

تأثير الأحمال الجانبية على الجدران الحاملة في الأبنية الحجرية¹

الدكتور طلال ممدوح شرف*

(تاريخ الإيداع 4 / 2 / 2018. قُبِلَ للنشر في 15 / 5 / 2018)

□ ملخص □

تم البحث بسلوك جدران القص البازلتية للمباني المتبقية من العصور الغابرة كبحث تجريبي، ومقاومتها للعوامل الطبيعية والحمولات الأفقية الناتجة عن الرياح والزلازل، للاستفادة منها في الحفاظ على المباني الحديثة والمرتبطة ببلاطات وجوائز كجدران قص أفقية على الارتفاع الطابقي في المناطق الحارة والباردة في القارة الأفريقية والآسيوية ومناطق أخرى مشابهة لها على السواء، للاستعاضة بها عن جدران القص الخرسانية المسلحة والمعدنية التي تفقد مقاومتها للعوامل المذكورة أعلاه.

لدى معاينة الأبنية وتوضع الشقوق الرأسية والمائلة الناتجة عن الحمولات الجانبية، تبين أن ظهور الشقوق يتعلق بصلادة مقطع الجدار وبمواصفات الحجر البازلتي وتصميم قاعدة الجدار [13].

تم البحث لتحديد المتانة ونفوذية الماء والمقاومة على الضغط والشد لعينات من الأحجار البازلتية المستخدمة في الأبنية الحجرية التاريخية ومواقع تواجدتها بالطرائق المخبرية.

تم حساب الشدة الزلزالية على واجهة البناء في مستوى البلاطات بالتوافق مع المواصفات والاشتراطات الدولية [1]، [10]، مع الاقتراح لطريقة حساب الجدار الحامل من الحجر البازلتي لبناء من عدة أدوار وقبو أخذين بعين الاعتبار المقاومة المميزة للبازلت حسب كثافته على الضغط والشد ومعامل الحجر البازلتي في العملية الحسابية.

الكلمات المفتاحية:

الحمولات الجانبية (زلازل)، القواعد، الجدران الحجرية البازلتية، الجدران الحجرية بفتحات، جدار قص من الخرسانة المسلحة، جدران القص المعدنية، الأبنية الحجرية.

* أستاذ مساعد - شعبة الخرسانة المسلحة - أبنية عالية - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - سورية

Side Effect Loads on Shear Diaphragm in Stone Buildings

Dr. TalalMamdohSharaf*

(Received 4 / 2 / 2018. Accepted 15 / 5 / 2018)

□ ABSTRACT □

The behavior of the basaltic shear diaphragms of the remaining buildings of ancient times was investigated as experimental research, and its resistance to natural factors and horizontal loads resulting from wind and earthquakes, to take advantage of them in the maintenance of modern buildings, which are associated with floors and beams as horizontal shear diaphragms. In the hot and cold areas of the African continent, Asia and other similar areas, to replace the reinforced concrete shear diaphragms, and metal shear diaphragms that lose their resistance to the above factors. When the buildings are inspected, the vertical and slanted slits resulting from the side loads are placed, it was found that the appearance of the cracks related to the hardness of the shear diaphragm section, the basalt stone specifications and the design of the shear diaphragm base [13]. The research was conducted to determine the durability, water permeability and resistance to pressure and tensile strength of basalt stone samples used in historic stone buildings and their location in laboratory methods. Horizontal loads resulting from seismic intensity were determined on the front of the building at the tile level according to international requirements and specifications [1], [10]. The method of calculating the basaltic shear diaphragms was applied by applying arithmetic to build a basalt stone from several floors and a basement, taking into account the characteristic resistance of basalt, depending on its density from pressure and stretching and basalt stone in calculating.

Keywords:

Stone buildings. foundation. Stone shear diaphragms. Reinforced concrete. horizontal loads (seismic). Metal shear diaphragms.

* Assistant Professor - Faculty member - Division of reinforced concrete - the high buildings - Structural Engineering Department - Faculty of Civil Engineering - High Building - University of Damascus - Syria

مقدمة:

تعتبر المنطقة العربية عاصمة التاريخ العمراني والثقافي في عصور وحقب لممالك قديمة مندثرة، لانعرف منها إلا ما تبقى من الأوابد الاثرية الموجودة في بلادنا، ومن هذا الباب سندخل على ثقافتهم وعلومهم الهندسية من خلال تصميم الجمل الإنشائية الحاملة لهذه المباني السكنية وطرق حسابها، والحفاظ عليها من الجهة الفنية لما لها من أهمية للتأكيد على وجودنا كأمة وتاريخ وحضارة.

الدراسة الاستعراضية: (The study review)

استخدم الحجر البازلتي على مر العصور في بناء البيوت الشعبية والأوابد التاريخية والقصور والمعابد الرائعة التي نحتت من أحجار البازلت التي ما زالت شاهدة على روعة هذه المادة وجمالها حتى الآن، وتشهد قلاع كثيرة ظلت شاهدة على عظمة الحجروشموخه. تتوفر أحجار البازلت بشكل واسع في مناطق سورية واردنية، وتستخدم هذه الصخور حالياً بعد طحنها كحصويات الزلط والرمل في كافة أعمال البناء وغيرها، وظهرت في الأعوام الخمسة عشر الأخيرة عدة معامل لقص ونشر الحجر البازلتي الذي أصبح يستخدم بشكل واسع في أعمال البناء والكساء الخارجي للأبنية المختلفة، والذي لاقى إقبالاً كبيراً في الحاضر.

(a)-حقة الآثار الفرعونية Pharaonic antiquities. ظهرت في إفريقيا وتتميز هذه الحقة بالعمل الهندسي الفريد من نوعه ويعتبر من عجائب الدنيا في مصر الفرعونية، أهرامات مصر وخاصة هرم خوفو بارتفاع 146m عن سطح الأرض، ومساحة قاعدته $m^2(440*440)$ ، والمصمم من أحجار مكعبية تزن حوالي 4T بشكل وسطي، مصقولة بشكل فريد ومحكم مع الأحجار الأخرى بشكل منقطع النظير، الشكل (1).



الشكل (2): يبين العهد النبطي:

- 1-مدفن همرات في (حي الدبيسي) في السويداء.
- 2-مسرح الهمسكل الترفيهي في السويداء



الشكل (1): هرم خوفو وخفرع

(b)-حقة الآثار النبطية Nabataean era .

تبين من خلال مئات النقوش الكتابية الصفائية في منطقة الصفا، الصفتيون عرب استقروا في المنطقة والبادية، والذين خرجوا من الجزيرة العربية في نهاية القرن الخامس قبل الميلاد، وكانت عاصمتهم البتراء وامتدوا إلى بصرى الشام وجعلوها خاصرة لهم. عثر على مقابر في مملكة سيع معبد للإله بعلمين إله الانباط في قنوات، وقبر حمراء في السويداء، الشكل (2).

