

8-8-2020

## Study the Effect of Damping Change During the Dynamic Analysis of A Reinforced Concrete Bridge With Neoprene Cushions

Mais Ghassoun

Albaath University, Syria, Eng.mais.gh@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://scholarworks.uaeu.ac.ae/ejer>



Part of the [Civil Engineering Commons](#), [Construction Engineering and Management Commons](#), and the [Structural Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Ghassoun, Mais (2020) "Study the Effect of Damping Change During the Dynamic Analysis of A Reinforced Concrete Bridge With Neoprene Cushions," *Emirates Journal for Engineering Research*: Vol. 25 : Iss. 4 , Article 3.

Available at: <https://scholarworks.uaeu.ac.ae/ejer/vol25/iss4/3>

This Article is brought to you for free and open access by Scholarworks@UAEU. It has been accepted for inclusion in Emirates Journal for Engineering Research by an authorized editor of Scholarworks@UAEU. For more information, please contact [EJER@uaeu.ac.ae](mailto:EJER@uaeu.ac.ae).

## دراسة تأثير تغير التخماد

### أثناء التحليل الديناميكي لجسر بيتوني مسلح ذو مساند نيوبرين

د.م.ميس أديب غصون

كلية الهندسة المدنية - القسم الإنشائي ، جامعة البعث، حمص - سوريا

[Eng.mais.gh@gmail.com](mailto:Eng.mais.gh@gmail.com)

(وردت 22 فبراير 2020 وقبلت للنشر 8 أغسطس 2020)

## STUDY THE EFFECT OF DAMPING CHANGE DURING THE DYNAMIC ANALYSIS OF A REINFORCED CONCRETE BRIDGE WITH NEOPRENE CUSHIONS

### Abstract

The damping ratio has a important effect on the dynamic behavior of the bridges. and it is customary when designing to assume it as a predetermined fixed value independent of the response amplitude and frequency of the structure . A lot of experimental research worked on identifying them, but the dependence of damping and other dynamic characteristics of vibration amplitudes and their impact on responses and the results of the analysis need more scrutiny and simulation due to the difficulty of conducting vibration experiments for structures of realistic dimensions and large weights such as a RC bridge, which necessitated a procedure Analytical process and computer modeling to study the responses of several seismic vibration amplitudes, based on the results of experiments to determine the mechanical properties of neoprene cushions and on prior experimental results of vibration tests on laboratory samples of RC bridge piers, since the accurate determination of the dynamic response essentially needs to determine the actual dynamic characteristics of the bridges, especially damping, by measuring their vibration and simulating numerical models in dynamic analysis provides a good visualization of the expected response, and as a result of analyzing the RC bridge damped with neoprene cushion in this paper It recognize that damping changes should be taken into account during dynamic analysis for seismic excitation amplitudes not exceeding (2 m/sec<sup>2</sup>). But for larger amplitudes than this value , it is recommended that damping is considered constant, and finally to adopt the dynamic characteristics of any structures , We need to give special concentration to the expected vibration amplitude before selecting design values .

*Key words:* dynamic characteristics , vibration amplitude , RC bridge, modeling , damping ratio, neoprene cushions

### الخلاصة

تملك نسبة التخماد تأثيراً كبيراً على السلوك الديناميكي للجسور، وقد جرت العادة عند التصميم على افتراضها قيمة ثابتة محددة مسبقاً ومستقلة عن سعة الاستجابة والتردد للمنشأ. عملت العديد من الأبحاث التجريبية على تحديدها، ولكن تبعية التخماد و غيره من الخصائص الديناميكية لسعات الاهتزاز و أثرها في الاستجابات و نتائج التحليل تحتاج إلى مزيد من التدقيق و المحاكاة نظراً لصعوبة إجراء تجارب الاهتزاز لمنشآت ذات أبعاد واقعية و أوزان كبيرة كجسر بيتوني مسلح مما أوجب إجراء معالجة تحليلية و نمذجة حاسوبية لدراسة استجابات عدة ساعات اهتزاز زلزالية اعتماداً على نتائج التجارب التي أجريت لتحديد الخصائص الميكانيكية لمساند النيوبرين وعلى نتائج تجريبية سابقة لاختبارات الاهتزاز على عينات مخبرية من ركائز الجسور البيتونية المسلحة، حيث أن التحديد الدقيق للاستجابة الديناميكية يحتاج بشكل أساسي إلى تحديد الخصائص الديناميكية الفعلية للجسور وخاصة التخماد ، وذلك من خلال قياس اهتزازها و محاكاة النماذج العددية في التحليل الديناميكي يقدم تصوراً جيداً للاستجابة المتوقعة ، و بنتيجة تحليل نموذج الجسر البيتوني المسلح المخمد بمساند النيوبرين في هذه الورقة تبين ضرورة أخذ تغيرات التخماد بالاعتبار أثناء التحليل الديناميكي من أجل ساعات إثارة زلزالية لا تتجاوز (2 m/sec<sup>2</sup>) . أما للسعات الأكبر من ذلك فيوصى باعتبار التخماد ثابت ، و أخيراً لاعتماد الخصائص الديناميكية لأي منشأ ، نحتاج أن نولي اهتماماً خاصاً لسعة الاهتزاز المتوقعة قبل اختيار القيم التصميمية .

**الكلمات المفتاحية:** الخصائص الديناميكية ، سعة الاهتزاز ، الجسور البيتونية المسلحة ، النمذجة ، مساند النيوبرين.

**المقدمة :**

منذ سبعينيات القرن المنصرم على محاكاة الواقع تحليلياً عن طريق نمذجة عددية باستخدام طريقة العناصر المحدودة FEM ، وهي طريقة صممت لحل المعادلات التفاضلية الجزئية التي تمثل حلولها توابع الحالة للمنشآت كالتقوى والانتقالات و الإجهادات والتشوهات و سواها من المتغيرات المهمة في تصميم المنشآت . تتميز هذه الطريقة بتجزئة المنشأ إلى عدد محدد من العناصر ترتبط فيما بينها بعقد لتشكل شبكة تعبر عن هندسة المنشأة وتتوافق فيها الانتقالات عند العقد وتعبر من خلالها مسارات القوى المماثلة لمسارات القوى في المنشأ الأصلي المراد محاكاته. تم تطوير هذه الطريقة بشكل متسارع حتى أصبحت النمذجة العددية تعطي نتائج دقيقة جداً .

