عدد معين من السلوك الذاتي وذلك من خلال استخدام طريقة أطياف التجاوب (Response Spectrum Method)

تتميز النظم في العصر الراهن بأن النظام الواحد يعطي طرق حساب متعددة كما هو الحال في النظم الأوروبية الموحدة [1]، والنظم الألمانية [2] مع ملاحظة وجود الترابط بين الشدة الزلزالية وطريقة الحساب.

من الضروري التنويه بأن النظم المتعلقة بالزلازل هي بشكل عام لمنشآت الأبنية السكنية والأبنية العامة ولا تأخذ بعين الاعتبار المنشآت والأبنية الصناعية، وهذا ما يتطلب ضرورة وضع نظم خاصة لهذا النوع من المنشآت الهندسية.

يوضح الجدول(1) طريقة حساب القوى الناجمة عن الزلازل بحسب النظم العربية السورية الصادرة عام(1992) [3]، والنظم الأمريكية (UBC-82) [4]، والجدول(2) بحسب النظم الأوروبية الموحدة (Eurocode No.8) [1].

أما بالنسبة لتراكب القوى الناجمة عن الزلازل مع بقية الحمولات الدائمة والإضافية بحسب النظم العالمية فهي موضحة في الجدول(4).

بمقارنة النظم السابقة الذكر يمكن استنتاج ما يلي:

1-تركز النظم الأوروبية الموحدة على سلوك المنشآت الهندسية تحت تأثير الزلازل وذلك من خلال تحديد العلاقة بين نسب الأبعاد المعمارية

جدول(1) طريقة حساب القوى الناجمة عن الزلازل حسب النظم العربية السورية(1992) [3] والنظم الأمريكية (UBC-82) [4].

أحمال الزلازل: هي أحمال أفقية مطبقة عند مركز ثقل كل من منسوب من مناسيب المنشأة، وتفعل باتجاه المحاور الرئيسية للمنسوب المدروس وبالاتجاه المدروس.

العلاقة الأساسية: V=Z.I.K.C.S.W

V: قوة القص الكلية الأفقية في الإتجاه المدروس عند منسوب اتصال الأساس مع المنشأ.

Z=0,0....1,0: معامل زلزالية المنطقة.

I=1,0...1,5: معامل أهمية المنشأ.

K=0,8...2,5: معامل السلوك اللامرن.

C: النسبة بين التسارع الناجم عن الزلازل والتسارع الأرضي.

T=0,1N ؛ $T = \frac{0.09hn}{\sqrt{D}}$: الدور الأساسي للمنشأة المهتز [ثانية].

hn: ارتفاع المنشأ من القاعدة حتى أعلى منسوب n [متر].

D: بعد المنشأ بالإتجاه الموازي لجهة القوى الجانبية المطبقة.[متر].

N: عدد الطوابق.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \le 0.12$$

و يجب تحقيق: $0,06 \le K.c \le 0,25$

S: معامل يتعلق بالترابط المشترك والطنين بين المنشأ وتربة تأسيسه.

Ts < 2,5 Sec: الدور الأساسي لتربة التأسيس < 0,5 Sec

$$\frac{T}{Ts} \le 1 \Rightarrow S = 1.0 + \frac{T}{Ts} - 0.5\left[\frac{T}{Ts}\right]^2$$

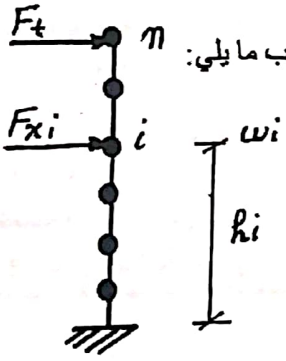
$$\frac{T}{Ts} \rangle 1 \Rightarrow S = 1.2 + 0.6.\frac{T}{Ts} - 0.3\left[\frac{T}{Ts}\right]^2$$

W: مجمل الأحمال الميتة + 25% من مجمل الأحمال الحية في حالة المخازن والمستودعات.

$F_t = 0,07.T.V \le 0,25\ V$: القوة المركزة في أعلى المنشأ.