(c) - الحقبة البيزنطية والإسلامية: Byzantine and Islamic era

تدل الجرد الأثرية في منطقة اللجاة على تطور حضاري يبدأ من القرن الرابع ق.م -حتى العصر الإسلامي: عثر في قرية سحر على وجود مجموعة سكنية من 80 منشأة، يعود بعضها إلى العصر الهلنستي نهاية القرن الأول ق.م. كما عثر على قلاع ومسارح بيزنطية ورومانية ونبطية في قرى المشنف، قنوت، بركة، تيما الصنمين، شقا، شها وعتيل. أنشأ في عهد الإمبراطور السوري كارا كلا في حمص والإمبراطور فليب العربي (شها) الذي حكم من 249-244م. المسارح والحمامات كشاهد على الطرق الحسابية للجمل الإنشائية الحاملة في تلك الحقبة، كمسارح بصري، شها، مسح الحمة، والتي أنشئت في عهد الإمبراطور فليب العربي ومازالت واضحة المعالم حتى تاريخه. تتميز هذه الحقبة بصفات مشتركة وتبين مدى التطور العلمي والتقني في اليمن وبلاد الشام وإفريقيا لإشادة المدن، والأبنية السكنية والخدمية والدفاعية التي توافقت العمل الوظيفي لها. بلغ ارتفاع المباني والقلاع في بلاد الشام حتى 46m، وصمودها لمئات السنين يوضح مقاومة الجمل الإنشائية للحمولات الزلزالية ولحمولة الرياح، وهذا ما يستحق الاهتمام بتحليل الجمل الإنشائية الحاملة. صممت الجمل الإنشائية للمباني من بلاطات وأعمدة وجوائز وأظفار وأقواس وجدران بازلتية محلية بما يتناسب مع عزم الصلادة وعزوم الانحناء وقوى القص والقوى الرأسية لمقاومة الأحمال العامودية والجانبية الناتجة عن الزلازل أو الرياح.

أهمية البحث وأهدافه

هدف البحث. Purpose of the study.

1-3- الاستفاد من الموارد المحلية الطبيعية للتخفيف من الكلف الاقتصادية، ومقاومة الحجر البازلتي للعوامل الجوية الطبيعية وخاصة درجات الحرارة العالية في إفريقيا والجزيرة العربية كعوامل عزل خارجية للمباني مع الأخذ بعين الاعتبار استقرار البناء.
2-3- محاكاة جدران القص البازلتيّة [9] عند تعرض البناء (كظفر) لحمولات أفقية على واجهته الطولية والعرضية وعزم دوران الجمل الإنشائية للبناء.
طريقة حساب البناء من الحجر البازلتي باعتماد معامل الحجر البازلتي ومقاومته للضغط والشد في مقاومة الشدة الزلزالية.

محتوى البحث Content search:

1-4- البحث في الحقبة التاريخية: Search in historical eras

اهتم الكثير من العلماء والباحثون بمادة البازلت كمادة أولية لإشادة الأبنية من الحجر البازلتي (أو كبحص ورملمطحون يدخل في تركيب الخلطات الخرسانية) لتوفرها بكثرة في المنطقة، لرخص الكلف في تصنيعها، ومقاومتها المميزة على الضغط والشد العالية والخواص الفيزيائية والكيميائية النوعية. تقودنا مقاومة الأبنية للظروف الطبيعية على مر العصور إلى نتائج الحقبة التاريخية، وتتخلص بمقاومة المنشآت الحجرية للعوامل الطبيعية كالتالي:
1- البازلت مقاوم للعوامل الميكانيكية كالنحت والتآكل بسبب قساوته العالية، والدليل بقاء هذه النقوش من مئات السنين حتى يومنا هذا.

2- البازلت عازل حراري - معامل إيصاله الحراري منخفض، مقاوم للحريق لعدم قابليته للاحتراق، ومواصفاته ثابتة للتبدلات الحرارية حتى 700 درجة، والدليل تصنيع صوف صخري للعزل الحراري والصقيع.

3- البازلت مقاوم للصقيع نظراً لعدم احتواء مصهورته على فراغات هوائية، مقاوم للعوامل الكيميائية كالأحماض والقلويات، عازل رطوبة بالنسبة للسوائل وقابلية امتصاصه معدومة عملياً.

تعطي هذه المزايا مجتمعة، المصبوبات البازلتية صفة الديمومة، العمر الحسابي يفوق القرن الواحد.

1-1-4- التحليل الإنشائي للجدران البازلتية في الأوابد التاريخية.

تعتبر جدران القص من الحجر البازلتي بفتحات (أقواس) أو مصممة ذات أهمية قصوى في تحمل الحملات الرأسية والأفقية الناتجة عن الشدة الزلزالية أو الرياح بالإضافة إلى مقاومة درجات الحرارة العالية ودرجة الصقيع من 269- حتى 269+ درجة وتقاوم الإشعاعات تحت الحمراء في الصيف وتقاوم الصقيع في الشتاء حسب الظروف الطبيعية لبلادنا.

جرى مراقبة بعض الأبراج القائمة من الحجر البازلتي منذ مئات السنين ومتابعة بعض الأبراج المتشققة وأبراج خالية من التشققات في محافظتي درعا والسويداء.

تم الكشف عن بعض القواعد لقلعة بصرى الشام من قبل مديرية الآثار والتنقيب والبعثة الدولية الفرنسية [13]، وبعد تكليفنا بمعاينة الموقع، تبين استخدام أعمدة بازلتية كأساسات متعامدة مع الجدران البازلتية. بين التحليل الإنشائي لعمل عناصر الجملة الإنشائية الحاملة، سبب عدم حدوث تشققات في الجدران البازلتية، والفضل يعود لتنفيذ القواعد من الأعمدة البازلتية [7] المقاومة لشدة الزلازل من جهة الفالق الزلزالي للبحر الأبيض المتوسط، وهذه الأساسات المعتمدة تتحرك بشكل دائري حول نفسها عند حدوث زلزال وبنفس الوقت تقاوم شدة ضغط الرياح على واجهة البناء لعصور مديدة وتحافظ على الجدران من التصدعات.

تم زيارة قرية صما البردان على الحدود الأردنية في محافظة السويداء لإجراء معاينة بعض الأقواس المصنعة من الحجر البازلتي في العهد البيزنطي والتي تعرضت لقصم مدفعي عام 1925م من قبل الغزاة ولم تتأثر بسبب تنفيذها من أحجار بازلتية متداخلة بمفاصل حجرية الشكل (3)، هذا يعني أن الجدار البازلتي مصمم لمقاومة الشدة الزلزالية وشدة ضغط الرياح والحملات الرأسية المركزية واللامركزية [6].



الشكل (3): يوضح تركيب الأقواس المتمفصلة.

يوضح الشكل (4) أبراج حجرية متشققة وأبراج سليمة في مدينتي درعا والسويداء، وظهور شقوق رأسية على ارتفاع جدار القص البازلتي من شدة الرياح أو شدة الزلازل. نتيجة التحليل الإنشائي للجملة الحجرية وتحديد طريقة تصميم جدران القص البازلتية المصمتة للأشكال (1)، (2)، (3)، (4) في المنشآت البازلتية الشكل (4)، تبين ما يلي:



الشكل (4): يبين ظهور الشقوق في الجدران البازلتية. 1- برج بصرى الشام، 2- برج خزان المياه في مدينة القريا