**وصف النموذج العددي للجسر البيتوني المسلح**

تمت نمذجة جسر كامل ذو أبعاد تحاكي جسر موجود في الواقع باستخدام برنامج ABAQUS ، حيث أن أبعاد العناصر البيتونية و أطوال حديد التسليح مأخوذة من مذكرة حسابية لجسر تم تنفيذه على طريق حمص - الحولة في عام 2006 ، يتألف من بلاطة الجسر وسبعة جوائز و ركيزتين كل منهما تتألف من خمسة أعمدة و قبة و صادم، التباعد بين محاور الجوائز 140cm ، عدد محاور الجوائز: 7 ، تبرز بلاطة الجسر عن المحورين الطرفين للجوائز بعرض 70 cm من كل طرف ، المجاز 18m ، مقطع أعمدة الركيزة 70 cm\*70 cm مع نسبة تسليح 1.5% ، و ارتفاع العمود m 6 من الأرض حتى الوجه السفلي للعمود ، و 6.5 m حتى محاور الجوائز ، سماكة القبة 70cm و عرضها 100 cm ، عرض الصادم 70cm و ارتفاعه الصافي 120 cm تبرز القبة عن الأعمدة نحو داخل بمقدار 15 cm ، سماكة بلاطة الجسر 20cm مع وجود فراغ بين الصادم و البلاطة من كل جهة قدره 15 cm لاستيعاب الحركة الأفقية للبلاطة.

تستند الجوائز على القبة حيث توجد مساند من النيوبرين لتخميد اهتزازات بلاطة الجسر تحت كل جانز من كل طرف في مكان الاستناد [8] تم التعبير عن كل من هذه المساند في النموذج العددي بنابض أفقي و شاقولي لتحديد خصائص هذه النوابض تم إجراء عدة تجارب على عينات النيوبرين وهي تجربة القص و تجربة الضغط المحوري و تجربة زاوية الدوران، و نظراً لعدم توفر الخصائص الميكانيكية لمثل هذه المساند أجرينا عدة تجارب فقط لتحديد هذه الخصائص ، و تعريفها في النموذج العددي للجسر بالاعتماد على الخواص الميكانيكية للنيوبرين المحددة تجريبياً.

**تجارب تحديد الخواص الميكانيكية لمسد النيوبرين :**

تم إجراء عدة تجارب على عينات النيوبرين ، وهي تجربة القص و تجربة الضغط المحوري و تجربة زاوية الدوران، و نظراً لعدم توفر الخصائص الميكانيكية لمثل هذه المساند أجرينا عدة تجارب فقط لتحديد هذه الخصائص و تعريفها في النموذج العددي للجسر .

إن إجراء تجارب التحميل ( وبشكل خاص الحمولات الزلزالية ) على مبنى قائم أو حتى نموذج مصغر عنه غير مجد اقتصادياً ، وغير ممكن من الناحية العملية إلا في حالات خاصة وقليلة، علاوة على كلفته الكبيرة جداً وحاجته لاستخدام طاولة اهتزاز مضخمة وذلك بهدف فهم السلوك الزلزالي في المرحلة المرنة و اللدنة لمواد وعناصر هذه المنشأة. والاعتماد على الطرائق التجريبية لتصور السلوك الزلزالي للأبنية ينطوي على صعوبة بالغة بسبب الأوزان الهائلة لهذه المباني وبالتالي الحاجة إلى طاقة كبيرة لتحريكها فضلاً عن التجهيزات الضخمة والقوية التي تتحمل تسارعات تشابه تلك التي تحدث في الواقع لذلك لايعتمد على هذه التجارب إلا في حالات نادرة وتكون كلفتها باهظة لا تستطيعها إلا الدول الغنية التي هي عرضة لزلزال مدمرة بشكل متكرر مثل اليابان التي تم فيها بناء أكبر طاولة اهتزاز في العالم و التي سميت E-Defence بعد الزلزال المدمر الذي ضرب مدينة Kobe في العام 1995 و أودى بحياة حوالي 6000 إنسان [1] ، وهناك من أخذ معامل التضخيم الديناميكي كمعيار هام في مراقبة الجسور و ربطه بعوامل عديدة (المجاز الأعظمي ، التردد الطبيعي ، سرعة المركبات ، الوزن ، الخصائص الديناميكية ، الحالة الإنشائية ، وعورة الطرق المعبدة ، الوصلات التمديدية، نوع مساند الجسر، تفاعل التربة- المنشأ ) [2] ، وهناك من عمل على مراقبة التخماد الإشعاعي في الاستجابات الزلزالية للأبنية وتحدث عن علاقة التخماد الإشعاعي مع الخصائص الهندسية للمنشأ [3] ، كما تم تحليل الاستجابات الزلزالية للجسور البيتونية المسلحة باستخدام طرائق مبسطة للنمذجة باستخدام برنامج التحليل الديناميكي و الستاتيك اللاخطي Zeus NL ، وذلك مع افتراض سلوك تخلفي لركائز الجسور البيتونية المسلحة [4] وقد بينت هذه الدراسات وجود فرق حوالي 10% بين قيم التردد الطبيعي التجريبية و التحليلية . أما قيم معامل التخماد فقد كانت بالقياس حوالي 0.01 ، و بالتحليل تراوحت بين 0.01 و 0.03 كما بينته دراسة تناولت الاهتزازات الحرة و الاستجابات الزلزالية لجسر شاين ساكاي و جسر ساكاي [5] و أجرت بعض الأبحاث مقارنة لقيم نسب التخماد التي تم الحصول عليها في طريقتي اختبار الاهتزاز الحر و المحيطي كما في اختبارات الاهتزازات لجسر ميلو حيث تم تقييم استراتيجيات معالجة بديلة [6] . و من النتائج التي تم الحصول عليها في النماذج العددية للدراسات السابقة أن مجال التشوهات في التحليل كانت قريبة بشكل معقول من التشوهات المقاسة في موقع الجسر المدروس. مع اعتبار العديد من البارامترات بما في ذلك التخماد ، و حمولة الشاحنة و الوزن و السرعة ، وخصائص المواد و قدم مقارنات بين الخصائص الديناميكية و أعطت إمكانية لربط هذه النتائج مع تغير ساعات الاهتزاز من خلال نمذجة العناصر المحدودة للاستجابة الديناميكية لجسر بيتوني مسلح مركب بغية مراقبة السلامة الإنشائية [7] من أجل ذلك عمل المهندسون

لتطبيق قوة القص و براغي تثبيت للمحافظة على ضغط ناظمي ثابت أثناء التجربة



الشكل (2) تجربة القص

تم تطبيق الضغط النظامي على وجهي العينة و إجراء تجربة القص و وضع الجملة في مخبر الضغط البسيط و يبين الشكل (2) وضع الجملة في المكبس . أجريت التجربة مرتين حيث طبقت القوة  $p$  بشكل متزايد تدريجياً حتى وصل انزياح النقطة  $A$  إلى  $42\text{mm}$  . بعد ذلك تم إجراء التجربة للمرة الثالثة مع تسجيل قيم القوة  $p$  و انزياح النقطة  $A$  الموافق كما في الجدول (1) .