$F_t = 0$ عندما تكون $T \lesssim 0,7$ Sec توزع القوى الأفقية على كامل ارتفاع المنشأ حسب ما يلي:

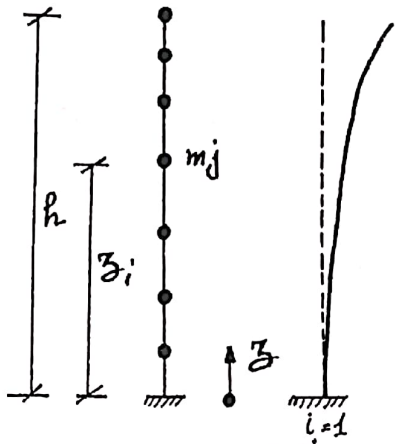
$$F_{xi} = (V - F_t).\frac{W_x.h_x}{\sum_{i=1}^{n} W_i.h_i}$$



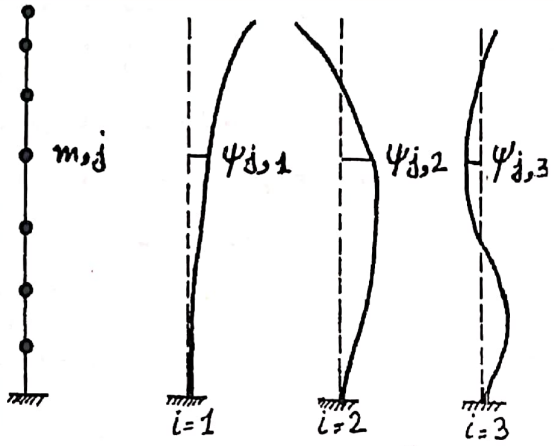
جدول(2) طرق حساب القوى الناجمة عن الزلازل حسب النظم الألمانية (DIN 4149) [2].

المبدأ العام: يعوض عن التأثير الحركي الناجم عن الزلازل بقوى إستاتيكية أفقية مكافئة $H_{E,j,i}$.

الطريقة التقريبية	الطريقة العامة
تأخذ بعين الاعتبار فقط السلوك الذاتي الأول للمنشأ.	تحسب القوة الأفقية $H_{E,j,i}$ لكل كتلة j ولكل سلوك ذاتي i.



$$H_{E,j} = 1.5.mj.\beta(T1).\frac{zj}{h}.cala$$



$$H_{E,j,i} = mj.\beta.\gamma_{j,i}.cala$$

Gj + Pj: مجموع الحمولات الدائمة والجزء من الحمولة الحية المؤثرة عند المنسوب j.

g ≅ 10m/Sec²: تسارع الجاذبية الأرضية.

mj = (Gj + Pj)/g: الكتلة المركزة حسب j.

cala=$a_0 \chi\alpha$: التسارع الأفقي الحسابي.

a_0= 0,25...1 m/Sec²: التسارع الأفقي النظامي.

χ = 1,0...1,4: عامل تربة الأساس.

∝ = 0,5 ...1,0: عامل التخفيض.

$$\beta = \beta(Ti) = \begin{cases} 1.0 \Leftarrow Ti < 0.45Sec. \\ 0.528.T_j^{-0.8} \Leftarrow Ti \geq 0.45Sec. \end{cases}$$

عامل طيف التجاوب الموحد.

$$T1 = 1.5\sqrt{\left(\frac{h}{3EI} + \frac{1}{C_k.I_f}\right).\sum_{j=1}^{n}(Gj + Pj).Z_j^2}$$

T_1: الدور [ثانية].

E: عامل مرونة مادة الإنشاء [MN/m²].

I: عزم عطالة الظفر البديل [m⁴].

I_F: عزم عطالة قاعدة الأساس [m⁴].

$C_k = \frac{dy_n Es}{0.25\sqrt{A}}$: عامل القلب الحركي [MN/m³].

A: مساحة قاعدة الأساس [m²].

$dynE_s$: عامل الصلابة الحركي لتربة التأسيس [MN/m²].

$$\gamma_{j,i} = \Psi_{j,i}.\frac{\sum_{j=1}^{n} mj.\Psi_{j,i}}{\sum_{j=1}^{n} mj.\Psi_{j,i}^2}$$

$\gamma_{j,i}$: عامل يصف السلوك الحركي للمنشأة بالعلاقة مع السلوك الذاتي.

$\psi_{j,i}$: الإنتقال الأفقي للنقطة الكتلية j لحظة السلوك الذاتي i.

n: عدد النقط الكتلية.