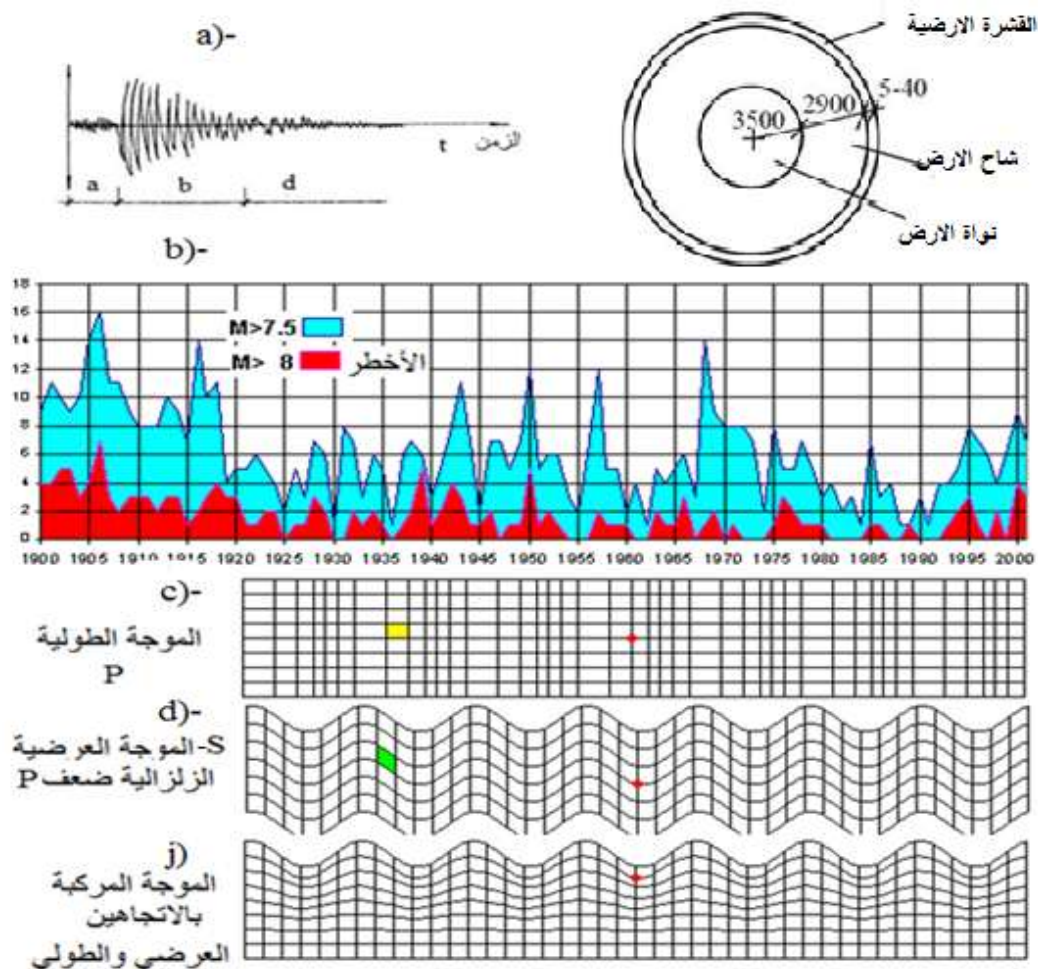
3.. - قصر قرية ملح. 4- قصر ناحية عرمان.

- 1- اعتماد جدران قص مصمتة وجدران بفتحات (أقواس، نوافذ وابواب) بأبعاد حسابية مقاومة للحمولات الرأسية والحمولات الجانبية الناتجة عن الزلازل أو الرياح.
- 2- تصميم الجدران المصمتة (بفتحات أو بدونها) بمقاطع عرضية تتوافق مع الارتفاع لمقاومة التحنيب بالإضافة إلى الحمولات الرأسية والأفقية ، وهذا يدل على معرفتهم بشدة ضغط الرياح والحمولات الرأسية والزلازل والتحنيب، وهذا واضح من المقاطع العرضية للأعمدة وجدران القص الحجرية بالنسبة للارتفاع.
- 3- صممت عقد الوصل بين الأعمدة والجوائز الحجرية بعزم عطالة متباينة بما يتوافق مع الحمولة اللامركزية الناتجة عن الحمولات الرأسية للجوائز الحجرية بمقاطع تتوافق مع طول المجاز (يزداد عزم صلادة المقطع بشكل نسبي مع طول مجازه).

4- تم قراءة حدوث شقوق طولية في المحور الرأسي لجدار القص، وهذا يقودنا إلى تحديد حصول انزياح صافي في محور الجدار الرأسي، بينما ظهر شقوق مائلة في جدار القص بفتحات (النوافذ)، يبين ضعف الجوائز الحجرية الرابطة بين جناحي جدار القص البازلتي بفتحات الشكل (4).

5-قراءة ظهور شق رأسي الشكل (2) على المحور الرأسي لجدار قص بفتحات (نوافذ صغيرة)، هذا يعني ان عزم صلادة جدار القص النسبية (λ) كبيرة، والجدار بفتحة يعمل كجدار قص مصمت، العالم درزدوف [11].

أجمع العلماء عند حدوث هزة أرضية: أن المباني تتضرر نتيجة مسافة بعد أو قرب منبع الهزة الأرضية المتعلق بطبقات الأرض [8] وبدور وسعة الموجة الزلزالية بالنسبة للزمن وبأهمية شكل الموجة الزلزالية بالنسبة للزمن (طولية، عرضية وشاقوليه أو الاثنين معا) وشدتها الزلزالية 7.8.9 درجات على مقياس ريختر [1]، [10] الشكل (5) .



الشكل (5): يبين شكل الموجة الزلزالية، وسعتها بالنسبة للزمن.

- نتائج البحث التجريبي للمنشآت التاريخية:

- (a) - ظهور شقوق رأسية في محور جدار القص المصمت البازلتي (انزياح صافي) نتيجة القوة الرأسية اللامركزية والقوة الجانبية الناتجة عن شدة الزلازل أو الرياح على واجهة البناء بشكل متناوب من الاتجاهين.
- (b) - ظهور شقوق مائلة على ارتفاع جدار القص البازلتي بفتحة (ضعف عزم صلادة الجائر الرابط لجناحي جدار القص) نتيجة القوة الرأسية اللامركزية والقوة الجانبية الناتجة عن شدة الزلازل أو شدة ضغط الرياح على واجهة البناء.
- (c) - شكل ضغط الموجة الزلزالية عرضية أو طولية أو الاثنان معا 'يؤثر بشكل مباشر في شكل ظهور الشقوق مع ملاحظة اعتمادهم على اتجاه الموجة الزلزالية باتجاه الفالق الزلزالي للبحر الأبيض المتوسط، من معاينة قواعد جدران القص لقلعة بصرى في درعا باستخدام قواعد من أعمدة بازلتية عرضية [13].

4-2- البحث النظري.

تصميم المباني من جدران قص مصمتة من الحجر البازلتي بالاتجاهين على محاور الاحداثيات X, Y وعزم الدوران $M(X, Y)$. يعمل الجدار البازلتي كظفر حر من الأعلى وبوثاقه من الأسفل يقاوم الحملات الخارجية (الجانبية) الناتجة عن الزلازل أو الرياح.

ينتج عن الحمولة الجانبية عزم انعطاف وقوى قص وزاوية دوران وانتقال في مقاطعه المرتبطة فيما بينها من أعلى البناء Z المتغير والمساوي الصفر حتى الوثيقة والمساوي لارتفاعه الكلي (H)، كما هو واضح بالعلاقة التالية:

نتيجة تأثير القوى الخارجية الجانبية S(z) على الظفر، بإشارة سالبة. ينتج في المقاطع الأفقية للظفر، عزم انعطاف M(z)، قوى قص Q(z) وزوايا دوران α ، والانتقال f، ويتم التعبير عنها في الشكل (6) بالعلاقة التالية:

$$Y''''(z) = \alpha'''(z) = \frac{-M''(z)}{EI} = \frac{-Q'(z)}{EI} = \frac{s(z)}{EI} \quad (1)$$

$Y''''(z)$ - المشتق الرابع للسهم

$\alpha'''(z)$ - المشتق الثالث لزاويا الدوران.