الجدول (1) قياسات تجربة القص

تجربة القص المخبرية	20*30 cm		displacement t (mm)	force (kg)	مرحلة التحميل
	القوة force	الإجهاد stress			
	(t)	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\delta$	F	
0	0	0	0	0	0
0.09613	1.26	2.1	4.5	420	1
0.19226	1.92	3.2	9	640	2
0.28839	2.58	4.3	13.5	860	3
0.42725	3.12	5.2	20	1040	4
0.52339	3.72	6.2	24.5	1240	5
0.61952	4.44	7.4	29	1480	6
0.70497	4.62	7.7	33	1540	7
0.81179	5.1	8.5	38	1700	8
0.96133	5.4	9	45	1800	9
1.06814	5.76	9.6	50	1920	10
1.94402	6.9	11.5	91	2300	11

## 1- تحديد سماكات مكونات المسند :

أبعاد المسند في المسقط الأفقي  $200\text{mm} \times 300\text{mm}$  وقد تم نشره رأسياً وتبين أن سماكات مكونات المسند كما في الشكل (1) وقد أخذت القياسات السماكة الكلية للمسند في أربعة مواقع مختلفة ، حيث كانت ( $47.2\text{ mm} \& 46.7\text{ mm} \& 46.7\text{mm} \& 46.65\text{mm}$ ) وبالتالي السماكة الكلية الوسطية  $46.81\text{ mm}$  .



الشكل (1) مكونات مسند النيوبرين

وقد حددت سماكات الصفائح الفولاذية وطبقات النيوبرين بإجراء نزع ميكانيكي كامل لمادة النيوبرين بين الصفائح والحصول على سطوح نظيفة تماماً للصفائح الفولاذية وذلك عند إحدى زوايا المسند ولوحظ ان سماكات طبقات النيوبرين الداخلية غير متساوية (كما في الشكل(1) وتتراوح بين  $7\text{ mm}$  و  $7.5\text{ mm}$  للصفحة الواحدة وبالتالي فالسماكة الوسطية لطبقة النيوبرين الوسطية  $7.19\text{mm}$  و كان المجموع الفعال لطبقات النيوبرين الداخلية  $28.75\text{mm}$  أما سماكات الصفائح الفولاذية فلم تكن متساوية أيضاً وتتراوح بين  $2\text{ mm}$  و  $2.15\text{ mm}$  والسماكة الوسطية للصفحة  $2.07\text{mm}$  ومجموع سماكات الصفائح الفولاذية  $10.35\text{ mm}$  .

## 2- تجربة القص :

نظراً لعدم توفر مسندين كاملين تم تحضير عينات بأبعاد  $100 \times 100$  لإجراء تجربة القص التي تُجرى عادةً مع تطبيق إجهاد ضغط ناظمي على مستوى الصفائح الفولاذية مقداره بين  $50\text{ kg/cm}^2$  أو ( $5\text{ ton}$  على كامل سطح العينة )

وبسبب عدم وجود جهاز ضغط ثنائي المحاور في مخبر كلية الهندسة المدنية في جامعة البعث فقد قمنا بتطبيق الضغط المطلوب باستخدام ثلاث صفائح فولاذية وأربعة براغي  $16\text{mm}\varnothing$  كما في الشكل (2) ، حيث وضعت الجملة بوضعية العينة في جهاز الضغط البسيط وطبق عليها ضغط محوري ثابت مقداره  $5\text{ tons}$  ، و بعد شد البراغي بإحكام تم قياس ارتفاع الجملة قبل ، وبعد تفريغ الحمولة السابقة وجد أن الارتفاع بقي ثابتاً في الحالتين مما يعني ثبات قيمة الضغط النظامي والمطبق على العينة عند القيمة  $50\text{kg/cm}^2$  حيث أبعاد العينة

$100\text{ mm} \& 100\text{ mm}$  ، وتم وضع صفيحتين في الأعلى والأسفل لتطبيق الضغط الناظمي بالإضافة إلى صفيحة منتصف القالب



الشكل (4) تجربة الضغط المحوري

$$\frac{\delta \Delta}{\epsilon \Delta} = E \quad \text{عامل المرونة}$$

$$E = \frac{(125-62.5)100}{(11.66-10.22)} = 4340 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{F \Delta}{\delta \Delta} = vC \quad \text{الصلابة الشاقولية}$$

$$Cv = \frac{75000 - 37500}{4.35 - 3.73} = 72115.4 \text{ kg/mm}$$

الجدول (2) قياسات تجربة الضغط المحوري

مرحلة التحميل	تجربة الضغط المحوري		تجربة الضغط المحوري		نتوء التشوه فقط ε%
	Force (t)	displacement (mm)	stress الإجهاد	force القوة	
0	0	0	0	0	0
1	10	6.2	16.67	10.002	8.5
2	20	6.76	33.33	19.998	9.27
3	30	7.2	50	30	9.87
4	40	7.54	66.67	40.002	10.34
5	50	7.8	83.33	49.998	10.69
6	60	8.28	100	60	11.35
7	70	8.4	116.67	70.002	11.52
8	80	8.6	133.33	79.998	11.79
9	90	9.08	150	90	12.45

