

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 44 . العدد 4

1443 هـ . 2022 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : 2138071 31 963 ++

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
- طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
- إذا كان الباحث طالب دراسات عليا: يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.

• إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:

- يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
- إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث : يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.

• إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :

- يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث , وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):

عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1- مقدمة

2- هدف البحث

3- مواد وطرق البحث

4- النتائج ومناقشتها .

5- الاستنتاجات والتوصيات .

6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
 3. أهداف البحث و أسئلته.
 4. فرضيات البحث و حدوده.
 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
 7. منهج البحث و إجراءاته.
 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
 9. نتائج البحث.
 10. مقترحات البحث إن وجدت.
 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:

- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
- ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
- ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
- ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة, اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابية مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و
التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مئتا دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
30-11	د. محمد عيسى د. عدنان محمد د. حنان درويش	تحسين دقة الإحداثيات المستنتجة بطريقة الرصد المطلقة باستخدام نظام تعيين المواضع الشامل <i>GPS</i>
74- 31	سامي العزو د. ربيع الصفدي	عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود
100-75	م. عمار طواشي د.م سليمان العامودي	دراسة سلوك اجهاد-تشوه لعينات اسطوانية من البيتون ذاتي الدمك <i>SCC</i> والمنتجة من المواد المحلية
138-101	فرح عارف د.م سلوى مخانيل	دور الميثيولوجيا في عمارة المعبد البرجي القديم

تحسين دقة الإحداثيات المستنتجة بطريقة الرصد المطلقة باستخدام نظام تعيين المواضع الشامل GPS

د. محمد صادق عيسى*، د. عدنان أحمد محمد**، د. حنان كامل درويش***

الملخص العربي:

يتضمن هذا البحث مقارنة عملية لطرق تعيين مواضع النقاط الأرضية بناءً على بيانات مساحية من نظام تعيين المواضع الشامل GPS وذلك بطريقتين وهما الطريقة المطلقة والطريقة المطلقة الدقيقة وذلك بإنقاص أخطاء المدارات والميقاتيات باستخدام خدمة حساب الإحداثيات الدقيقة من شركة ترمبل TRX-PP. ومن ثم تم مقارنة النتائج مع مثيلاتها فيما لو تم الحساب والرصد بالطريقة النسبية باستخدام نقطة مرجعية معلومة. كما تم دراسة تأثير خطأ تعدد المسارات وتأثيره على الإحداثيات المحسوبة وذلك بمقارنة الإحداثيات الناتجة مع مثيلاتها بدون التأثير الإضافي لتعدد المسارات بوضع حاجز قريب من النقطة مما يسبب زيادة في خطأ تعدد المسارات وتأثيره على الإحداثيات المحسوبة.

وقد أظهرت نتائج المقارنة تحسناً كبيراً في إحداثيات النقاط المرصودة بالطريقة المطلقة عند استخدام خدمة المعالجة بالطريقة الدقيقة من شركة ترمبل. كما أظهرت قفزة نوعية في دقة النقاط عند معالجتها بالطريقة النسبية وربط النقطة المحسوبة بنقطة تحكم معلومة. بالنسبة للحاجز فقد أدى وجوده قرب نقطة الرصد إلى تأثير مباشر على كل من الإحداثيات الناتجة وعلى دقة هذه الإحداثيات لهذه النقطة.

الكلمات المفتاحية: طريقة الرصد المطلقة، التحديد الدقيق لموقع النقطة، PPP، RTK-PP.

*: مدرس في قسم الهندسة الطبوغرافية، كلية الهندسة، الجامعة اللبنانية الدولية في بيروت، LIU

BIU

، *: أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبوغرافية، كلية الهندسة المدنية- جامعة البعث

Enhancing of GPS Absolute Point Positioning Determination

Dr. Mohamed S. Issa*, **Dr. Adnan A. Mohammed****, **Dr. Hanan K. Darwische*****

Abstract:

This research includes a practical comparison of the methods of locating ground points based on surveying data using GPS, in two ways, namely the absolute method and the absolute precise method, by decreasing the errors of orbits and clocks using the accurate coordinates calculation service from Trimble TRX-PP. And then the results were compared with their counterparts if the calculation and observation were done by the relative method using a known reference point. The effect of multipath error and its effect on the calculated coordinates was also studied by comparing the resulting coordinates with their counterparts without the additional effect of multipath by placing a barrier close to the point, which causes an increase in the multipath error and its effect on the calculated coordinates.

The results of the comparison showed a significant improvement in the coordinates of the points observed by the absolute method when using Trimble accurate service. It also showed a quantum leap in the accuracy of the points when they are treated by the relative method and linking the calculated point to a known control point. As for the barrier, its presence near the reference point had a direct impact on each of the resulting coordinates and on the accuracy of these coordinates for this point.

Keywords: *Absolute GPS positioning, Precise Point Position, PPP, RTX-PP.*

*: Assistant Professor, Surveying Engineering Department, Lebanese International University LIU , BIU University

** , ***: Associate professor, Topographic Department, Faculty of Civil Eng., Al-Baath university

Aim of the research:

This paper is based on comparing the resulted point's coordinates from two different positioning techniques. The first one is what known as point positioning absolute technique, whereas, the second one is the relative point positioning technique. Both techniques will be based on data collected using and without using a barrier which can generate additional multipath effect on the receiver antenna. Moreover, the point positioning mode will be processed using the precise Trimble RTX-PP technology. Accordingly, we will have four different cases with different coordinates for the same point.

The aim of this paper is to compare the resulted point coordinates from those four different cases and to analyze the accompanied coordinates accuracy. The comparison will guide us on the possibility of usage for each case and its field surveying applications and office processing precautions.

Methodology:

The adopted methodology during this study will consists of the following steps (explained in figure 1):

- Conducting the field observations for the tested two points (A and B) for four successive days without putting barrier near point B.
- Conducting the field observations for the tested two points (A and B) for four successive days while enforcing additional multipath effect by using barrier near point B.
- Processing the collected raw data for the single point (point B) absolute positioning with and without multipath from barrier using the precise Trimble RTX-PP technology.
- Processing the collected raw data for the single point (point B) relative to the known point A, also with and without multipath from the barrier.
- Comparing and analyzing the final resulted coordinates for point B from the resulted four different cases processing procedures.
- Drawing some comments and recommendations based on the previous analysis.

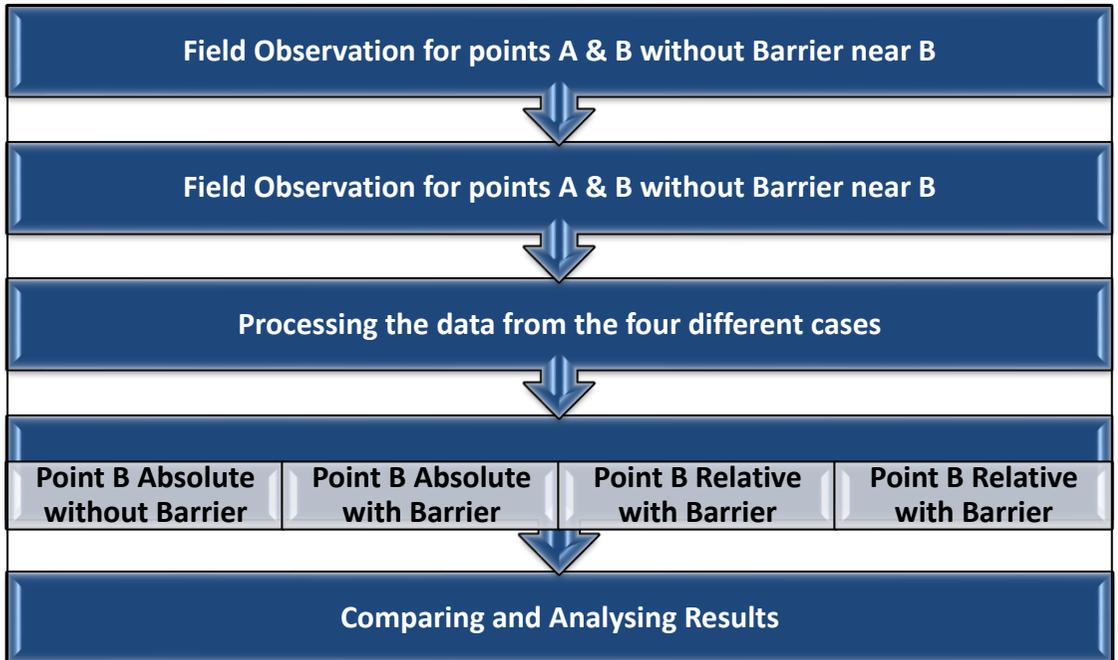


Figure (1): Flowchart depicting the adopted steps and methodology.

Absolute and Relative Positioning:

GPS positioning can be classified into two positioning techniques: absolute and relative positioning. The Absolute Point Positioning (APP) uses one unit receiver to determine the coordinate positioning, but due to the affecting errors, this mode has a bad accuracy. In the relative GPS Positioning (DGPS), two or more receivers are used to observe the same satellites at the same time, where one receiver occupies and the known point and the other receiver occupies the unknown point. The coordinates of the unknown points are determined relative to the coordinates of the base station; therefore, most of the errors can be eliminated or reduced through the differences. The accuracy of this method can reach to centimeters for baselines less than 20 km.

Absolute Point Positioning (APP) is much economic and easier than DGPS, because it uses one-unit receiver. It has two levels from positioning Service according to accuracy;

Standard Point Positioning (SPP) and Precise Point Positioning (PPP). The first technique, SPP, uses the broadcast ephemeris data in estimating the receiver position, where its accuracy about 40m. The second technique, PPP, was proposed for the first time in 1995 by Heroux and Kouba. It performs position determination by processing un-differentiated dual frequency code

and carrier-phase measurements from a dual-frequency receiver coupled with precise GPS orbit and clock products. It has been widely demonstrated that it is capable of providing accurate position solutions at sub-decimeter level for kinematic positioning and at sub-centimeter level for static positioning. Figure (2) illustrates the differences between absolute, relative and PPP absolute observing techniques [6].

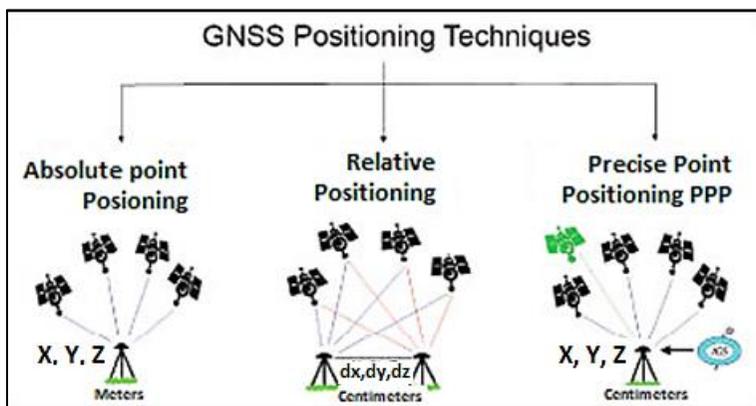


Figure (2): Illustration of the Absolute, Relative and the PPP Absolute positioning Techniques.

However, GNSS users prefer relative positioning method in surveying applications if high accuracy is needed. All GNSS methods depending on relative positioning principle require simultaneous observations collected at a number of stations at least one is a reference station whose coordinates are well known. Therefore, minimum two receivers should be used on surveys: the first one occupies the reference known point and the other occupies the unknown point whose coordinates will be determined. The primary factors for point positioning accuracy are the baseline length between two receivers and the observation duration. In this context, establishing Continuously Operating Reference Stations (CORS) networks has a significant contribution to the relative positioning [1 and 7].

The carrier phase measurement observed by the two receivers at a certain epoch can be written as [6]:

$$\phi_{b,k}^i = \lambda_k^{-1}(r_{b,k}^i - I_{b,k}^i + T_{b,k}^i) + f_k(\delta t_{b,k} - dt_k^i) + N_{b,k}^i + \varepsilon_{b,k}^i$$

where ϕ is the carrier phase measurement (unit: cycle), λ is the carrier wavelength (unit: m), r represents the true geographical distance between the satellite and the receiver (unit: m), I is the ionospheric delay (unit: m), T is

the tropospheric delay (unit: m), f is the carrier frequency (unit: Hz), δt is the receiver clock error (unit: s), dt is the satellite clock error (unit: s), N is the integer ambiguity (unit: cycle) and ε is the residual errors mainly including carrier phase noise and multipath (unit: cycle). Subscripts b and r respectively represent the base and the rover receiver. Subscript k is the identifier for different frequencies, and $k \in 1, 2$ for dual frequency case. Superscript i represents the satellite # i .

PPP method is the particular case of traditional absolute point positioning approach that became widespread after the establishment of global GNSS networks with permanent stations. For a worldwide positioning in sub-meter level, an accurate determination of corrections of satellite orbits and clocks is possible using data of a global GNSS network. Data collection with a dual frequency receiver at the point, whose coordinates will be computed accurately, is enough in PPP method for determining high accurate position. So, by using code and carrier phase observations with a double frequency receiver that are utilized by the un-differenced and ionosphere-free combinations, decimeter to centimeter level point positioning accuracies may be achieved due to observation durations [12, 5, 4, and 7].

The accuracies of orbit and clock correction products and error models to be used in determination have significant importance on the point positioning accuracies to be achieved in PPP method [2].

The study Area:

The study case is located in LIU university, Rayak campus, Lebanon. This campus is located between Zahle and Baalbek cities, as shown in Figure (3).



Figure (3): Location of the tested points, LIU Rayak Campus, Lebanon.

The reference point A is a known control point with geocentric coordinates in the Global WGS84 datum, as listed in Table (1).

Table (1): Coordinates of reference known control point (A)

Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
Point (A) Rayak Campus	4289177.7361	3117087.7490	3534865.1596

Field Observations:

The field observations were conducted using two dual frequency multi GNSS systems, that are: two Topcon Hyper-V GPS receivers. The collection of raw data was conducted on eight successive days' sessions, as explained in the table (2):

Table (2): Details of the observation sessions for points A and B.

Day	Observation Day	Observations Start and Stop time	Details
First 4 Days	May/15/ 2019	5:00 to 6:00 PM	Point A on fixed tripod (h= 1.641 m) Point B on fixed Tribrach (h= 0.216 m) Without Barrier near B
	May/16/ 2019	4:56 to 5:56 PM	
	May/17/ 2019	4:52 to 5:52 PM	
	May/18/ 2019	4:48 to 5:48 PM	
Second 4 Days	May/19/ 2019	4:44 to 5:44 PM	Point A on fixed tripod (h= 1.641 m) Point B on fixed Tribrach (h= 0.216 m) With Barrier near B
	May/20/ 2019	4:40 to 5:40 PM	
	May/21/ 2019	5:36 to 4:36 PM	
	May/22/ 2019	5:32 to 4:32 PM	

During the field observations preparation, the receiver on point A was leveled and centered with fixed height by tripod, whereas, the receiver on point B was adjusted and leveled on fixed handmade tribrach, as shown in Figure (4).



Fixed Tribrach with antenna oriented North installed on unknown Point B

Tripod with antenna oriented North installed on known Point A

Figure (4): Setup of points A and B, Rayak Campus, Lebanon.

The field observations were collected during 8 successive days with almost the same atmospheric conditions. It should be noted that, during these observation days, the first four days were done without the barrier near point B, whilst, it was used in the later four days. The used barrier is a metal plate with dimensions 1.3*1.3 meter, which was fixed one meter apart from point B on the same edge of the wall with an inclination angle equals to 30 degrees. The two antennas for the two receivers were made by the same manufacturer and model and both were oriented to the north during observations. The distance between the reference point A and the unknown point B is small and approximately equals to 106 meters. By these precautions, and using the double difference processing technique for relative observations, most of the common errors between the two receivers are eliminated or at least minimized.

Planning stage:

In order to obtain the most accurate position for point (B) and to study the effect of satellites positions on point coordinates determination, a careful planning should be made. Therefore, and since all observations were shifted by the 4 minutes amount from day to day, the same satellite and constellation should be observed during the one-hour session period and almost same DOP values affect the point B each day. The observed satellites are shown in figures 5 and 6.

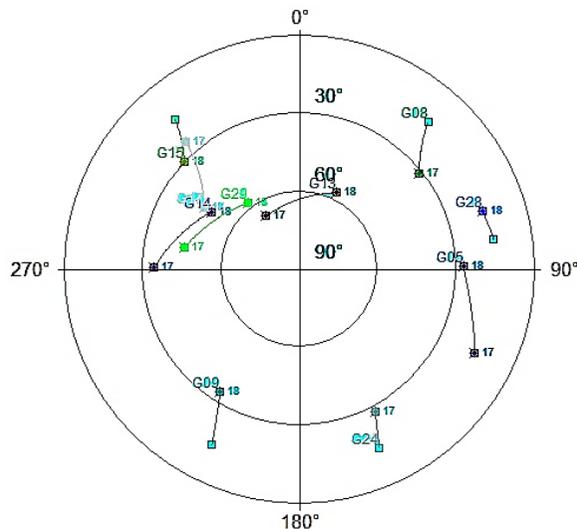


Figure (5): Sky plot for the observed satellites in each day during the 1-hour observation period.

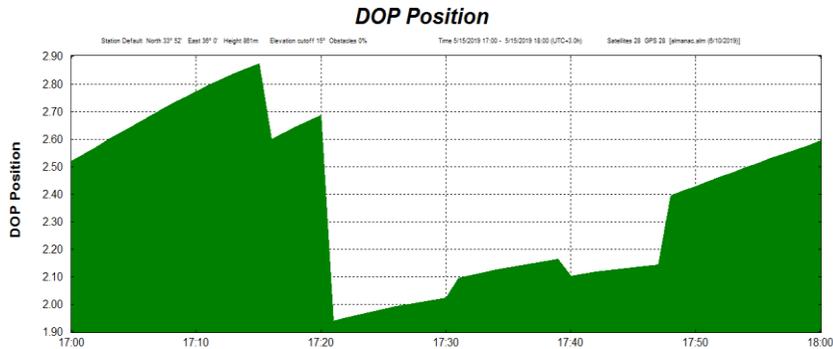


Figure (6): PDOP Values during the 1-hour session period in each observation day

From figures (5 and 6) we can deduce that the value for the PDOP ranges from 1.95 to 2.85 which are accepted values. Concerning the sky plot, we can notice that some satellites located in the Northern-East location such as SVs: G05, G28, G08, and G13 may affect the position determination because of the barrier that may cause additional multipath which is located in the Western-South location of the point B during the second stage of observations.

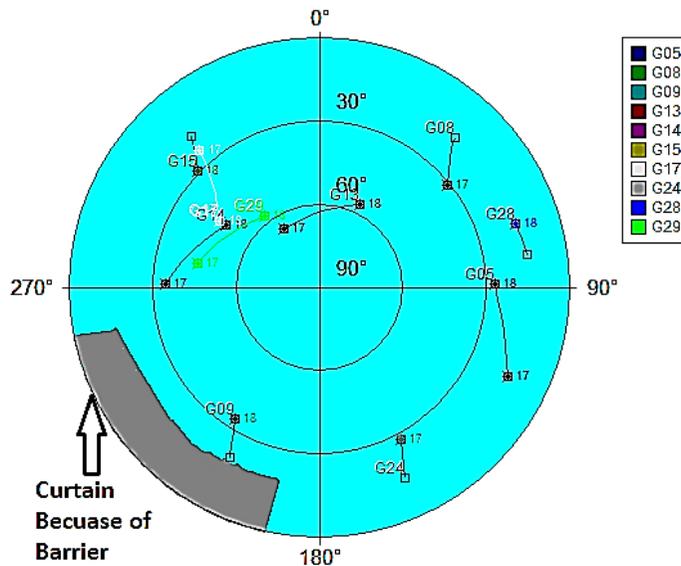


Figure (7): Sky Plot of the visible satellites with Barrier near B during the 1-hour session observation period

This barrier has an inclination angle equals to 30 degrees and, since the height of antenna equals to 0.216 m and the dimensions of the barrier equal to 1.3*1.3 meter, the angle at antenna for the remaining part of antenna will

equals to 15 degrees. This remaining part equals to the mask angle at the antenna and, therefore, it will not block any signal, and, accordingly, this make it useful for testing the additional multipath effect from the observed satellites, as illustrated in figure (8).

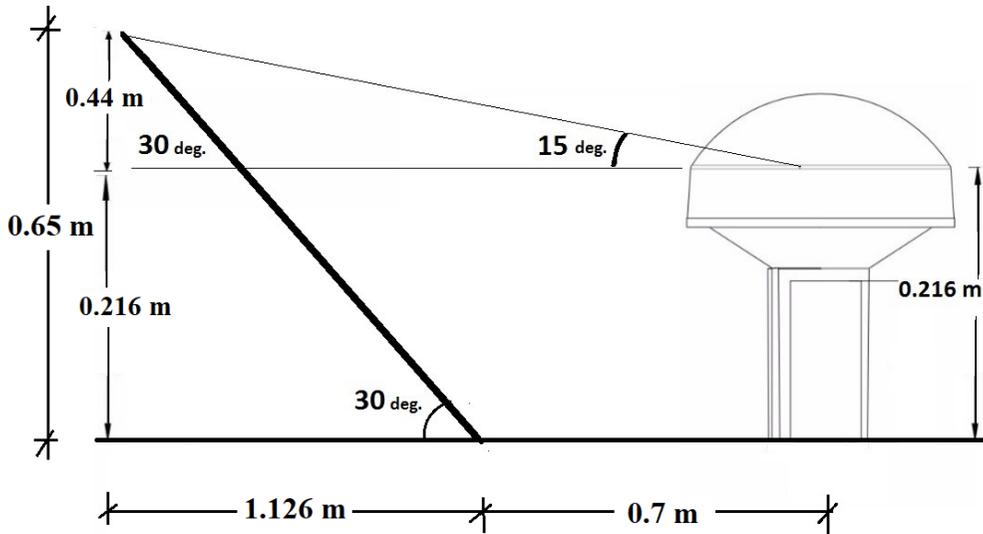


Figure (8): Sketch Explaining the position and inclination of Barrier with respect to the Antenna near point B.

Processing results:

After collecting the required field data according to the scheduled table, the raw data provided us with four different groups of coordinates for the same unknown point B. The raw data were converted to RINEX 2.11 format (with only GPS data). Taking into consideration that only GPS data were used in the processing since these are the only similar observations during each day sessions. Each group has multiple (four) different determination of coordinates.

The raw data were processed using the service of Trimble RTX online service which relies on the generation of precise orbit and clock information for GPS and GLONASS satellites in real-time [2]. It is based on a Trimble owned orbit and clock solution for the satellites which is derived from a global tracking network of more than 100 reference stations equipped with Trimble NetR5, NetR8 and NetR9 receivers. At the processing centers the observations are used by multiple redundant servers to compute precise orbit and clock estimates which are then transmitted to users worldwide. In

addition, the servers store the parameter estimates in a compressed data format with 1Hz clock updates. This data is used as input for the RTX Post-Processing service.

Table (3) lists the obtained coordinates from the first stage which is Absolute positioning for point B without the effect of barrier.

Table (3): Sample of the resulted coordinates for PPP B (Without Barrier) along with the resulted Standard Deviation (S.D.).

Observation Session	WGS84 X (m)	S.D (Cm)	WGS84 Y (m)	S.D. (Cm)	WGS84 Z (m)	S.D. (Cm)
Day1 B	4289256.239	5.5	3117041.621	1.17	3534811.778	3.7
DAY2 B	4289256.221	5.5	3117041.635	1.16	3534811.749	3.7
DAY3 B	4289256.239	5.5	3117041.610	1.17	3534811.763	3.7
DAY4 B	4289256.246	5.5	3117041.673	1.17	3534810.533	3.7
Average	4289256.236	5.5	3117041.635	1.17	3534811.768	3.7

From table (3) we can notice that the same resulted accuracy for point B coordinates were obtained. This is logically expected since the same parameters, same satellites configuration, and same precautions were used in each observation's day. Moreover, the standard deviation for each coordinate's component resulted at the centimeters level which is considered a great improvement compared to meters level for absolute poisoning in the original data.

Comparison between Absolute and PPP results for Point B:

Table (4) lists, after calculation of position of average point determined from each session, the calculated distance from this average point and the remaining points for the same session, along with the statistical indicators. The table lists three different cases. The first case is the results of RTX-PP processing and listed in first column, whereas, in the second column, the results of processing of original absolute positioning raw data without RTX-PP technique. The third column lists the difference in location of point B between the previous two processing modes. This was repeated for the case using barrier near B.

Table (4): Obtained coordinates for point B resulted from various processing techniques.

Statistical Values	Without Additional Multipath			With Additional Multipath		
	Distance of PPP B from Average Cm	Distance of B from Average Cm	Distance from Raw and PPP RTX Values point (m)	Distance of PPP B from Average Cm	Distance of B from Average Cm	Distance from Raw and PPP RTX Values point (m)
	1.74	38.90	4.063	5.56	41.74	4.265
	2.42	142.16	3.148	3.03	63.75	5.003
	2.54	95.82	4.811	3.05	67.50	5.124
	4.16	56.90	4.721	1.42	99.47	3.781
Average	2.71	83.44	4.186	3.266	68.115	4.543
Minimum	1.74	38.90	3.148	1.42	41.74	3.781
Maximum	4.16	142.16	4.811	5.56	99.47	5.124
St.-Dev.	1.03	45.79	0.77	1.71	23.79	0.63

From table (4) we can notice that the discrepancies between average point and each position determination as determined by original raw data ranged from 39 cm to about 142 cm for normal absolute positioning, whereas, for the PPP determination, the discrepancies ranged from 1.4 cm to about 5.5 cm. Accordingly, we can conclude some important assertions:

- The effect of the additional multipath raised the discrepancies between point B locations by about 20 %.
- The discrepancies between each position determination was in meters range using the raw data, whereas, it was in the cm range for the PPP determination using the RTX service.
- The position determination using the RTX service raised the precision of point determination by about 95 % for both cases either using barrier or without the barrier usage.
- The distance between original position from absolute positioning and the PPP positioning were in meters levels whether using or without using the barrier near point B, as listed in the third and sixth columns.

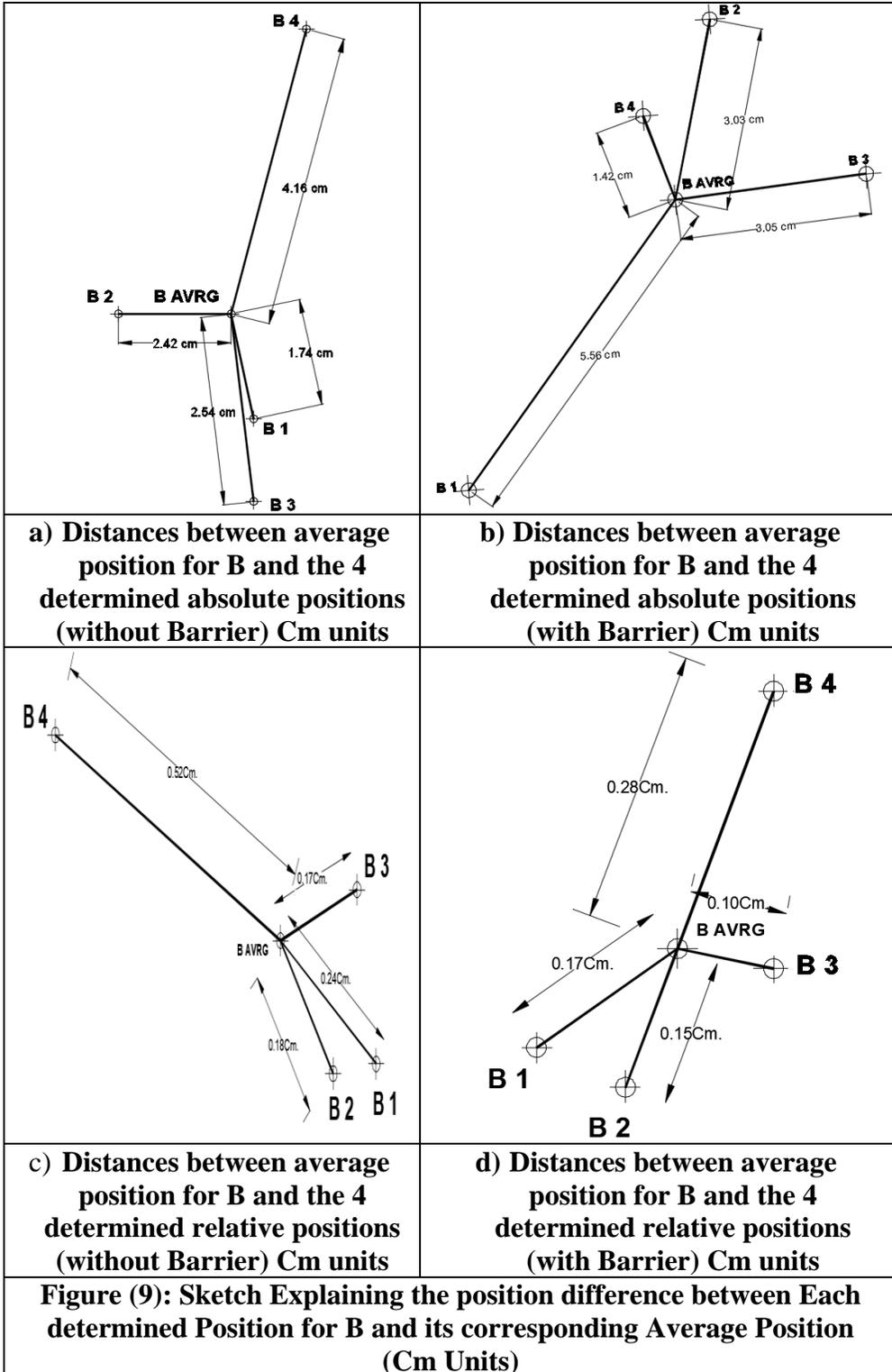
Comparison between Absolute and Relative determination of Point B:

The collected data for the first four days were processed using the TBC (Trimble Business Center) software, in which the point A was considered as a control point with known fixed coordinates (as listed in table 1) and the coordinates for the point B were obtained for the four observations days. This procedure was repeated for the second four days where the barrier was used near B. Table (5) lists the results obtained from the Absolute and Relative processing operations.