$M''(z)$ - المشتق الثاني لعزم الدوران

$-Q'(z)$ - المشتق الأول لقوى القص الأفقية

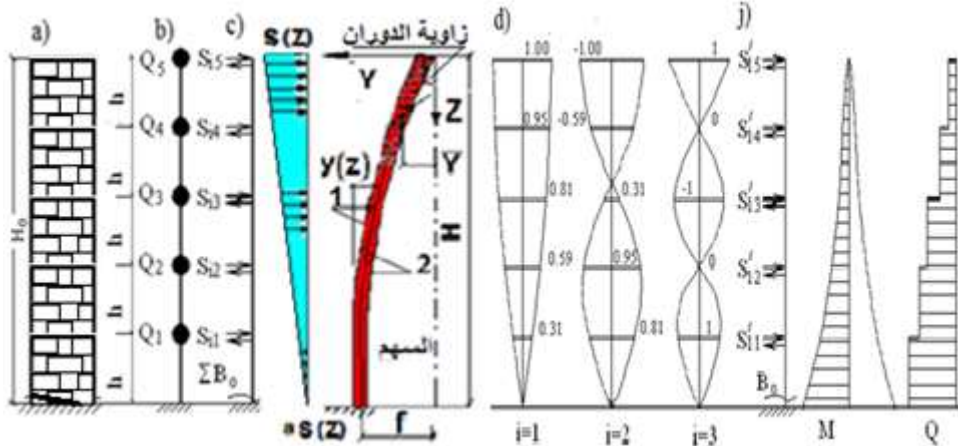
$[-s(z)]$ - القوى الأفقية الناتجة عن شدة ضغط الزلازل على واجهة البناء.

$-EI$ - صلادة مقطع الظفر على الانحناء.

تكامل العلاقة (1) فينتج العلاقة (2):

$$EI \cdot Y(x) = \int_0^z \int_z^H \int_0^z \int_z^0 s(z) dz^4 = \int_0^z \int_z^H -M dz^2 = EI \int_0^z \alpha dz \quad (2)$$

العلاقة (1) و (2) توضح العمل المشترك للسهم، زاوية الدوران، عزم الانحناء وقوى القص الجانبية (الأفقية) من شدة ضغط الحمولات الجانبية على الظفر، مع ملاحظة تعاكس إشارة شدة ضغط الحمولات الأفقية الخارجية لعزم الانحناء وقوى القص في مقاطع الظفر وعلى كامل ارتفاعه، الشكلان (7) و (6).



الشكل (6) محور إحداثيات الظفر، ومخطط انحناء الظفر وجدار القص من الحجر البازلتي D:

a- جدار القص المصمت -b- مخطط الحساب الديناميكي (c) - مخطط توزيع الحمولات الزلزالية:

1- انحناء الظفر. 2- قوى القص. d- مخطط الحساب الديناميكي لجدار القص المصمت وأشكال بيانية للاهتزازات الذاتية الديناميكية في

جدار القص للنوسة الأولى والثانية والثالثة عندما النوسة الأولى $i=1$ والنوسة الثانية والثالثة. [5], [2]. $i=2, i=3$.

(j) - حساب قوى القص الستاتيكية لجدار القص المصمت ومخطط قوى القص والعزم.

إذا كان الجدار لا يتجاوز ارتفاعه الأربع طبقات عندئذ نهمل النوسة الثانية والثالثة ونجري الحساب بالطريقة الستاتيكية للنوسة الأولى.

يتم حساب الحمولة الزلزالية على ارتفاع الجدار وفي مستوى منسوب البلاطات بعلاقة الكود [10] والكود العربي السوري الطريقة الأولى مع الأخذ بعين الاعتبار إدخال معامل الحجر البازلتية $K_1 = 0.35$ المقترح في العلاقة على الشكل التالي:

نحدد قيمة الشدة الزلزالية على منسوب بلاطات الأدوار وعلى ارتفاع البناء المصمم من جدران القص البازلتية [4] بالشكل الآتي:

$$S_{ik} = K_1 * Q_k * Z * \beta * K_S * \eta (3)$$

معامل الحجر البازلتية $K_1 = 0.35$

$Z = 0.4$ - المعامل الزلزالي للمنطقة الزلزالية لتسع درجات وتتغير قيمته تبعاً للمنطقة الزلزالية.

$K_S = 1$ - معامل يتعلق بالترابط المشترك والطينين.

- السلوك اللامرن $\beta = 2.5$

وزن الكتلة Q_k -

η_k - نحدد قيمة المعامل المتغير من العلاقة التالية:

$$\eta_k = \frac{x_k \sum_{j=1}^n Q_j x_j}{\sum_{j=1}^j Q_j x_j^2} \quad (4)$$

x_k - ارتفاع البناء.

x_j - ارتفاع الطابق المدروس.

Q_j - وزن الطابق المدروس.

وزن الكتلة Q_k -

تحدد مركز الصلادة للبناء بالعلاقة التالية:

$$Y_R = \frac{\sum_{a=1}^n K_{ja} y_a}{\sum_{a=1}^a K_{ja}} \quad (5)$$

نحدد قيمة عزم الصلادة [2]:

1- لجدار قص حامل بجائز رابط (جدار قص بفتحة) بالعلاقة التالية:

$$K_i = \frac{A * G * \gamma_{beam}}{h_i * K_1} \quad (6)$$

حيث أن:

A- مساحة مسقط مقطع جدار القص الحامل.

G- معامل المرونة لانزياح مواد الجدار [4] ويساوي

للحجر البازلتية $G = 0.4 E_0$.

$E_0 = \alpha R$ - معامل المرونة للحجر البازلتية يحدد من الماركة للبازلت (المقاومة المكعبية) المستخدم والمقاومة المميزة لمونة الخرسانة.

معامل اختراق الجائز في الجدار γ_{beam} -

$$\gamma_{beam} = 1 - \frac{v}{0.85} \quad (7)$$

v- نسبة مساحة مقطع الجائز الرابط في المسقط إلى المقطع العرضي للجدار البازلتية بأكمله

(في العلاقة γ_{beam} يجب أن نأخذ قيمة $v \leq 0.7$).

h_i - ارتفاع الطابق.

K_1^* - معامل يتعلق بشكل مسقط البناء عندما يكون مسقط البناء مربع أو مستطيل، تؤخذ قيمته

$$K_1^* = 2.4.$$

في حالة توزيع الكتلة والصلادة لعناصر الجملة الإنشائية الحاملة في مسقط المبنى بشكل متناظر، توزع القوة الزلزالية S_K بين العناصر الإنشائية الحاملة على منسوب بلاطات السقف بشكل يتناسب مع صلادة الطابق الواحد المدروس بالعلاقة (5).

2- لجدار قص حامل مصممة بالعلاقة التالية:

$$K_i = \frac{A * G}{1.2 * h_i} \quad (8)$$

عند توزيع كتل الجدران وعزم صلاتهم بشكل متناظر في المسقط، يتم تحديد القوة الزلزالية لكل عنصر إنشائي شاقولي من الطابق المدروس في مستوى التداخل مع البلاطات حسب عزم صلاته بالنسبة للصلادة الطابقية بعد إهمال عزم الدوران (توزع القوة الزلزالية S_{ka} بين العناصر الرأسية والأفقية في مستوى تداخل البلاطات مع الجدران الحاملة بشكل تناسبي مع الصلادة للطابق المدروس) حسب الفقرة 20 من المرجع [9] كالتالي:

S_{ka} - القوة الزلزالية النسبية للعنصر الإنشائي المدروس.

S_k - شدة الزلزال على منسوب البلاطة.

$K_k \sum K_1$ - مجموع عزم صلادة الجملة الإنشائية في مستوى الطابق المدروس..

K_{ka} - عزم صلادة العنصر المدروس.