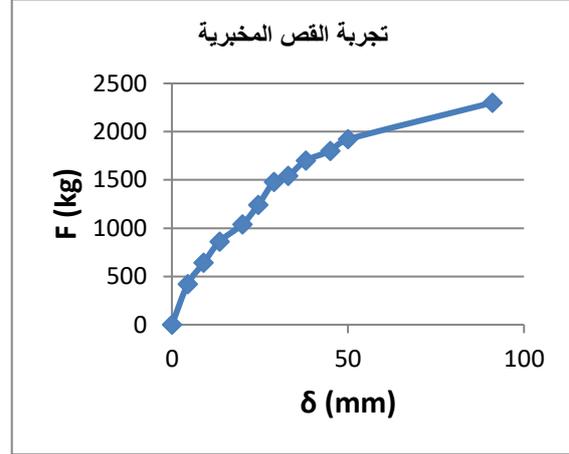
ويبين الجدول (1) قيم  $\tau$  و  $\text{tg}\gamma$  وفق مراحل التحميل

$$\text{tg}\gamma = \frac{\delta}{h} \quad \tau = \frac{p}{2A}$$

حيث  $A$  - مساحة سطح العينة  $100*100$

$\delta$  - انزياح  $A$

$h$  سماكة العينة  $41.81\text{mm}$  (في بداية التجربة)


 الشكل (3) علاقة الحمولة  $F$  مع الانزياح  $\delta$ 

وبعد انتهاء التجربة وتفرغ الحمولة  $F$  شكل كامل تبين وجود انزياح  $\delta$  متبقٍ للنقطة  $A$  مقداره  $7.5\text{mm}=\ell$  وبناء على قيم الجدول نرسم منحنى كما في الشكل (3)

$$G = \frac{\Delta\tau}{\Delta\text{tg}\gamma}$$

3- تجربة الضغط المحوري :

أجريت تجربة الضغط المحوري على مسند بأبعاد  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  حيث تم وضعه كما في الشكل (4) ، وقبل تحديد العلاقة بين الإجهاد والتشوه للجملة المبينة في الشكل (4) تم تكرار التجربة تسع مرات متتالية وكل مرة طبقت القوة الشاقولية بتزايد مستمر حتى الوصول إلى الإجهاد المسموح. ومن ثم فرغت الحمولة وأعيد التحميل بنفس الأسلوب ، وبعد ذلك أجريت التجربة للمرة العاشرة وطبقت الحمولة  $F$  وبشكل متزايد و على مراحل بحيث يتم في كل مرة على زيادة الإجهاد بمقدار  $10\%$  من قيمة الإجهاد المسموح.

δ1&δ2 الانزياحات الشاقوليّة المتتالية بالمقياسين الموضحين بالشكل (6) حيث تقاس في طرف المسند و δ2 في وسط المسند وهي مبيّنة في الجدول (3)

الجدول (3) قياسات زاوية الدوران

المرحلة	الحمولة F (ton)	الانزياح δ1 mm	الانزياح δ2 mm	tg α	α بالدرجات
0	0	0	0	0	0
1	10	7.5	3.18	0.0126	0.72
2	20	15	3.8	0.0062	0.357
3	30	22.5	4.2	0.0054	0.31
4	40	30	4.5	0.004	0.231
5	50	37.5	4.95	0.00365	0.209
6	60	45	5.08	0.0036	0.207
7	70	52.5	5.33	0.00359	0.206
8	80	60	5.64	0.00365	0.209
9	90	67.5	5.99	0.00366	0.2096
10	100	75	6.56	0.0034	0.2025

## 5- تجربة شد الصفيحة:

تم بشكل ميكانيكي نزع الصفيحة العلوية من المسند ، وإزالة النيوبرين عنها بشكل كامل ولتشكيل عينة بأبعاد 200mm×34.4 mm×2 mm واختبرت على الشد المحوري وكان مخطط الحمولة والانتقال (F-δ) وكانت النتائج كالتالي

طول القياس  $L_0 = 56\text{mm}$

أبعاد المقطع  $2 \times 34.4 \text{ mm}^2$

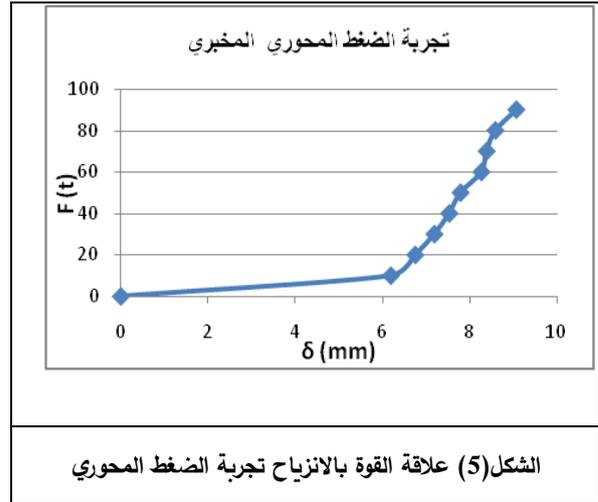
القوة عند حد المرونة 2250kg

القوة عند الانهيار 2450kg

حد المرونة  $\sigma = 3270.35\text{kg/cm}^2$

حد الانقطاع  $\sigma_1 = 3561.05\text{kg/cm}^2$

التشوه النسبي عند الانقطاع 11%~12%



## 4- تجربة زاوية الدوران :

تم إجراء هذه التجربة بوضع مسند النيوبرين كاملاً تحت أحد أطراف جهاز فولاذي يشكل طوله 100cm وطبقت حمولة مركزة متزايدة تبعد عن محور المسند 25cm . للحصول على رد فعل نهائي للمسند قدره 75 طن كما في الشكل (6) ، وقد استخدم هذا الأسلوب لأن السعة الحمولية للجهاز لا تزيد عن 100طن في مخبر البيتون المسلح بكلية الهندسة المدنية في جامعة البعث ، حيث من البداية تم إجراء التجربة مرتين متتاليتين بتطبيق الحمولة المركزة المذكورة أعلاه بتزايد مستمر حتى 100طن وبعد تفريغ الحمولة أعيدت التجربة للمرة الثالثة مع استخدام مقياسين للتشوه تباعد محوريها 181mm وطبقت الحمولة F بالتزايد على مراحل.

يبين الشكل (6) مقياسي التشوه و مسند النيوبرين المختبر و الجائز الفولاذي بشكل I و صفائح استناد فولاذية .