Table (5): Comparison for the obtained resulted coordinates for point B from the four processing sessions

	Distance between Average point (B AVRG.) to the determined 4 different positions for each observing case (Cm)			
Statistics	B Absolute without barrier PPP	B Relative without barrier	B Absolute with barrier PPP	B Relative with barrier
	1.74	0.25	5.56	0.35
	2.42	0.18	3.03	0.31
	2.54	0.17	3.05	0.30
	4.16	0.52	1.42	0.37
Average	2.71	0.28	3.27	0.334
Standard Deviation	1.03	0.16	1.712	0.03

From Table (5), one can notice that, in both cases using or without using the barrier, the use of known control point in relative mode reduces the discrepancies by about 90 percent. Moreover, the discrepancies decreased from centimeters level to millimeters level, which is clearly demonstrated in figure (9).



By analyzing the results presented in Figure (9), it is clear that the mean 3D positioning errors were large when measuring on absolute base, whereas, these errors decreases when using the PPP service (Figure 9: a and b). Moreover, it reaches its minimum values when it calculated relative to fixed known point (Figure 9: c and d). However, the measurement session duration as well as the post-processing type observations (L1 or L1+L2) have a larger impact on accuracy.

From figure (9), we can see that the positioning determination discrepancies ranges between 1.74 cm to about 4.16 cm for the four determined positions taken with the same precautions and observation conditions and processed with precise orbit and clock parameters, whereas, for the determination with additional multipath effect, the positioning determination accuracy ranges between 1.42 cm to about 5.56 cm for the four determined positions. Since all errors and effects are the same for the repeated 4 days observations, this indicates the effect of the additional multipath on the absolute determination of point position decreased the accuracy by about 20 percent.

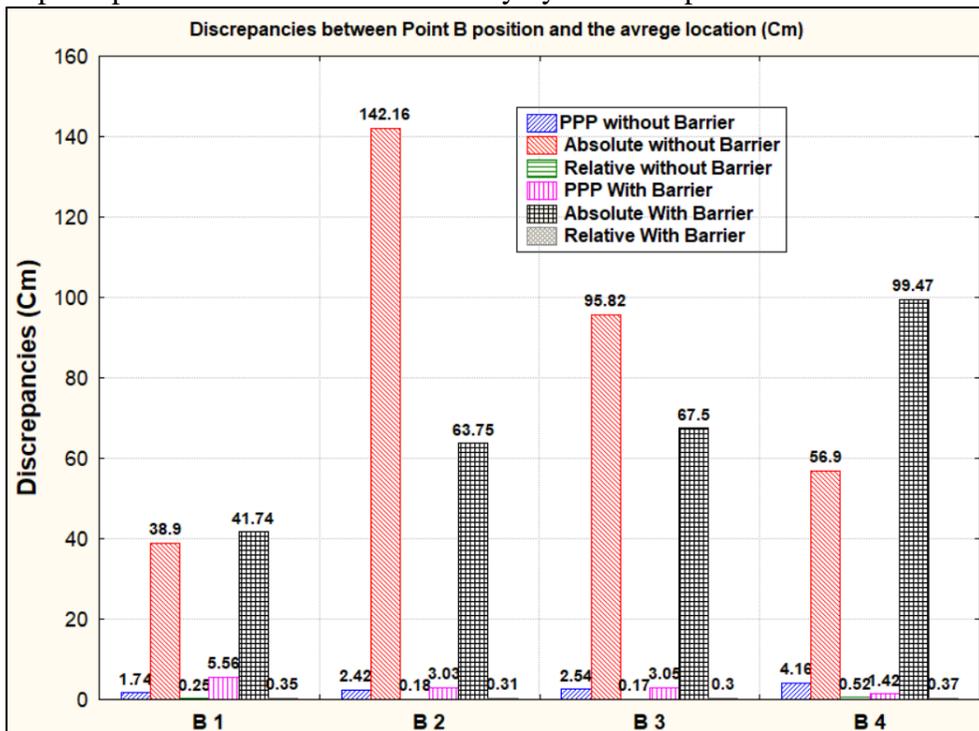


Figure (10): Graph illustrating the discrepancies between each determined position for B (Absolute and Relative) and its corresponding average position (Cm Units) the eight different days

On the other hand, and as concluding remarks (as depicted in figure 10), we can summarize that the position discrepancies were the largest for absolute positioning (meters level) and smaller for the PPP calculated positions (centimeters level) and became the smallest (millimeters level) when calculated in the relative mode using fixed known control point. This is valid for the first group of observations (without barrier) and the second group (with barrier).

Conclusions and Recommendations:

In this study two groups of observations were tested to determine the position of single point position. The first one is the absolute positioning mode and the second was the absolute positioning with additional multipath effect on point observations. In both cases the position was calculated first from the raw data and secondly using the PPP mode. Then, all calculations and position determination was repeated in the relative mode using known reference point.

From the comparison between the obtained results, we can conclude that:

The absolute positioning mode can be used for exploration applications and search for known points. The accuracy of the absolute determination of points using GNSS system can be greatly improved using the PPP processing technique where the accuracy improved from meter level to centimeter level, and accordingly, the point positioning can be used for most of surveying and mapping applications such as reference point for topographic surveys and likewise applications. If high accuracy is needed, where millimeter range is required, the processing can be done using the relative mode where known control point must be available.

However, these improved results as estimated by Trimble-RTX, using PPP solution and its own satellite ephemerides products were related to use of single satellite constellation, which is the GPS system and with same satellites positions. These results should be checked if multi constellation of GNSS were used, with the same observation circumstances, along with same receivers and parameters, can give better position accuracy. In addition, the relative mode, and since the baseline length was short and equals to about one hundred meters, the improvement of position determination can be checked for longer distance between the known reference point and the unknown point.

References

- 1) Abd-Elazeem et al., (2011); Assessment study of using online (CSRS) GPS-PPP Service for mapping applications in Egypt. Journal of Geodetic Science. 1(3): 233-239. DOI: 10.2478/ v10156-011-0001-3.
- 2) Doucet K. et al., (2012), "Introducing Ambiguity Resolution in Web-hosted Global Multi-GNSS Precise Positioning with Trimble RTX-PP", Trimble TerraSat GMBH, Germany, 2012, 11 Pages.
- 3) Hoffman-Wellenhof et al., (2001): Global Positioning System Theory and Practice, Springer-Verlag Wien, ISBN 978-3-7091-6199-9, 2001, 382 pages.
- 4) Kouba and Héroux, (2001); Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products, Springer publications, Published 01 October 2001, GPS Solutions 5, 12–28 (2001).
- 5) Gao and Shen, (2014); A New Method for Carrier-Phase-Based Precise Point Positioning, ION Navigation, Volume 49, Issue 2, Summer 2014, , Pages 109-116.
- 6) Reha M. et al., (2016), Precise Point Positioning (PPP) Technique versus Network-RTK GNSS, Hitit University, Çorum, Turkey 2 Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, HG Working Week, Christchurch , New Zealand 2-6 MAY 2016.
- 7) Rizos et al., (2012), Precise point positioning: is the era of differential GNSS positioning drawing to an end? FIG Working Week 2012, Rome, Italy, 6-10 May.
- 8) Shuo L. et Al., (2016), A Dual Frequency Carrier Phase Error Difference Checking Algorithm for the GNSS Compass, Key Laboratory of Electronic and Information Technology in Satellite Navigation, Ministry of Education, School of Information and Electronics, Beijing Institute of Technology, No. 5 Zhongguancun South Street, Haidian District, Beijing 100081, China, Published online 2016 Nov 24, Sensors 2016, 16, 1988; doi:10.3390/s16121988.
- 9) Taylan O. et al (2016), Accuracy Investigation of PPP Method Versus Relative Positioning Using Different Satellite Ephemerides Products Near/Under Forest Environment, Earth Sciences Research Journal, Earth Sci. Res. J. Vol. 20, No. 4 (December, 2016): D1 - D9.
- 10) Witchayangkoon B., (2000), Elements of GPS Precise Point Positioning, PhD Thesis, University of Maine, USA, December, 2000, 286 Pages.
- 11) Youssef M. A. et. Al., (2015), Adjusting of Absolute Point Positioning Accuracy, Journal of Basic and Applied Engineering

Research, Print ISSN: 2350-0077; Online ISSN: 2350-0255; Volume 2, Number 8; April-June, 2015 pp. 604-609

- 12) Zumberge, (1997), Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks, Journal of Geophysical Research, Vol. 102, No. B3, Pages 5005-5017, March 10, 1997.

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية

بإزالة عمود

طالب الماجستير: المهندس سامي العزو

قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

إشراف الدكتور: ربيع الصفدي

المخلص:

كان الانهيار التدريجي موضوع بحث سائد منذ انفجار غاز تسبب في انهيار مبنى رونان بوينت السكني في عام 1968. يحدث الانهيار التدريجي عندما يتسبب الفقد الفوري لعنصر داعم في فشل الأعضاء المجاورة مما يؤدي إلى انهيار واسع النطاق للمنشأ.

قدمت إدارة الخدمات العامة الأمريكية (GSA – General Services Administration) وقسم معايير المرافق الموحدة في وزارة الدفاع الأمريكية (UFC – Unified Facilities Criteria) إرشادات تصميم بشأن التخفيف التدريجي من الانهيار. توفر هذه الإرشادات متطلبات لتطبيق التحليل الستاتيكي والديناميكي الخطي واللاخطي على وجه الخصوص، إذ يوصى باستخدام عامل تضخيم ديناميكي DAF مساو لـ 2 لأخذ التأثيرات الديناميكية عند إجراء التحليل الستاتيكي، وقد حددت الدراسات الحديثة أن الإرشادات المذكورة توفر عامل تضخيم ديناميكي محافظ بشكل كبير.

في هذه الأطروحة، تم تحليل عدة إطارات باستخدام برنامج SAP2000V20.2.0 وفق أربعة طرق (ستاتيكي خطي، ستاتيكي لاخطي، ديناميكي خطي، ديناميكي لاخطي) واستخدمت النتائج لتقديم توصيات بشأن عامل تضخيم ديناميكي أكثر ملاءمة، كما تمت ملاحظة دور التأثيرات الديناميكية واللاخطية ومقارنتها لكل من طرق التحليل المذكورة.

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود

بالنظر إلى عدة إطارات مختلفة، نجد أن عامل التضخيم الديناميكي يكون دائماً أقل من 2. وهذا صحيح بالنسبة لجميع الإطارات التي تم تحليلها باستثناء الإطار 2x2 مع إزالة عمود داخلي حيث يكون DAF بالضبط 2، ومن المعقول أن يكون التضخيم الديناميكي كبير للإطار ذو الفتحتين لأنه عند تضرر العمود وإزالته من هذا الإطار، لا يتبقى سوى عمودين لتحمل كل الحمل.

كذلك فإن عوامل التضخيم الديناميكي المحسوبة بناءً على انتقالات العقدة الحرة مكان العمود المزال كانت أكبر بكثير من تلك المحسوبة بناءً على عزم الانعطاف المتولد في الجائر فوق العمود المزال.

الكلمات المفتاحية: عامل التضخيم الديناميكي، الانهيار المتتالي، الإطارات المعدنية، التحليل الديناميكي، التحليل الستاتيكي

Dynamic Amplification Factor for Steel Frames for Column Removal

ABSTRACT

Progressive collapse has been a prevalent research topic since a gas explosion caused the collapse of the Ronan Point apartment building in **1968**. Progressive collapse occurs when an instantaneous loss of a supporting element causes failure in adjacent members leading to a large scale collapse of the structure.

The General Services Administration **GSA** and the Department of Defense DoD have provided design guidelines regarding progressive collapse mitigation.

The guidelines provide requirements for setting up static and dynamic, linear and nonlinear analyses. In particular, a dynamic amplification factor **DAF** of 2 is recommended to account for the dynamic effects when performing a static analysis. Recent studies

have determined that the **GSA** and the **UFC** guidelines provide an overly conservative dynamic amplification factor.

In this thesis, various frames were analyzed using **SAP2000** for all four analysis methods and the results were used to make recommendations regarding a more appropriate dynamic amplification factor. Additionally, the role of dynamic and nonlinear effects were observed and compared for the four different analysis methods.

By looking at the different frames, it is evident that the dynamic amplification is consistently less than 2, This is true for all the frames analyzed except for the 2x2 span frame with an interior column removed where the DAF is exactly 2. It is reasonable for the dynamic amplification to be higher for a frame with two spans because when a column is damaged and removed in this frame, there are only two columns remaining to take all the load.

Also, the DAF is significantly larger for the deflections than the moments.

Keywords: Dynamic Amplification Factor, Progressive Collapse, Steel Frames, Dynamic Analysis, Static Analysis

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود

1-مقدمة البحث:

إدارة الخدمات العامة (GSA): عرفت الانهيار المتتالي على أنه الحالة التي تحدث عندما يؤدي الفشل المحلي لأحد العناصر الحاملة الرئيسية إلى انهيار العناصر المجاورة، مما يؤدي بالمقابل إلى انهيار إضافي وبالتالي فإن إجمالي الضرر الحاصل يكون غير متناسب مع المسبب الأصلي[7].

كود الأحمال الأمريكي (ASCE7): عرف الانهيار المتتالي على أنه انتشار الفشل المحلي الأولي من عنصر إلى عنصر مما يؤدي في النهاية الى انهيار جزء كبير من المنشأ غير متناسب مع المسبب الأصلي [1].

كذلك تم تعريف عامل التضخيم الديناميكي DAF على أنه قيمة الانتقال الديناميكي أو قوة النابض أو الإجهاد في أي وقت من استجابة المنشأ، منسوبةً للانتقال أو قوة النابض أو الإجهاد الذي كان سيحصل نتيجة التطبيق الثابت للحمل [8].

1-1- أمثلة عن الانهيار المتتالي:

1-1-1. مبنى رونان بوينت السكني في لندن:

في شهر أيار عام 1968 في مدينة نيوهام، بريطانيا، تسبب انفجار الغاز في الطابق الثامن عشر في فشل أحد الجدران الحاملة مسبقة الصنع مما تسبب بانهيار جزئي لـ 22 طابق في من المبنى، حيث أن انهيار الطوابق العلوية تسبب بصدمة على الطوابق السفلية مما تسبب بانهيارها [9].



1-1-2. مبنى ألفريد مورا في أو كلاهوما:

في شهر نيسان عام 1995، في مدينة أو كلاهوما، تعرض البناء لانفجار شاحنة حيث تسبب هذا الانفجار بتضرر ثلاثة أعمدة محيطية مما أدى إلى فشل العارضة الناقلة في الطابق الثالث، مما تسبب بانهيار الطوابق العليا، حيث انتشر الضرر إلى مسافة 21.3م من عرض المبنى [10].

1-1-3. أبراج التجارة العالمية:

الشكل (1): انهيار جزئي لمبنى شقق رونان بوينت [9].

التوازي. في سبب من الضرر الذي لحق به في حريق في الطابق الثاني صدمت، وأدى الحريق إلى تسخين الجوائز الشبكية الحاملة للبلاطات مما أدى إلى انهيارها وبالتالي فإن الأقسام الموجودة فوق مكان الصدمة وقعت على الهيكل أسفل مكان الصدمة واستمر هذا الانهيار حتى الوصول إلى الأرض [11].

2- مشكلة البحث:

إن كل من الإرشادات التوجيهية (GSA-General Services Administration) و (UFC- the Department of Defense Unified Facilities Criteria) توصي بتطبيق عامل تضخيم ديناميكي مساو للقيمة (2) ليطبق على كل حالات التحميل الستاتيكي للانهيار المتتالي، إن عامل التضخيم هذا محافظ جداً ويمكن أن يؤدي إلى منشآت مبالغ بتصميمها [8].

عند استخدام التحليل الستاتيكي الخطي يكون الحمل المسموح به عند تشكل أول مفصل لدن، أما عند استخدام التحليل الستاتيكي اللاخطي، فإنه يسمح بتشكيل المفاصل اللدنة وبالتالي يكون الحمل المسموح به هو حمل الانهيار، ومع ذلك يتم استخدام نفس عامل التضخيم لكلا الإجراءين وهذا أيضاً قد يؤدي إلى تصميم منشآت مبالغ في تصميمها، ولكن من وجهة النظر الاقتصادية من المرغوب فيه عدم المبالغة بتصميم المنشآت [4].

3-الغاية:

تقييم عامل التضخيم الديناميكي للإطارات المعدنية المقاومة للعزوم في حالة الانهيار المتتالي عند إزالة أحد الأعمدة.

4-الهدف الرئيسي للبحث:

تقييم قيمة عامل التضخيم الديناميكي المستخدم في حالة التحليل الستاتيكي الخطي لحالة الانهيار المتتالي.

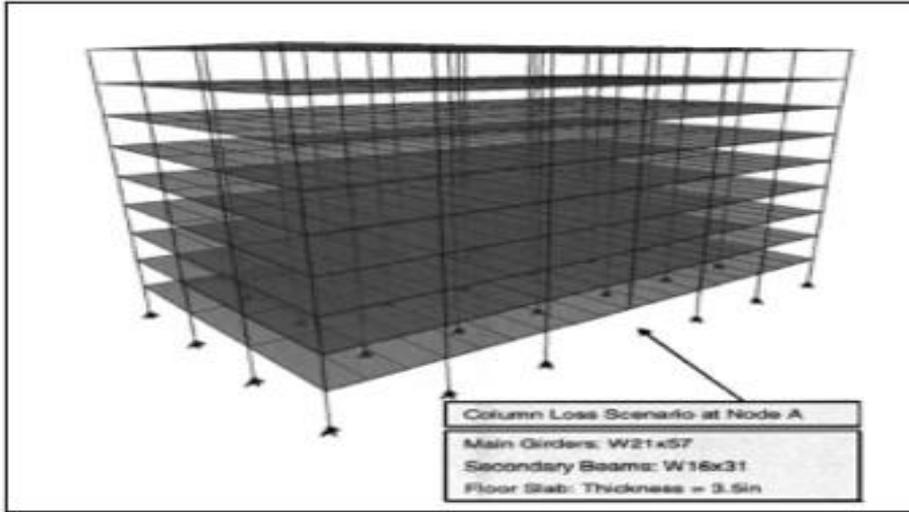
5-الدراسات السابقة:

لقد قام كل من الباحثان (Marjanishvili and Agnew) وآخرون عام 2006 بدراسة تحليليه على مبنى إطاري فولاذي مقاوم للعزوم مكون من تسعة طوابق وستة فتحات بالاتجاه الطويل للمبنى وثلاثة فتحات بالاتجاه القصير للمبنى، الهدف من الدراسة هو تقديم مفهوم واضح ووصف للإجراءات المختلفة لتحليل الانهيار المتتالي خطوة بخطوة حيث تمت دراسة المبنى بأربع طرق تحليلية (LS-NLS-LD-NLD) باستخدام برنامج SAP2000.

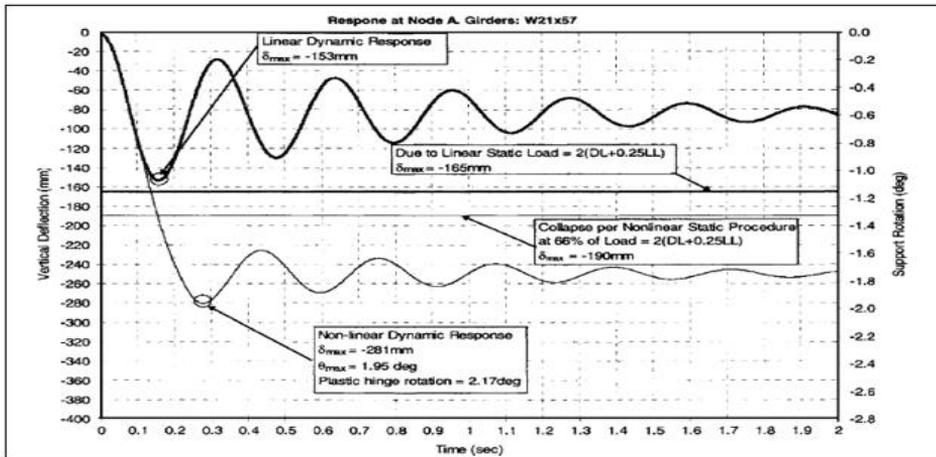
وكانت أهم النتائج:

إن الانتقالات الأعظمية المحسوبة من طريقة التحليل الستاتيكي الخطية والديناميكية الخطية هي 165 مم و153 مم على الترتيب وهي نتائج متقاربة وهذا يقود إلى أن

استخدام عامل تضخيم ديناميكي بقيمة 2 من أجل التحليل الستاتيكي الخطي هو تقدير جيد.

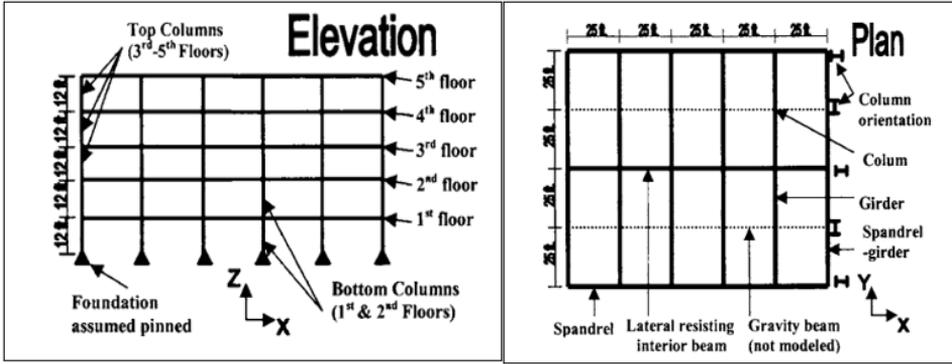


الشكل (2): النموذج التحليلي المستخدم [5].



الشكل (3): السجل الزمني للانتقالات الشاقولية لعقدة العمود المزال الحرة [5].

قام الباحث روث وأصدقائه بإجراء تحليل ستاتيكي وديناميكي على إطارات معدنية ثنائية البعد وثلاثية البعد، حيث تمت دراسة 11 نموذج، حيث قام باستبدال عامل التضخيم الديناميكي بمضاعف تضخيم ديناميكي متغير من القيمة 1 إلى 2 [8].



الشكل (4): النموذج التحليلي ثلاثي الأبعاد [8].

إن البيانات التي تم جمعها من كل نموذج تتألف من: العدد الكلي للمفاصل اللدنة، الدوران اللدن الكلي (لكل المفاصل اللدنة)، متوسط الدوران اللدن، وأقصى دوران لدن في كل مفصل، وانتشار المفاصل اللدنة، وأقصى انحراف رأسي.

نتائج البحث:

إن المضاعفات الديناميكية لم تصل أبداً إلى قيمة قريبة من القيمة 2، حيث كان أعلى عامل ديناميكي تم تسجيله هو 1.41 وهو انخفاض في تضخيم الحمل بنسبة 59% من المضاعف 2، حيث كانت التوصية الأساسية التي دعمها هذا البحث هي تخفيض عامل التضخيم الديناميكي إلى القيمة 1.5 من أجل التحليل الستاتيكي اللاخطي

للمنشآت المعدنية على وجه التحديد الإطارات المقاومة للعزوم، وأن العامل 1.5 أفضل لإدخال التأثيرات الديناميكية عند إجراء التحليل الستاتيكي وسيؤدي إلى تصاميم أكثر اقتصادية.

ومع ذلك، ذكر الباحثون أنه لم يكن سلوك المواد من المرن اللدن تمامًا، وإذا كانت المواد تتصلب بعد السيلان، وإذا كانت مطاوعة المنشأ عالية، فقد يكون استخدام عامل الحمولة 2 أكثر ملاءمة. نتيجة لذلك، اقترح بحثهم أنه يجب استخدام عامل تحميل 2 للمنشآت الهامة و1.5 للمنشآت الأخرى.

6-الدراسة التحليلية:

6-1-خصائص النماذج المدروسة:

تم استخدام الإطارات الموضحة في الشكل (5) بالأبعاد المبينة أدناه، وتم عمل العديد من الافتراضات من أجل الحصول على نماذج متسقة ومن أجل تبسيط التحليل، إذ تم اعتبار أن جميع الإطارات مقاومة للعزوم. تم نمذجة الوصلات مع الأساس كوصلات موثوقة. تم استخدام خصائص المفاصل اللدنة الافتراضية في برنامج SAP2000 والتي تتوافق مع تعريف المفاصل اللدنة في FEMA 356 من أجل التحليلات اللاخطية. تم افتراض أن نسبة التخميد هي 1%. لجميع التحليلات الديناميكية. تم استخدام خطوة تحليل زمنية قدرها 0.001 ثانية لضمان التقاط التأثير الديناميكي بالكامل. تم استخدام وقت إزالة العمود 0.05 ثانية. تم اختيار طريقة نيو مارك للتكامل الزمني (The Newmark time integration method) مع استخدام القيم الشائعة $\gamma = 0.5$ و $\beta = 0.25$ ، وبشكل عام فإن طريقة تكامل نيو مارك تعطي نتائج وزمن تطابق جيدة [4].

وكان للفولاذ الإنشائي المستخدم معامل مرونة طولاني $E_s = 200000 \text{ Mpa}$

وإجهاد خضوع أصغري $f_y = 345 \text{ Mpa}$

6-2- حالات التحميل من أجل التحليل:

تم إجراء التحليل باستخدام تراكيب الأحمال المذكورة في المعادلتين 1,2 أدناه، وتم توليد الوزن الذاتي للجوائز والأعمدة تلقائيًا بناءً على حجم العنصر وكثافة المواد بواسطة .SAP2000

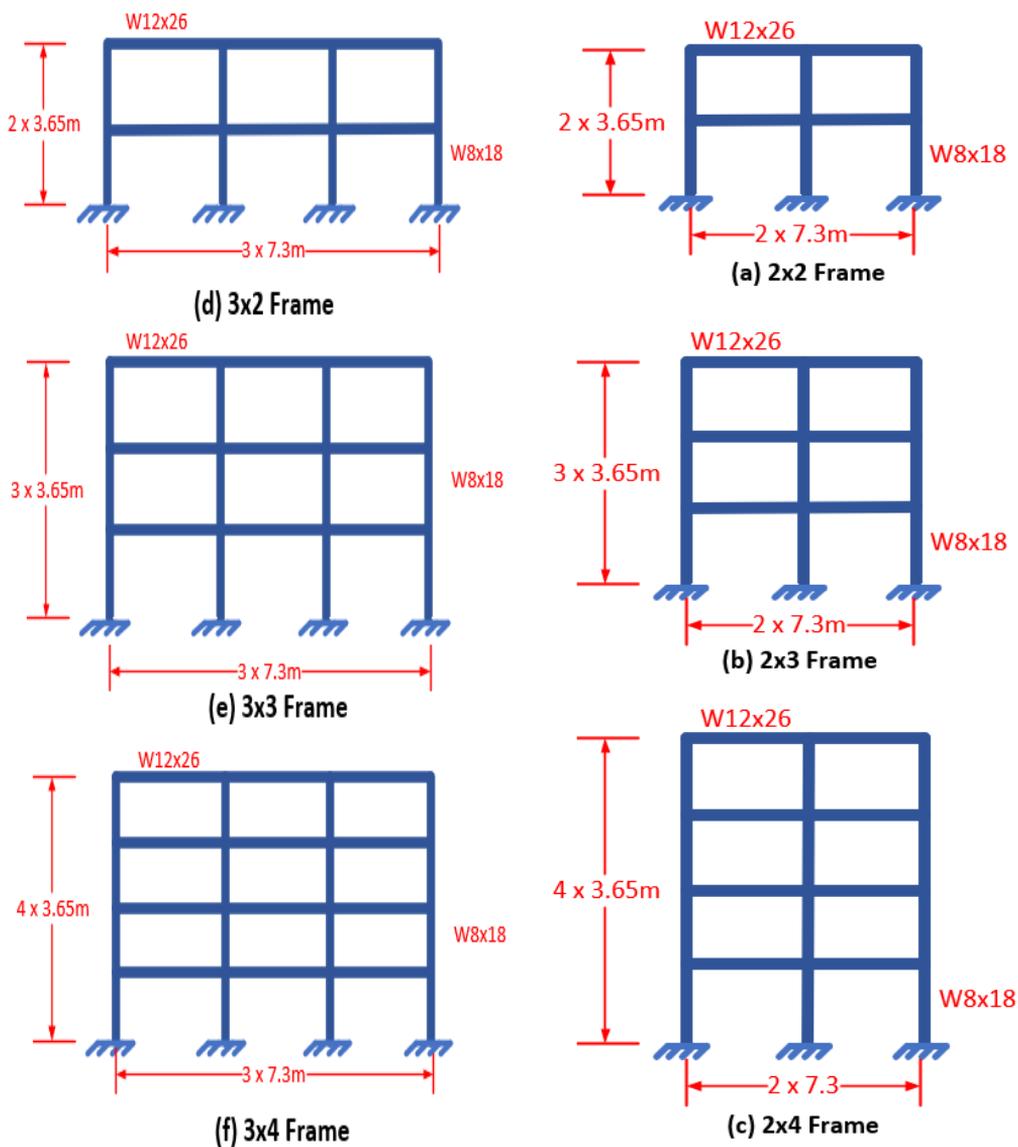
○ حمولة ميتة $DL=7.3 \text{ KN/m}$

○ حمولة حية $LL=14.6 \text{ KN/m}$

○ $g=9806.65 \text{ mm/sec}^2$

Static Analysis: $P_u = 2 * (DL + 0.25LL) \dots(1)$

Dynamic Analysis: $P_u = DL + 0.25LL \dots(2)$



الشكل (5): نماذج الإطارات المعدنية المدروسة.