ويتم وتحدد القوة الزلزالية الكلية مع الأخذ بعين الاعتبار عزم الدوران من الفقرة 20 في المرجع [9] بالعلاقة التالية:

$$S_{total} = S_{ka} \pm \frac{K_{ka} l_a}{K_{kf}} \sum_{j=K}^n S_j d_{kj} \quad (10)$$

عزم الصلادة الزاوية للبناء. K_{kf}

$$K_{kf} = \sum (K_{ka}^y l_{xa}^2 + K_{ka}^x l_{ya}^2) \quad (11)$$

علماً بأن العلاقة (7) تحدد عزم الصلادة الزاوية لجدار القص بالاتجاهين (X,Y).

K_{ka}^y - عزم صلادة الجدار على المحور Y.

l_{xa} - المسافة الجدار على المحور X.

K_{ka}^x - عزم صلادة الجدار على المحور X.

l_{ya} - المسافة الجدار على المحور Y.

3-4- البحث التجريبي: Experimental Search

لتصميم جدار قص حجري من الضروري إجراء تجارب مخبرية لتحديد المقاومة المميزة على الضغط والشد للبالزت المستخدمة في البناء، وحساب المتانة والاحتكاك والنفوذية للماء والمقاومة المميزة لمقاومة الحرارة والصقيع لموقع الحجر البالزنتي.

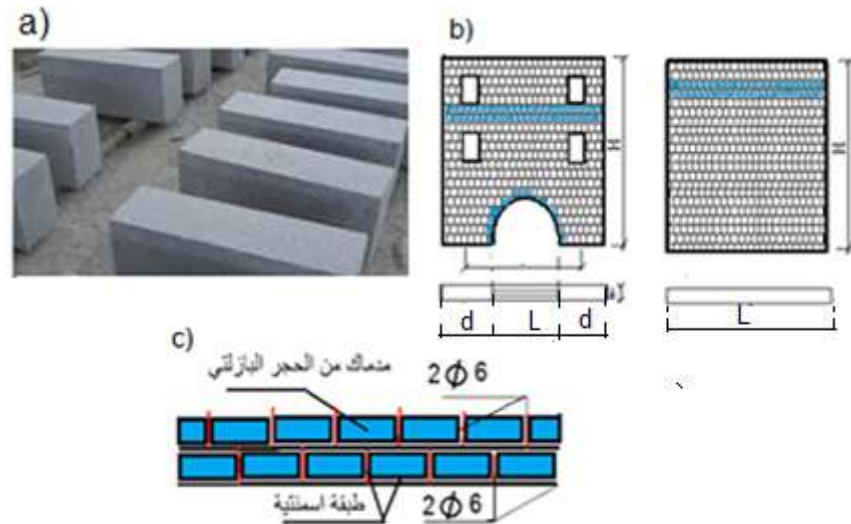
تم إجراء تجارب مخبرية على ستة مكعبات بالزنتية بأبعاد 15*15*15cm وكانت المقاومة المميزة الوسطية على الضغط 1200kg/cm²، والمقاومة الوسطية المميزة على الشد لستة عينات بالأبعاد 15*15*60cm بقيمة

60kg/cm^2 . انظر الشكل الآتي (7-a)، ونفوذية الماء كانت شبه معدومة، وكانت نسبة التآكل لا تزيد عن 2,2% كحد أقصى [3]. نسبة امتصاص الماء (1,4%-0,2%)، المقاومة المؤقتة لتمزق البازلت المذاب حسب الكثافة $460-520\text{ kg/cm}^2$ ، والمقاومة المؤقتة للانحناء $450-520\text{ kg/cm}^2$ ، والمسامية 0,2-1,5%. يتميز البازلت بالكثافة العالية حسب مكان توفره ويختلف من موقع إلى آخر، وتطابق النتائج مع مواصفات وخصائص البازلت الموثقة من مؤسسة الجيولوجيا والثروة المعدنية السورية.

يتم تصميم جدران القص المصمتة البازلتية حسب الشكل (7-a,b,c) المبين أدناه، مع الأخذ بعين الاعتبار تسليح شاقولي وأفقي إنشائي بين الفواصل لا يقل عن $2\text{Ø}6\text{mm}$ للحفاظ على مسافة بين الصفوف الحجرية الأفقية والرأسية لتخفيف الاجهادات المركزة في الفواصل.

نقترح طريقة تنفيذ جدران القص البازلتية كالتالي:

- 1- بشكل شطرنجي وربطه على ارتفاع 2m بشكل متعامد مع المحور الأفقي.
- 2 - تسليح الفواصل بين صفوف البناء الأفقية والرأسية بقضبان قطر $2\text{Ø}6\text{mm}$ تسليح إنشائي وعمق 1,5cm، حمايته من العوامل الطبيعية، وللحفاظ على ارتفاع الفواصل الواحدة بالإضافة للتقليل من قوة الشد في الاتجاه العرضي ومقاومة قوى الضغط الكبيرة الناتجة عن الحملات الرأسية والحملات الجانبية (حمولة رأسية لامركزية)، الشكل (7).



الشكل (7-b,c): بين توضع الأحجار البازلتية

(a)-عينات التجربة على الشد. (b)- صفوف بناء الحجر البازلتي. (c) -توضع التسليح الأفقي والشاقولي بين الصفوف.

نتائج البحث النظري والتجريبي:

- (a)- اقتراح طريقة حساب جدران القص المصمتة البازلتية حسب الخواص الفيزيائية والكيميائية للبازلت في موقع وجود المقالع.
- (b)- اقتراح معامل الحجر البازلتي في علاقة حساب الشدة الزلزالية على ارتفاع البناء.
- (c)- طريقة حساب عزوم الصلادة الزاوية لجدران القص البازلتية في مسقط البناء كظفر لمقاومة شدة الضغط الزلزالي على واجهة البناء الطولية والعرضية.
- (d)- تحديد العلاقة بين شدة الزلزال وعزم الانحناء وقوى القص والسهم (الانتقال) والحمولة الرأسية.

(j)-لزيادة مقاومة عناصر الجدار البازلتي للحمولات الرأسية والأفقية تسليح الفواصل للصفوف الحجرية البازلتية 2Ø6mm تسليح إنشائي كعامل امان إضافي.

5-مثال توضيحي: تطبيق العلاقات المقترحة أعلاه في حساب جدار قص من الحجر البازلتي مصمت وبفتحة لمقاومة الأحمال الزلزالية.

تحدد الطوابق المتكررة في الاتجاه العرضي والطولي بالعلاقات الموضحة أعلاه بقيم رقمية بالتطبيق التالي.