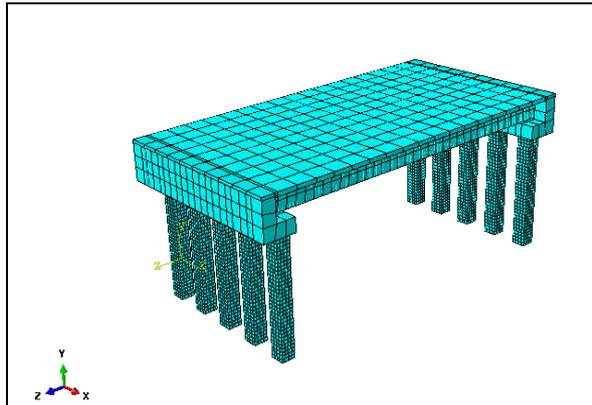
كما تم تحديد زاوية الدوران في الجدول (3)

$$tga = \frac{\delta_1 - \delta_2}{l} = \frac{\delta_1 - F\delta_2}{181}$$

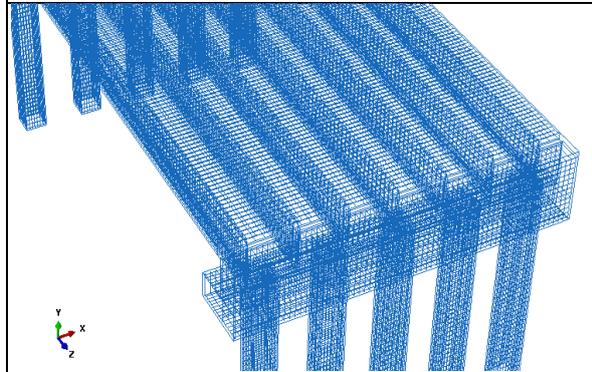


تقسيم عناصر التسليح : ثلاثية الأبعاد , طولية , مقطعها دائري تختلف باختلاف القطر , truss

- التسليح الطولي للأعمدة : 0.6 m (قطر 18φ mm ) ,
- التسليح الطولي للجوائز : 1 m (قطر 10&32 φ mm ) ,
- التسليح الطولي للقبة : 0.5 m (قطر 20φ mm ) ,
- التسليح الطولي للبلاطة: 1m (قطر 14φmm & 12φmm & φ10mm)
- التسليح العرضي للأعمدة و للجوائز و للقبة: 0.25 m (قطر 10φ mm)



الشكل (7) شبكة العناصر المحدودة لنموذج الجسر العددي



الشكل (8) نمذجة حديد التسليح الطولي و العرضي في الجسر

### ملخص الحساب:

1- حساب وزن الجوائز :

مقطع الجائز :  $1 \times 0.2 \text{ m}^2$  , طول الجائز 17.3 m ,

حجم الجائز : مقطع الجائز \* طول الجائز

حجم الجائز =  $17.3 \times 0.2 \times 1 = 3.46 \text{ m}^3$

وزن الجائز :  $2.4 \times 3.46 = 8.304 \text{ tone}$

وزن الجوائز :  $7 \times 8.544 = 58.128 \text{ tone}$

لوحظ بأن المساند الإيلاستومرية و منها مساند النيوبرين تتحمل حركة أفقية تصل إلى 70 mm و دوران حول المحور الأفقي يساوي  $0.02$  أي  $1.15^\circ$

حمولة القص العظمى التي تتحملها مساند النيوبرين: 2300 kg , وحمولة ضغط محوري 90 طن

### نمذجة الجسر :

#### الجدول (4) العناصر المحدودة وعناصر الربط المستخدمة

نوعه	التسمية	عدد درجات الحرية الفعالة في العقد		رسم توضيحي	
		الدورات	الانحرافات		
البيوتون	C3D8	Solid	3	--	
حديد التسليح	T3D2	Truss	3	--	
النيوبرين	CO3D 2	Springs and dashpots	3	3	

### شبكة العنصر المحدودة

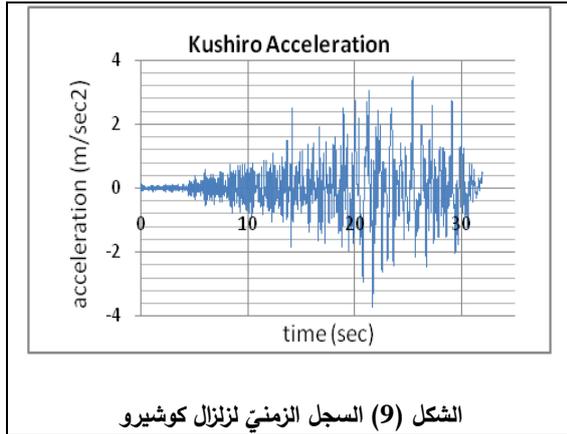
تم تقسيم العناصر المحدودة بأبعاد مختلفة تختلف نعومتها من عنصر إنشائي لآخر حسب أولويات الدراسة ومراعاة إمكانيات الحواسيب المتاحة و زمن الحل مع اختيار العناصر المحدودة المبينة في الجدول (4)، و نظراً لأن أهمية الدقة في الركيزة هي الأهم بين عناصر الجسر لذلك اختيرت شبكة أنعم للركيزة وكانت أبعاد شبكة العناصر المحدودة كمايلي

تقسيم العناصر البيوتونية: ثلاثية الأبعاد, حجمية , solid

أعمدة الركيزة  $0.175 \times 0.175 \times 0.175 \text{ m}^3$  ,

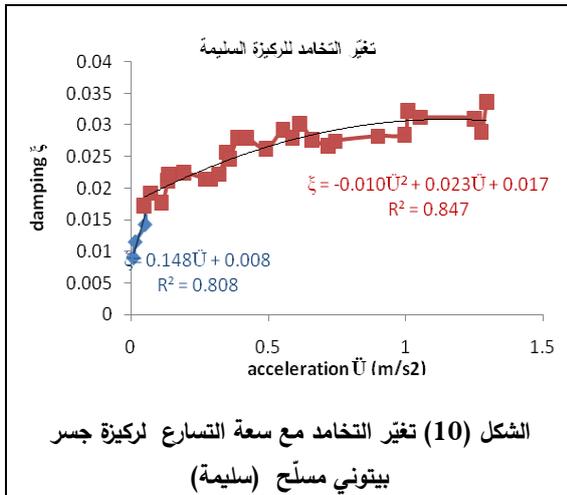
القبة و الصادم :  $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \text{ m}^3$  ,

الجوائز :  $0.5 \times 0.5 \times 0.1 \text{ m}^3$  , البلاطة :  $1 \times 1 \times 0.2$



### الطريقة المقترحة لإدخال تغيرات التخماد في التحليل الديناميكي :

تم إجراء التحليل في برنامج **Abaqus** مرتين للمقارنة أولاً بأخذ تخماد ثابت  $\xi = 0.05$  كما جرت العادة في منشآت البيتون المسلح و ثانياً باستخدام تخماد متغير عند كل خطوة زمنية حيث تم حسابه بالاعتماد على قيم ساعات الاستجابة المسجلة تجريبياً ومن خلال معالجة البيانات التجريبية المرجعية [9], حيث تم استنتاج المعادلات



التي تعبر عن تغير التخماد في مجالات التسارع  $\xi = f(\ddot{u})$  المبينة في الشكل (10), فكانت قيمه كما هي مبينة في الجدول (5) ومن ثم تم إدخالها في نافذة تغير التخماد .