6-3-نتائج التحليل:

تم رسم منحنيات استجابة الانتقال وإيجاد عوامل التضخيم الديناميكي، وتمت مقارنة الانتقال والعزوم للتحليل الستاتيكي الخطي المضخم وغير المضخم والتحليل الديناميكي الخطي بالتحليل الديناميكي غير الخطي لتحديد DAF.

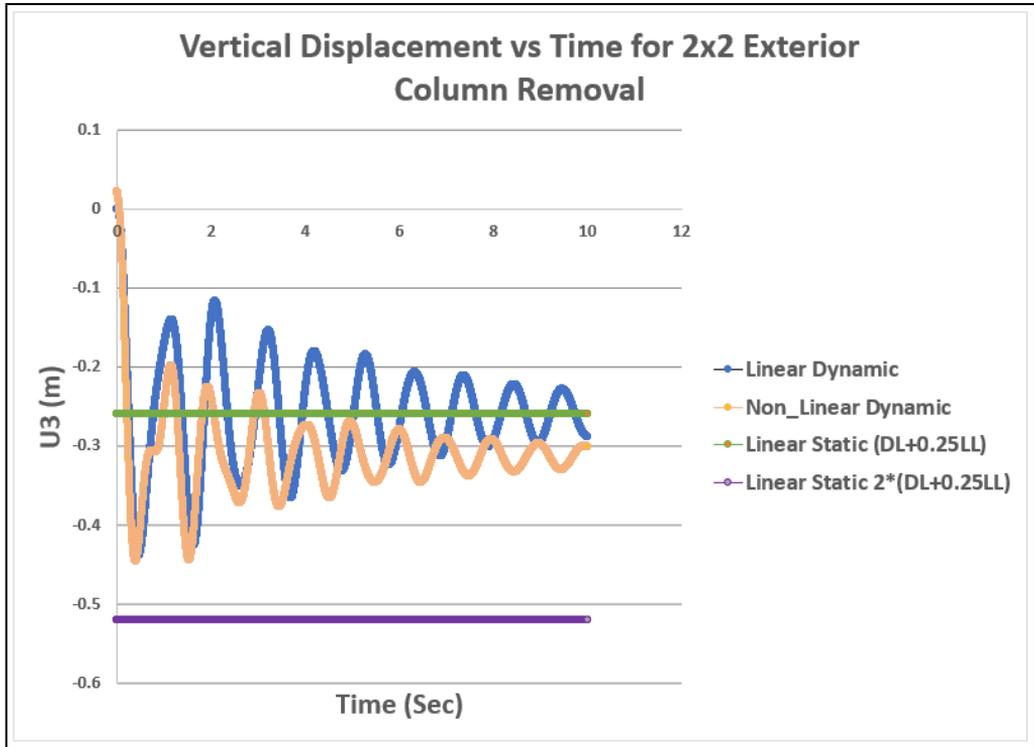
6-3-1- الإطار ذو الفتحتين وطابقين (Frame 2x2):

□ إزالة العمود الطرفي (Exterior Column Removed):

يوضح الشكل (6) الانحراف الرأسي في العقدة حيث تمت إزالة العمود. كما ذكرنا سابقاً، تم إجراء التحليل الستاتيكي الخطي بدون عامل التضخيم الديناميكي. تم رسم نتائج التحليل الستاتيكي الخطي المضخم على الرسم البياني أيضاً. الانتقال الستاتيكي الخطي للعقدة الحرة بلغ (-236mm) والانتقال الستاتيكي الخطي المضخم بلغ (-520mm).

يُظهر التحليل الديناميكي الخطي أن الإزالة الأولية للعمود تتسبب في التضخيم ولكنها تستقر في النهاية عند الانتقال الستاتيكي الخطي غير المضخم. الانتقال الأعظمي للتحليل الديناميكي الخطي كان (-399mm) والانحراف المستقر كان (-232mm).

الانتقال الناتج عن حالة التحليل الديناميكي اللاخطي تجاوز الانتقال الموضح للتحليل الديناميكي الخطي. والسبب في ذلك هو تشكل مفاصل لدنة في الإطار. بمجرد تشكل المفاصل اللدنة، يجب على القوى إعادة التوزيع إلى العناصر المجاورة لنقل الحمولة. الانتقال الأعظمي للتحليل الديناميكي اللاخطي هو (-445mm). في هذه الحالة، نلاحظ أن الانتقالات العظمى الناتجة من التحليل الديناميكي الخطي واللاخطي أقل بكثير من الانتقال الستاتيكي الخطي المضخم. يمكن إيجاد قيم عوامل التضخيم الديناميكي لحالات التحليل في الجدول (3) أدناه.



الشكل (6): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بفتحيتين وطابقين.

DAF for 2x2 Frame with Exterior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.236	-775.543
Linear Dynamic	-0.399	-992.994
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.236	-775.543
Non-Linear Dynamic	-0.445	-1213.185
DAF-NLD/LS	1.89	1.56

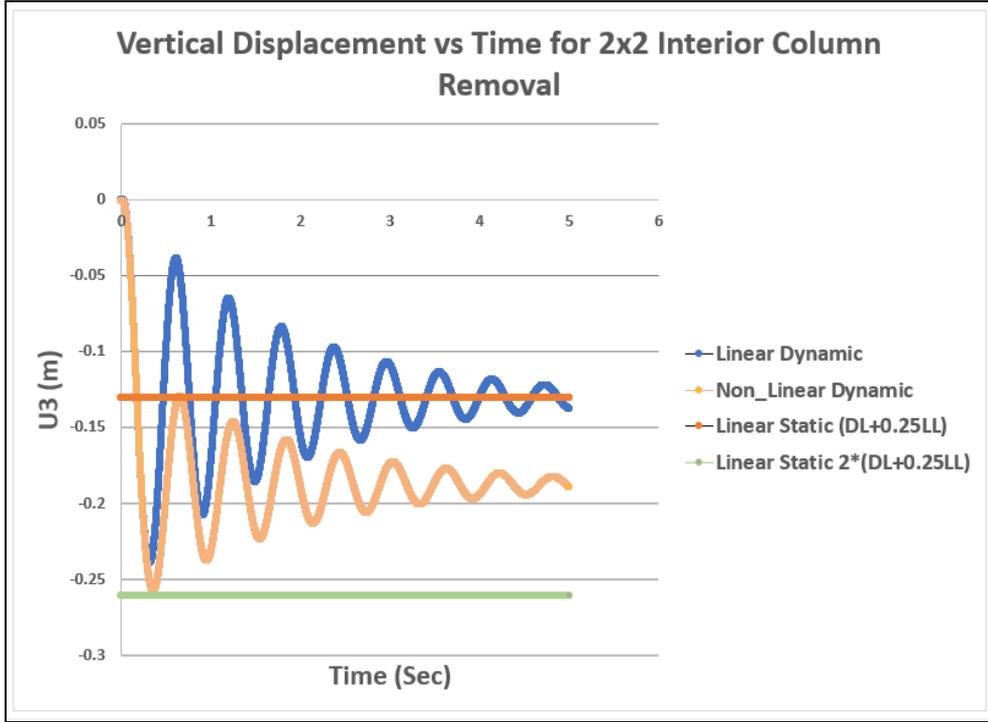
عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود

DAF-LD/LS	1.69	1.28
DAF-NLD/NLS	1.89	1.56

الجدول (1): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بفتحتين وطابقين.

□ إزالة العمود الداخلي (Interior Column Removed):

يوضح الشكل (7) الانحراف في مكان العمود الداخلي الذي تمت إزالته، كان الانحراف الستاتيكي الخطي الغير مضخم (-130mm) والانحراف الستاتيكي المضخم (-261mm)، والانتقال الديناميكي الخطي الأعظمي في منتصف المجاز كان (-231mm) واستقر على الانحراف الستاتيكي الخطي غير المضخم. وكان الانحراف الديناميكي اللاخطي الأعظمي (-258mm) . وهذا مطابق للانحراف الناتج من التحليل الستاتيكي الخطي باستخدام عامل تضخيم ديناميكي مساو إلى القيمة (2). تظهر حالة التحليل الديناميكي اللاخطي تشوه دائم مقداره (-188mm) والذي هو أكبر من التشوه الناتج من حالة التحليل الديناميكي الخطي. ويرجع ذلك إلى تشكل مفاصل لدنة في التحليل اللاخطي.



الشكل (7): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بفتحتين وطابقين.

يوضح الجدول (4) الانحرافات والعزوم العظمى للمنطقة المرصودة. كما يظهر أيضاً عامل التضخيم الديناميكي لحالات التحليل المختلفة.

DAF for 2x2 Frame with Interior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.130	574.319
Linear Dynamic	-0.231	1163.090
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.130	574.319
Non-Linear Dynamic	-0.258	923.544

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود

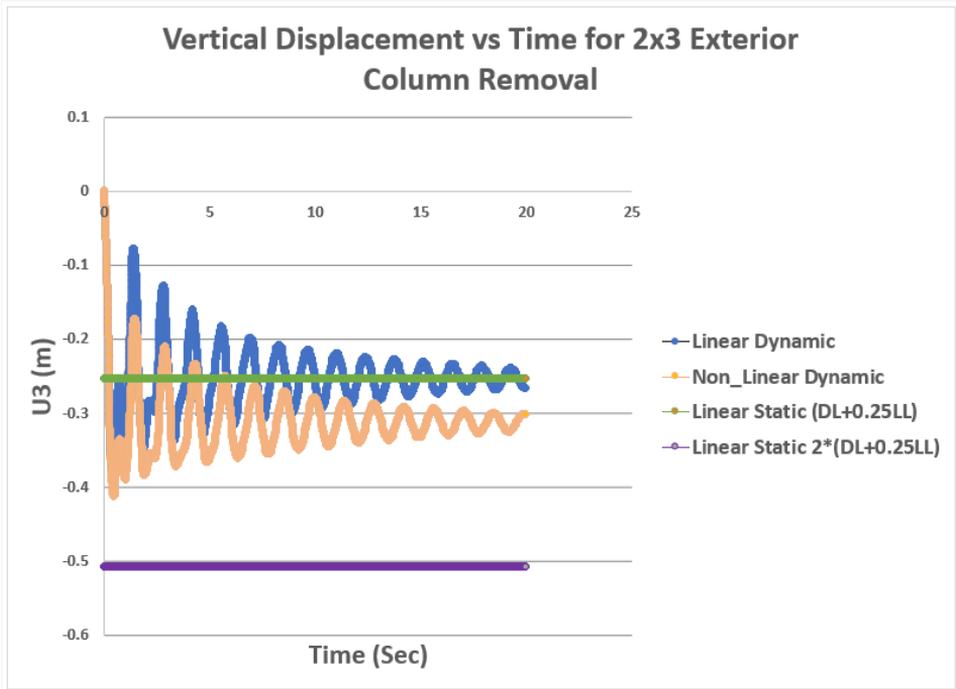
DAF-NLD/LS	1.97	1.61
DAF-LD/LS	1.77	2.00
DAF-NLD/NLS	1.97	1.61

الجدول (2): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بفتحتين وطابقين.

6-3-2- الإطار ذو الفتحتين وثلاثة طوابق (Frame 2x3):

□ إزالة العمود الطرفي (Exterior Column Removed):

من خلال النظر إلى منحنيات استجابة الإزاحة لحالات التحليل، من الواضح أن التحليل الستاتيكي الخطي مع عامل التضخيم الديناميكي يبالغ في تقدير الانحراف وأن التحليل الديناميكي الخطي يقلل من قيمة الانحراف. الحد الأقصى للإزاحة الديناميكية الخطية هو (-385mm) وانحرافها الدائم المستقر هو (-267mm). إن أقصى إزاحة ديناميكية لا خطية هي (-413mm) وإن انحرافها الدائم هو (-303mm). يمكن رؤية أقصى انحرافات لحالات التحليل المختلفة في الجدول (3).



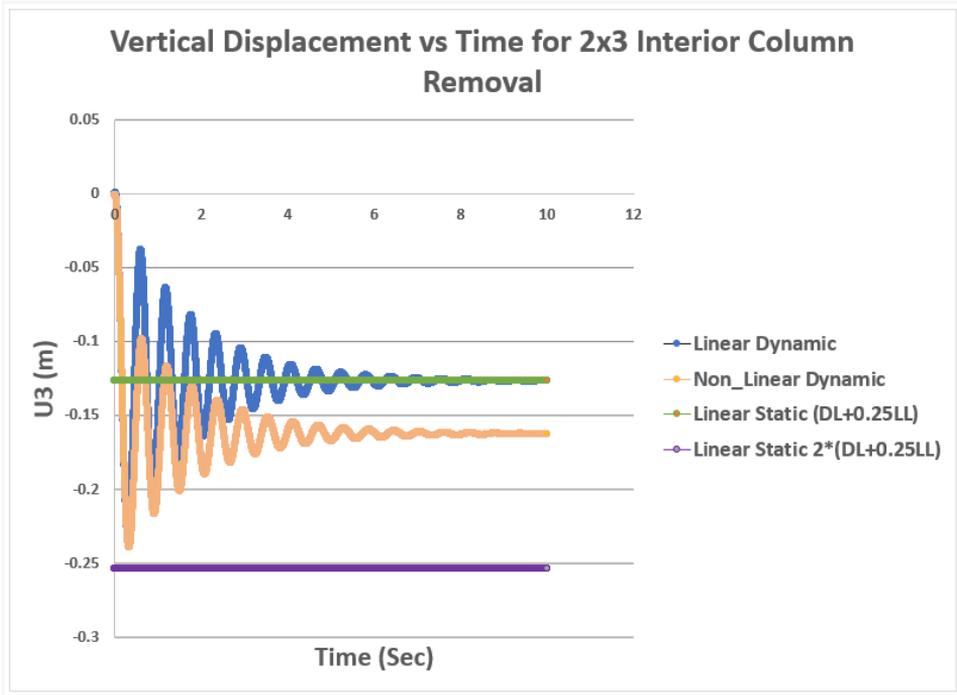
الشكل (8): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بفتحتين وثلاثة طوابق.

DAF for 2x3 Frame with Exterior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.254	-666.184
Linear Dynamic	-0.385	-1042.121
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.254	-666.184
Non-Linear Dynamic	-0.413	-935.047
DAF-NLD/LS	1.63	1.4
DAF-LD/LS	1.52	1.56
DAF-NLD/NLS	1.63	1.4

الجدول (3): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بفتحيتين وثلاثة طوابق.

□ إزالة العمود الداخلي (Interior Column Removed):

يبلغ الحد الأقصى للانحراف الديناميكي الخطي (-232mm) ويستقر الإطار عند (-126mm) وهو الانحراف الستاتيكي الخطي غير المضخم. إن أقصى انحراف ديناميكي لاخطي هو (-239mm) وانحرافه الدائم المستقر هو (-162mm). الانحراف الستاتيكي الخطي المضخم أكبر من الانحراف الديناميكي الخطي والانحراف الديناميكي غير الخطي في نفس العقدة. يوضح هذا أن التحليل الستاتيكي الخطي مع عامل التضخيم الديناميكي (2) متحفظ في تقدير الانحراف في العمود المتضرر.



الشكل (9): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بفتحيتين وثلاثة طوابق.

DAF for 2x3 Frame with Interior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.127	536.634
Linear Dynamic	-0.232	1097.603
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.127	536.634
Non-Linear Dynamic	-0.239	908.260
DAF-NLD/LS	1.88	1.69
DAF-LD/LS	1.83	2.00
DAF-NLD/NLS	1.88	1.69

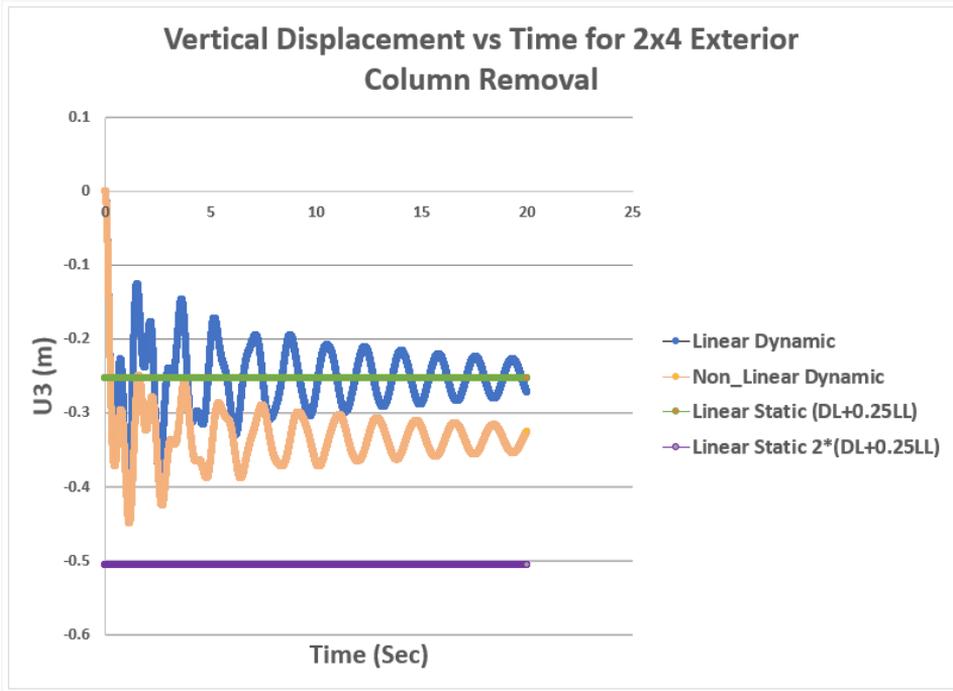
الجدول (4): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بفتحتين وثلاثة طوابق.

6-3-3- الإطار ذو الفتحتين وأربعة طوابق (Frame 2x4):

□ إزالة العمود الطرفي (Exterior Column Removed):

إن استخدام عامل التضخيم الديناميكي (2) يبالغ في تقدير الانحراف والعزم لهذا الإطار. يقلل التحليل الديناميكي الخطي من تقدير الانحراف ويبالغ في تقدير العزم مقارنة بالتحليل الديناميكي غير الخطي. الحد الأقصى للإزاحة الديناميكية الخطية هو

(-420mm) والإطار استقر عند انحراف (-271mm) وهو أكبر قليلاً من الانحراف الستاتيكي الخطي.



الشكل (10): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بفتحتين وأربعة طوابق.

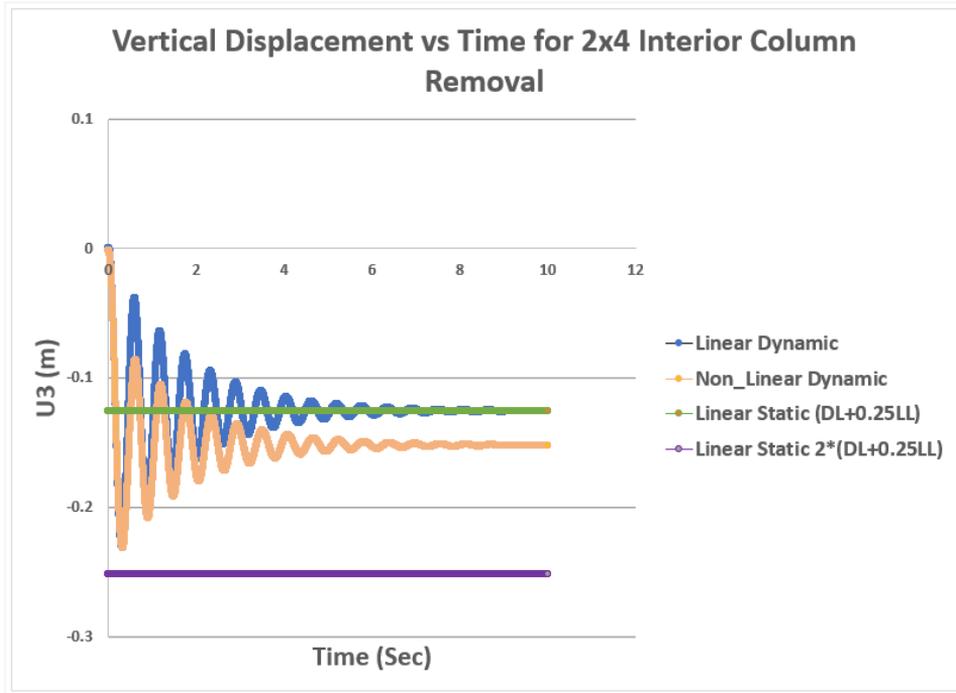
DAF for 2x4 Frame with Exterior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.253	-660.992
Linear Dynamic	-0.420	-1071.354
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.253	-660.992
Non-Linear Dynamic	-0.450	-935.288
DAF-NLD/LS	1.77	1.41

DAF-LD/LS	1.66	1.62
DAF-NLD/NLS	1.77	1.41

الجدول (5): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بفتحتين وأربعة طوابق.

□ إزالة العمود الداخلي (Interior Column Removed):

يبلغ الحد الأقصى للانحراف الديناميكي الخطي (-230mm) ويستقر عند الانحراف الستاتيكي الخطي البالغ (-126mm). أقصى انحراف ديناميكي غير خطي هو (-231mm) وهو أعلى قليلاً من انحراف التحليل الديناميكي الخطي. يُظهر التحليل الديناميكي اللاخطي أن المنشأ قد استقر عند انحراف نهائي قدره (-152mm).



عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود

الشكل (11): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار
بفتحتين وأربعة طوابق.

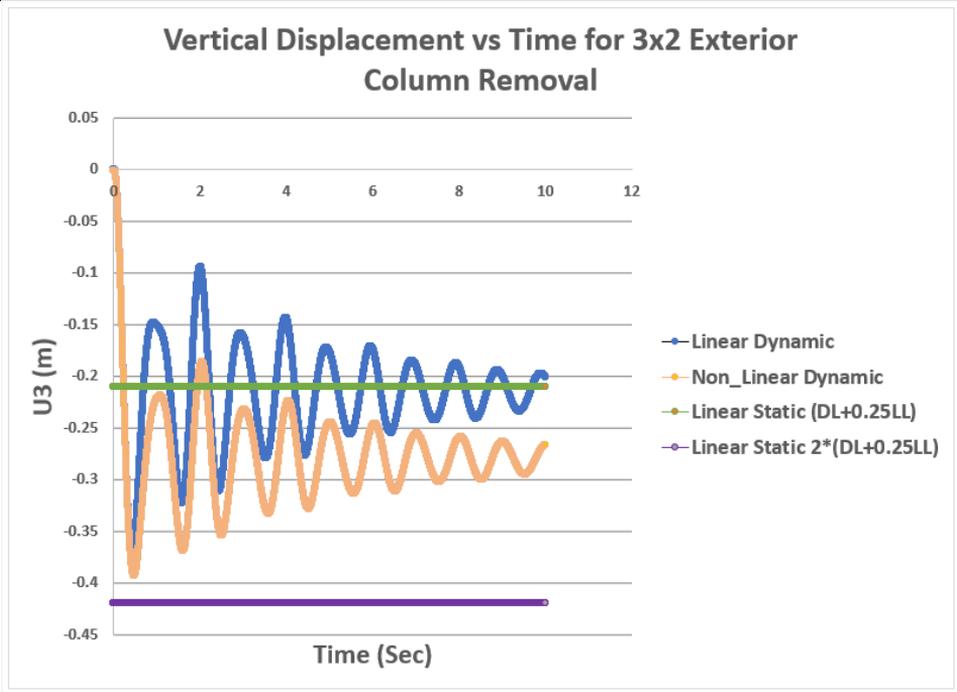
DAF for 2x4 Frame with Interior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.126	524.290
Linear Dynamic	-0.230	1048.276
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.126	524.290
Non-Linear Dynamic	-0.231	899.782
DAF-NLD/LS	1.84	1.72
DAF-LD/LS	1.83	1.99
DAF-NLD/NLS	1.84	1.72

الجدول (6): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بفتحتين وأربعة طوابق.

6-3-4- الإطار ذو الثلاث فتحات وطابقين (Frame 3x2):

□ إزالة العمود الطرفي (Exterior Column Removed):

يوضح الشكل (28) الإزاحة الرأسية عند الطرف الحر للإطار. الحد الأقصى للإزاحة الديناميكية الخطية لهذا الإطار هو (-371mm) وهو قريب جدًا من أقصى انحراف ديناميكي غير خطي (-393mm). على الرغم من أن القيم القصوى لحالات التحليل الديناميكي الخطي وغير الخطي متشابهة، يختلف الانحراف الدائم النهائي للحالتين. بالنسبة لحالة التحليل الديناميكي الخطي، يكون الانحراف المستقر (-201mm) ولحالة التحليل الديناميكي غير الخطي، يكون الانحراف المستقر (-266mm). يشبه الانحراف الديناميكي الخطي الدائم حالة التحليل الستاتيكي الخطي.



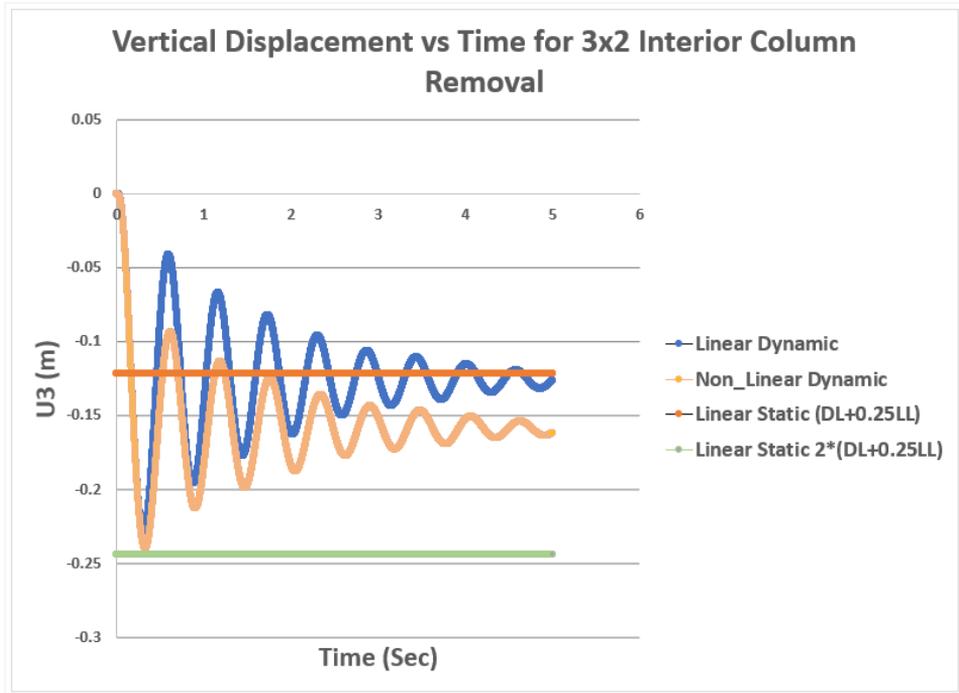
الشكل (12): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بثلاثة فتحات وطابقين.

DAF for 3x2 Frame with Exterior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.215	-592.503
Linear Dynamic	-0.371	-957.257
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.215	-589.834
Non-Linear Dynamic	-0.393	-788.225
DAF-NLD/LS	1.82	1.33
DAF-LD/LS	1.73	1.62
DAF-NLD/NLS	1.82	1.34

الجدول (7): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بثلاثة فتحات وطابقين.