1-تجمع أبعاد الكتلة بين المحاور لحساب المساحة الطابقية ويتم تحديد ابعاد محاور جدران القص المصمتة وبفتحات على الشكل التالي:

نفرض بناء من الحجر البازلتي أبعاده الخارجية 22,32*19,5 M، وسماكة جدران القص الخارجية 64cm والجدران الداخلية 38cm وعمق الاستناد للبلاطة 20cm على الجدران الخارجية الشكل (1).
مساحة البلاطة:

$$(19.5 - 2 * 0.44) * (22.32 - 2 * 0.44) = 18.6 * 21.4 = 398 M^2 \approx 400^2$$

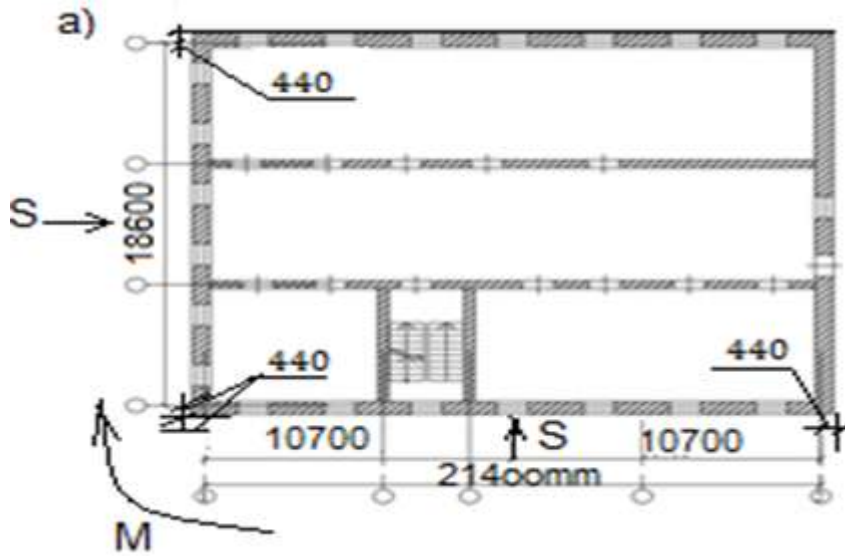
نحدد وزن المتر المربع في 1m² مسقط الطابق المتكرر:

نضرب نسبة ارتفاع الطابق المتكرر على ارتفاع القبو بالوزن 1.5 T/M².

وزن الطابق المتكرر:

$$1.5 \frac{T}{M^2} * \frac{3.M}{2.8M} \approx 1.60 \frac{T}{M^2} * 400M^2 \approx 640T$$

حيث أن ارتفاع الطابق المتكرر 3m، وارتفاع القبو 2,8m.



الشكل (1): مسقط ابعاد البناء

يتم حساب وزن الطابق الرابع، الثالث، الثاني:

$$Q_4 = Q_3 = Q_2 = 1.6 \frac{T}{M^2} * 400M^2 = 640T$$

$$Q_1 = \frac{640T}{2} + 0.5 \frac{T}{M^2} * 400.M^2 = 520T$$

يتم حساب القوة الزلزالية الضاغطة على منسوب بلاطات الأسقف [4] بالعلاقة (3).

$$S_{ik} = K_1 * Q_k * Z * \beta * K_S * \eta(3)$$

معامل الحجر البازلتية. $-K_1 = 0.35$.

$Z = 0.4$ - المعامل الزلزالي للمنطقة الزلزالية لتسع درجات.

$-K_S = 1$ - معامل يتعلق بالترابط المشترك والطينين.

- السلوك اللامرن. $\beta = 2.5$

وزن الكتلة. $-Q_k$

- نحدد قيمة المعامل المتغير من العلاقة التالية: (η)

$$\eta_k = \frac{x_k \sum_{j=1}^n Q_j x_j}{\sum_{j=1}^n Q_j x_j^2} \quad (4)$$

$-x_k$ - ارتفاع البناء.

$-x_j$ - ارتفاع الطابق المدروس.

$-Q_j$ - وزن الطابق المدروس.

وزن الكتلة. $-Q_k$

$$\eta_{11} = \frac{12(520 * 12 + 640 * 9 + 640 * 6 + 640 * 3)}{520 * 12^2 + 640 * 9^2 + 640 * 6^2 + 640 * 3^2} = 1.37 T$$

$$\eta_{21} = \frac{9(520 * 12 + 640 * 9 + 640 * 6 + 640 * 3)}{520 * 12^2 + 640 * 9^2 + 640 * 6^2 + 640 * 3^2} = 1.028$$

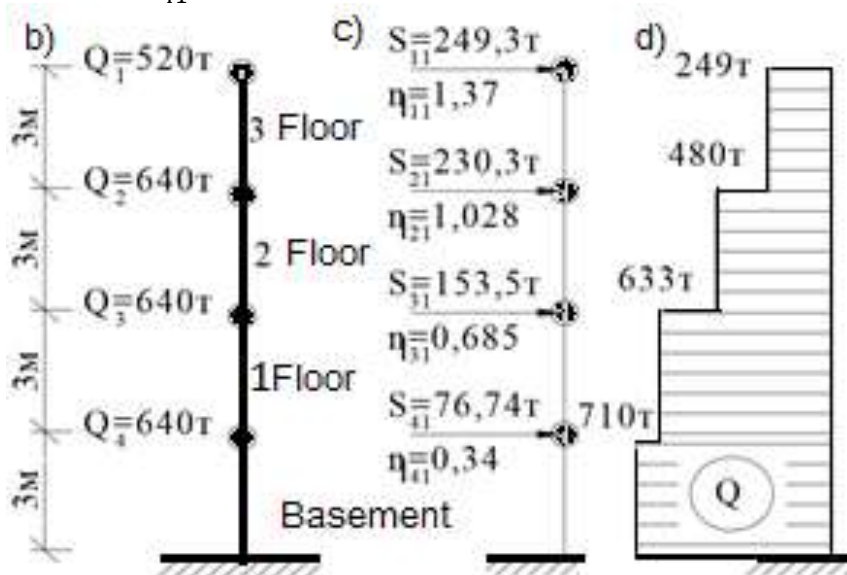
$$S_{21} = 0.35 * 640 * 0.4 * 2.5 * 1 * 1.028 = 230.3 T$$

$$\eta_{31} = \frac{6(520 * 12 + 640 * 9 + 640 * 6 + 640 * 3)}{520 * 12^2 + 640 * 9^2 + 640 * 6^2 + 640 * 3^2} = 0.685$$

$$S_{31} = 0.35 * 640 * 0.4 * 2.5 * 1 * 0.685 = 153.5 T$$

$$\eta_{41} = \frac{3(520 * 12 + 640 * 9 + 640 * 6 + 640 * 3)}{520 * 12^2 + 640 * 9^2 + 640 * 6^2 + 640 * 3^2} = 0.34$$

$$S_{41} = 0.35 * 640 * 0.4 * 2.5 * 1 * 0.34 = 76.74 T$$



مسقط الطوابق المتكرر. (a) - الشكل

(b) - توزيع القوى الزلزالية على المنسوب الطابقي.

(c) - المخطط الحسابي للبناء (d) - مخطط قوى القص.

- عند حساب البناء على الحمولة الزلزالية (الأحمال الجانبية). تجدر الإشارة إلى أن مركز صلادة البناء لا تنطبق على مركز ثقل البناء.

نتيجة التوزيع الغير متماثل لعناصر الجملة الإنشائية الحاملة (الكتلة) وصلادة كل منهما، يظهر ذلك بشكل واضح عند ظهور الشدة الزلزالية على البناء، حيث يحدث الاهتزاز الذاتي وعزم دوران (عزم لفتل) لعناصر الجملة الإنشائية الحاملة، نتيجة تباعد مركز ثقل البناء عن مركز صلابته، الشكل (6) .

يتم تحديد مركز الصلادة للبناء بالعلاقة التالية:

$$Y_R = \frac{\sum_{a=1}^n K_{ja} Y_a}{\sum_{a=1}^n K_{ja}} \quad (5)$$

قيمة عزم الصلادة:

1- لجدار قص حامل بجائز رابط:

$$K_i = \frac{A * G * \gamma_{beam}}{h_i * K_1^*} \quad (6)$$

حيث أن:

A- مساحة مسقط مقطع جدار القص الحامل.

G- معامل المرونة لانزياح مواد الجدار يحدد بالمرجع [4] ويساوي: $G = 0.4E_0$.