الجدول (5) القيم المدخلة في برنامج **Abaqus** تغيرات التخماد مع مقلوب الخطوة الزمنية (مجال التردد)

مقلوب الخطوة الزمنية (1 / t)	نسبة التخماد $\xi$
1.0352	0.019845
1.06045	0.013226
1.08696	0.021139
1.11483	0.022352

2- حساب وزن البلاطة :

$$81.3792 \text{ tone} = 2.4 * 0.2 * 9.8 * 17.3$$

3- الحمولة الموزعة على السطح : نقسم مجموع وزن

الجوائز و البلاطة على مساحة سطح البلاطة =

0.8328 tone ثم نضيف وزن التغطية وغيرها

باعتبار الحمولة الشاقولية:  $W = 1.5 \text{ t/m}^2$

4- الكتلة:  $m = W * A$

$$= 1.5 * (17.3 * 9.8) = 254.31 \text{ t}$$

5- قوة القص العظمى :  $V = (a/g) * m$

$$V = (4/9.81) * 254.31 = 103.69 \text{ t}$$

6- قدرة تحمل النيوبرين:  $V_e = V / n$

(n: عدد مساند النيوبرين )

$$V_e = 103.69 / 14 = 7.357 \text{ t}$$

7- المساحة المطلوبة لتحمل قوة القص  $A_{req(v)}$  :

$p_{max}$ : الحمولة العظمى التجريبية

$$A_{req(v)} = V_e / p_{max} = 7.357 / 2.3 = 3.19$$

$$A_{req(v)} = 3.19 * (10 * 10) = 319.87 = 320 \text{ mm}^2$$

8- الطول اللازم لمسند النيوبرين:  $L = A_{req(v)} / b$

حيث b : عرض مسند النيوبرين = عرض الجائز = 20 cm

$$L = 320 / 20 = 16 \text{ mm}$$

فنعتبر مسند النيوبرين :  $(20 * 20) \text{ mm}^2$

9- القوة P لتحمل الضغط الناظمي عند كل مسند :

$$P = m / n$$

$$P = 254.31 / 14 = 18.165 \text{ t}$$

10- المساحة اللازمة لتحمل الضغط الناظمي:

$$A_{req(p)} = p / \bar{\sigma}$$

حيث  $\bar{\sigma}$ : القيمة العظمى من تجربة الضغط المحوري المخبري =

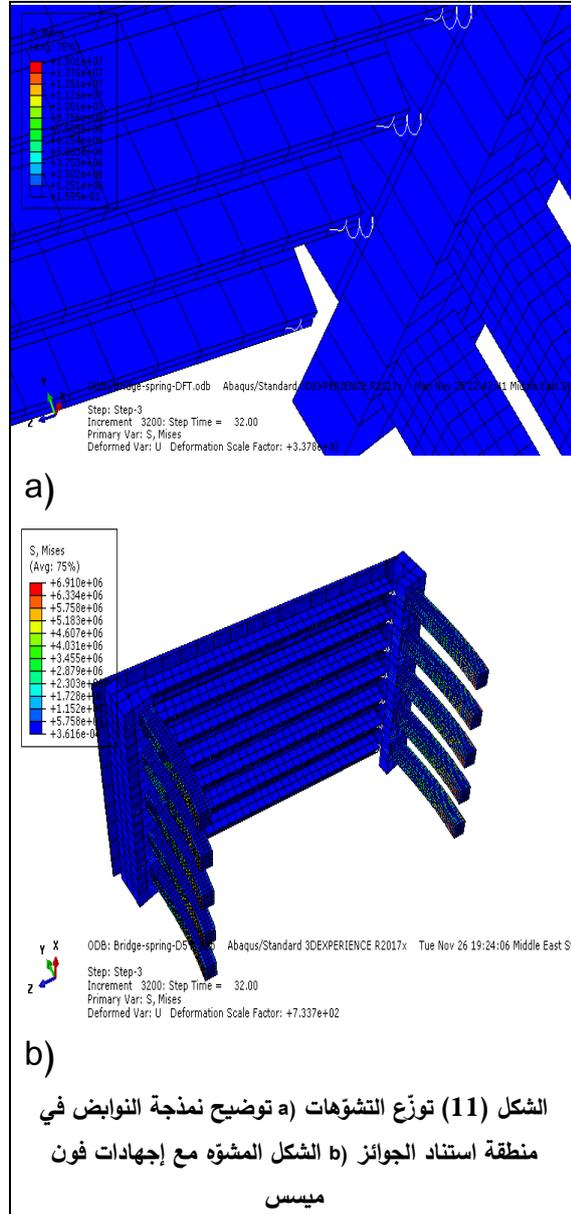
$$\bar{\sigma} = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{req(p)} = 18.165 * 10^3 / 150 = 121.1 \text{ mm}^2$$

تحليل النموذج العددي :

تم تطبيق نسب 20% و 40% و 60% من تسجيل زلزال كوشيرو المبين في الشكل (9) و تحليل النموذج و استنتاج الاستجابات ، و من ثم تم إجراء مقارنات بين الاستجابات و قوى القص القاعدية و العزوم و القوى المحورية الناجمة عن التحليل الديناميكي من أجل كل من النسب السابقة.

تمت نمذجة مساند النيوبرين بنواض أفقية و شاقولية لتعبّر عن الخصائص الميكانيكية التي حُدّت في التجارب الميكانيكية السابقة و التي أجريت على عينات النيوبرين كما هي مبينة في الشكل (11) - (a)، و بعد إجراء التحليل الديناميكي تم رصد توزع التشوهات و إجهادات فون ميسس كما في الشكل (11) - (b) .