جدول(3) طرق تحليل المنشآت الهندسية تحت تأثير الزلازل حسب النظم الأوروبية الموحدة (Eurocode) No.8 [1].

التحليل الستاتيكي. Static analysis	التحليل حسب أطياف التجاوب. Respones spectrum analysis		التحليل حسب أطياف الطاقة. Power spectrum analysis	التحليل حسب الحقل الزمني الحركي. Time dynamic analysis
تعوض القوة الناجمة عن الزلزال بقوة أفقية تؤثر بشكل مواز لاتجاه الزلزال المحمل وفي مركز كل كتلة مركزة: $Fi = \varepsilon_0.\omega i$ حيث $\varepsilon_0 = \alpha.\eta.s.\beta_0/q$ ε_0: عامل يعتمد على القيمة الأعظمية للطيف التصميمي. $\alpha = \frac{ag}{g}$: النسبة بين التسارع الناجم عند الزلزال و التسارع الأرضي. η: عامل تصحيح التخامد للمنشآت ذات التخامد المختلف عن 5%. S: عامل التربة. β_0: القيمة الأعظمية للطيف المرن. q: عامل سلوك المنشأة. ωI: الوزن عند الكتلة i.	موديلات متعددة الأطياف التجاوب.	التحليل الحركي المبسط.	يعتمد التحليل على السلوك الحركي الخطي للمنشات، و يأخذ بعين الاعتبار أثر التشوهات في المنشأة للحصول على طيف التجاوب.	يعتمد على التكامل العددي للمعادلة التفاضلية للحركة الإهتزازية وذلك اعتمادا على التوابع الزمنية للزلازل، ويمكن بهذا التحليل دراسة السلوك الحركي اللاخطي للمنشات.
	يأخذ بعين الاعتبار أثر أنماط الاهتزاز المختلفة. قوى المقطع النهائية هي محصلة القوى الناجمة عن كل سلوك ذاتي أي: $S = \sqrt{\sum_i Si^2}$	يطبق هذا التحليل للمنشات التي يمكن فيها تحديد و اختصار عدد أنماط الاهتزاز. $F_i = \beta(T)S_i.W_i.\frac{\sum_{j=1}^{n} W_j}{\sum_{j=1}^{n} S_j.W_j}$ $\beta(T)$: تراتيب الطيف التصميمي. ωi : ωj: أوزان الكتل. S_i, S_j: الإنتقالات.		

جدول(4) تراكب القوى الناجمة عن الزلازل مع بقية الحمولات بحسب النظم.

النظم العربية السورية(1992) [3] النظم الأمريكية (ACI 318-83) [5]	النظم الألمانية (DIN 4149) [2]	النظم الأوروبية الموحدة (Eurocode) No.8 [1]
التراكيب الأساسية: U = o,8[1,5G + 1,8P + 1,8(1,1S)] التراكيب الثانوية: U = 0,9G + 1,4(1,1S) U = 0,9 + 1,4(1,1S) + 1,4E الأفعال القصوى: U = 1,1G + 1,25(P + T + 1,1S) G: الأحمال الأسمية الدائمة. P: الأحمال الأسمية الإضافية. S: الأفعال الاسمية الناتجة عن الزلزال. T: الأفعال الأسمية الناجمة عن التشكلات المفروضة تحت ظروف الإستثمار(فرق الهبوط، جريان، Δt). E: الأفعال الأسمية الناجمة عن ضغط التربة.	أ) يعوض عن الحمولات الحية بحسب DIN 1055/3 [6] بقيم مخفضة و ذلك للحالات: الأبنية السكنية، المكاتب، قاعات المحاضرات وصفوف المدارس، غرف الإجتماعات. أما بالنسبة لبقية المنشآت الأخرى فتخفض الحمولة الحية حسب DIN 1055/3 الى النصف. ب) تخفض حمولة الثلج المحسوبة بحسب DIN 1055/5 الى النصف. جـ) لا يجوز تخفيض الحمولات في حالة الصوامع، المكتبات، غرف التخزين والأرشيف. د) لا يجوز تراكب الحمولات الناجمة عن الرياح بحسب DIN 1055/4 مع الحمولات الناجمة عن الزلازل.	$\pm\gamma_{1.E} + G + P + \sum_i \Psi_{2i} . Q_{ik}$ γ_1: معامل أهمية المنشأة. E: القوى الناجمة عن الزلازل. G: الحمولات الدائمة. P: قوة سبق الإجهاد النهائية. Q_{ik}: الحمولات الحية بما فيها الحمولات المناخية(رياح، ثلج، حرارة...). ψ_{2i}=0...1: عامل تراكب الحمولات.
النظم الأمريكية (ACI 318-83) [5] U = 0,75[1,4G + 1,7P + 1,7(1,1S)] U = 0,9G + 1,3(1,1S)		

للمنشآت و هذا ما تفتقده النظم العربية السورية والنظم الأمريكية والألمانية.