□ إزالة العمود الداخلي (Interior Column Removed):

يظهر الشكل (13) الانتقال الشاقولي للعقدة في منتصف مجاز الجائز فوق العمود الذي تمت إزالته. بلغ أقصى انتقال ديناميكي خطي (-222mm) وكان الانتقال النهائي الذي استقر عليه الإطار (-122mm) والذي يتطابق مع الانتقال الستاتيكي الخطي. بلغ أقصى انحراف ديناميكي لاخطي القيمة (-240mm) ، وكان الانتقال الديناميكي اللاخطي المستقر (-158mm) .



الشكل (13): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بثلاثة فتحات وطابقين.

يظهر الجدول (8) لانتقالات العظمى والعزوم العظمى لهذا الإطار. تتشابه الإزاحة الناتجة من التحليل الديناميكي الخطي وغير الخطي، وبالتالي يمكن استخدام أي من هاتين الحالتين للتنبؤ بدقة بانحراف الإطار. عامل التضخيم الديناميكي اللازم لاستخدامه في التحليل الستاتيكي الخطي لإعطاء نتائج قريبة من التحليل الديناميكي غير الخطي تقريباً مساو للقيمة (2) .

DAF for 3x2 Frame with Interior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.126	527.114
Linear Dynamic	-0.222	1025.315
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.126	530.673
Non-Linear Dynamic	-0.240	807.352
DAF-NLD/LS	1.90	1.53
DAF-LD/LS	1.76	1.95
DAF-NLD/NLS	1.90	1.52

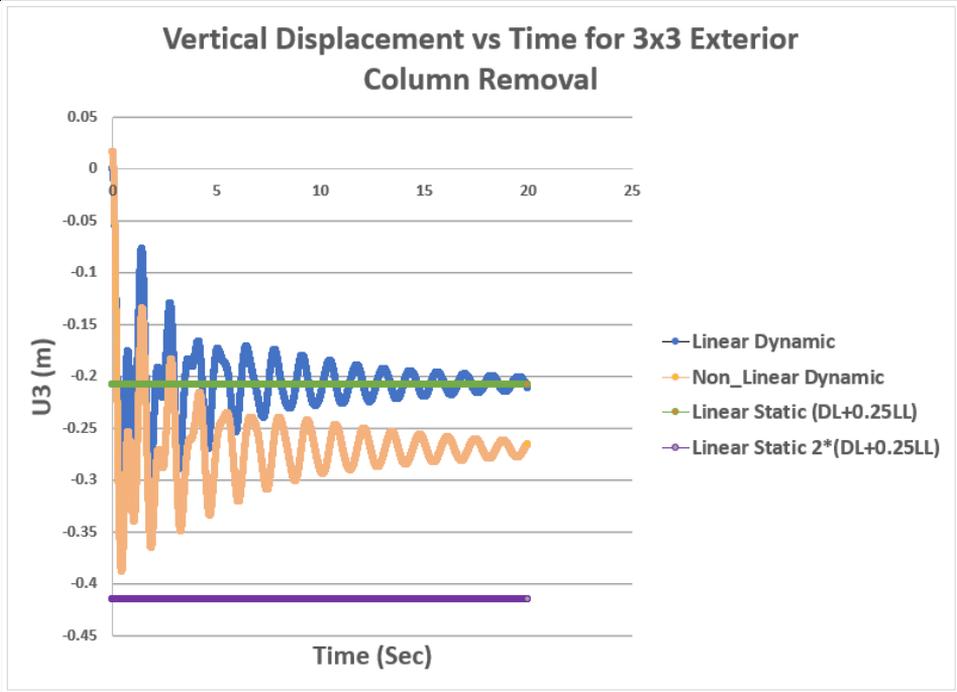
الجدول (8): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بثلاثة فتحات وطابقين.

6-3-5- الإطار ذو الثلاث فتحات وثلاثة طوابق (Frame 3x3):

□ إزالة العمود الطرفي (Exterior Column Removed):

تم الحصول على تأثيرات العمود الذي تم إزالته على الإطار من خلال 4 حالات تحليل مختلفة. أقصى انحراف لوحظ في حالة التحليل الديناميكي الخطي هو (-331mm) والانحراف الدائم للنهاية الحرة هو (-211mm) وهو ما يشبه الانحراف الستاتيكي الخطي البالغ (-208mm). كانت الإزاحة العظمى للحالة الديناميكية غير الخطية هو (-388mm) وموضع الراحة الأخير هو انحراف (-264mm).

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود



الشكل (14): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بثلاثة فتحات وثلاثة طوابق.

يوضح الجدول (9) قيم الانتقالات العظمى والعزوم العظمى للإطار. يتم عرض قيم عوامل التضخيم الديناميكي في الجدول (9). نلاحظ أن عامل التضخيم الديناميكي 2 يعطي استجابة متحفظة لهذه المنشأة.

DAF for 3x3 Frame with Exterior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)

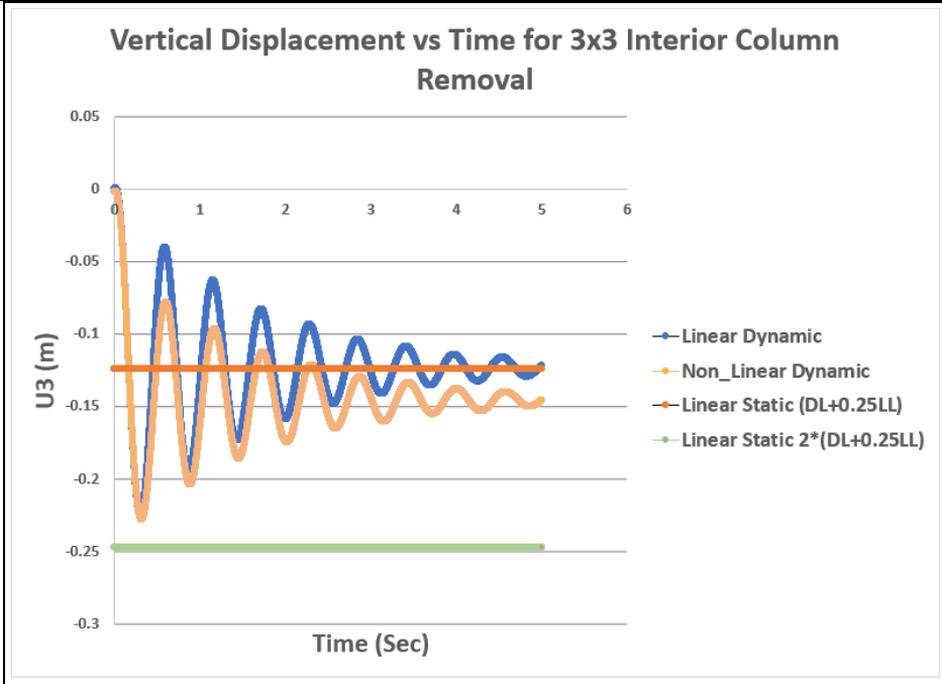
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.208	-556.473
Linear Dynamic	-0.331	-919.447
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.208	-553.804
Non-Linear Dynamic	-0.388	-775.325
DAF-NLD/LS	1.87	1.39
DAF-LD/LS	1.59	1.65
DAF-NLD/NLS	1.87	1.40

الجدول (9): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بثلاثة فتحات وثلاثة طوابق.

□ إزالة العمود الداخلي (Interior Column Removed):

يوضح الجدول (10) القيم العظمى للانتقالات والعزوم في إطار 3x3 مع إزالة عمود داخلي. الانتقال الأعظمي لحالة التحليل الديناميكي غير الخطي هو (-228mm) والانتقال الأعظمي لحالة التحليل الديناميكي الخطي هو (-225mm). تُظهر الحالة الديناميكية الخطية أن الإطار قد استقر عند حوالي (-124mm) وهو ما يطابق الانحراف الستاتيكي الخطي. الشكل (15) يوضح السجل الزمني لجميع حالات التحليل المختلفة.

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود



الشكل (15): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بثلاثة فتحات وثلاثة طوابق.

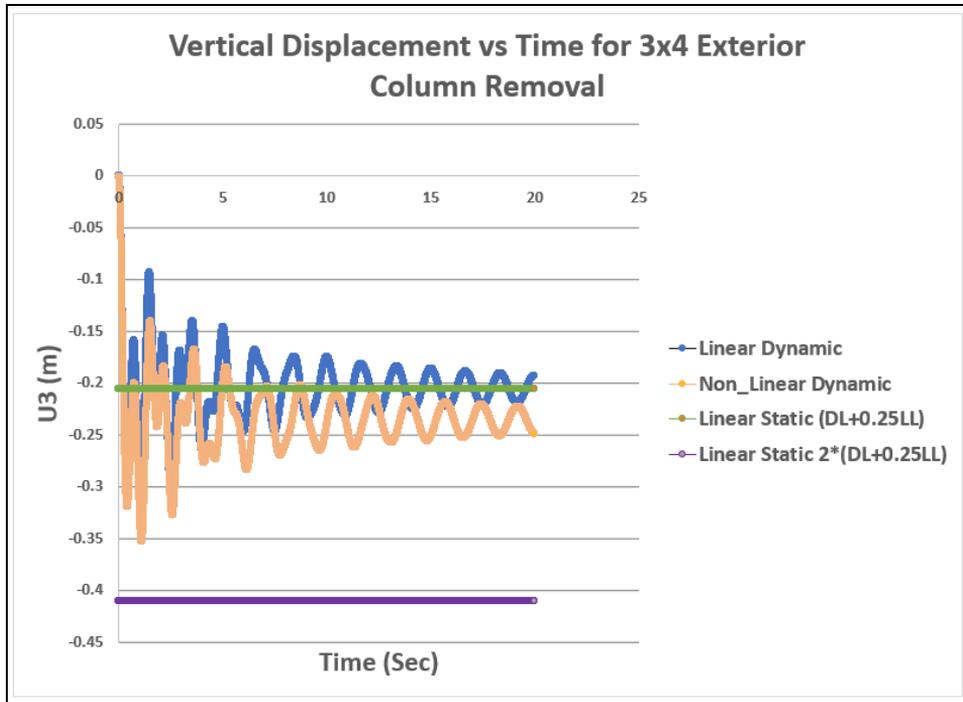
DAF for 3x3 Frame with Interior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.124	404.788
Linear Dynamic	-0.225	717.943
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.124	401.230
Non-Linear Dynamic	-0.228	800.235
DAF-NLD/LS	1.84	1.98
DAF-LD/LS	1.82	1.77
DAF-NLD/NLS	1.84	1.99

الجدول (10): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بثلاثة فتحات وثلاثة طوابق.

6-3-6- الإطار ذو الثلاث فتحات وأربعة طوابق (Frame 3x4):

□ إزالة العمود الطرفي (Exterior Column Removed):

يوضح الجدول (11) الانتقالات العظمى والعزوم العظمى لحالات التحليل المختلفة لإطار 3x4 عند إزالة العمود الخارجي. الحد الأقصى للإزاحة الديناميكية غير الخطية هو (-352mm) وهو ما يتوافق مع أقصى إزاحة ديناميكية خطية تبلغ (-331mm). يستقر التحليل الديناميكي اللاخطي عند انحراف دائم قدره (-250mm). يستقر التحليل الديناميكي الخطي عند انحراف (-198mm) والذي يتوافق مع انحراف التحليل الستاتيكي الخطي (-205mm).



الشكل (16): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بثلاثة فتحات وأربعة طوابق.

نلاحظ أن قيم عامل التضخيم الديناميكي في الجدول (11) جميعها أقل من القيمة (2) المقترحة من قبل إدارة الخدمات العامة (GSA).

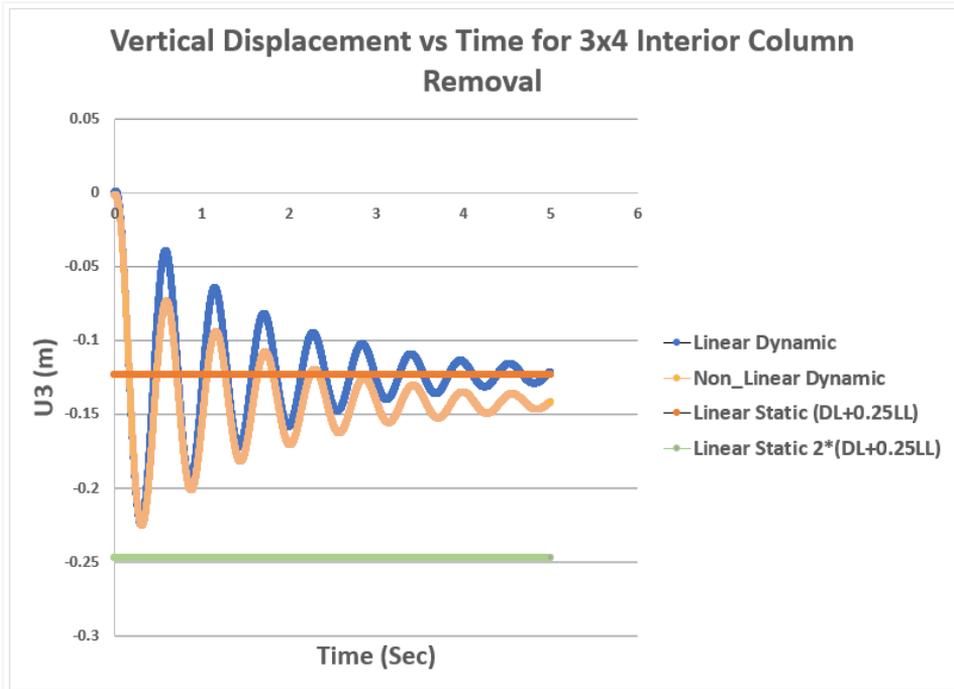
DAF for 3x4 Frame with Exterior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.205	-516.439
Linear Dynamic	-0.331	-874.076
Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.205	-513.325
Non-Linear Dynamic	-0.352	-770.877
DAF-NLD/LS	1.72	1.49
DAF-LD/LS	1.61	1.69
DAF-NLD/NLS	1.72	1.50

الجدول (11): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الخارجي للإطار بثلاثة فتحات وأربعة طوابق.

□ إزالة العمود الداخلي (Interior Column Removed):

لوحظ الحد الأقصى للانحرافات والعزوم في الإطار لحالات التحليل المختلفة. أظهر الإطار بتحليله باستخدام التحليل الديناميكي غير الخطي أقصى انحراف (-225mm) وانحرافاً دائماً بمقدار (-142mm). أظهر التحليل الديناميكي الخطي أقصى انحراف (-225mm) مع انحراف نهائي مستقر بلغ (-124mm). يتوافق الانحراف الديناميكي

الخطي النهائي مع الانحراف الستاتيكي الخطي غير المضخم. الشكل (17) يوضح قيم الانتقال الشاقولي للعقدة الحرة فوق العمود المزال لحالات التحليل المختلفة.



الشكل (17): الانحراف الشاقولي للعقدة الحرة نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بثلاثة فتحات وأربعة طوابق.

DAF for 3x4 Frame with Interior Column Removal		
	U3 (m)	M3 (KN-m)
Linear Static (DL+0.25LL)	-0.123	475.515
Linear Dynamic	-0.225	917.668

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بآزالة عمود

Non-Linear Static (DL+0.25LL)	-0.123	477.739
Non-Linear Dynamic	-0.225	769.098
DAF-NLD/LS	1.82	1.62
DAF-LD/LS	1.82	1.93
DAF-NLD/NLS	1.82	1.61

الجدول (12): عامل التضخيم الديناميكي نتيجة إزالة العمود الداخلي للإطار بثلاثة فتحات وأربعة طوابق.

7- المناقشة:

حالات التحليل الأربع المختلفة التي يمكن استخدامها لتقدير الانهيار التدريجي للمنشأ لكل منها مزاياها وعيوبها. حالة التحليل الستاتيكي الخطي هي أسرع وأبسط حالة للتحليل. يمكن لحالة التحليل الديناميكي الخطي النظر في الوقت الفعلي للإزالة لمكونات المنشأ الأساسية ومراعاة التأثيرات الديناميكية للإزالة. ومع ذلك، فإن حالة التحليل هذه لا تأخذ في الحسبان السلوك غير الخطي للمواد والذي يمكن أن يتسبب في تضخيم ديناميكي محسوب بشكل غير صحيح للهياكل التي تظهر تشوهات لدنة كبيرة. نظراً لأن السلوك غير الخطي لا يؤخذ في الاعتبار في هذه الحالة، فإن وقت التحليل سريع. تأخذ حالة التحليل الستاتيكي اللاخطي في الاعتبار السلوك غير الخطي للمادة ولكنها لا تأخذ في الاعتبار أي تأثيرات تخامد. هذا التحليل متحفظ للغاية وقد يستغرق وقتاً طويلاً بسبب نوع التحليل غير الخطي الذي يحسب مصفوفة صلابة جديدة في كل خطوة زمنية. حالة التحليل الديناميكي غير الخطي هي حالة التحليل الأكثر دقة لتنفيذها لتقييم الانهيار التدريجي للمنشآت. يأخذ التحليل الديناميكي اللاخطي في الاعتبار السلوك الديناميكي وكذلك لإخطية المادة مما يؤدي إلى نتائج أكثر واقعية. ومع ذلك، فهو أيضاً الأكثر استهلاكاً للوقت. اعتماداً على خصائص نظام الحاسب الذي يتم عمل التحليل عليه، يمكن أن تستغرق حالة التحليل هذه أكثر من ساعتين لتحليل كامل الأمثلة التي تمت

مناقشتها في هذه الأطروحة. سيستغرق الأمر وقتاً أطول للنماذج ثنائية الأبعاد الأكبر وخاصة النماذج ثلاثية الأبعاد.

وفقاً للإرشادات المذكورة سابقاً، فإن حالة التحليل الستاتيكي الخطي وحالة التحليل الستاتيكي اللاخطي تنفذ حالياً مع نفس عامل التضخيم الديناميكي، ولكن هذا الإجراء قد يكون غير دقيق، لأن عامل التضخيم الديناميكي مدرج في التحليل الستاتيكي الخطي بغرض التعويض عن عدم قدرته على التنبؤ بالتأثيرات الديناميكية إضافةً إلى التأثيرات اللاخطية على المنشأ، بينما يتم تضمين عامل التضخيم الديناميكي في الحالة الستاتيكية اللاخطية بغرض التعويض عن عدم قدرتها على التنبؤ بالتأثيرات الديناميكية فقط، لذلك فإنه من المبالغة استخدام نفس قيمة عامل التضخيم الديناميكي لكلتا حالتا التحليل. ومما يستحق الملاحظة هو أنّ حالة التحليل الديناميكي الخطي لا تتطلب أي عامل تضخيم على الرغم من أن هذا التحليل لا يأخذ بعين الاعتبار أيًا من التأثيرات اللاخطية للانهياب التدريجي.

من الصعب تقييم عامل تضخيم ديناميكي لحالة التحليل الستاتيكي غير الخطي. عند إجراء تحليل ستاتيكي غير خطي بدون عامل التضخيم الديناميكي، ينتج عن التحليل نتائج مماثلة بشكل أساسي لحالة التحليل الستاتيكي الخطي غير المضخم. هذا هو الحال لأن الأحمال ليست كبيرة لإنتاج عزوم كبيرة بما يكفي لتشكيل مفاصل لدنة في الإطار. بالنسبة لمعظم الحالات التي تمت ملاحظتها، أظهرت الحالة الستاتيكية غير الخطية ذات عامل التضخيم الديناميكي 2 انحرافات وعزوم أعلى من الحالة الديناميكية غير الخطية. بالإضافة إلى ذلك، أظهرت الحالة الستاتيكية غير الخطية أحياناً أن المفاصل اللدنة تتجاوز الإشغال الفوري ومعايير قبول سلامة الحياة في الوقت نفسه، وأظهرت حالة التحليل الديناميكي غير الخطي أن تلك المفاصل نفسها قد تلدنت فقط. من الواضح أن حالة التحليل الستاتيكي غير الخطي متحفظة للغاية.

بناءً على الحالات المختلفة التي تم تحليلها، من الواضح أن عامل التضخيم الديناميكي 2 هو قيمة متحفظة. سيكون من المفيد تحديد عامل تضخيم ديناميكي أكثر دقة لاستخدامه مع حالة التحليل الستاتيكي الخطي. يمكن أن يؤدي عامل التضخيم

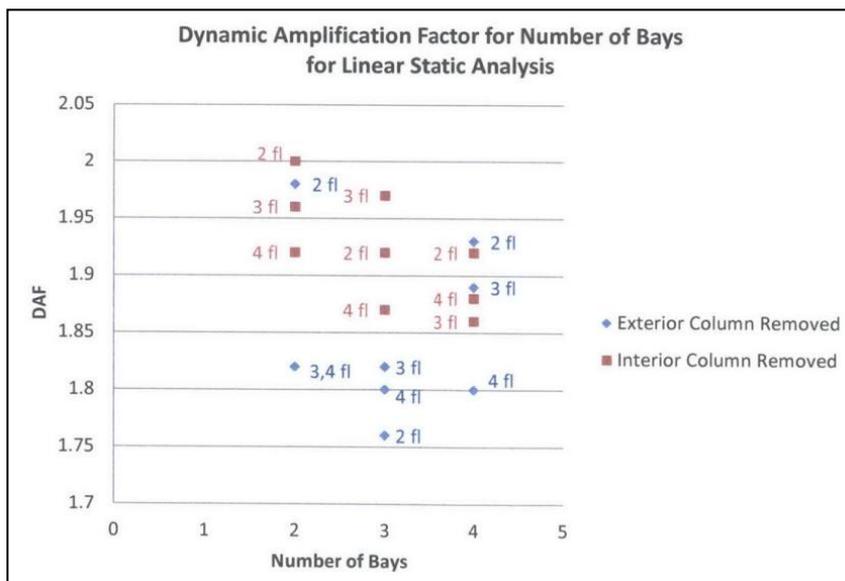
الديناميكي الأقل تحفظاً إلى تصميمات أكثر دقة تمنع الانهيار التدريجي مع الحفاظ على وقت التحليل عند الحد الأدنى. لم يتم تحديد عامل تضخيم ديناميكي ثابت من نطاق هذا التحليل. يجب إجراء مزيد من البحث لتحديد القيمة الفعلية لعامل تضخيم ديناميكي أقل تحفظاً.

8-الاستنتاجات:

عامل التضخيم الديناميكي (Dynamic Amplification Factor):

الإجراء الستاتيكي الخطي هو حالة التحليل الأكثر استخداماً في الواقع العملي لتحليل الانهيار التدريجي. حالياً، يستخدم الإجراء الستاتيكي الخطي تضخيماً ديناميكياً بمقدار 2 وهو تضخيم متحفظ. إذا أمكن تحديد عامل تضخيم ديناميكي أكثر دقة، فقد يؤدي ذلك إلى عدد أقل من المنشآت المبالغ في تصميمها لمنع الانهيار التدريجي. نظراً لتنوع تصميمات المباني، من المثير للاهتمام النظر في كيفية اختلاف عامل التضخيم الديناميكي مع عدد الطوابق وعدد المجازات.

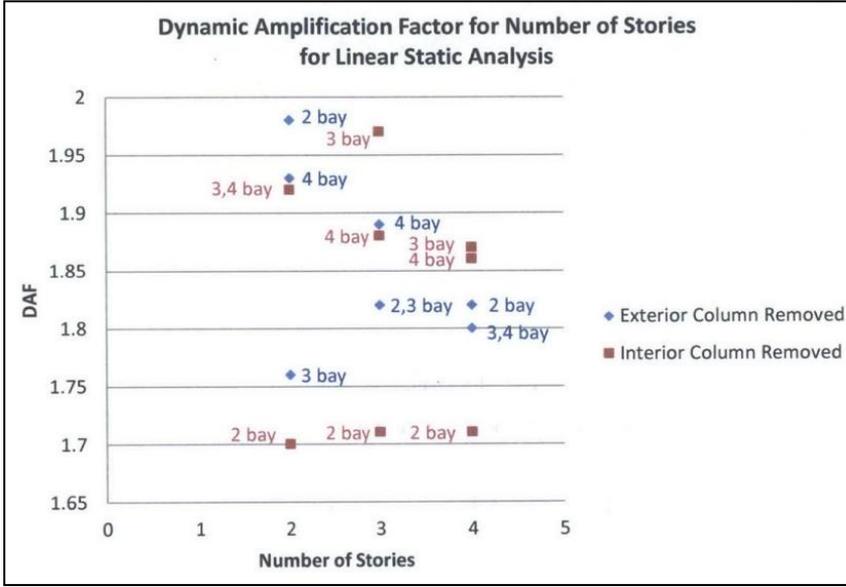
يوضح الشكل (18) عامل التضخيم الديناميكي المحدد للحالة الستاتيكية الخطية لعدد مختلف من المجازات. يقل عامل التضخيم الديناميكي مع زيادة عدد المجازات عند إزالة عمود داخلي. هذا متوقع لأنه عندما يحتوي الإطار على المزيد من الأعمدة، يكون هناك المزيد من المسارات لنقل الحمل. بالنسبة للعمود الخارجي الذي تمت إزالته، من غير الواضح كيف يؤثر عدد المجازات على عامل التضخيم الديناميكي.



الشكل (18): عامل التضخيم الديناميكي مع تغير عدد المجازات.

يوضح الشكل (19) تغير عامل التضخيم الديناميكي مع عدد الطوابق للإطار. ومع ذلك، لا يوجد ارتباط واضح بين عدد الطوابق وقيمة عامل التضخيم الديناميكي اللازمة لجعل التحليل الستاتيكي الخطي دقيقاً مثل حالة التحليل الديناميكي اللاخطي.

عامل التضخيم الديناميكي لإطارات معدنية بإزالة عمود



الشكل (19): عامل التضخيم الديناميكي مع تغير عدد الطوابق.

من خلال النظر إلى الإطارات المختلفة، يتضح أن التضخيم الديناميكي باستمرار أقل من 2. وهذا صحيح بالنسبة لجميع الإطارات التي تم تحليلها باستثناء الإطار 2x2 مع إزالة عمود داخلي حيث يكون DAF بالضبط 2. من المعقول أن يكون التضخيم الديناميكي كبير للإطار ذو الفتحتين لأنه عند تضرر العمود وإزالته من هذا الإطار، لا يتبقى سوى عمودين لتحمل كل الحمل.

عوامل التضخيم الديناميكي المحددة من الانتقالات هي الحالة الحاكمة لهذه الإطارات. عوامل التضخيم الديناميكي المحسوبة من الانتقالات أكبر بكثير من تلك المحسوبة من العزوم. قيمة DAF المحسوبة بالاعتماد على العزم أقل من 1.71 لجميع الإطارات التي تمت مناقشتها في هذه الأطروحة باستثناء الإطار 3x3 مع إزالة العمود الداخلي حيث يكون عامل التضخيم الديناميكي هو (1.98). من المرجح أن يكون عامل التضخيم الديناميكي لعزم الانحناء مناسباً لمنع الانهيار عندما تحكم المقاومة على التساوية. في الحالة التي تكون فيها المقاومة أكثر أهمية من الانحراف، فإن عامل التضخيم الديناميكي المساوي للقيمة 2 كبير جداً لتطبيقات التصميم.

9-التوصيات:

نقترح التوصيات التالية لأبحاث مستقبلية:

- 1- النظر في كيفية اختلاف عامل التضخيم الديناميكي بين الإطارات العزمية والإطارات المربطة.
- 2- حساب عوامل التضخيم للمباني ذات الارتفاعات المختلفة، إذ أنه من شأن مقارنة عوامل التضخيم للمباني المنخفضة إلى المتوسطة أن تساعد في تحسين تحفظ العامل.
- 3- سيكون من المفيد النظر في المباني ثلاثية الأبعاد لأنه في مثل هذه الحالة، إذا تمت إزالة أحد الأعمدة، فهناك عدد كبير من المسارات الأخرى التي يمكن نقل الحمولة من خلالها.
- 4- أخذ نوع الوصلات بعين الاعتبار أهي من النوع الصلب كلياً (Fully Rigid) أم جزئياً (Partially Rigid).
- 5- أخذ قساوة العقدة Panel Zone بعين الاعتبار.
- 6- محاولة دراسة الأبنية القائمة وتقويتها ضد الانهيار التدريجي.
- 7- تقييم عامل التضخيم الديناميكي للانهيار المتتالي بتغيير موقع العمود المزال ضمن الطوابق المختلفة.

- 1– ASCE (2006). Minimum design loads for buildings and other structures (ASCE7–05) including Supplement No.2, American Society of Civil Engineers, Reston, VA
- 2–International Code Council (IBC). (2003). International Building Code, Falls Church, VA.
- 3– Lew, H.S. “Analysis Procedures for Progressive Collapse of Buildings.” 2003.
- 4– Marjanishvili, S. M. “Progressive Analysis Procedure for Progressive Collapse.” Journal of Performance of Constructed Facilities 18.2 (2004):79–85.
- 5– Marjanishvili, Shalva, and Elizabeth Agnew (2006). “Comparison of Various Procedures for Progressive Collapse Analysis. “Journal of Performance of Constructed Facilities 20(4), pp. 365–374.
- 6– Mckay, Aldo, Matt Gomez, and Kirk Marchand. Non–linear Dynamic Alternate Path Analysis for Progressive Collapse: Detailed Procedures Using UFC 4–023–03. July 2009.
- 7– GSA. (2003). Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Modernization Projects. US General Service Administration Washington, DC.
- 8– Ruth, Peter, Kirk A. Marchand, and Eric B. Williamson. “Static Equivalency in Progressive Collapse Alternate Path Analysis:

Reducing Conservatism While Retaining Structural Integrity.