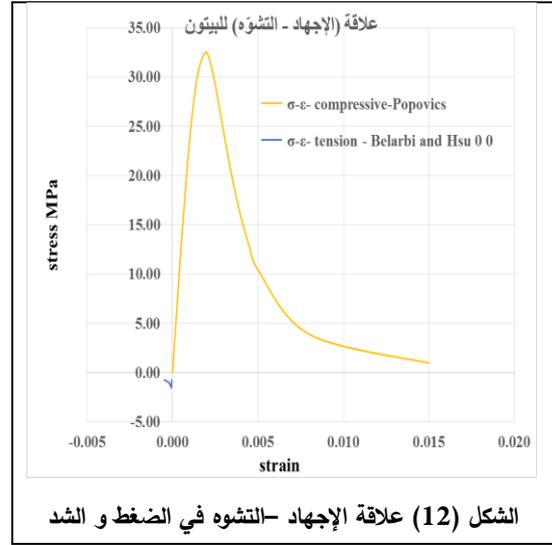
و في هذه الدراسة تمت محاكاة سلوك البيتون في المرحلة اللدنة حيث تم إدخال علاقة الإجهاد التشوه للبيتون و كذلك للحديد بالاعتماد على العلاقات الأساسية لخصائص المادة [10] حيث يبين الشكل (12) ، وعلاقة الإجهاد التشوه للبيتون التي تبين نقاطها في الجدول (6) و Belarbi and Hsu tension -  $\sigma$  -  $\epsilon$  لإجهاد الشد ، و في الجدول (7) العلاقة Popovics compressive -  $\sigma$  -  $\epsilon$  لإجهاد الضغط

1.14416	0.020412
1.17509	0.010568
1.20773	0.02098
1.24224	0.022644
1.27877	0.02099
1.31752	0.00842
1.3587	0.020745
1.40252	0.022875
1.44928	0.021571
1.49925	0.012054
1.5528	0.020462
1.61031	0.023087
1.67224	0.022187
1.73913	0.018303
1.81159	0.020145
1.89036	0.023301
1.97628	0.022856
2.07039	0.018984
2.17391	0.019756
2.28833	0.023455
2.41546	0.023536
2.55754	0.019738
2.71739	0.019295
2.89855	0.023541
3.10559	0.024217
3.34448	0.020565
3.62319	0.01876
3.95257	0.023547
4.34783	0.0338
4.83092	0.021448
5.43478	0.018171
6.21118	0.023481
7.24638	0.0338
8.69565	0.022409
10.8696	0.011706
14.4928	0.023258
21.7391	0.0338
43.4783	0.023378

الجدول (7) إحدائيات نقاط مخطط الإجهاد - التشوه لحالة الضغط

من علاقات Popovisc

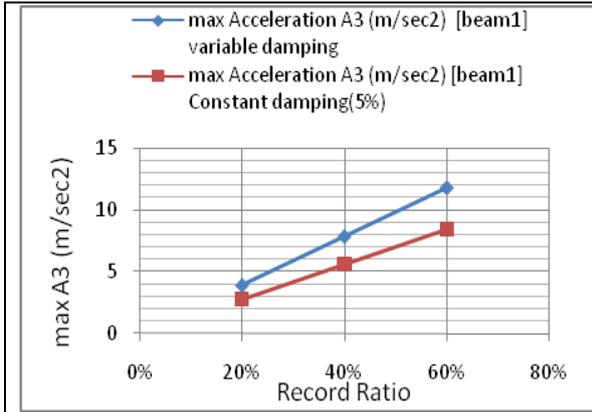
$\sigma$ - $\varepsilon$ - compressive-Popovics			
Point	Stress Mpa	Strain	$\varepsilon c/\varepsilon 0$
1	0	0	0
2	5.14	0.0002	0.1
3	10.22	0.0004	0.2
4	12.7	0.0005	0.25
5	19.64	0.0008	0.4
6	23.64	0.001	0.5
7	26.95	0.0012	0.6
8	29.49	0.0014	0.7
9	31.23	0.0016	0.8
10	32.2	0.0018	0.9
11	32.5	0.002	1
12	31.54	0.0022	1.1
13	30.07	0.0024	1.2
14	28.29	0.0026	1.3
15	26.34	0.0028	1.4
16	24.35	0.003	1.5
17	22.41	0.0032	1.6
18	20.56	0.0034	1.7
19	18.84	0.0036	1.8
20	17.25	0.0038	1.9
21	15.81	0.004	2
22	12.77	0.0045	2.25
23	10.42	0.005	2.5
24	3.88	0.008	4
25	0.97	0.015	7.5



الجدول (6) إحدائيات نقاط مخطط الإجهاد - التشوه لحالة الشد

من علاقات Belarbi and Hsu

$\sigma$ - $\varepsilon$ - tension - Belarbi and Hsu		
Point	Stress Mpa	Strain
1	-1.34	-0.00004
2	-2.01	-0.00006
3	-2.68	-0.00008
4	-2.45	-0.00010
5	-2.28	-0.00012
6	-2.14	-0.00014
7	-2.03	-0.00016
8	-1.94	-0.00018
9	-1.86	-0.00020
10	-1.79	-0.00022
11	-1.73	-0.00024
12	-1.41	-0.00040
13	-1.31	-0.00048

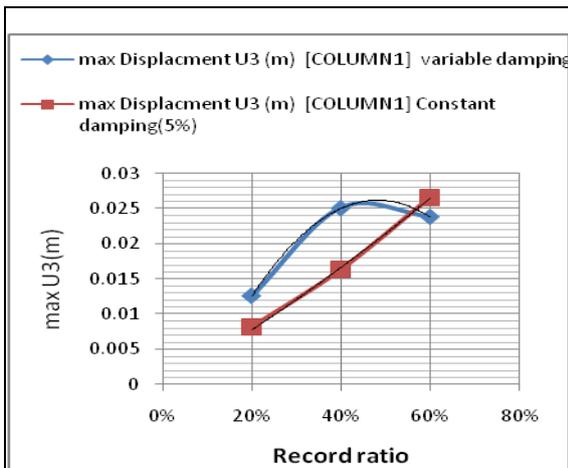


الشكل (14) مقارنة القيم العظمى لاستجابة التسارع من أجل عدة نسب للتحريض لحالتي تخامد ثابت و متغير

Record ratio	max A3 (m/sec2) variable damping	max A3 (m/sec2) Constant damping(5%)	[beam1] A3/A3C
20%	3.92622	2.80851	1.397973
40%	7.85244	5.61701	1.397975
60%	11.7787	8.42552	1.397979