2- تهمل النظم أثر العلاقة بين المنشأ وطبيعة التأسيس(مثلاً بناء على أساسات مفردة أو حصيرة عامة أو أوتاد...الخ) انظر المرجع [7].

3- تتميز النظم الأوروبية الموحدة بتحديد مواصفات محددة(ما زالت قيد الدراسة) تحت تأثير الزلازل للمنشآت الخاصة مثل الجسور، الأبراج، الخزانات والصوامع، الجدران الاستنادية (والتي ستصدر في الجزء الثاني حتى الجزء الخامس من النظم).

4- عدم احتواء النظم العربية السورية على خريطة زلزالية.

5- اختلاف النظم الألمانية عن بقية النظم وذلك بعدم اعتمادها عوامل تراكب للحمولات، وإنما تخفيض لقيم الحمولات الحية المتراكبة مع حمولة الزلازل.

4- مثال: حساب صومعة تحت تأثير الزلازل.

لتوضيح مقارنة النظم سوف نجري مقارنة عددية وذلك على صومعة مفردة لتخزين الأسمنت. يوضح الجدول(5) معطيات المثال المدروس وكذلك التمثيل الحسابي للمنشأة وذلك بشكل هزاز ذي كتل متعددة. حسبت الحمولة الأفقية المكافئة الناجمة عن الزلازل بحسب النظم العربية السورية(1992)، والنظم الأمريكية (UBC-82) والنظم الألمانية DIN4147. أما عن سبب استبعاد النظم الأوروبية الموحدة فهو عدم شمولية النظم للصوامع والتي ستصدر في الجزء الرابع منه.

يوضح الجدول(6) مقارنة نتائج الحساب، ويمكن استنتاج ما يلي:

1)ينجم عن النظم السورية والأمريكية قيم حمولات أكبر بحوالي 71% من القيم الناجمة بحسب النظم الألمانية، وهذا ما يمكن تفسيره بسبب زيادة عدد العوامل المعتمدة في النظم السورية والأمريكية، مع العلم أن قيمة التسارع الأفقي الحسابي بحسب النظم الألمانية هي الأكبر.

2)اعتبار التوزيع الخطي للحمولة الأفقية المكافئة بحسب النظم المدروسة.

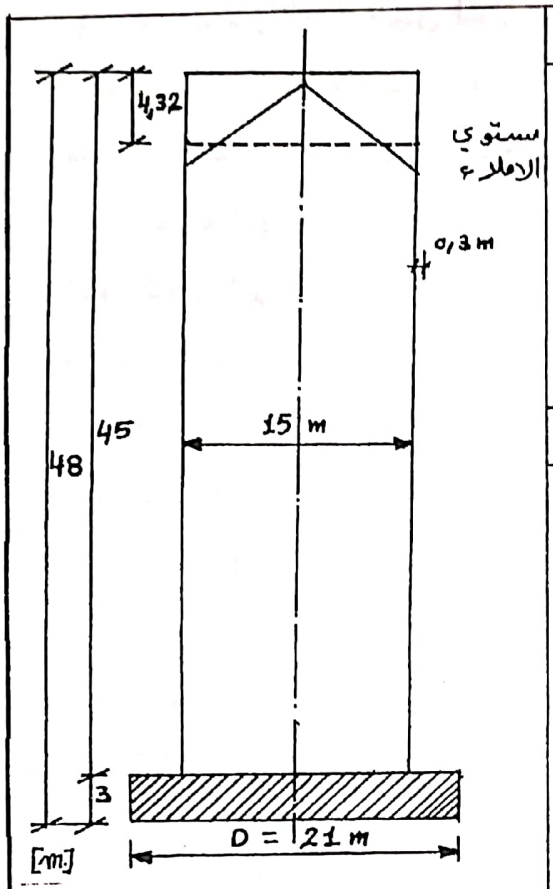
3)تؤدي الحمولة المركزة عند أعلى جزء من المنشأة بحسب النظم العربية السورية والنظم الأمريكية الى أمان أكبر للمنشأة ضد الإنقلاب.