“Journal of Performance of Constructed Facilities 20.4

(2006):349–64.

9– Pearson, Cynthia, and Norbert Delatte. "Ronan Point Apartment Tower Collapse

And Its Effect on Building Codes.” Journal of Performance of Constructed Facilities 19.2 (2005): 172–77.Print.

10– Ruparelia, Ketul. “ An Overview of Progressive Collapse.” Structural Engineering Digest.2013.Web.

11– Seffen. K. A. “ Progressive Collapse of the World Trade Center: Simple Analysis. “ Journal of Engineering Mechanics 134.2 (2008): 125. Print.

12– Ellingwood, B. R., Smilowitz, R., Dusenberry, D. O., Duthinh, D., Lew, H. S., & Carino, N. J. (2007). Best practices for reducing the potential for progressive.

13– World Trade Center. N.d. In Wikipedia. Retrieved February 3,2017, from <https://en.Wikipedia.or/wiki/Collapse> of the World Trade Center.

14– Hamburger, Ronald, William Baker, Jonathan Barnett, Christopher Marrion, James Mike, and Harold Nelson. "World Trade Center Building Performance Study: Data Collection, Preliminary Observations, and Recommendations." Federal Emergency Management Agency FEMA.403 (2002): 72–73. Web.

دراسة سلوك اجهاد-تشوه لعينات اسطوانية من البيتون ذاتي الدمك SCC والمنتجة من المواد المحلية

**اسم الباحث : م.عمار طواشي-دكتوراه هندسة إنشائية-كلية الهندسة
المدنية-جامعة البعث.**

موبايل:0956125924، أيميل: atawashi@albaath-univ.edu.sy

**المشرف: د.م سليمان العامودي-أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية-
جامعة البعث.**

موبايل:0944880263، أيميل: dr.s.amoudi.1@gmail.com

Study of Stress-Strain behavior of self-compacting concrete SCC Cylindrical Samples Produced of Local Materials

Researcher Name: Eng. Ammar Tawashi – PhD of Structural
of Civil Engineering – AL-Baath University. Engineering – Faculty

Mobile: 0956125924, E: mail atawashi@albaath-univ.edu.sy

Supervisor: Dr. Soleman Al-Amoudi -Assistant Professor at the
Faculty of Civil Engineering - Al-Baath University.

Mobile: 0944880263, E: mail dr.s.amoudi.1@gmail.com

ملخص:

إن الهدف الأساسي من البحث القدرة على إنتاج بيتون ذاتي التوضع (الدمك) من مواد البناء المحلية فقط، يتم إنتاجه واختباره تجريبياً، ويتمتع بقابلية تشغيل عالية، قادر على المرور والانسحاب ضمن العنصر البيتوني والتغلغل بسهولة بين قضبان التسليح دون حدوث انفصال للمزيج البيتوني، مما يمكننا من استخدامه في اعمال التشييد، والترميم والتدعيم وبأقل التكاليف للإنتاج.

تم إنتاج ثلاثة خلطات بيتونية بثلاثة عيارات للاسمنت ($550,500,450 \text{ kg/m}^3$)، و ثلاثة انواع من الملدنات (HRW, Sikament, S) ونسبتي ملدن (2%,2.5%) من وزن الاسمنت، وتم دراسة خصائص هذا النوع من البيتون بحالتيه الطرية والصلبة لتحديد المقاومة الاسطوانية المميزة، وتمثيل منحنى إجهاد-تشوه (6,6) للعينات المختبرة على عمر 28 يوم، ومقارنة النتائج مع نماذج (6,6) لدراسات وأبحاث سابقة، وأوضحت النتائج تقارباً يصل حتى (80%)، وأن أقرب منحنى يوصف الحالة هو منحنى العالم بوبوفيتش POPOVICS بجزئه الصاعد، ومنحنى الكود الاوربي EURO-CEB بجزئه الهابط.

الكلمات المفتاحية:

(البيتون المسلح- بيتون ذاتي التوضع-ذاتي الدمك- الملدنات- اجهاد-تشوه- قابلية التشغيل)

Abstract:

The main purpose of this research is the ability to produce self-compacting concrete from only local building materials, it is produced and tested experimentally, and it has a high operability and able to pass and flow within the concrete member and easily penetrate between the reinforcing bars without the occurrence of separation or accumulation of the concrete mixture This enables us to use it in construction, restoration and strengthen at the lowest costs of production.

Three concrete mixtures have been produced with three grades of cement (550,500, and 450 kg/m³) and three types of chemical plasticizers (HRW, Sikament, and S) and two ratios (2%, and 2.5%) of the weight of cement, The characteristics of this type of concrete in its fresh and solid states were studied to determining the cylindrical strength, measuring the stress-strain curve (σ, ϵ) for the tested samples at the age of 28 days, and comparing the results with models (σ, ϵ) for previous reference studies and research, the results showed That the convergence of the curves reaches up to (80%), and that the closest curve to describe the case is the POPOVICS curve with its ascending part and the EURO-CEB curve with its descending part.

key words:

(Reinforced Concrete- self-compacting concrete SCC- plasticizer - stress - strain - operability)

1- المقدمة:

يعتبر البيتون المسلح بأنواعه أهم مواد الإنشاء وأكثرها استخداماً، وأول استخدام حديث له في القرن التاسع عشر قد سبب ثورة تكنولوجية في صناعة البناء وأصبحت واحدة من أكثر مواد البناء شيوعاً.

البيتون المسلح التقليدي والذي تم استخدامه على مدى طويل في تشييد الأبنية التجارية والسكنية واجه عدة تغييرات في تركيبته، من خلال تغيير نسب وأوزان المواد الداخلة بتركيبه أو من خلال إضافة مواد (طبيعية أو مصنعة) محسنة له، بنسب محددة، والهدف من ذلك الوصول لخليط بيتوني مُحَسَّنٌ ومُطَوَّرٌ يعطي خواص مرغوبة بحالته الطرية ومقاومة عالية لمختلف الإجهادات المؤثرة فيه بالحالة الصلبة.

توازياً مع ذلك، البحث للحصول على خليط بيتوني يحقق قابلية تشغيل عالية ومقاومة عالية نسبياً كان جُلَّ اهتمام العديد من الباحثين.

ومع التطور التكنولوجي بالصناعة الإنشائية تم الوصول لبيتون حديث ذاتي التوضع والرص SCC ويعد أهم التطورات في صناعة البيتون والبناء في الوقت الحالي، فقد ازداد استخدامه بصورة ملحوظة في السنين الأخيرة بأعمال التشييد الإنشائي كبديل عن استخدام البيتون العادي، لقابلية التشغيل العالية التي يتمتع بها البيتون ذاتي التوضع فهو قادر على الإنسياب والمرور خلال العناصر الإنشائية بتأثير وزنه الذاتي فقط، من خلال إضافة مواد مُحَسِّنة لمواصفات المزيج البيتوني [1]، دون حصول انفصال بمكوناته ومهما كانت كثافة التسليح، بالإضافة للميزات الأخرى التي يتميز بها البيتون ذاتي التوضع مقارنة مع البيتون العادي من حيث الجودة، وتخفيض تكاليف التشييد المتعلقة برج البيتون فهو قادر على رص نفسه بنفسه بطريقة كاملة ومنتظمة وبالتالي طرد الهواء المحصور وتكوين أسطح بيتونية ملساء وكثيفة، إضافةً لخفض العمالة المطلوبة لصبه و الزمن اللازم لأعمال التشييد [6]، وحيث اعتمد إنتاج هذا النوع من البيتون بصورة أساسية على

نسب تجريبية، اختلفت هذه الخلطات باختلاف خصائص المواد والاضافات الداخلية في تركيبها، إلا أن هناك عدد من المعايير الخاصة وضعت لتحديد خواص هذا البيتون، ولتجنب الحصول على خلطات سيئة من حيث المقاومة و قابلية التشغيل المطلوبة.

فقد قام الباحثون (AL-HARIRI S and ALAEED M) من جامعة دمشق [2] بإعداد بحث يوصف تكنولوجيا إنتاج البيتون ذاتي التوضع عالي المقاومة باستخدام المواد المحلية وأهميته في صناعة التشييد، واستخدموا عدة عيارات للاسمنت وعدة نسب ل(W/C) والسيليكيا فيوم كمادة مالئة، وتم الحصول على مقاومات عالية تصل وسطياً حتى (50 Map).

كما قدم الباحثون (Selvi.K, T.Mahendran, N.Atthikumaran) من جامعة ناندها في الهند [8] بإعداد بحث يوصف الخواص الطازجة لبيتون ذاتي الدمك تم انتاجه باستخدام الرماد المتطاير كمادة مالئة اضافية وبنسب مختلفة للخلطات وبالإضافة بدراسة عامل مرونة عينات اسطوانية مصنوعة من هذا البيتون.

ودرس الباحث (Jianjie Yu) من جامعة هانغ كونغ نانشنغ في الصين [7] تأثير اضافة مواد مطاطية بنسب مختلفة على التغيير المنتظم لأداء تشوه البيتون ذاتي التوضع بدراسة منحنى اجهاد-تشوه.

مما سبق نلاحظ قيام الباحثون باستخدام مواد مالئة ناعمة مثل الرماد المتطاير والسيليكيا فيوم في انتاج البيتون ذاتي التوضع لتحسين خصائصه، مع محاولة بحثية لاستخدام مواد مطاطية لدراسة أثره على تشوه البيتون، هذا ماتجنبناه في بحثنا من استخدام مواد إضافية مكلفة وغير متاحة بشكل دائم، ومحاولة انتاج بيتون ذاتي التوضع من المواد المحلية فقط يحقق المطلوب بحالتيه الطرية والصلبة.

2- مشكلة البحث

إن استخدام البيتون ذاتي التوضع (SCC) في أعمال التشييد الإنشائي بديلاً عن البيتون العادي يعتبر من الأمور الجيدة والمثيرة للإهتمام لإنتاج بيتون ذو مواصفات مرغوبة وقابلية تشغيل جيدة بعد أن كان استخدامه مقتصرًا لتطبيقات الإصلاح، ورغم التقدم العلمي الكبير في مجال إنتاج البيتون ذاتي التوضع لاستخدامه في تطبيقات الصب في المكان والبيتون الجاهز، إلا أنه لا توجد طريقة ثابتة خاصة ومرجع معتمد

يحدد نسب مدروسة للمواد الداخلة في إنتاجه من حصويات وإسمنت ومواد إضافية أخرى، والإعتماد على نسب تجريبية لأبحاث سابقة ودراسات خاصة من خلال إجراء خطوات تجريبية غايتها الوصول إلى إنتاج بيتون ذو قابلية تشغيل جيدة بأقل كلفة اقتصادية وأعلى مقاومة ممكنة، والتي قد اعتمدت على مبدأ أن النسب المثلث من المواد اللازمة لإنتاج البيتون ذاتي التوضع تختلف باختلاف مواصفات المواد المختارة بعد ذاتها، فذلك يعتبر ناحية جدل في البيتون ذاتي التوضع إلى حد الآن، حيث أن الإختيار الخاطئ للمواد والنسب غير المناسبة تؤدي إلى نتائج خاطئة، وعدم التوصل إلى بيتون ذو مواصفات وخواص محددة يحقق المقاومة المطلوبة في العناصر المصنوعة منه للعوامل المحيطة.

3- هدف البحث:

يهدف بحثنا لإجراء مقارنة سلوكية لعينات مصنعة مخبرياً من البيتون ذاتي التوضع SCC من المواد المحلية، ودراسة السلوك الاجهادي-التشوهي (6,8) للعينات المخبرية ومقارنتها مع نماذج منحنيات تجريبية بحثية.

4- الدراسة المرجعية:

يُعرف البيتون ذاتي التوضع SCC بأنه بيتون عالي التدفق، ثابت ومستقر [1] ويمكن أن ينتشر من مكان الضخ ويملئ القوالب ويغلف فولاذ التسليح دون أي دمك ميكانيكي أو رص يدوي.

وبالتالي فإن خليط البيتون ذاتي التوضع يصنف بأنه بيتون ذاتي (الدمك) إذا توفرت فيه المتطلبات الأساسية لقابلية التشغيل [11] التالية:

- قابلية الملئ العالية تحت تأثير وزنه الخاص (Filling Ability).
- مقاومة الانفصال العالية (الاستقرار) (Segregation Resistance).
- القدرة على التدفق والانسياب العالية (Passing Ability).

4-1 طرق اختبار قابلية التشغيل للبيتون ذاتي التوضع:

هناك العديد من طرق الاختبار المستخدمة لمراقبة قابلية تشغيل البيتون ذاتي التوضع SCC للتحقق من الخلطة المشكلة في الميدان، فإلى الآن لا يوجد طريقة معتمدة عالمياً لقياس الخواص الطرية له [5]، وبالتالي كان لابد من تطبيق عدد من طرق الاختبار الخاصة بقابلية الملىء، ومقاومة الانفصال، والقدرة على التدفق والانسياب لكل خلطة مشكلة للتأكد من تحقق المتطلبات المذكورة آنفاً.

إن قابلية التشغيل في البيتون ذاتي التوضع يعتمد على عدة عوامل [10] منها:
(نوع المنشأة - معدات الضخ و نقاط توضع البيتون - كثافة فولاذ التسليح ودرجة تعقيد الكوفراج - تفاصيل التصميم الهيكلي).

وهناك العديد من المعايير التي يجب أن تؤخذ بالاعتبار عند تصميم خلطات البيتون ذاتي التوضع للوصول للمواصفات المطلوبة للخلطة ومنها:
(الخواص الهندسية للعنصر المصبوب - خواص المواد الداخلة بالخلطة - تكنولوجيا الصب وغيرها..).

4-2 المواد اللازمة لإنتاج البيتون ذاتي التوضع SCC:

لما كانت المواد الداخلة في تركيب خليط SCC مشابهة لتلك المستخدمة في إنتاج البيتون التقليدي من حصويات خشنة وناعمة وإسمنت، إلا أنه يجب إضافة بعض المواد الأخرى للخلطة البيتونية لتحسين قابلية التشغيل لها [3]، والحصول على بيتون ذو جودة مطلوبة، وتتطلب هذه الاعتبارات الاختيار السليم والجيد للمواد اللازمة لتشكيل الخلطة البيتونية SCC ومطابقتها للمواصفات القياسية المطلوبة للوصول للخصائص المذكورة أعلاه والحصول على مقاومات بيتونية عالية، ويمكن أن تتوزع المواد وفق التالي [5]:

(الحصويات الخشنة - الحصويات الناعمة - المواد الناعمة والاسمنت - الماء - الإضافات (كالملدنات) وغيرها).

5- تكنولوجيا إنتاج البيتون ذاتي التوضع SCC

كما ذكرنا سابقاً أنه لا توجد طريقة ثابتة ومعتمدة في إنتاج البيتون ذاتي التوضع SCC، إلا أنه يوجد عدد من الخلطات البيتونية ذاتية التوضع SCC تم إنتاجها واختبارها في الدلائل الإرشادية الهندسية وأبحاث أكاديمية سابقة، تعتمد بشكل أساسي على نسب

وأوزان تقديرية للمواد الداخلة في تركيبها، وتختلف بدورها باختلاف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمواصفات الهندسية لتلك المواد، بما يحقق الهدف المحدد لاستخدامها من حيث قابلية التشغيل والمقاومات المطلوبة، إلا أن لجميع تلك الخلطات التجريبية الشكل العام نفسه لمراحل تركيبها والتي تتلخص [5]:

(تحديد هبوط الانسياب "قطر الانتشار" و $T_{50} (sec)$ الهدف - اختيار نسبة الحصىات الخشنة - تقدير المحتوى الاسمطي المطلوب والماء - حساب حجم العجينة والملاط - تحديد الخليط - إجراء خلأط تجريبية - إجراء الاختبارات اللازمة للتحقق من سمات البيتون ذاتي التوضع من حيث قابلية التشغيل - ضبط نسب الخليط بناءً على نتائج الاختبارات - إجراء المزيد من الاختبارات من أجل مطابقة النتائج، حتى يتم تحقيق الخصائص المطلوبة من الخليط).

6- مراقبة جودة البيتون ذاتي التوضع SCC:

مراقبة الجودة أمر بالغ الأهمية بالنسبة للبيتون ذاتي التوضع SCC، ويجب إجراء اختبار مراقبة الجودة بواسطة موظفين ذوي خبرة [1]، للتحقق من الخواص المطلوبة لهذا النوع من البيتون وذلك عن طريق إجراء العديد من التجارب المخبرية ومطابقة تحقيقه للمواصفات المطلوبة أم لا.

7- الدراسة التجريبية في مخبر البيتون المسلح في جامعة البعث

من أجل إنتاج مزيج بيتوني متجانس من البيتون ذاتي التوضع SCC ضمن المخبر فإن ذلك يتطلب القيام بعدة مراحل وهي كالتالي:

- تحديد المواد الأساسية الداخلية في تركيب الخلطة البيتونية والتي تختلف باختلاف الخواص الفيزيائية والهندسية لها وتحدد بدورها خواص المزيج البيتوني بحالته الطرية والصلبة.
- تحديد نسب واوزان المواد المحلية الداخلة بتشكيل الخليط البيتوني.

- إجراء تجارب الخواص الطرية للمزيج البيتوني والتي تتضمن خصائص قابلية التشغيل والتي تعطي بدورها المزيج الأمثل.
- إجراء تجارب الخواص الصلبة بتحديد قيمة مقاومة البيتون واستنتاج مخطط (6,6)، ومقارنة السلوك الاجهادي والتشوهي للبيتون المنتج.

7-1 مواد البناء الاساسية المستخدمة في انتاج البيتون ذاتي التوضع SCC:

تم التحقق من المواد المستخدمة في إنتاج البيتون ذاتي التوضع SCC محلي الصنع، من خلال إجراء التجارب المخبرية الأساسية عليها، في مخابر كلية الهندسة المدنية في جامعة البعث، وبالاعتماد على المواصفات الفنية للمواد المضافة والتي تحددها الشركات المنتجة في الجمهورية العربية السورية.

• الحصىات الخشنة:

حصىات متدرجة، مكسرة، حادة الحواف وذات سطح متوسط الخشونة، مأخوذة من مقالع منطقة حسياء في ريف حمص كما هو موضح بالشكل رقم(1)، مطابقة للمواصفات القياسية السورية رقم (332) لعام 2007، والتي تعتبر ذات جودة عالية في انتاج البيتون المسلح فقد تم استخدام حصىات خشنة [4] ذو مقياس أقصى 12.5mm.



الشكل رقم (1) الحصىات الخشنة

• الحصىات الناعمة:

تم استخدام نوعين من الحصىات الناعمة وهي كالتالي:
الرمل القيرواني كما موضح بالشكل رقم(2).

حسياء-ريف حمص).

رمل الكسر (من مقالع



الشكل رقم (2) الحصويات الناعمة

● المواد الناعمة و الإسمنت البورتلاندي:

من أجل الحصول على مزيج بيتوني ذاتي التوضع SCC مصنع من المواد المحلية المتاحة، يمكننا استخدامه في التطبيقات الهندسية المختلفة، ويحقق المتطلبات الأساسية منه من حيث قابلية التشغيل والمقاومة المقبولة، تم استخدام الاسمنت البورتلاندي ماركة 32.5 نيوتن/مم² مطابق للمواصفات القياسية السورية-1 رقم 3800 عام 2015 كمادة ناعمة أساسية للخليط ممثلاً عن المواد الناعمة الاخرى المحسنة للخليط، وبعدة عيارات كما موضح بالجدول رقم (1)، وذلك للتحقق من أثر المحتوى الاسمطي على مقاومة الببتون وقابلية تشغيل الخليط.

الجدول رقم(1) عيارات الاسمنت المستخدمة

عيار الاسمنت ضمن المزيج Kg/m ³		
450 Kg/m ³	500 Kg/m ³	550 Kg/m ³

● الماء:

تم استخدام ماء صالح للشرب، نظيف، خالي من الزيوت والمواد الضارة، فقد أبدت الخلطات الببتونية استجابة عند النسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ ، لذلك تم اعتماد هذه النسبة لجميع خلطات SCC.

● الاضافات:

تم استخدام ثلاث أنواع من الملدنات، وبنسبتين (2.5% , 2%) من وزن الاسمنت [3] في الخلطات التجريبية كما موضح بالجدول (2).

الجدول رقم(2) أنواع الملدنات

S	Sikament	HRW	أنواع الملدنات
2%, 2.5%			نسبة الملدن من وزن الاسمنت

8- التجارب المخبرية

قبل البدء بإجراء التجارب يجب التأكد من عدم اختلاف محتوى الرطوبة في الركام والتي يمكن أن تسبب بدورها خلل في اعداد الخلطة البيتونية، ولها أثر كبير على قابلية تشغيل SCC مقارنة مع الخلطة التقليدية، حيث وضعت المواد ضمن فرن كهربائي على درجة 110C، ولمدة 24 ساعة للتخلص من الرطوبة الزائدة ضمنها.

قمنا بإجراء عدد من الخلطات البيتونية التجريبية باستخدام الخلط اليدوي، فقد تم تحديد النسب والأوزان اللازمة لكل خلطة بالاستعانة بالدراسات والأبحاث السابقة، كما إن عملية خلط البيتون تمت على مراحل متتالية [10] وفق التالي:

(تحديد الأوزان والنسب اللازمة للخلطة التجريبية باستخدام ميزان الكتروني دقيق - الخلط الجاف للمواد الحصوية والاسمنت - اضافة الماء والملدن بشكل تدريجي - البدء بتجارب ضبط الجودة و قابلية التشغيل مع الاستمرار في خلط المزيج).

8-1 الخلطات التجريبية ذات المحتوى الاسمتي 550 kg/m3:

ضمن هذه الخلطات تم استخدام عيار اسمنت 550 kg/m3، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ ثابتة كما موضح بالجدول (3)، وثلاثة أنواع من الملدنات (S, HRW, Sikament)، فقد استجابت الخلطات الثلاث عند نسبة ملدن 2%، فقد تم ملاحظة أن سلوك المزيج الحاوي على الملدن "HRW" كان الأفضل من حيث قابلية تشغيل وتجانس الخليط والتي تم التحقق منها باستخدام تجارب قابلية التشغيل المذكورة سابقاً، والمزيج الحاوي على الملدن "Sikament" كان أقل جودة، فقد لوحظ نزيف وحدوث انفصال طفيف للمزيج، أما بالنسبة للخليط الحاوي على الملدن "S" كان الأسوء، فقد أعطى مزيج بيتوني بقابلية تشغيل غير مثالية ما أن يخلط المزيج إلا ويبدأ بالتجمد، لذلك تم استبعاده في الخلطات التجريبية اللاحقة.

الجدول رقم (3) مواد البناء المستخدمة بانتاج خلاط البيتون عند عيار اسمنت 550 Kg/m3

النسبة/الكمية	الوحدة	مواد البناء المستخدمة
2%	%	نسبة الملدن
0.39	-	W/C
550	kg/m ³	الاسمنت
625	kg/m ³	الرمل
1000	kg/m ³	البحص

8-1-1 الخطة الأولى من الببتون ذاتي التوضع SCC عيار اسمنت 550 Kg/m³

وباستخدام الملدن HRW:

ضمن هذه الخطة أُستخدم المضاف الكيميائي (HRW)، ونسبة 2% من وزن الاسمنت، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ و عيار أسمنت 550 Kg/m³، وكانت نتائج قابلية التشغيل للخطة الببتونية SCC وفق التالي:

- اختبار هبوط الانسياب (قطر الانتشار) SF والزمن T_{50} (sec):

وَضِعَ المخروط بمنصف الدائرة 50 cm الشكل رقم(3)، تم ملئه من الببتون ذاتي التوضع SCC، ومن ثم رفعه مرة واحدة للأعلى وأخذ القياسات. وفق النتائج الموضحة بالجدول رقم (5) يعتبر الببتون ذو لزوجة عالية وقابلية ملئ وجريان جيدة، ويمكن تصنيفه تحت الصنف SF1 والذي يمكن استخدامه في منشآت الببتون ذات التسليح الخفيف أو غير المسلح-المقاطع الصغيرة.



الشكل رقم (3) يوضح هبوط الانسياب

- اختبار J-ring:

وَضِعَ مخروط أبرامز بمنتصف الدائرة 50 cm وأُحيط بالحلقة J، من أجل تمرير المزيج من قضبان التسليح [11]، ومن ثم اتباع نفس خطوات تجربة هبوط الانسياب كما موضح بالشكل رقم(4)، فوفقاً للنتائج الموضحة بالجدول رقم (5) يعتبر الخليط ذو لزوجة مقبولة و قدرة جيدة على المرور والجريان ضمن قضبان التسليح.



الشكل رقم (4) يوضح تجربة J-ring

• اختبار الانفصال SR:

وَضِعَت عينة من المزيج البيتوني على المنخل ذو الفتحة 4.75mm، كما موضح بالشكل رقم(5)، دون رص أو دمك لها، ومن ثم التحقق من ثبات المزيج وعدم قابليته للانفصال وقد تبين أن انفصال الخليط ضمن الحدود المسموحة.



الشكل رقم (5) يوضح تجربة الانفصال

• اختبار مؤشر الثبات المرئي (VSI):

أعطى الملدن حالة عدم وجود انفصال أو نزف في مركز انتشار البيتون، وبالتالي يمكن ان يأخذ تصنيف عالي الثبات، و يكون رقم مؤشر الثبات المرئي $VSI=0$ كما موضح بالشكل رقم (6).



الشكل رقم (6) يوضح المزيج البيتوني وتقييمه مرئياً

• المقاومة الاسطوانية:

قمنا بصب عينات أسطوانية بأبعاد (30×15 سم) من الخلطة الاولى كما هو موضح بالشكل رقم (7)، لوحظ وجود تعشيش منخفض على سطح إحدى العينات، غُمرت بالماء وتم إخراجها قبل 24 ساعة من كسرها في عمر 7 أيام للنتبؤ بقيم المقاومات المتوقعة و على عمر 28 يوم الجدول رقم(4).

الجدول رقم (4) المقاومة الاسطوانية المميزة

المقاومة الأسطوانية على عمر 28 يوم MPA	خواص العينات				عينات SCC
	قوة الكسر kN	الوزن الحجمي t/m^3	الوزن kg	الحجم cm^3	
31.19	554	2.36	12.53	5301	HRW-550-00
37.61	665	2.38	12.56	5268	HRW-550-01
31.12	550	2.35	12.46	5301	HRW-550-02

- تم قياس السلوك الميكانيكي للعينات الاسطوانية[9]، فقد كان منحنى (اجهاد- تشوه) 6- كما هو موضح بالشكل رقم(10).



الشكل رقم (7) يوضح الاسطوانات البيتونية

8-1-2 الخطة الثانية من البيتون ذاتي التوضع SCC عيار اسمنت 550 Kg/m3

وباستخدام الملدن SIKAMENT:

ضمن هذه الخطة أُستخدم المضاف الكيميائي (SIKAMENT)، بنسبة 2% من وزن الاسمنت، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ و عيار أسمنت 550 Kg/m3، ومن خلال نتائج قابلية التشغيل للخطة البيتونية تبين:

- يعتبر البيتون ذو قابلية ملئ وجريان جيدة، ويمكن تصنيفه تحت الصنف SF1 والذي يمكن استخدامه في منشآت البيتون ذات التسليح الخفيف أو غير المسلح-المقاطع الصغيرة.
- يعتبر الخليط ذو لزوجة مقبولة و قدرة عالية على المرور والجريان ضمن قضبان التسليح.
- انفصال الخليط فوق الحدود المسموحة كما هو موضح بالجدول رقم(5).
- حالة وجود كومة حصويات مجمعة دون حدوث نزع، وبالتالي يمكن ان يأخذ تصنيف منخفض الثبات كما موضح بالشكل رقم (8)، و رقم مؤشر الثبات المرئي $VSI=2$.



الشكل رقم (8) يوضح المزيج البيتوني وتقييمه مرئياً

- تم قياس السلوك الميكانيكي للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم [9]، فقد كان منحنى (اجهاد-تشوه 6-8) وفق الشكل رقم (10).

8-1-3 الخطة الثالثة من الببتون ذاتي التوضع SCC عيار اسمنت 550 Kg/m3

وباستخدام الملدن S:

ضمن هذه الخطة أُستخدم المضاف الكيميائي (S)، بنسبة 2% من وزن الاسمنت، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ و عيار أسمنت 550 Kg/m3، ومن خلال نتائج قابلية التشغيل للخطة الببتونية تبين:

- يعتبر الببتون ذو قابلية ملئ وجريان مقبولة، ويمكن تصنيفه تحت الصنف SF2 والذي يمكن استخدامه للعديد من التطبيقات العادية.
- يعتبر الخليط ذو لزوجة عالية جداً و قدرة منخفضة على المرور والجريان ضمن قضبان التسليح.
- انفصال الخليط ضمن الحدود المسموحة كما هو موضح بالجدول رقم(5).
- حالة وجود هالة ملاط وكومة حصويات كبيرة مجمعة في مركز انتشار الببتون كما موضح بالشكل رقم(9)، مع ملاحظة حدوث انفصال ونزيف، يأخذ تصنيف منخفض الثبات جداً، ورقم مؤشر الثبات المرئي $VSI=3$.