#### سعة الاستجابة العظمى (الانتقال) :

بالنسبة لعمود الركيزة الطرفي column1 تبين أن وسطي نسبة قيمة سعة الاستجابة الأعظمية للتسارع عند أخذ تغير التخامد إلى قيمتها عند اعتبار التخامد ثابت : 1.396881, كما هو مبين في الشكل (15)

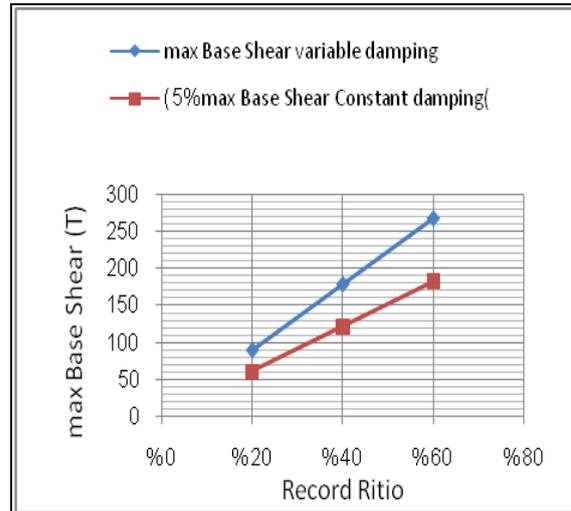


الشكل (15) مقارنة القيم العظمى لاستجابة الانتقال من أجل عدة نسب للتحريض لحالتي تخامد ثابت و متغير

#### استقراء مخططات المقارنة و النتائج :

#### قوة القص القاعدي :

من نتائج تحليل الجسر ذو الأبعاد الواقعية تحت تأثير ثلاث تسجيلات زلزالية هي النسب من زلزال كوشيرو 20% و 40% و 60% تبين أن نسبة قيمة قوة القص القاعدي الأعظمية عند أخذ تغير التخامد إلى قيمتها عند اعتبار التخامد ثابت : 1.4747 حيث تزداد بازدياد ساعات المحرض الزلزالي , كما هو مبين في الشكل (13) , وهي نسبة كبيرة تشير إلى ضرورة أخذ تغيرات التخامد بالاعتبار أثناء التصميم الزلزالي .



الشكل (13) مقارنة القيم العظمى لقوى القص القاعدية من أجل عدة نسب للتحريض لحالتي تخامد ثابت و متغير

Record ratio	variable damping	Constant damping(5%)	max Base Shear Vv/Vc
20%	89.4573	60.6595	1.474745094
40%	178.915	121.319	1.474748391
60%	268.372	181.978	1.474749695

#### سعة التسارع وفق اتجاه تطبيق التحريض الزلزالي:

للجانز الطرفي Beam1 تبين أن وسطي نسبة قيمة سعة الاستجابة الأعظمية للتسارع عند أخذ تغير التخامد إلى قيمتها عند اعتبار التخامد ثابت : 1.397976 كما هو مبين في الشكل (14)

- bridges using simplified modeling approaches,” *J. Sound Vib.*, vol. 324, no. 3–5, pp. 640–665, Jul. 2009.
- [5] “112–Free vibrations and seismic responses of Shin Saikai Bridge and Saikai Bridge.”
- [6] F. Magalhães, E. Caetano, Á. Cunha, O. Flamand, and G. Grillaud, “Ambient and free vibration tests of the Millau Viaduct : Evaluation of alternative processing strategies,” vol. 45, pp. 372–384, 2012.
- [7] V. Z. Z. A. Patnaik, “Finite element modeling of the dynamic response of a composite reinforced concrete bridge for structural health monitoring,” 2014.
- [8] “Bridge Vibrations as Influenced by Elastomeric Bearings.”
- [9] R. Al Sehnawi, A. Nakajima, R. Takeshima, and H. Al Sadeq, “Experimental investigation of amplitude dependency of dynamic characteristics in elastic and inelastic stages of reinforced concrete pier model,” *J. Civ. Struct. Heal. Monit.*, vol. 4, no. 4, pp. 289–301, 2014.
- [10] “Constitutive Laws of Softened Concrete in Biaxial Tension Compression \_ Semantic Scholar.” .

Record ratio	max U3 (m) variable damping	max U3 (m) Constant damping (5%)	[COLUMN1 U3V/U3C
20%	0.012546	0.00817899	1.5339
40%	0.0250919	0.016358	1.5339
60%	0.0238579	0.0265947	0.8971

### النتائج و التوصيات :

1. من أجل تطبيق الطريقة المقترحة لإدخال تغير الخصائص الديناميكية في تحليل جسر كامل ذو أبعاد واقعية تزداد استجابة التسارع عند أخذ تغير التخماد في التحليل وفق الطريقة المقترحة عن حالة اعتبار التخماد ثابت بمعدلٍ وسطيّ 40% .
2. من أجل تطبيق الطريقة المقترحة لإدخال تغير الخصائص الديناميكية في تحليل جسر كامل ذو أبعاد واقعية تزداد استجابة الانتقال عند أخذ تغير التخماد في التحليل وفق الطريقة المقترحة عن حالة اعتبار التخماد ثابت بمعدلٍ وسطيّ 50% .
3. تزداد نسبة استجابة الانتقال عند التحليل الديناميكي باستخدام تسجيلات زلزالية ذات ساعات عظمى التي لا تزيد عن  $2m/sec^2$  ومن أجل ساعات أكبر من ذلك يجب أخذ التخماد ثابت
4. تزداد نسبة قوة القص القاعدي الأعظمية عند أخذ تغير التخماد في التحليل وفق الطريقة المقترحة عن حالة اعتبار التخماد ثابت بمعدلٍ وسطيّ 47% .
5. لاعتماد الخصائص الديناميكية لأي منشأ، نحتاج أن نولي اهتماماً خاصاً لسعة الاهتزاز المتوقعة قبل اختيار القيم التصميمية.

### المراجع :

- [1] H. Shibata, “Project on 3–D Full–Scale Earthquake Testing Facility ( the Second Report ),” pp. 1–8, 2001.
- [2] “Bridge–dynamics–and–dynamic–amplification–factors–a–review–of–analytical–and–experimental–findings.”
- [3] M. Celebi, “RADIATION DAMPING OBSERVED FROM SEISMIC RESPONSES OF BUILDINGS.”
- [4] D. H. Lee, D. Kim, and T. Park, “Earthquake response analysis of RC