5- محاور تطوير النظم الزلزالية.

يقترح بأن تكون محاور تطوير النظم المتعلقة بالزلازل مستقبليا

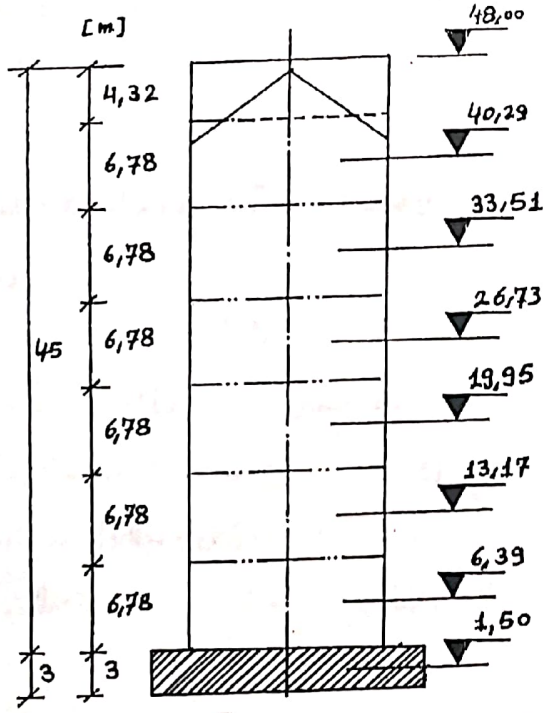
جدول(5) معطيات المثال المدروس.

الأبعاد الهندسية	خواص المادة المخزنة
الإرتفاع الكلي 48m ارتفاع الصومعة 45m ارتفاع بلاطة الأساس 3m القطر الداخلي 15m قطر بلاطة الأساس 21m سماكة جدار الصومعة 0,3m	المادة المخزنة هي الأسمنت. الوزن الحجمي $16\ Kn/m^3$ زاوية الإحتكاك الداخلي 30° معامل الإحتكاك مع الجدار البيتوني 0,446.
خواص تربة التأسيس	**جدار الصومعة**
تربة التأسيس ذات كثافة جيدة من البحص الرملي. معامل المرونة الحركي: $dynEs = 300\ MN/m^2$ الدور الأساسي لتربة التأسيس $Ts = 1\ Sec$	الجدار من البيتون المسلح. عامل المرونة: $E = 30000\ MN/m^2$
	درجة الهزة الأرضية VIII



التعويض عن المنشأة بالموديل الحسابي.

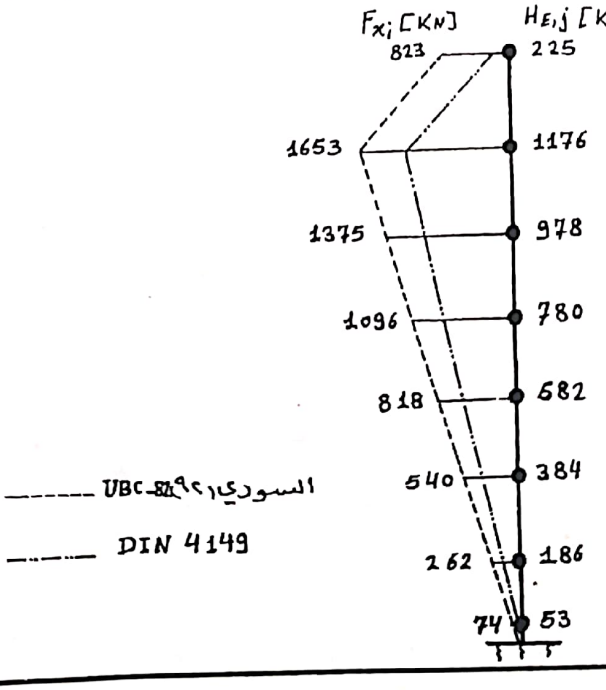
الحمولة عند المنسوب j	رقم الممقطع المنسوب
$^{[Gj+Pj]}$ [KN]	
3468	j = 1
21614	2
21614	3
21614	4
21614	5
21614	6
21614	7
25977	8



جدول(6) مقارنة طرق الحساب.