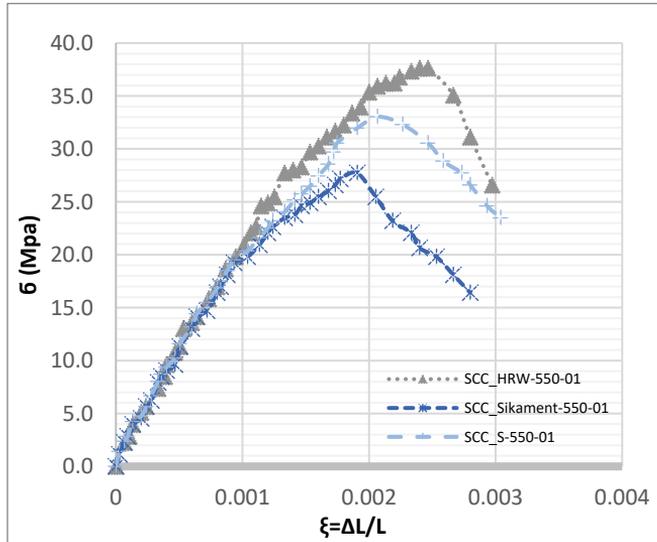
الشكل رقم (9) يوضح المزيج الببتوني وتقييمه مرئياً

- تم قياس السلوك الميكانيكي للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم [9]، فقد كان منحنى (اجهاد-تشوه $\xi-6$) وفق الشكل التالي رقم (10).
- يبين الجدول رقم(5) أدناه خصائص قابلية التشغيل للخلطات المختبرة، والمشكلة من نسب وأوزان موحدة للمواد والاضافات الداخلة بتصنيعها عند عيار اسمنت 550 Kg/m3، باختلاف فقط نوع الملدن:

الجدول رقم (5) خصائص قابلية تشغيل الخلطات البيتونية المخبرية عند عيار اسمنت 550 Kg/m³

الحدود المقبولة	S	SIKAMENT	HRW	المدن	خصائص قابلية التشغيل
	الخلطة الثالثة	الخلطة الثانية	الخلطة الأولى	الوحدة	
55-65	68	55	58	cm	هطول الانسياب
-	8.86	6.47	5.4	sec	زمن الانسياب
≥ 80%	72%	98%	86%	(D _J %)	J-ring
≤ 15%	4.85%	13.30%	6.42%	(SR%)	اختبار الانفصال
-	VSI=3	VSI=2	VSI=0	-	VSI

كما يوضح الشكل رقم (10) ادناه منحنيات (اجهاد-تشوه ξ-6) للخلطات المختبرة المذكورة أعلاه:



الشكل رقم (10) منحنيات (اجهاد-تشوه ξ-6) لعينات SCC المختبرة عند عيار اسمنت 550 Kg/m³

2-8 الخلطات التجريبية ذات المحتوى الاسمنتي 500 kg/m³:

ضمن هذه الخلطات تم استخدام عيار اسمنت 500 kg/m³، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ ثابتة، ونوعين من المدانات (HRW, SIKAMENT)، حيث استجابت الخلطات عند نسبة ملدن 2.5%، وفي هذه الحالة أيضاً سلوك المزيج الحاوي على المدن "HRW" كان الأفضل

من حيث قابلية تشغيل وتجانس الخليط، والمزيج الحاوي على الملدن "SIKAMENT" كان أقل جودة، فقد لوحظ أيضاً حدوث نزع وانفصال طفيف للمزيج.

1-2-8 الخلطة الأولى من البيتون ذاتي التوضع SCC عيار اسمنت 500 Kg/m3

وباستخدام الملدن HRW:

ضمن هذه الخلطة أُستخدم المضاف الكيميائي (HRW)، بنسبة 2.5% من وزن الاسمنت، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ و عيار أسمنت 500 Kg/m3، حيث كانت نتائج قابلية التشغيل للخلطة البيتونية SCC كما هو موضح في الجدول رقم(6)، من خلال التحقق باستخدام تجارب الخواص الطرية الموضحة بالشكل رقم (11):



الشكل رقم (11) يوضح تجارب الخواص الطرية

وفق النتائج الموضحة يعتبر الخليط ذو لزوجة وقابلية ملئ جيدة، والقدرة على المرور والجريان ضمن قضبان التسليح عالية، وانفصال الخليط ضمن الحدود المسموحة، ألا هناك ملاحظ بوجود نزع طفيف للمزيج وبالتالي يمكن أخذ مؤشر الثبات المرئي $VSI=1$.

تم قياس السلوك الميكانيكي للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم، فقد كان منحنى (اجهاد-تشوه 6-8) وفق الشكل التالي رقم (12).

2-2-8 الخلطة الثانية من البيتون ذاتي التوضع SCC عيار اسمنت 500 Kg/m3

وباستخدام الملدن SIKAMENT:

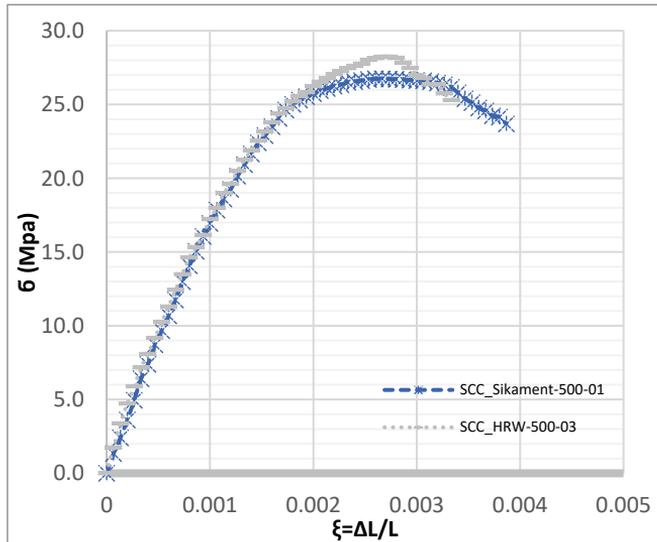
ضمن هذه الخلطة أُستخدم المضاف الكيميائي (SIKAMENT)، بنسبة 2.5% من وزن الاسمنت، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ و عيار أسمنت 500 Kg/m3، وفقاً للنتائج الموضحة في الجدول أدناه رقم(6)، يعتبر الخليط ذو لزوجة عالية وقابلية ملئ جيدة، والقدرة على المرور والجريان ضمن قضبان التسليح مقبولة، وانفصال الخليط ضمن الحدود

المسوحة، ويلاحظ وجود نزف طفيف وتشكل كومة حصويات في مركز انتشار المزيج، وبالتالي يمكن أخذ مؤشر الثبات المرئي $VSI=2$ ، كما تم قياس السلوك الميكانيكي للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم، فقد كان منحني (اجهاد-تشوه $\xi-6$) وفق الشكل التالي رقم (12).

الجدول رقم (6) خصائص الخلطات البيتونية المخبرية عند عيار اسمنت 500 Kg/m^3

الحدود المقبولة	SIKAMENT	HRW	الملدن	خصائص قابلية التشغيل
	الخلطة الثانية	الخلطة الأولى	الوحدة	
55-65	54	52	cm	هطول الانسياب
-	7.58	4.86	sec	زمن الانسياب
$\geq 80\%$	89%	96%	($D_f\%$)	J-ring
$\leq 15\%$	5.68%	4.06%	(SR%)	اختبار الانفصال
-	VSI=2	VSI=1	-	VSI

كما يوضح الشكل رقم (12) ادناه منحنيات (اجهاد-تشوه $\xi-6$) للخلطات المختبرة المذكورة أعلاه:



الشكل رقم (12) منحنيات (اجهاد-تشوه $\xi-6$) لعينات SCC المختبرة عند عيار اسمنت 500 Kg/m^3

3-8 الخلطات التجريبية ذات المحتوى الاسمنتي 450 kg/m³:

ضمن هذه الخلطات تم استخدام عيار اسمنت 450 kg/m³، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ ثابتة، ونوعين من الملدنات (HRW, SIKAMENT)، كما موضح بالشكل رقم (13)، لم تستجب الخلطات حتى عند نسبة ملدن 2.5%، فلم تعطي أي من الخلطات الخواص المثالية لقابلية التشغيل التي يتميز بها البيتون ذاتي التوضع لذلك تم استبعاد هذه النسب.



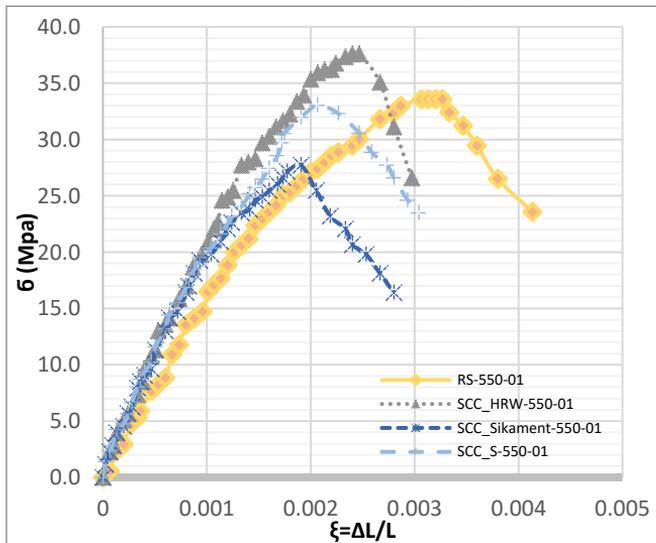
الشكل رقم (13) المزيج البيتوني التجريبي ذي المحتوى الاسمنتي 450 kg/m³

4-8 الخلطات المرجعية:

وهي الخلطة المتشكلة من نفس نسب وأوزان الحصى والمواد الاسمنتية المستخدمة في انتاج البيتون ذاتي التوضع SCC، بدون استخدام مواد اضافية محسنة، وذلك من أجل الحصول على بيتون تقليدي مرجعي، حيث استجابت الخلطة عند نسبة $\frac{W}{C} = 0.45$.

1-4-8 الخلطة المرجعية ذي المحتوى الاسمنتي 550 kg/m³:

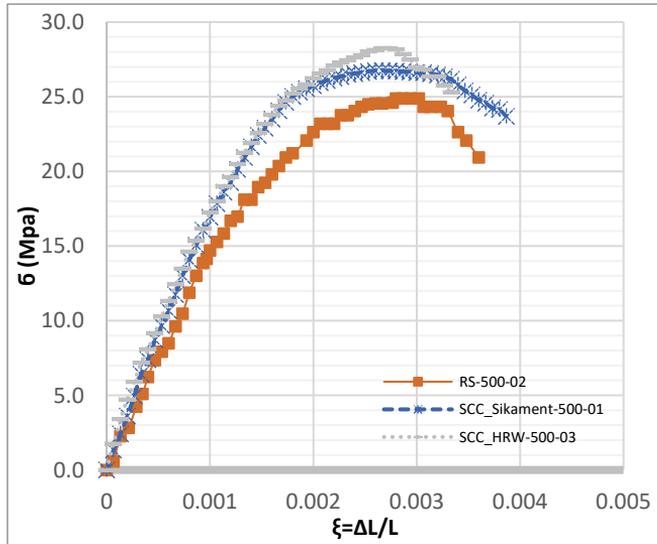
تم قياس منحني (اجهاد-تشوه-ξ-6) للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم، ومقارنته مع منحنيات (اجهاد-تشوه-ξ-6) للعينات المصنوعة من البيتون ذاتي التوضع SCC من نفس عيار الاسمنت، كما موضح بالشكل رقم(14).



الشكل رقم (14) منحنيات (σ - ξ) لعينات SCC والمرجعي المختبرة عند عيار اسمنت 550 Kg/m³

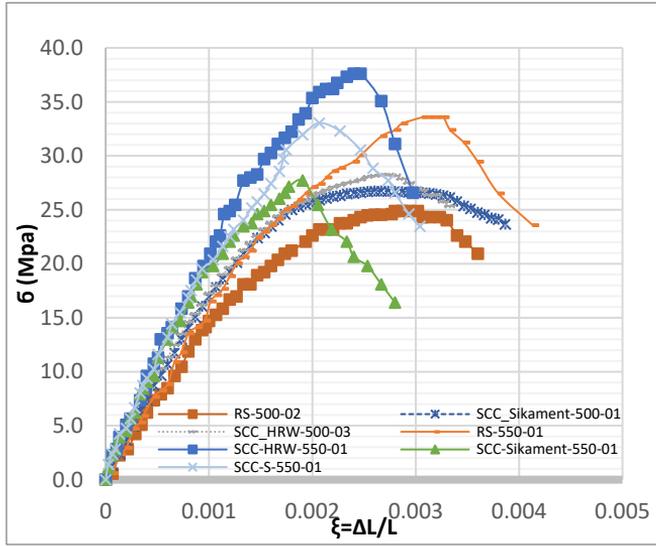
8-4-2 الخطة المرجعية ذي المحتوى الاسمنتي 500 kg/m³:

يوضح الشكل أدناه رقم(15) منحنيات (اجهاد-تشوه ξ - σ) للعينات المصنوعة من البيتون ذاتي التوضع SCC والبيتون المرجعي عند عيار الاسمنت 500 kg/m³.



الشكل رقم (15) منحنيات (σ - ξ) لعينات SCC والمرجعي المختبرة عند عيار اسمنت 500 Kg/m³

مما سبق يمكننا أن نوضح سلوك العينات البيتونية المصنوعة من البيتون ذاتي الدمك SCC محلية الصنع وسلوك عينات البيتون المرجعي، عند عيارات أسمنت ونسب ملدن المختلفة في الشكل رقم (16) ادناه:



الشكل رقم (16) منحنيات (σ-ξ) لعينات SCC والمرجعي المختبرة عند عيارات الأسمنت المختلفة

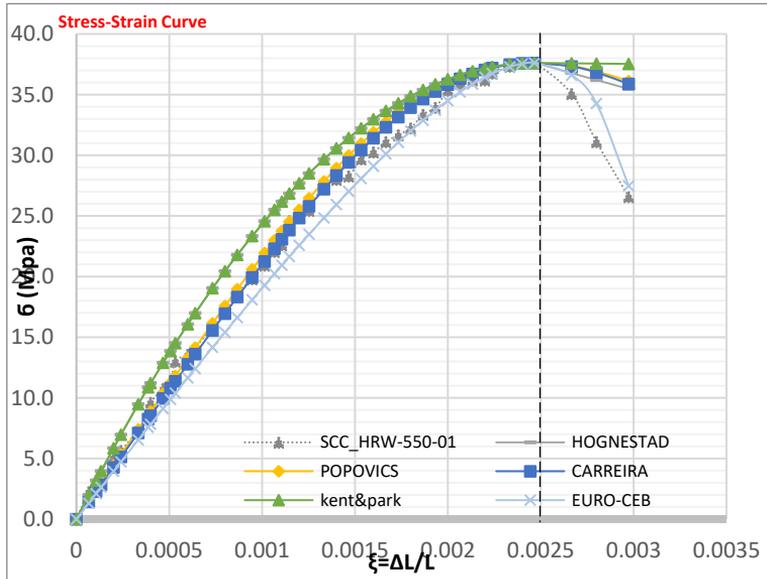
9- المناقشة والاستنتاجات:

- يمكننا أن نستنتج من التجارب المخبرية على خلطات SCC والببتون المرجعي التالي:
- استعمال الملدن كمضاف كيميائي للمزيج الببتوني ذاتي التوضع تمكنا من تخفيض نسبة W/C ضمن الخليط حتى 13% مقارنة مع الببتون المرجعي، مما انعكس إيجاباً على مقاومة الببتون.
- وفقاً للمنحنيات الموضحة بالشكل رقم (14) نلاحظ الزيادة في مقاومة الضغط الببتونية عند انتاج ببتون ذاتي التوضع SCC محلي الصنع بعيار اسمنت (550 kg) وباستخدام ملدن HRW، تصل حتى (12%) مقارنة مع الببتون المرجعي.
- وفقاً للمنحنيات الموضحة بالشكل رقم (16) نلاحظ زيادة في مقاومة الضغط الببتونية للببتون ذاتي التوضع SCC محلي الصنع، تصل حتى (35%) عند استخدام نسبة (2%) من الملدن HRW، مقارنة مع نفس النسبة من الملدن SIKAMENT.
- كما نجد أن استخدام نسبة مقدارها (2%) من الملدن HRW عند عيار أسمنت (550kg/m³)، أعطت معدل زيادة في المقاومة على الضغط تصل حتى (33%)، مقارنة مع نسبة (2.5%) عند عيار أسمنت (500kg/m³) من نفس الملدن.

- من الناحية الإقتصادية فأن فارق التكلفة بسيط ولا يذكر، بأستخدام عيار أسمنت (550kg/m³) مع نسبة ملدن (2%) من وزنه، مقارنة مع عيار أسمنت (500kg/m³) مع نسبة ملدن (2.5%) من وزنه، لكن خواص قابلية التشغيل كانت أفضل للخلطة البيتونية ذات العيار الأكبر.

10- دراسة سلوكية لعينات البيتون المصنوعة من البيتون ذاتي التوضع :SCC

للتحقق من السلوك الإجهادي-التشوهي للعينات المختبرة، تم إجراء مقارنة سلوكية تتمثل بمنحنيات (6-ξ) والتي تم استنتاجها من أبحاث ودراسات سابقة، الشكل رقم (17)، كمنحنيات HOGNESTAD, POPOVICS, CARREIRA وغيرها، ومن ثم قياس نسبة التقارب بينها وبين المنحنيات التجريبية واستنتاج المنحني الأقرب الذي يوصف الحالة السلوكية للمادة.



الشكل رقم (17) منحنيات (6-ξ) لعينات SCC ومنحنيات الدراسات المرجعية

المناقشة: مما سبق نلاحظ وجود تقارب كبير بين منحنيات (6-ξ) الدراسات السابقة المرجعية وبين منحنى SCC خاصة في الجزء الصاعد من المنحني $\xi_C < \xi_{CO}$ فقد

تجاوزت نسبة التقارب 80%، بينما هذا الأمر يختلف في جزء المنحني الهابط $\xi_C >$ ξ_{CO} حيث نجد الاختلاف كبير ومتفاوت بين منحنيات (6-ع)، وقد أعطت المقارنة بأن أقرب منحني يوصف سلوك SCC محلي الصنع، هو منحني POPOVICS بجزئه الصاعد ومنحني الكود الاوربي EURO-CEB بجزء المنحني الهابط.

11- النتائج:

- القدرة على إنتاج ببتون ذاتي التوضع (الدمك) SCC من المواد المحلية، باستخدام الاسمنت فقط ممثلاً عن الاضافات الناعمة المألثة الأخرى، ذو انسيابية فائقة، متماسك ومتجانس، وذو مقاومة عالية نسبياً بالحالة الصلبة.
- إمكانية إنتاج ببتون ذاتي التوضع (الدمك) SCC محلياً، باستخدام الأضافات المقللة للماء ذات جودة عالية، مما ساهم بانخفاض النسبة W/C حتى 13% وأنعكس إيجاباً على قابلية تشغيل الخليط ومقاومة الببتون بحالته الصلبة.
- القدرة على تحديد الخواص الإجهادية والتشوهية من خلال تمثيل سلوك الببتون ذاتي التوضع (الدمك) محلي الصنع بيانياً بمنحنيات إجهاد-تشوه (6-ع).
- التحسن في السلوك الاجهادي للعينات المصنوعة من SCC مقارنة مع الببتون المرجعي يصل وسطياً حتى نسبة 12%، وتحسن السلوك التشوهي يصل وسطياً حتى نسبة 16.8%.

-12 المراجع العلمية:

- [1] ACI Committee, 2007-**Self-Consolidating Concrete, Emerging Technology Series**, American Concrete Institute, ACI 237R-07 First Printing, U.S.A, 34p.
- [2] AL-HARIRI. S and ALAEED. M, 2013-**Technology of Producing Ultra Strength-Self Compacting Concrete (SCC) by Using Local Materials and Its Importance in Construction Industry**, Master Thesis, Damascus University, Syria, 153p. (In Arabic)
- [3] ASTM, 2003-**Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete**, Annual Book of ASTM Standard American Society for Testing and Materials, C 494 – 03, United States, Vol: 04.02.
- [4] ASTM, 1999-**Standard Specification for Concrete Aggregates**, American Society for Testing and Materials, C 33–99ae1, United States, 8p.
- [5] ASTM, 2007-**Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory**, American Society for Testing and Materials, C 192/C 192M-02, United States, 8p.
- [6] BIBM CEMBUREAU EFCA EFNARC and ERMCO, 2005-**The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use**, SCC European Project Group, SCC 028, European Federations, 68p.
- [7] Jianjie Yu, 2016 - Research on the Mechanical Properties of Self-compacting Waste Rubberised Aggregate Concrete, **International Conference on Civil, Transportation and Environment**, (2016).
- [8] Selvi.K, T.Mahendran and N.Atthikumar, 2016 - Experimental Investigation on Modulus of Elasticity of Self-Compacting Concrete, **Journal of Applied Physics and Engineering (JAPE)**, Vol.1, No.2 (2016), p:5-8.

- [9] The Syrian Arab Code, 2012-**The design and implementation the construction by reinforced concrete**, Syrian Engineers Association, Fourth Edition, Damascus, Syria, 402p. (In Arabic)
- [10] The Syrian Arab Code, 2016-**Guidelines for the Strengthening and Rehabilitation of Existing Buildings and Structures for Earthquake Resistance**, Syrian Engineers Association, First Edition, Annex (4), Damascus, Syria, 295p. (In Arabic)
- [11] TIMO. W, 2003 -FRESH PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE (SCC), **Otto – Graf Journal**, Vol.14. (10), p:179-188.

دور الميثولوجيا في عمارة المعبد البرجي القديم

دراسة مقارنة بين معبد بعل البرجي الكنعاني

وزقورة أور السومرية /

م. فرح محمد سامر عارف * د.م سلوى مخائيل **

ملخص البحث

استطاع سكان الهلال الخصيب القدماء في سورية وبلاد ما بين النهرين أن يُبلوروا أساطيرهم الخاصة قبل ظهور مصطلح الميثولوجيا اليوناني بمئات السنين ، لا بل رقدوا أيضاً الميثولوجيا الغربية (اليونانية والرومانية) بخصب أفكارهم ومعتقداتهم، ولذلك سيعمل البحث على بيان ودراسة مانتج عن الفكر الميثولوجي المحلي القديم من عمارة معابد برجية عالية تُرد على الاحتياجات الميثولوجية للسكان، ففي البداية يقوم البحث بشرح المصطلحات الأساسية المتعلقة بالعنوان، ويُعرض الفكر الميثولوجي الخاص بكل من الحضارات القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين، ومن ثم يتناول الخصائص المعمارية للمعبد البرجي لكل حضارة على حدة، وينتقل البحث بعدها لإجراء المقارنة بين عمارة المعابد البرجية القديمة لكلا الحضارتين، وذلك عبر نموذجين معماريين لمعبدين برجيين هامين على المستوى المحلي والعالمية؛ الأول برجي كنعاني سوري (معبد بعل) والآخر سومري من بلاد ما بين النهرين (زقورة أور)؛ وذلك لمعرفة أوجه الشبه والاختلاف بينها، وطريقة التعبير المعماري التي وظفها كل من السوريون والرافديون القدماء رغبةً للوصول للسماء، وتقنييد المُفردات المعمارية التي ساعدتهم لتحقيق معتقداتهم الميثولوجية، وسيُختتم بمجموعة من النتائج العامة ، وفي النهاية التوصيات.

الكلمات المفتاحية: الميثولوجيا حضارات قديمة- المعبد البرجي - كنعاني - سومري -

معبد بعل-زقورة أور

* طالبة دكتوراه- قسم نظريات وتاريخ العمارة- كلية الهندسة المعمارية- جامعة دمشق.

** أستاذ مساعد في قسم نظريات وتاريخ العمارة - كلية الهندسة المعمارية- جامعة دمشق.

The Role of Mythology in The Architecture of Ancient Tower Temple /A Comparative Study between (Canaanite Tower Temple of Baal - Sumerian Ziggurat of Ur)/

*Arch. Farah Aref

**Dr. Salwa Mikheal

Abstract

The inhabitants of the Fertile Crescent and the ancient East (Syrians and Mesopotamians) were able to crystallize their own myths hundreds of years before the emergence of the term mythology, and they also provided Western (Greek and Roman) mythology with the fertilization of their thoughts and beliefs, therefore, the research will study the architecture of ancient local high tower temples that respond to the mythological needs of the population.

In the beginning, the research explains the basic terms related to the title, and presents the mythological thought of both the ancient Syrian and Mesopotamian civilizations, and then deals with the architectural characteristics of the tower temple of each civilization separately, then the research moves on to make a comparison between the architecture of the ancient Syrian and Mesopotamian tower temples, through studies two architectural mythological models of two important tower temples at the local and international levels; The first is a Syrian tower and the other is Temple and Mesopotamian between (Canaanite Baal Tower Sumerian Ziggurat of Ur), After conducting the comparative studies mentioned by the research, it will conclude with a set of general and recommendations results

Key words: Mythology- Ancient Civilizations- Tower Temple- Canaanite- Sumerian -Temple of Baal- Ur Ziggurat .

*Phd's student - Department of History and Theory of Architecture- Faculty of architecture - Damascus university.

**Professor - Department of History and Theory of Architecture - Faculty of architecture - Damascus university.

1-مقدمة:

يتميز تاريخ بلادنا القديم في سورية وبلاد ما بين النهرين بغنى وتعدد الثقافات، فعلى الدوام كانت أرض الهلال الخصيب مثال رائع للتمازج والتعايش بين مختلف الأقوام التي سكنتها، وبالرغم من الصراعات التي كانت فيها، إلا أن هذه الصراعات دفعت جميع الأطراف دوماً إلى التمسك بالهوية، وهذا الانفتاح الموجود في سورية وبلاد ما بين النهرين قبل التعددية الفكرية والدينية، و وضعها في نماذج أكثر أصالة، فقد تفاعلت سورية مع جيرانها من الحضارات، وزخر تاريخها بالعديد من القصص المحلية أو التي دخلت إليها وأصبحت محلية، وذلك بدأً من قصة الزراعة منذ أكثر من عشرة آلاف عام، وصولاً للمساكن التي حلت محل الكهوف، أي الوقت الذي شرع به السكان بمُنْجَاة القوى الأعلى واتجهوا إلى السماء ورنمو الأساطير البدائية أي في الفترة التي تعود إلى عصر البرونز في سورية وبلاد ما بين النهرين، أي حوالي (3000-2000 ق.م)، فنتجت سلسلة حضارية واحدة بدأت في منتصف الألف الرابع قبل الميلاد في أوروك وإريدو في الجناح الرافدي، ومدينة حبوبة الكبيرة الجنوبية وتل قناص وجبل عرودة وتل براك في سورية [12]ص7، فقد كانت سورية تُشكل صلة الوصل بين عالم البحر المتوسط وبين الشرق الأقصى، وهذا الموقع الفريد جعل لها شأنًا استراتيجياً هاماً، ولقد عُرف سكان الغرب (بلاد ما بين النهرين) بالسومريين والأكاديين، ولاحقاً البابليين والآشوريين، وأُطلق على الشعوب التي استوطنت المنطقة الغربية بالعموريين وهم عرب ذو أصول من الجزيرة العربية وذلك في (الألف الثالثة ق.م)، وأُطلق على سورية اسم بلاد عامورو أي سكان الغرب، وسُمي البحر المتوسط باسم « بحر عامورو العظيم » [6] ص13، وسيعمل البحث لبيان المعتقدات الميثولوجية المتعلقة بهذه الشعوب، وما نتج عنها من عمارة برجية (عالية) عبر معابدها التي ترغّب من خلالها الوصول إلى السماء لتعكس فكرها الميثولوجي.

2- إشكالية البحث:

تتجلى إشكالية البحث في سد القصور المتعلق بفهم الميثولوجيا المحلية لبناء المعابد البرجية القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين، وطبيعة الخصائص المعمارية لهذه المعابد، وخاصةً أن الكثير من العناصر المعمارية يعود الفضل لنسبها لحضارات أخرى لاحقة دخلت المنطقة كاليونانية و الرومانية، مع العلم أن منشئها محلي قديم، لذلك سيعمل البحث على بيانها من خلال الرد على تساؤلات التالية:

أ- ما ماهية الفكر الميثولوجي الذي أنتج عمارة المعابد البرجية القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين؟

ب- ما أوجه الشبه والاختلاف في الخصائص المعمارية للمعابد البرجية العالية بين الحضارة السورية والرافدية القديمة؟

3- هدف البحث: يهدف البحث إلى:

أولاً: بيان المفاهيم الميثولوجية السورية والرافدية القديمة وإظهار تأثيرها على عمارة المعبد البرجي القديم لكلا الحضارتين.