$E_0 = \alpha R$ - معامل المرونة للحجر البازلتى ماركة M75 وماركة المونة الخرسانية M50.

والمقاومة المميزة:

$$= 14.95 \text{ Kg/cm}^2 \quad R = 1.3 \text{ MPa} * \gamma_c.$$

متوسط حدود متانة الجدار $R = K * R = 2 * 14.95 = 29.9 \text{ Kg/cm}^2$

$$E_0 = 1000 * 29.9 = 29900 \text{ Kg/cm}^2 = 2.99 * 10^5 \text{ T/m}^2$$

$$G = 0.4 * 2.99 * 10^5 = 119600 \text{ kg/cm}^2$$

معامل جدار القص الحامل. γ_{beam}

$$\gamma_{beam} = 1 - \frac{v}{0.85}$$

v- معامل اختراق الجائز في الجدار، (γ_{beam} يجب أن نأخذ قيمة $v \leq 0.7$).

h_i - ارتفاع الطابق،

K_1^* - معامل يتعلق بشكل مسقط البناء عندما يكون مسقط البناء مربع أو مستطيل، نؤخذ قيمته

$$K_1^* = 2.4 \text{ لجدار قص حامل مصمت:}$$

في حالة توزيع الكتلة والصلادة لعناصر الجملة الإنشائية الحاملة في مسقط المبنى بشكل متناظر، توزع القوة الزلزالية S_K بين العناصر الإنشائية الحاملة على منسوب بلاطات السقف بشكل يتناسب مع صلادة الطابق الواحد المدروس

بالعلاقة (4):

$$K_i = \frac{A * G}{1.2 * h_i} \quad (4)$$

الجدران الحاملة بشكل تناسبي مع الصلادة للطابق المدروس) حسب الفقرة من 19 من المرجع [9] كالتالي:

$$S_{ka} = \frac{S_k}{K_k} * K_{ka} \quad (5)$$

S_{ka} - القوة الزلزالية النسبية للعنصر الإنشائي المدروس.

ويتم تحديد القوة الزلزالية العامة لدوران البناء [9] بالعلاقة التالية:

$$S_{total} = S_{ka} \pm \frac{K_{ka} l_a}{K_{Kf}} \sum_{j=K}^n S_j d_{kj} (6)$$

الصلادة الزاوية للبناء. $-K_{Kf}$

$$K_{Kf} = \sum (K_{Ka}^y l_{xa}^2 + K_{Ka}^x l_{ya}^2) (7)$$

-تحديد مركز الصلادة والصلادة الزاوية للطابق الأول، الشكل (7).

$$K_{11beam} = \frac{(18.6 * 0.64) * 119600 * 0.583}{3 * 2.4} = 115243 \text{ T/M}$$

$$v = \frac{1.1M * 0.64M * 6 \text{ عناصر}}{18.6M * 0.64M} = 0.355$$

$$K_{a1beam} = \frac{5.6 * 0.38 * 119600 * 0.769}{3 * 2.4} = 27180 \text{ T/M}$$

$$v = \frac{1.1M * 0.38M}{5.6M * 0.38M} = 0.196 ; \gamma_{beam} = 1 - \frac{0.196}{0.85} = 0.769$$

$$K_{a1beam} = \frac{5.6 * 0.38 * 119600 * 0.539}{3 * 2.4} = 19137 \text{ T/M}$$

$$v = \frac{1.1M * 0.38M * 2 \text{ عناصر}}{5.6M * 0.38M} = 0.39 ; \gamma_{beam} = 1 - \frac{0.39}{0.85} = 0.539$$

$$-K_{b1beam} = K_{a1beam} = 27180 \text{ T/M}$$

اثنين فقط من هذه الفتحة

- عزم صلادة جدران القص المصمتة:

$$K_{v1} = \frac{5.6 * 0.38 * 119600}{1.2 * 3} = 70949 \text{ T/M}$$

$$K_{21} = \frac{5.6 * 0.64 * 119600}{1.2 * 3} = 395477 \text{ T/M}$$

ولكن من الضروري أن تأخذ في الاعتبار أنه في الجدار على طول المحور 2 يوجد فتحة نافذة وعلى طول المحور

1 يوجد المدخل (باستثناء القبو)، لذلك في الحساب سنأخذ القيمة المخفضة لجدار القص المصمت

$$. (300000 \text{ T/M} = 3 * \frac{10^5 \text{ T}}{\text{M}})$$

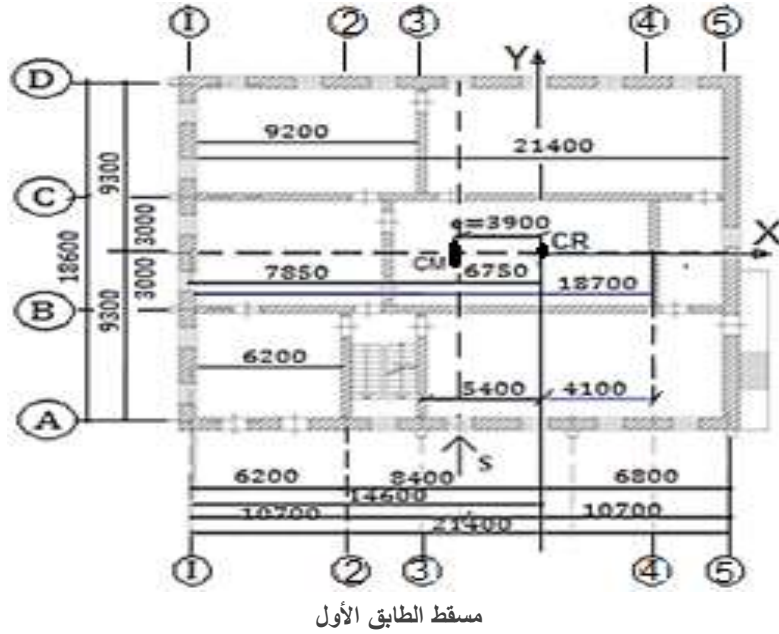
- نحدد مركز صلادة البناء بالنسبة للمحور (1-1):

$$Y_R = \frac{115243 * 0 + 27180(6.2 + 9.2 + 9.2)}{115243 + 27180 * 3 + 19137 + 70949 + 3 * 10^5} + \frac{19137 * 7.85 + 70949 * 18.7 + 300000 * 21.4}{115243 + 27180 * 3 + 19137 + 70949 + 3 * 10^5} = \frac{8565600}{586869} = 14.6M$$

إحداثيات مركز الصلادة بالنسبة للمحور الآخر على مسقط البناء بالاتجاه الجانبي يساوي 9.3M.

المسافة بين مركز صلادة العناصر الإنشائية الحاملة ومركز ثقل الكتلة (اللامركزية) يساوي.

$$d_1 = e_1 = 14.6 - 10.7 = 3.9 M$$



الشكل (3)- يبين دوران طابق واحد لوجود اللامركزية بين مركز الثقل (الكتلة) ومركز الصلادة.