النظم السورية(92)، [3] النظم الأمريكية [4] (UBC-82).	النظم الألمانية (DIN 4149) [2].
$Z = 0,75$ معامل زلزالية المنطقة. $I = 1$ معامل أهمية المنشأة. $K = 1,3$ معامل السلوك اللامرن. $T = 1,09$ Sec الدور الأساسي للمنشأ المهتز. $C = 0,064$ نسبة التسارع الناجم عن الزلازل الى التسارع الأرضي. $0,64$ m/Sec^2 = التسارع الحسابي. $S = 1,5$ معامل يتعلق بالترابط المشترك و الطنين بين المنشأ و تربة تأسيسه. $V = 0,0936\ \omega$ قوة القص الأفقية الكلية. $\omega = 70954$ Kn مجمل الأحمال الميتة + 25% من الأحمال الحية. $V = 6641$ Kn $F_t = 507$ Kn $< 0,25V$ القوة المركزة في أعلى المنشأ. $V\text{-}F_t = 6134$ Kn القوة الأفقية الموزعة على كامل ارتفاع المنشأ.	$a_0 = 0,65$ m/Sec^2 التسارع الأفقي النظامي. $\chi = 1,3$ عامل تربة الأساس. $\alpha = 0,8$ عامل التخفيض. cala $= 0,676$ m/Sec^2 التسارع الأفقي الحسابي. $C_k = 64,48$ MN/m^3 عامل القلب الحركي. $T_1 = 0,79$ Sec الدور. $\beta = 0,6376$ عامل طيف التجاوب الموحد. $H_{Ej} = 0,0135$ mjzi الحمولة الأفقية الستاتيكية المكافئة.

الحمولة الأفقية المكافئة بحسب النظم السورية (92) [3] النظم الأمريكية (UBC-82) [4] النظم الألمانية (DIN-4149) [2].



بالاتجاهات التالية:

1)التركيز على سلوك المنشآت الهندسية تحت تأثير الزلازل وذلك من خلال تحديد نسب الأبعاد الهندسية والأشكال المعمارية المناسبة.

2)الاعتبارات الخاصة لمواد البناء المختلفة كالأبنية الحجرية، المسبقة الصنع، المنشآت البيتونية المسبقة الإجهاد، المنشآت المعدنية والمختلطة...الخ.

3)تعتبر النظم أثر الهزة الأرضية على سطح الأرض، وهذا ما لا ينطبق على المنشآت الهندسية المطمورة أو تحت الأرضية مثل الأنفاق...

4)وضع شروط تتعلق بالتفصيلات التنفيذية للعناصر الإنشائية الحاملة(مثل الأعمدة، جدران القص، الجوائز...الخ.) في المناطق المعرضة لحدوث الهزات الأرضية.

5)تحديد مواصفات و طرق تثبيت العناصر الإنشائية غير الحاملة(مثل القواطع، واجهات الأبنية...الخ.) حيث أن انهيارها لحظة حدوث الهزة الأرضية قد يؤدي الى أضرار بشرية ومادية.

6)اعتماد طرق اقتصادية لتدعيم الأبنية المتصدعة نتيجة حدوث الهزات الأرضية.

REFERENCES المراجع

[1]Eurocode No.8: Structures in seismic regions-Design. Part 1. -General and Building. Commission of the European Communities. Report. May 1988.

[2]DIN 4149 Teil 1: Bauten in deutschen Erdbebengebieten-Lastannahmen, Bemessung und Ausfuehrung ueblicher Hachhauten, 1981.

[3]الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة-نقابة المهندسين في الجمهورية العربية السورية. دمشق 1992.

[4]Uniform Building Code. U.B.C-82.

[5]ACI 318-83: Building Code Requirements for Reinforced Concrete. American Concrete Institute. Detroit 1983.

[6]DIN 1055 Blatt 3, Teil 4, Teil 5,: Lastannahmen fuer Bauten. Deutsches Institut fuer Normung.

[7]Hampe, E. Riedel, C. Schwarz, J.: Zur Beruecksichtigung der Boden-Bauwerk-Wechselwirkung bei der seismischen Untersuchung Von Tragwerken. In: Bauingenieur 66 (1991) 503-515.