ثانياً: إجراء دراسة معمارية للمعابد البرجية المتعلقة بكلا الحضارتين وتقنين خصائصها.

ثالثاً: القيام بدراسة مقارنة بين معابد الحضارتين البرجية على مستويين؛ المستوى الأول ميثولوجي، والمستوى الثاني معماري، وتحديد أوجه الشبه والاختلاف بينهما.

رابعاً: توضيح العناصر المعمارية المحلية التي يعود الفضل لحضارتنا المحلية القديمة في ابتكارها واستخدامها.

4- أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث من خلال الربط بين الميثولوجيا كمفهوم (عقائدي وقصصي) أي منطلقات رمزية و دينية، وبين العمارة كجانب تطبيقي وعلمي وهندسي ورياضي(عمارة المعبد)، بينما بالإضافة العلمية تكمن في المقارنة بين فكرين ميثولوجيين متجاورين وتقنين خلاصة هذين الفكرين وطرق التعبير المعمارية في عمارة معابدهما البرجية العالية.

5- منهجية البحث:

سيتم في المدخل النظري استعراض مفهوم الميثولوجيا عامةً وخصائصها من خلال عرض بعض آراء الدارسين لها، ومن ثم يقوم البحث بدراسة الخصائص الميثولوجية الخاصة بكل حضارة على حدة، والتي وردت في العديد من الدراسات العالمية والعربية ومنها (دراسة وليام لينثابي في كتابه العمارة والأسطورة والروحانيات عام 1892م) ، وموسوعة آرثر كوتيريل عام (1999م)، و أيضاً دراسة ماجد يوسف عن الميثولوجيا و العمارة عام (2009م))، وبيان الفكر الميثولوجي الذي أدى لظهور المعبد البرجي لكل حضارة.

أما في الإطار العملي فتجري دراسة المقارنة بين أشهر معبدتين برجيتين في تاريخ المنطقة ولهما أهمية أثرية محلية وعالمية وهما (معبد بعل البرجي الكنعاني-زقورة أور السومرية) ، و بعد تحليل دراسة المقارنة، سيختتم البحث بمجموعة من النتائج العامة توضح الشبه والاختلاف بين الحضارتين من ناحيتين، الناحية الأولى في مستوى الخصائص الميثولوجية، و الناحية الثانية في مستوى الخصائص المعمارية للمعابد البرجية لكليهما.

6- مجال البحث:

ينطلق البحث بعرض الميثولوجيا من عصر الحضارات القديمة، ففي هذه الحقبة التاريخية ظهرت الكتابة و تبلورت المجتمعات واستقرت ومارست الزراعة، وظهرت المدن، وأصبح للآلهة مجتمعات مكتملة (بانثيون) تركت تأثيراتها القوية على السكان ، وظهرت النتاجات المعمارية كالمعابد وغيرها، لهذه الأسباب تكمن نقطة بداية الدراسة، لوجود الدليل الأثري والميثولوجي والمعماري معاً وظهور الكتابة في تاريخ سورية حوالي 3200 ق.م تقريباً.

مع العلم إن اعتماد دراسة ميثولوجيا أي حضارة لا بد من توافر ما اتفقت عليه الدراسات التاريخية من العناصر التالية [29] ص:7: أ- شرط وجود حدث ب - مؤرخ يفسر الحدث ج - دليل مادي جيولوجي أو أثري(مصدر معلومات الميثولوجيا). [34]ص:29.

7-المصطلحات الأساسية :

7.1 مصطلح الميثولوجيا (Mythology):

اصطُح على ترجمتها إلى «علم الأساطير» وهي مصطلح معرب عن اليونانية (يدل القسم الأول على الخيال والأشياء الغير مألوفة وباليونانية يُطلق عليها **ميثوس** **muthos**، و يعتمد القسم الثاني على العقل و المنطق **لوجوس** **logos** في تناول الموضوعات) [23]ص39، ويُطلق على العلم الذي يعنى بدراسة منشأ الأسطورة وتطورها، وبدراسة أساطير الشعوب والعلاقات المتبادلة بينها، ولا يشترط على دارس الميثولوجيا أن يكون مؤمناً بها، لكن ينبغي أن يدرك أنها عقيدة بالنسبة لمعتققيها وأن موقفه العقلاني منها لا يغير من كونها تمثل موقف إيماني يقيني بالنسبة للمؤمنين بها، وجاء في كتاب الميثولوجيا السورية، عن الباحث والفيلسوف ومؤرخ الأديان الروماني **ميرسيا إيليا**(1907 - 1986م) : " أن الميثوس (Mythos) وهي عند الإغريق تعني حكاية، والأسطورة تروي قصة مقدسة وحادثاً وقع في زمن البدء سواء أكان ما أتى إلى الوجود هو الكون أو جزء منه، ولا يروي الميثوس إلا ما حدث فعلاً ويُفسر ما هو كائن وموجود فعلاً، لذلك فهو قصة حقيقية ويقول: " أن الأساطير تنبعث من حاجة دينية عميقة وتوق أخلاقي وانضباطات وتحديات تظهر في صبغة اجتماعية ومتطلبات عملية، وفي الحضارات القديمة البدائية تلعب الأساطير دوراً ضرورياً، إذ أنها تُعبر عن المعتقدات، وأنها تشريع حقيقي للديانة البدائية وللحكمة العملية، ويسعى علم الأساطير المقارن إلى إيجاد العلاقات التي تربط بين بعض العادات والتقاليد المتأصلة في أكثر المجتمعات، إذ يُلاحظ مثلاً اشتراك المجتمعات الزراعية في تقديم الأضاحي والقربان، والأساطير تصوغ قصصها عبر شخصياتها وتحوي على العديد من الرموز، أما أكثر الموضوعات التي تطرقها الأساطير فهي تلك التي تسوغ أصل الخلق والكون وشعائر تجدد الحياة والزمن و الموت [22] ص2.

وبالتالي فالأسطورة جهاز رمزي يقوم بإرسال رسالة رمزية مشحونة بكثير من الدلالات، أما الخرافة؛ هي حكاية ليس فيها أي مدلول ولا تتضمن رسالة محددة، وهي أقرب إلى

أدب التسلية، والفارق الجوهرى بينهما أن الأسطورة هي (التاريخ) إذ كانت الأساطير في يوم من الأيام تروي جزءاً حقيقياً من أحداثه، وفي الأساطير توجد الديانات الأولى الخاصة بالشعوب وأفعالهم الطقوسية والتي انتقلت لاحقاً إلى الأديان، وإن الأساطير التي يتعامل معها البحث هي الأساطير الهامة والأقرب للأسطورة الدينية التي أثبتت بالدليل والتي لها دور هام ومباشر في عمارة المعبد البرجي القديم.

أما عن فروع وخصائص الميثولوجيا: و التي تَشترك بها أغلب ميثولوجيا الحضارات في العالم، والتي ذكرها الدراسين لكل حضارة، وسيظهرها البحث من خلال الدراسة وفي النتائج، والناجئة من الدراسات التي أسلف البحث ذكرها فهي:

أ- **المرجعية الميثولوجية:** قَسَم أرسطو (الفيلسوف اليوناني (384-322 ق.م))، دراسة الميتافيزيقيا و الأسطورة و ماوراء الطبيعة إلى ثلاثة فروع رئيسية هي اللاهوت الطبيعي (مفهوم الإله)، الكوزمولوجيا (العلوم الكونية أي دراسة نشوء الكون عند المجتمعات)، الأنطولوجيا (مفهوم الوجود) [33] ص 17 ، وتعتمد المرجعية الميثولوجية في توضيحها على كتب دينية أو ألواح فخارية ونقوش أو أحاديث لشخصيات مؤثرة [26]ص 9.

ب- **نظرة المجتمع القديم لخلق الكون:** وهي أساطير تختص بنشوء العالم [20] ص 21. ت- **الأسطورة والقصص الدينية:** التي تتناول قصص آلهة أو أنصاف آلهة أو رسل أثرت بشكل عام في حياة الشعوب، وتتناول قصص معابد الآلهة أيضاً [34] ص 35.

ث- **الرموز الدينية الخاصة بالحضارة (من الطبيعة و السماء... الخ)** [16] ص 213.

ج- **الأشكال والأرقام المقدسة:** و التي ظهرت في الأساطير والعمارة أيضاً [34] ص 35.

2.7. المعبد Sanctuaire: وجب التمييز بين المعبد (أو الحرم) sanctuaire و الهيكل temple، ففي حين يُشير الأول إلى مكان العبادة بمعناه الأوسع أي بكل المكونات والعناصر كالسور والباحات، ويُعرّف الثاني بأنه بيت الإله أو ملاذ صورة العبادة تحديداً [13] ص 5، فالمعبد هو الفضاء المقدس ويُمثل بيت للآلهة التي تدور حولها الأساطير وفيه تجري الطقوس والعبادات، وذلك عبر كل منشآته وتجهيزاته الدائمة

والوقفية والأثاث الضروري للعبادة، ويشمل الهيكل الذي يُمثل عموماً الصرح الأكثر أهمية والأرسخ بناءً والأوضح تحديداً وغالباً يضم تمثال الإله المعبود [13] ص 5 .

3.7. المرجعيات الميثولوجية في الفترة الزمنية التي يتناولها البحث بالدراسة:
تتشابه الميثولوجيا في عصر الحضارات القديمة التي يتناولها البحث بالدراسة (الكنعانية والسومرية) أي حوالي (2000-3200 ق.م)، من حيث أن السكان عبدوا مجموعة من الآلهة التي تخضع لقوى الطبيعة المحيطة، و يُطلق عليها اسم العبادات الوثنية، وتبدأ هذه الفترة من عصر البرونز الذي يتمثل بظهور المدن و الحضارات وبداية ظهور الكتابة أي وجود الدليل الأركولوجي والميثولوجي [11] ص 5 والتي هي في سياق دراسة البحث تمتد إلى ما قبل عصر الحديد الآرامي، وتتميز بوجود مرجعيتين في المكان؛ **الأولى:** الميثولوجيا السورية القديمة، وفي سياق البحث هي الميثولوجيا الكنعانية الفينيقية في سورية، ويُطلق عليها الباحثون اسم الميثولوجيا السورية القديمة، أو الديانات السورية القديمة، أما **الثانية:** الميثولوجيا القديمة في بلاد ما بين النهرين، وفي سياق البحث هي الميثولوجيا السومرية، مع العلم أن لكلا الفكرين تأثير على الآخر نتيجة لتداخل الشعوب وتجاريتها وثقافتها وتشابهها بطرق العيش، انظر الشكل (1) الذي يُظهر توزع الحضارات القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين في العصور القديمة، بالإضافة إلى وجود تأثيرات حثية وحمورية وفارسية ومصرية في المكان و البحث ليس بصدد دراستها.



قبل الميلاد)، 3-نصوص أوغاريت المكتشفة في رأس شمرا التي اكتشفت بواسطة البعثة الأثرية الفرنسية برئاسة كلود شيفر، وتعود إلى القرنين الرابع عشر والثالث عشر قبل الميلاد، و كثيراً ما تتم الاستعانة بما قدمته أوغاريت من كتابات فيلون الجبيلي (64-141م) مؤرخ فينيقي).

8-1-1 طبيعة الحياة الدينية والعبادات في سورية في فترة الحضارات القديمة:

إن العبادات خلال المرحلة القديمة هي عبادات زراعية بشكل أساسي، ترتبط بالأرض والمناخ والنبات والقوى الطبيعية الكبرى، وجعل السكان من آلهتهم تماثيل فنية حجرية، وميزت المعتقدات القديمة فيما بين الآلهة والبشر بالخلود، فمصير البشر الفناء، والآلهة خالدون [10] ص42، وعرفت عقائد المشرق العربي القديم خلال العصور القديمة ما يُعرف بالتهنوتيزم **henotheism**، ويُقصد به إبراز مكانة إله معين لتفوق مكانة أي إله آخر؛ دون أن تلغي عبادة الآلهة الآخرين [21] ص103، واشتركت المدن القديمة في عبادة الآلهة نفسها، لكن كل مدينة منها تعطي لإله معين مكانة أعلى من مكانة الآلهة الأخرى كما هو حال مع الإله بعل إله العواصف والبطل الأهم في الميثولوجيا السورية الكنعانية القديمة، [10] ص34، والشكل المتبلور هو مجمع الآلهة أو البانثيون الذي انتقل لاحقاً إلى الثقافة اليونانية ومن ثم الرومانية، والأشهر ميثولوجياً في مجمع الآلهة الكنعاني وأهم الآلهة المعبودة كان إيل كبير الآلهة، والبطل الأهم في الميثولوجيا الإله بعل إله العاصفة، وكذلك عشتار آلهة الحب والحرب، ودجن إله الطعام وغيرهم الكثير من الآلهة، وعند الفينيقيين ثالوث عظيم يضم كلاً من إيل الإله الأكبر، وبعل الذي هو السيد، وبعلة التي هي عشتروت، بالإضافة إلى إله شاب هو مبدأ الحياة والعمل يدعى في أوغاريت عليان و له تسميات أخرى، إذ دعي ملقارت في صور [38] ص120-123.

8-1-2 المعبد البرجي السوري في عصر الحضارات السورية الكنعانية القديمة:

سيتم في هذه الفقرة عرض الفكر الميثولوجي المساهم في بناء المعبد البرجي السوري القديم، و أيضاً الخصائص المعمارية التي تتعلق بالمعبد:

أ- الفكر الميثولوجي في بناء المعابد البرجية الكنعانية القديمة:

يُمكن فهم فلسفة بناء المعبد البرجي في سورية وبلاد الشام عامةً، من خلال أسطورة بناء معبد (قصر الإله بعل) الذي بني على على الجبل المقدس صفن باعتباره أعلى نقطة، حيث يحفظ جبل الآلهة (جبل الأقرع صافون أو صفن) الكثير من الملاحم والأحداث ويُطلق عليه هذا الاسم بسبب قمته حيث لا تنمو الأشجار، و تتحدث النصوص الميثولوجية في أوغاريت عن حاجة الإله بعل لمنزل خاص به، «وَأنا لا أملك بيتاً كبقية الآلهة، ولا أملك باحةً كأبناء أثيراتو، ليس لي منزل كايلو، ولا ملجا كأبنائه» [10] ص 100، عُرف هذا النوع المباني بـ «المجدل» (mgdl) التي كانت تُقدم على أسطحها الأضاحي والتقدمات للآلهة، وقد ذُكرت هذه المباني مثلاً في أسطورة الملك كرت (أحد أهم الملاحم الأوغاريتية)، من خلال التعليمات الموجهة للملك: «خذ طيراً، خذ طير أضحية، كأس نبذ من الفضة، وكأس عسل من الذهب، اصعد إلى قمة البرج، أجل، اصعد إلى سطح البرج (mgdl)، ارفع يديك إلى السماء، وضخ للثور، أباك إيلو» [7] ص 6، حيث تتناول النصوص أيضاً مذابح مرتفعة يُصعد إليها لتقديم الأضاحي، كما تذكر غرفة مرتفعة باسم «علي» (ly) وسقف المعبد كأماكن تمارس فيها الأضاحي والتقدمات، كما أنّ تكرار الفعل يصعد في النصوص الشعائرية يؤكد النظرية القائلة بأن هذه الشعائر والتقدمات كانت تُمارس على سطح المعبد، كما يُوضح النص التالي: "سنقدم مآدبة من أجلك يا بعل، سنقدم لك مآدبة وإلى المعبد يا بعل سنصعد." [7] ص 21.

فبعد أن ينتصر بعل على الإله «يم» إله البحر، في أسطورة إحلال نظام الكون، بعدها يُرسل بعل الإله «عناة» إلى الإله «إيل» لأخذ الموافقة على بناء قصر مناسب له، إلا أن أسلوب «عناة» في الحديث أمام «إيل» كان فجاً فيخيب مسعاها، فيلجأ الاثنان إلى الإلهة «عشيرة» التي تتجح بإقناع أبي الآلهة (إيل) بأسلوب ناعم على الموافقة ببناء القصر، "أنت إيل العظيم، إنك حقاً لحكيم، دعه يصنع بيته من خشب الأرز، دعه يرفع بيته من لبنات القرميد"، بعدها يقوم إله الحرف والفنون «كوثار» وزميله «خاسيس» بتنفيذ ذلك، فتحضر مواد البناء من لبنان، ويصف هذا النص كيف يقطع

بعل أشجار الأرز كي تُستخدم في البناء، وبعد الانتهاء تُوقد النار في القصر لمدة سبعة أيام دون أن يخبو وميضها، وبعد ذلك تُطلى جدران القصر بالذهب والفضة، واقتُرحت عشيرة خلال الأسطورة أن يكون معبد (قصر بعل) دون محراب، سيدة البحر أجابت: "لكن بِناء فيه محراب أمرٌ خاطيء"، وهذا ما عارضه بعل إذ خشي أن يلاقي منزلاً يدعو للسخرية عليه، وانطلق بعل في حملة لإثبات مملكته التي قصدها، فشق منوراً صغيراً لبيته كعنصر لابد منه ليعلم جميع الآلهة والناس فعالية وصوته القوي (الرعد) وروحه (البر)، ويعتقد العالم الأثري الفرنسي كلود شيفر أن للقصر نافذة على السطح تسمح بهطول الأمطار فوق تمثال الإله «بعل» الذي عُثر عليه وفيه بقايا أحاديث مياه الأمطار بفعل السقاية المقدس [7] ص 21.

ومن خلال هذا الاستعراض الموجز يخلص البحث أن تلك النصوص تُفسر السبب الذي بُنيت من أجله المعابد البرجية في بلاد الشام (فرض سلطة الإله) وذلك وفق طراز خاص يتميز بامتلاكه فراغاً شاقولياً بحيث تكون هذه المعابد مرتفعة كالأبراج ولها أدراج تؤدي للهيكل في الأعلى، حيث إن النصوص تؤكد أن الأضاحي كانت تمارس على الأسطح.

ب: الخصائص المعمارية للمعابد السورية البرجية القديمة: وهي كالتالي:

أولاً: موقع المعابد: بُنيت المعابد البرجية في المكان الأبرز بالنسبة للمحيط، و بُنيت أحياناً مع القصور الملكية، وذلك بمنطقة الأكروبول في نوعين من الأماكن هيكل العراء والأماكن المرتفعة (المعليات) ، ثم صارت المعابد والساحات وبعض الجبال وربما ساحات القصور أماكن للعبادة، ولفظة قادش Qadesh تعني (مكان مقدس) والأماكن الأكثر علواً في المدن والبلدات ، ولقد كانت معابد الحواضر أبنية مستقلة من جميع الجهات، لترك المجال واسعاً للطائفتين حولها، واستعملت مواد كالحجارة واللبن والطين والخشب، [37] ص 324، وكذلك بُنيت لتستجيب لوظائف أخرى حيث افترض بعض الباحثين أنه كان يتم إيقاد النار على قمم المعابد لتظهر على شكل إشارات ضوئية تهدي البحارة ليلاً لمدخل ميناء أو غاريت ليتمكنوا من إدخال مراكبهم إلى الميناء [10] ص 190.

ثانياً: **مستخدمي المعابد**: واطب الملوك على إقامة الطقوس في المعابد، أو من خلال الموظفين والكهنة الذين قاموا بخدمتها وكان أهمهم ينتمي للعائلة الحاكمة، وكان للكاهن مكانة عظيمة ويُعين من قبل الملك، ولم تكن عبادة الملوك شائعة لدى السوريين كما هو شائع عند المصريين، وكانت العناية بالآلهة الحاضرة عبر رموزها، وتشمل تقديم القرابين والأضاحي، والبخور، وتزيين التماثيل الإلهية، هذا إضافةً للابتهالات وأداء الصلوات والأناشيد، وتمريغ المعبد بدم الذبيحة، والطواف حول المذبح، واستخدام الدهن المقدس بالزيوت، وهناك دراسات غير مؤكدة عن الزواج المقدس بين الآلهة (اختلاف بين الباحثين)، وإذا لم تؤدّ جميع المهام ينسحب الإله غاضباً وتعم الأمراض [18] ص 82.

ثالثاً: تتمتع المعابد البرجية القديمة بمجموعة من

الخصائص المعمارية أهمها [7] ص 7 :

1- **نظام الدخول المباشر**، والواقع على محور البناء المركزي وأغلب الأمثلة في الفترة الكنعانية تميزت بمدخل جنوب شمال (لايف وجود مداخل من الشرق في الفترات اللاحقة).

2- **المخطط المتناظر**.

3- **شكل المبنى المتكامل**، (المربع أو القريب من المربع المترافق مع الأساسات العريضة). 4- **بأنها مبان مرتفعة** لاحتواء كل منها على درج يسمح بالصعود إلى السطح أو إلى طابق ثاني، وبني الدرج في بعض الأمثلة الأخرى في عمق البناء بعد الغرفة الرئيسية، كما تخرج بعض المعابد هذه عن القاعدة ولا تحتوي على درج مثل معبد عين دارا .

5- **لها مصاطب خاصة** تزيد من ارتفاعها.

6- **معزولة عن المحيط العمراني**، حيث عُزل بعضها بواسطة سور خاص يحيط بالمعبد ويفصله عن المباني المجاورة، كمعبدي بعل ودجن في أوغاريت و يشكل السور جزءاً من المخطط الأصلي لهذه المعابد.

7- **لها باحات**، فإما الدخول إليها بشكل محوري مع مدخل المعبد أو بشكل جانبي عن محور مدخل المعبد، وهناك منصات في باحات هذه المعابد كمعبدي دجن وبعل في

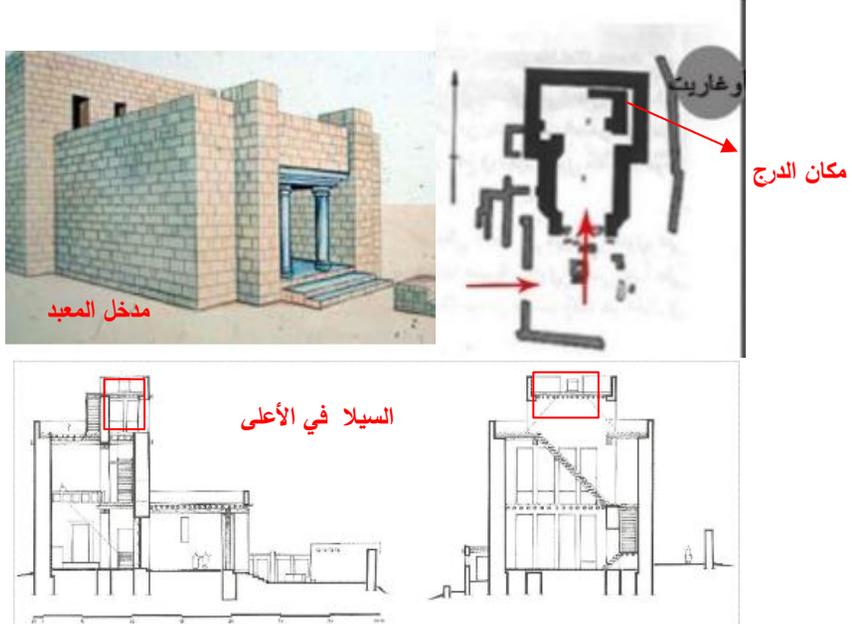
أوغاريت، والتي تُسمى عادة **بالمذابح** مقابل مداخلها، يشهد على أن الأنشطة البشرية كانت تمارس في الباحات، وذلك يدفع للاعتقاد أن المعابد كانت أمكنة مقدسة ومخصصة للآلهة (التي توجد رموزها في المحاريب)، أما بعض المباني لم تكن لها باحات، لكنها مستقلة عن المباني الأخرى.

8- أما عرض الجدران، فتميزت بالأساسات العريضة نسبياً التي يتراوح عرضها بين ٧٠م (كما في معبد بعل) وصولاً إلى 5,10 م (كما في معبد دجن في أوغاريت).

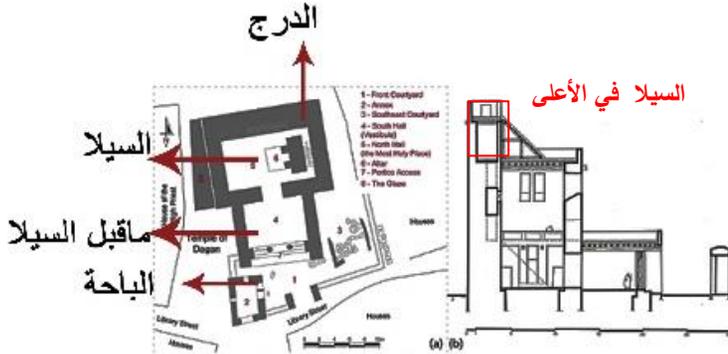
9- قدس الأقداس سيللا (CELLA)، الغرفة الأكثر قداسة وتحتوي تمثال الآلهة، وتكون ضمنها، وتستخدم من قبل الكهنة والملوك فقط، وغالباً تكون غرفة مربعة خاصة في المعابد البرجية في أعلى المبنى، وتجرى في تراسات المعابد فعاليات وطقوس كتقديم الأضاحي للآلهة من قبل الملوك.

10- الجدران الخارجية، حجرية وفتحاتها قليلة و وُجد في بعض المعابد البرجية الشرفات المسننة في أعلى الواجهات.

11- عنصر العمود، هناك فرضيات تُشير إلى بداية ظهور استخدام الأعمدة في العمارة الكنعانية القديمة، وحتى ربما وجدت في مداخل المعابد البرجية القديمة [37]ص186-187، انظر الشكل (2) لنماذج معابد برجية كنعانية سورية (بعل ودجن).



مخططات معبد بعل أوغاريت المسقط ومكان الدرج ومشهد تخيلي يُظهر استخدام العمود في مدخل المعبد ، وفي الأسفل المقطع الذي يُظهر الهيكل المربع بالأعلى حيث تمثل الإله [10] ص 191 و [42] ص 200.



معبد دجن أوغاريت السيلا مربعة، أبعاده 17×28 م، [44] ص 19.
الشكل (2) نماذج لمعابد برجية أوغاريتية كنعانية سورية (بعل ودجن).

ويضع البحث تصنيفاً للمعابد البرجية السورية القديمة وخصائصها المعمارية (وهو مشابه لطريقة التحليل في دراسة يوسف) وذلك في الجدول رقم (1):

الجدول (1) الخصائص للمعابد البرجية السورية الكنعانية القديمة من إعداد الباحثة.	
الفكر الميثولوجي	قصر وبيت الإله ، و لتقديم الأضاحي والعبادات له .
الطقوس الدينية	الأضاحي،الصلوات والأناشيد،الطواف، الدهن المقدس، ربما الزواج المقدس
الخصائص المعمارية	المعابد السورية القديمة
الوظيفة :	مكان لفرض سلطة الإله-منارة.
المستخدمون:	الكهنة والملوك فقط للداخل وبشكل محدد العامة(الباحات الخارجية).
الموقع:	أكربول المدينة.
المسقط الأفقي:	معابد برجية على الأغلب مسقطها مستطيل بسيلا مقدسة في الأعلى مربعة.
التشكيل ثلاثي الأبعاد:	بشكل برج عبارة عن مكعبات تتناقص
مادة الإنشاء:	الحجارة واللبن والطين والخشب .
سور المعبد:	حجري و محور الدخول مع مدخل المعبد مباشر أو جانبي مكسور.
المدخل :	جنوبي(معبد جنوبي شمالي) أو شرقي(معبد شرق غرب).
المصطبة:	مصطبة واحدة لرفع المبنى
الباحات الخارجية:	فيها أثاث وتجري فيها طقوس دينية
قدس الأقداس:	غرفة مربعة فيها بالأعلى تمثال للإله.
الأدراج :	داخلية تقام عليها مجموعة من الطقوس الدينية، للوصول للتراسات.
الإضاءة :	الفتحات الخارجية قليلة.
الأثاث:	فقط في الباحات(كالمذابح والمقاعد..)
العمود:	بداية لظهور عنصر العمود معمارياً
الأسقف:	مستوية حجرية.
الجدران الخارجية:	حجرية و ذو فتحات قليلة، زُينت بنقوش حجرية وتمائيل الآلهة.
القبّة:	X
الشرفات:	✓

8-2 الميثولوجيا السومرية القديمة في بلاد ما بين النهرين:

كتب السومريون بالخط المسماري وعبروا عن إبداعهم وروحانيتهم، وبنوا مدنهم في السهل الخصب الواقع ما بين نهري دجلة والفرات (وهي منطقة تعادل مساحتها تقريباً

مساحة العراق اليوم)، وبعدها بدأ السومريون يفقدون السيطرة على أراضيهم لصالح الأكاديين، الذين سرعان ما سيطروا على منطقة سومر، لكنهم خضعوا أيضاً للغوتيين حوالي عام 2200 قبل الميلاد، بعدئذ، وإثر نهضة سومرية وجيزة حوالي (2000-2100 قبل الميلاد)، فتح العموريون المنطقة برمتها حوالي عام 2000 قبل الميلاد [24] ص 50 إلى 60، وُجِبت الألفية الجديدة معها البابليين، ثم الكيشيين، وأخيراً الآشوريين، و الأمر الملفت أن الميثولوجيا السومرية حافظت على وجودها فعلياً دون تغيير جذري، وعلى العموم كانت تُعبد نفس الآلهة، ويتم ترميم نفس المعابد والزقورات [17] ص 26-28 .