عند حساب الصلادة الزاوية للبناء في مستوى الطابق الأول (K_{F1})، فمن الضروري حساب عزم صلادة جدران القص الحاملة في الاتجاه الطولي للبناء المحور [X].

$$K_{Abeam} = K_{Dbeam} = \frac{(21.4 * 0.64) * 119600 * 0.577}{3 * 2.4} = 131200 \text{ T/m}$$

$$v = \frac{\text{عناصر } 1.1.m * 0.64.m * 7}{21.4.m * 0.64.m} = 0.36 ; \gamma_{beam} = 1 - \frac{0.36}{0.85} = 0.577$$

$$K_{Bbeam} = K_{Cbeam} = \frac{(21.4 * 0.38) * 119600 * 0.819}{3 * 2.4} = 110575 \text{ T/m}$$

$$v = \frac{\text{عناصر } 1.1.m * 0.38.m * 3}{21.4.m * 0.38.m} = 0.154 ; \gamma_{beam} = 1 - \frac{0.154}{0.85} = 0.819$$

الصلادة الزاوية للعناصر الإنشائية بالنسبة لمركز الصلادة

$$K_{If} = \sum K_{ka}^y l_{xa}^2 + K_{ka}^x l_{ya}^2 = (115243 * 14.6^2 + 27180 * 8.4^2 + 19137 * 6.75^2 + 27180 * 5.4^2 * 2 + 70949 * 4.1^2 + 300000 * 6.8^2) + (131200 * 9.3^2 + 110575 * 3^2 + 110575 * 3^2 + 131200 * 9.3^2) = 10^6 * (24.57 + 1.92 + 0.87 + 0.8 + 0.8 + 1.2 + 13.87) + 10^6 * (11.35 + 0.995 + 0.995 + 11.35) = 10^6 * (44.03 + 24.69) = 69 * 10^6 \text{ TM}$$

نحدد القوة الزلزالية الضاغطة على الجملة الإنشائية للطابق الأول بعد إهمال حساب عزم الدوران (توزع القوة الزلزالية $S_1 = 154T$ بين العناصر الرأسية الحاملة وعلى مستوى توضع بلاطات الاسقف بشكل يتناسب مع الصلادة لكل طابق).

$$S_{1a} = \frac{S_1}{\sum K_1} * K_{1a} \quad (7)$$

$\sum K_1$ - مجموع صلادة الجملة الإنشائية في مستوى الطابق المدروس.

$$\sum K_1 = 115243 + 27180 * 3 + 19137 + 70949 + 300000 + 131200 * 2 + 110575 * 2 = 1070419 \text{ T/M}$$

$-K_L$ - مجموع عزم الصلادة على المحور الطولي:

$$K_L = 115243 + 27180 * 3 + 19137 + 70949 + 300000 = 587000T/M$$

$-K_B$ - مجموع عزم الصلادة على المحور العرضي:

$$K_B = 131200 * 2 + 110575 * 2 = 483550 T/M$$

$$S_{11Beam} = \frac{S_1}{\sum K_1} * K_{1a} = \frac{154T}{587000T/M} * 115243T/M = 30.2T$$

$$S_{a1beam} = \frac{154T}{587000T/m} * 27180T/m = 7.2T$$

$$S_{a*1be.m} = \frac{154T}{587000T/m} * 19137T/m = 5T$$

$$S_{b1beam} = \frac{154T}{587000T/m} * 27180T/m = 7.2T$$

للجدار المصمت

$$S_{c1} = \frac{154.m}{587000T/m} * 70949T/m = 18.6 T$$

$$S_{21} = \frac{154.m}{587000T/m} * 300000T/m = 78.7 T$$

نتحقق فنجد $\sum S = 154T$ ، وبنفس الطريقة يتم حساب الأدوار المتبقية.

الاستنتاجات والتوصيات

- 1- البازلت مقاوم للعوامل الميكانيكية كالنحت والتآكل، عازل حراري، مقاوم للحريق نظراً لعدم قابليته للاحتراق، معامل إيصاله الحراري منخفض ومواصفاته ثابتة للتبدلات الحرارية حتى 700 درجة.
- 2- البازلت مقاوم للصقيع حتى 269 درجة تحت الصفر نظراً لعدم احتواء مصهورته على فراغات هوائية، مقاوم للعوامل الكيميائية كالأحماض والقلويات، عازل رطوبة بالنسبة للسوائل وقابلية امتصاصه معدومة عملياً وتعطي هذه المزايا مجتمعة، المصبوبات البازلتية صفة الديمومة والعمر الحسابي يفوق القرن الواحد بسبب فساوته العالية.
- 3- التسليح الإنشائي 2Ø6mm للصفوف الحجرية الأفقية والرأسية يحد من ظهور الشقوق الرأسية والمائلة لجدران القص البازلتية الحاملة ويخفض من الاجتهادات المركزة.
- 4- زيادة ارتفاع الجائز الرابط بين جناحي جدار القص وتصغير مجازه، يزيد من عزم الصلادة لجدار القص بفتحة ويحافظ على استقرار البناء.
- 5- شكل ضغط الموجة الزلزالية عرضية أو طولية أو الاثنان معا "يؤثر بشكل مباشر في شكل ظهور التشققات.
- 6- الحجر البازلتي القاسي الخالي من الفقاعات الهوائية يزيد من المقاومة المميزة للحجر البازلتي وزمن استخدامه، وهذا واضح من تواجد المباني البازلتية من مئات السنين.
- 7- اقتراح طريقة حساب جدران القص المصمتة البازلتية حسب الخواص الفيزيائية والكيميائية للبازلت في موقع وجود المقلع.
- 8- اقتراح معامل الحجر البازلتي في علاقة حساب الشدة الزلزالية على ارتفاع البناء $K=0.35$.
- 9- طريقة حساب عزوم الصلادة الزاوية لجدران القص البازلتية في مسقط البناء كظفر لمقاومة شدة الضغط الزلزالي على واجهة البناء الطولية والعرضية.

المراجع

1. SNIP, II-7-81 **Construction in seismic regions*. Gosstroyof Russia. - Moscow: State Unitary Enterprise - 2000, – 44peg, maps OCP-97.
- 2-POLYAKOV, V. S. *Reinforced concrete and stone structures of seismic resistant buildings and structures*. - Tomsk: Publishing house of TASU, 2006. - 290 p.
- 3- BRONSHTEIN,I.N. SEMENDYAYEV,K.A.:*Handbook of Mathematics for engineers and Student*. Springer Berlin Heidelberg. Aug 24. 2007 - Mathematics.
- 4- SNIP, II-22-81 * *Stone and reinforced structures*. Goss troy of Russia. M. State Unitary Enterprise,2003 - 40 Peg.
- 5-POLYAKOV, V. S,KILISHKIN, L.S,CHERKASHIN, A.V.*Modern methods of Seismic protectionof buildings*. M-Stroyizdat. 1989 –320 Peg.
- 6-CASINOS, G.A, KILIMNIK, L.S, *Modern methods of Seismic protection of buildings and Structures*. - Review .M: VNIIS. 1987. - 65 Peg.
- 7-ZHUNUSOV, T.Z, *Fundamentals of Earthquake Engineering (Applied course)*. AL. MATY. Rayan. 1990, 270Peg.
- 8-DEMYANOVICH, M.G, KALKIN, P. P, Dictionary of terms and concepts of seismology. *Seismic zoning and tectonics seismic*, Irkutsk Institute of the Earth's Crust Neryungri. 2008 -73 Peg.
9. *Instruction by definition of design seismic load for buildings and structures*. Institute of Building Mechanics and seismic resistance. Moscow -1962
- 10-SNIP, 14.13330.2011. *Construction in seismic areas*. The updated edition of Snip II-7-81 *. M. Regional Development of Russia. 2011.
- 11- DROZDOV,P.F. Professor. Doctor of Sciences. *Reinforced Concrete Structure Many – Storied Buildings*. Moscow 1986-351peg
- 12- BAIKOV,V.V, SIGALOV, E.E.; *Reinforced concrete structures: a textbook for high schools*. M. Stroyizdat 1991.
- 13- SARAF,T.M; *Resistance of spherical basalt roulade to seismic loads*. Damascus University Journal Vol. (32)-No. (1)2016.