أما عن مصادر المعلومات عن الميثولوجيا الرافدية، فُكشفت أطلال وبقايا المدن العراقية عن مظاهر حياة الشعب العراقي القديم، ويُستدل عليها من الكتابة المسمارية على أسطح مباني الزقورات، وكتابات عن حياة ملوك والآلهة، و من مكتشفات قصر الملك آشور بانيبال، وأسطورة جلجامش وملحمة أتراخاسيس وقصة بيروسييس البابلي [34] ص 47.

8-2-1 طبيعة الإله والعبادات في هذه المرحلة: كان للزراعة مكانة هامة في الحياة الاقتصادية والدينية في بلاد الرافدين، وقد هيأت الطبيعة الأرض الخصبة والمياه الوفيرة خاصة في منطقة الوسط والجنوب من البلاد منها، مكان مناسب لنشوء معابد ضخمة وكان للمعبد أرضه الزراعية الخاصة به، ونشأ بالتدرج مجمع لجميع الآلهة، حيث أن سكان بلاد ما بين النهرين عملوا على ربط الصلات بين هذه الآلهة التي عبدها ورتبها بحسب الدرجات وبحسب الظاهرة الكونية التي يرتبط بها الإله، وفي المقدمة تأتي آلهة المظاهر الطبيعية، ثم يليها إلهيات الكونيات الصغرى كالقمر والشمس ونجم الصباح والمساء (آلهة الكواكب)، وفي الأخير تكون آلهة العالم السفلي، وجود أكثر من آلهة مختلفة ذكوراً وإناثاً وبالرغم من ذلك فقد كانت أيضاً تُعتبر توحيدية بالنسبة لبعض المتعبدين، فالإله مردوخ مثلاً إله وطني ارتبط اسمه بمدينة بابل [15] ص 138، ومن أشهرها الآلهة البدائية السومرية الأولى المذكورة في ملحمة الإينوما إيليش (ملحمة الخلق الرافدية) [41] ص 105-108: أبزو **Abzu** كائن بدائي غير محدد و زوج

الإلهة تيامات **Tiamat** في قصة الخلق البابلية إينوما إيليش، ذكر أنه أثناء انقسام الجنة عن الأرض، كانت تيامات وأبزو هما الوحيدان الموجودان بعد علاقتهم ولدت تيامات الجيل الأول من الآلهة، لاحقاً أبزو قُتل، ولأجل الانتقام من موته ولدت تيامات 11 وحش مع زوجها الجديد كينغو، ثم قام مردوخ ابن إنكي بقتلها وخلال فصل جسدها خلق السماء، و يوجد غيرها من الآلهة البدائية، وكذلك الآلهة الكونية آلهة السماء وأهمها [39]ص93:

أنو- **ANU** عرف باسم إيلو في الأكديّة الإله الأعلى والمتحكم، ومجسد السماء الأقدم، وإنليل -**نونامير**- **ENLIL** إله الريح والهواء والعواصف وسيد كل الآلهة، لاهوتياً وأسطورياً هو كان فوق أن كما هو الحال مع بعل في الميثولوجيا الكنعانية، أما إنكي- **نوديمود**- فهو **EA** إله المحيطات ارتبط بالحكمة والسحر، وفاعل خير للبشرية وأنقذ خلال الطوفان الكبير، ويوجد آلهة الكواكب السبعة، كالإله **مردوخ (مردوك) MARDUK** الإله الوطني لبابل التاريخي، ابن إيا إنكي، وذُكر بفضلته في قتل الإلهة تيامات ووحوشها الإحدى عشر وهو كوكب المشتري، وكذلك إنانا- **عشتار Inanna-ISHTAR** تعتبر أهم الآلهات الإناث في بلاد ما بين النهرين، كانت إلهة الحب والحرب، وعرفت بكونها تجسيد لكوكب الزهرة، بالإضافة لآلهة أخرى كأشور وبعل وحدد، والبطل الأسطوري جلجامش وغيرهم [39] ص100.

8-2-2 المعبد البرجي (الزقورة Ziqqourat) في بلاد ما بين النهرين:

سيتم في هذه الفقرة عرض الفكر الميثولوجي المساهم في بناء المعبد البرجي القديم الزقورة في بلاد ما بين النهرين، ومانتج عنه من خصائص معمارية تتعلق بها:

أ- الفكر الميثولوجي في بناء الزقورات السومرية القديمة:

يُطلق على الزقورة بالسومرية (أي، تمن، أن، كي) ومعناه بيت أسس السماء والأرض، فحسب اعتقاد سكان بلاد ما بين النهرين أن معظم الآلهة تَسكن في السماء وتُنزل للأرض، فهي مكان لنزول وراحة الإله، والغرض منها هو تقريب المعبد من السماء، وإتاحة الوصول إليه من الأرض عبر الدرجات، والزقورة كلمة بابلية مشتقة من (زقارو) والتي تعني العلو [5] ص382 وفي ملحمة الخلق البابلية إينوما إيليش **Enuma**

Elish نشأت صراعات بين الآلهة فكانت نتيجتها خروج الإله البطل مردوخ الذي استقر على عرش الآلهة وصارت الربة عشتار Ishtar حاملة درعه، وكات لمردوخ هيكل خاص به يُوضع في أعلى طبقة من الزقورة، و كذلك من أشهر الأساطير التي تتعلق بفلسفة بناء الزقورة العالية أسطورة برج بابل (الجبل الإلهي) Myth of The Tower of Babel والذي يُعتقد أنه بُني في مدينة بابل و ورد ذكره في سفر التكوين (الفصل 11 من 1 - 9)، وهي أسطورة تُفسر لماذا شعوب العالم تتحدث لغات مختلفة، ويُعزى بناء برج بابل إلى سلالة النبي نوح، فقد كان يدور في خلد بنائيه أن يُوصلوه إلى السماء (تعبيراً عن غرور الإنسان)، ولكن الإله فرق الألسن (أي بلبلها)، ليمنعهم من تحقيق أمنيتهم وشتتهم بعدئذ في مغارب الأرض ومشارقتها [43] ص 28، ويروي هيرودوت (المؤرخ الإغريقي الذي عاش في القرن الخامس قبل الميلاد (حوالي 484 ق.م - 425 ق.م)، بكتاباته بعد زيارته لبابل عام 460 ق، أنه من بين المباني يبرز برج بابل والحدائق المعلقة، وهو معبد أكبر الآلهة «عشتار ومردوخ وبعل»، ووصفه بكتلة قوالب الطوب اللبن ترتفع في صورة مكعبات متناقصة الحجم على شكل هرم مدرج، يتكون من سبع مصاطب، يعلوها هيكل الإله مردوخ في غرفة علوية بقمة البناء، وترمز المصاطب السبع إلى عدد الآلهة الكبار في بابل وكانوا يُعتقدون أنها تتمثل بالسماء في صورة سبعة كواكب، والهيكل المقدس من القرميد الزجاجي الشفاف باللون الأزرق الفاتح، ووضِع بداخله كرسي مذهب كان يخص لجلوس المرأة الكاهنة التي اعتقد البابليون أن الإله مردوخ كان يلزمها زوجةً له ويُعتقد بأنها إنانا [27] ص 242. وعليه فإن قصص بناء الزقورات تُفسر أنها مباني ترغب بالوصول إلى السماء والاقتراب منها، وكذلك هي بيوت لراحة الإله في رحلته من السماء للأرض، وفيها هيكله بالأعلى حيث تجري فعاليات الزواج المقدس.

ب- الخصائص المعمارية للزقورة: وهي كالتالي:

أولاً: مواقع المعابد: تأثرت العمارة الرافدية بجغرافية الأرض والمناخ (الفيضانات)، و استخدم السومريون الطين وجذوع النخل، وتمتعت المعابد بالقدسية وتوسطت المدن، وكان الناس يُطهرون الموقع الذي يراد أن يُبنى مكانه المعبد بالنار قبل بناءه، ويُوضع

أول حجر بعد أن يُمسح بالزيت وتحاط بماء ثمينه [4] ص 29 ، وبنيت الزقورات في مختلف الأزمنة من اللبن، ما عدا المرافق التي تتعرض للمياه فقد كانت تبنى من الحجر ، وقد كان المعبد يتوسط المدينة ، ويُوجد خارج أسواره حوانيت البيع والشراء ودور الكتابة، وكان المعبد وما يتبعه من إدارات مختلفة يُحاط بسور يحجز منازل السكان عنه، وتتبع له الأراضي الزراعية، وكان مؤسسة اقتصادية أيضاً [19] ص 155-157.

ثانياً: مستخدمي المعابد: المعبد بيت الإله، والكهنة خدمه الذين يُقومون يومياً بواجباتهم وبما أن الإله رب الشعب وسيده، حيث اعتقد السومريون أن الكهنة فقط هم من يمكنهم التواصل مع الآلهة لمساعدة المدينة على الازدهار، و سيطر الكهنة والمعابد على الكثير من الأراضي الزراعية المحيطة، ولإرضاء الإله فلا بد من تقديم قربانين ، ومن الطقوس الدينية (الصلوات والتضرع والإنشاد والبخور والأضاحي، فتح فم الإله، الطواف)، والإشراف على الإدارة وتصريف شؤون المعبد الاقتصادية، وقد كان الملك يُمثل الكاهن الأكبر للإله، بينما استخدم الناس المعابد الأرضية أكثر من الزقورات [2] ص 46، وهناك رأي أن السهل الرسوبي، يتعرض دائماً للفيضانات التي تغرق مساكن و بيوت الآلهة، فظهرت الحاجة إلى بناء مساكن الآلهة في أماكن مرتفعة، كما كانت عبارة عن مراصد فلكية أو مراصد عسكرية لرصد تحركات الجيوش [3] ص-43.

40.

ثالثاً: تتمتع الزقورات القديمة بمجموعة من الميزات المعمارية أهمها:

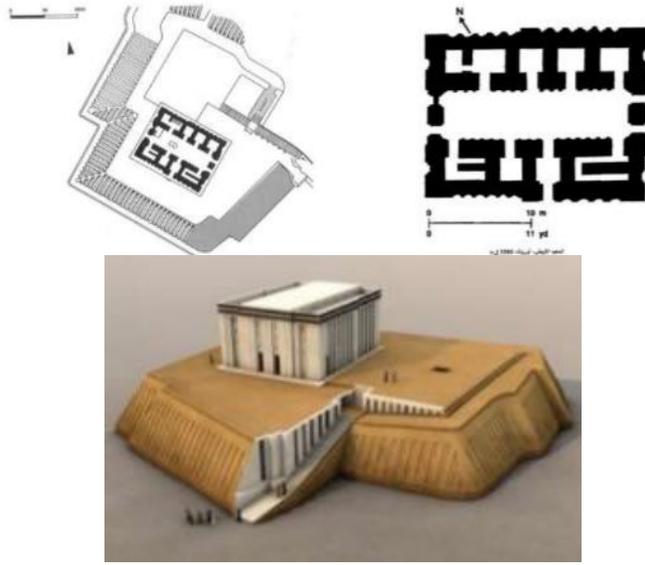
وجب التنويه أن البحث سيتناول أنواع الزقورات المعمارية لكنه يُركز فقط على الزقورة السومرية، وهناك عدة أنواع للزقورات بدايةً من النمط المستطيل للمسقط في الفترات السومرية، ولاحقاً الزقورة ذات المسقط المربع، و كذلك ظهور الزقورة المزدوجة في العصر الآشوري، أنماط الزقورة السومرية:

1- الهيكل على مصطبة عالية واحدة: وهو الأقدم يُعتبر البعض أن هذا النمط هو أصل الزقورة و هو عبارة عن معبد أُقيم على مصطبة بنيت بالحجر على الغالب، مثل معبد أنو الابيض ذو المصطبة المرتفعة [3] ص 41.

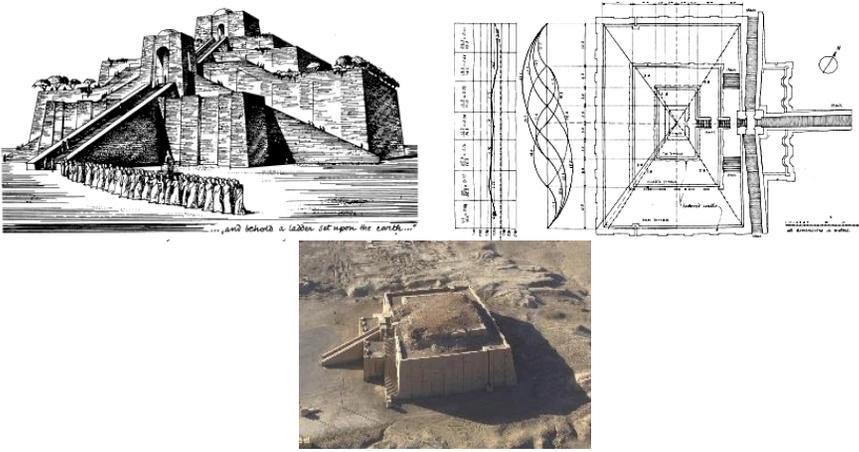
2- النمط المستطيل: تكون ذات مسقط مستطيل، و شاع استخدامها في مدن جنوب بلاد ما بين النهرين مثل زقورة أور وخاصة في الفترات السومرية، و يتم الارتقاء إليها بواسطة ثلاثة سلالم اثنتين منها جانبية ملاصقة لجسم الزقورة، وينتهيان عند الطابق الثاني، و السلم الثالث يكون عمودي على جسم الزقورة و يرتقي الى الطابق الثالث، وغالباً في الفترة السومرية كان عدد طبقات الزقورة ثلاث، وفي الأعلى الهيكل من الخشب غالباً ومغطى فسيفساء زرقاء [35] ص65.

3- النمط المربع: وتكون ذات مسقط مربع الشكل، و انتشر هذا النمط في شمال العراق و يتم الصعود إلى الزقورة عن طريق المنحدرات، وهي عبارة عن سلالم ملاصقة لجسم الزقورة، تبدأ من أحد أركان الزقورة و تدور حول الجسم صعوداً إلى الأعلى كما في زقورة عرقوف [25] ص197، انظر الشكل(3) الذي يوضح أنماط الزقورة السومرية معمارياً.

4- الواجهات الخارجية للزقورة: احتوت الجدران على الطلعات والدخلات (نظام خاص بجدران معابد بلاد ما بين النهرين)، والتي كانت وظيفتها المعمارية تقليل ضغط كتلة البناء المسلطة على الجدران و تؤدي وظيفة جمالية أيضاً، كما بيئت جدران الزقورة بشكل مائل قليلاً الى الداخل من الأعلى، فلقد وضع طبقات من الحصر بين طبقات اللين في جسم الزقورة على أبعاد متساوية لزيادة ربط بين تلك الطبقات، ومن المواد المستعملة في بناء الزقورة القرميد المجفف بأشعة الشمس و وُجد في جسم الزقورة فتحات لتصريف المياه (للحفاظ على المنشأة وهذا دليل على التطور التقني العالي الذي وصلت له عمارة بلاد ما بين النهرين في مواجهة المشاكل البيئية)، كما ظهرت الأبراج المربعة واستخدام القبة و الأقواس الدائرية، ونقشت رموز الآلهة الأسطورية [30] ص212.



1- الهيكل على مصطبة معبد أنو الأبيض، وتوضيح نظام البروزات والدخلات في الجدران الخارجية للمعبد.



2- زقورة أور السومرية ذات المسقط المستطيل بين الماضي والحاضر وطبقاتها الثلاث.



3- زقورة عرقوف ذات المسقط المربع.

الشكل (3) الأنماط المعمارية للزقورة السومرية [9] ص 5 و [14] ص 107.

ويضع البحث تصنيفاً للزقورات السومرية وخصائصها المعمارية (وهو مشابه لطريقة التحليل التي وردت في دراسة يوسف¹) وذلك في الجدول رقم (2):

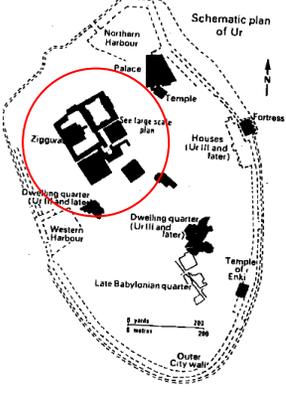
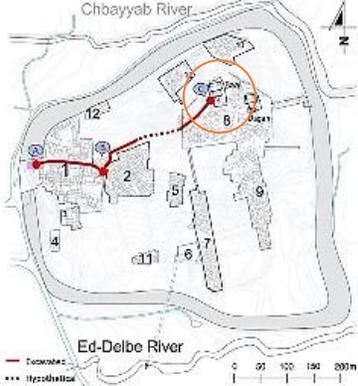
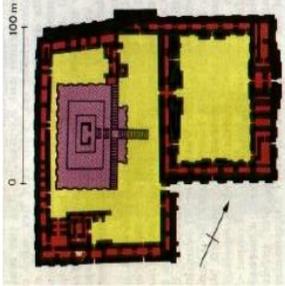
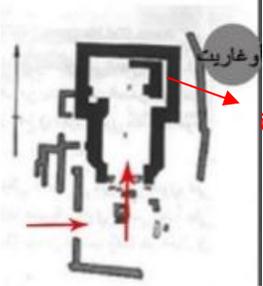
الجدول (2) خصائص الزقورات السومرية من إعداد الباحثة.	
الفكر الميثولوجي	مكان لراحة الإله خلال نزوله من السماء-الزواج المقدس في الهيكل
الطقوس الدينية	الصلوات والتضرع والإنشاد والبخور والأضاحي، فتح فم الإله، الطواف
الخصائص المعمارية	المعابد السورية القديمة
الوظيفة :	لراحة الإله-حماية المعبد من الفضيلانات-مهمام فلكية - مراقبة العدو.
المستخدمون:	الكهنة والملوك فقط.
الموقع:	نقطة العلام في المدينة
المسقط الأفقي:	مربع او مستطيل وغالباً في الفترة السومرية مستطيل.
التشكيل ثلاثي الأبعاد:	على شكل هرم بمصاطب متناقصة يعلوه هيكل مكعب.
مادة الإنشاء:	الطين المشوي والآجر والحجر في الطبقات السفلى فقط.
سور المعبد:	يُحيط به سور ضخم أو سورين لعزله و يتميز بنظام الطلعات والدخلات.
المدخل :	تنوعت المداخل وغالباً شرقية.
المصطبة:	من 1-3 مصاطب في الفترة السومرية وغالباً 3
الباحات الخارجية:	يتبع الزقورة مجموعة من الأراضي الزراعية الخاصة بها.
قدس الأقداس:	غرفة مربعة بالأعلى فيها تمثال الإله.
الأدراج :	خارجية تقام عليها مجموعة من الطقوس الدينية للوصول إلى الهيكل.
الإضاءة :	X
الأثاث:	قد يوجد في الفعاليات الخارجية.
العمود:	✓
الأسقف:	مستوية ، قد يوجد استخدام للقبة راجع صور زقورة أور
الجدران الخارجية:	من الآجر المشوي فيها فتحات لتصريف الأمطار، و نظام البروزات والدخلات
القبة:	بدايات ظهور استخدام لها
الشرافات :	✓
الأقواس نصف الدائرية:	✓

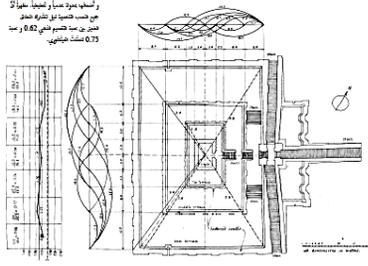
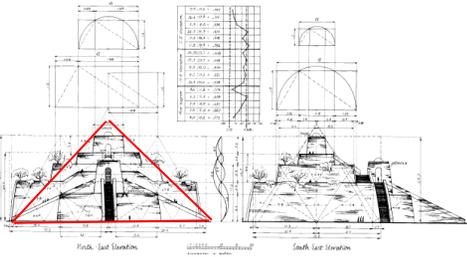
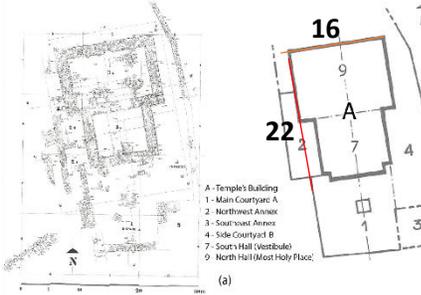
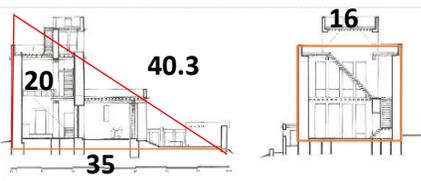
1 علي ماجد نبيل يوسف : باحث مصري مواليد عام 1981م يهتم بدراسة ميثولوجيا الحضارات وتأثيراتها على العمارة ، و من أشهر مؤلفاته ميثولوجيا العالم القديم وأثرها على التصميم المعماري المعاصر عام 2009م .

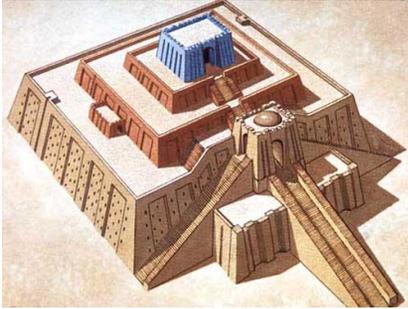
9-دراسة مقارنة بين معبد بعل البرجي الكنعاني وزقورة أور السومرية:

من أجل بيان أوجه الشبه و الاختلاف بين المعابد البرجية القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين، يقوم البحث بدراسة مقارنة بين معبدين برجيين لاتزال لهما آثار لليوم، ولهما أهمية محلية وعالمية وذلك في الجدول(3) الذي أعدته الباحثة بالاعتماد على المراجع:

الجدول(3) مقارنة بين معبد بعل البرجي الكنعاني وزقورة أور السومرية		
معبد أور الزقورة السومرية	معبد بعل البرجي السوري الكنعاني	الخصائص
مبني في عهد الملك أورنمور(2094ق.م) باسم أي-لوكال-كاكا-سي-سا أي بيت الملك مقيم العدالة.[27] ص76.	يُعود الاعتقاد لبنائه لحوالي الألف الثاني قبل الميلاد على أنقاض معبد أقدم من ذلك.[10] ص175.	تاريخ البناء
لعبادة آلهة القمر ، ولرصد السماوات والفصول.	قصر للاله بعل لفرض سيطرته، منارة للبحارة.	الوظيفة
الصلوات وتقديم الأضاحي، والاحتفالات الدينية، تتويج الملوك، البخور ، والإنشاد، و الزواج المقدس في الهيكل الأعلى، وكذلك احتفال برأس السنة أكيو، حرق أرض المعبد بالنار قبل تشييده.	الاحتفالات ،الصلاة، تقديم الأضاحي، البخور، مذبح للعامة في الباحة الخارجية، تقديم الأضاحي في التراسات والمذبح على الدرج للملوك والكهنة، الدهان بالزيت المقدس.	الطقوس الدينية
لونها أحمر مبنية من اللبن المغطى بالآجر المشوي وختمت كل آجرة باسم الملك أورنمور [19] ص158.	من حجارة المكان باللون الأبيض لإرشاد البحارة [10] ص174.	المادة واللون
هي أعلى نقطة Land mark في مدينة أور، ويغطي مع الأرض المقدسة التابعة لها بما فيها معبد مساحة حوالي (8) هكتارات، وأحيطت بسور مزدوج.	أكربول المدينة أعلى نقطة على جبل الصفن المقدس، وهو يغطي مع الأرض المقدسة التابعة له مساحة حوالي (2م850).	الموقع

 <p>مخطط أور القديمة وموقع المجمع الديني مع الزقورة [30] ص 137.</p>	 <p>مخطط مدينة أوغاريت رأس شمرا وموقع معبد بعل [45].</p>	
<p>أضلاعها مستطيلة، و المتبقي منها الطبقة الأولى و السفلى و أجزاء من الطبقة الثانية، و كان يعلوها هيكل الطبقة الأولى مستطيلة الشكل ولها ثلاث أدراج في جهتها الشمالية الغربية، الأوسط هو الرئيس، ويلتقي الدرجان الجانبيان بالدرج الرئيس في المصطبة الأولى، بجانبها المعبد السفلي وسور فيه عدة حجرات لسكن.</p>  <p>مسقط موقع زقورة أور [9].</p>	<p>شيد فوق مصطبة مرتفعة، وأحيط بسور له ملحقات سكنية، يتم الدخول إليه من الجنوب ببوابة ، ومدخل الباحة مكسور عن محور تناظر المعبد، وفيها مذبح، وبعد فراغ المدخل يوجد فراغ فيه الدرج وعبره يتم الصعود إلى التراس ويُستخدم فقط من قبل الكهنة والملك، للوصول للهيكلمقدس في الأعلى.</p>  <p>مسقط معبد بعل [42].</p>	<p>المسقط</p>
<p>يبلغ ارتفاعها الحالي ١٧،٢٥ م الارتفاع الإجمالي (26.5م)، الطبقة الأولى مستطيلة الشكل أبعادها ٦٢x٤٣ م ، و ارتفاعها 15م</p>	<p>أبعاد المعبد 16 × 22م وارتفاعه حوالي 20م.</p>	<p>الأبعاد و النسب</p>

<p>[14]ص107.</p>  <p>المسقط غير المتناظر، يظهر ميلاً لمقاربة المقطع الذهبي ونسب المثلث الفيثاغورثي (تظهر أقطار 5:8 و 3:4)</p>  <p>المقطع الأطول أقرب لمثلث متساوي الساقين، والتراسات كلها لها علاقات تتشارك بنسب التقسيم الذهبي والمثلث الفيثاغورثي 5:8- 3:4 .</p>	 <p>المسقط المتناظر والمحوري والدخول المباشر.</p>  <p>قامت الباحثة بتحليل نسب المقطع الطولي، وتبين أنها تخضع لنسب مثلث فيثاغورث</p> $(20)^2+(35)^2=(40.3)^2$ $400+1225=1625$ <p>أما المقطع العرضي فيظهر أن الغرفة التي تحتوي الدرج تخضع لمقطع مربع (16×16م) [46].</p>	<p>الشكل</p>
<p>حجوم متوازية المستطيلات المترجعة بشكل مصاطب وتتميز جدرانها الخارجية بالانحناء قليلاً نحو الداخل لتعطي انطباع بالارتفاع، ولها نظام البروزات والدخلات الخاص، و احتوت نقطة التقاء الزوايا عند مستوى المصطبة الأولى بقايا الأعمدة القرميديّة الأربعة ووجود سقف على شكل القبة، واستخدام عنصر القوس، أما هيكل إنانا فغطي بالفسيفساء الأزرق، وفيها</p>	<p>عبارة عن حجوم متوازية المستطيلات قريبة من المكعبة، الحجم الأول يضم المدخل وماقبل السילה، يتراجع عنه مكعب (هو مستطيل لكن أقرب لمربع) ، و هو الفراغ الذي يضم الدرج ويعلوه الهيكل المقدس المكعب و الذي وُضع فيه تمثال الإله بعل وفتحت فيه نافذة (شق منور بعل) للتساقط الأمطار على تمثال الإله</p>	<p>الشكل</p>

<p>"فتحات تصريف امطار" تسمى "العيون الدامعة"</p>  <p>زقورة أور اليوم</p>  <p>مشهد تخيلي للزقورة يُظهر القبة والقوس والشرفات وفتحات دمع العين، والهيكل الأزرق المربع [47].</p>	<p>والفتحات الخارجية قليلة .</p>   <p>إعادة تصور لمعبد بعل رسم O.Callot [41]</p>
--	--

من دراسة المقارنة التي جرت في الجدول (3) ينتج :

- 1- الوظيفة الميثولوجية لكلا المعبدتين كانت مكان لعبادة الإله وإجراء الطقوس.
- 2- اشترك المعبدتين بالعديد من الطقوس الدينية، كالصلوات والتراتيل وتقديم الأضاحي، لكن الزواج المقدس كان أوضح كرواية أسطورية في هيكل أور، أما في معبد بعل فهناك اختلاف بين الباحثين بأنه ممكن قد جرى على السطح أو لم يكن له وجود.
- 3- بناء معبد بعل على الجبل المقدس (جبل الأقرع)، أما طبيعة أرض الرافدين السهلية جعلت زقورة أور المصنعة الجبل المقدس نفسه ونقطة العلام في المدينة.
- 5- ظهرت قوة الملك أكثر في زقورة أور الرافدية حيث نقش اسمه على كل آجرة، بينما لا يُوجد على جدران بعل نقوش بأسماء ملوك وإنما اكتشفت ألواح فخارية ومسلات لبعل، وربما يُعطي هذا انطباعاً على أن الملك الرافدي أكثر قوة وأكثر قدرة لإخضاع الميثولوجيا لصالحه، وأن السوريين هابوا الإله نفسه أكثر من الملك.

6- وجد كل من المعبد السوري (بعل) والرافدي (أور) أن المكان الأمثل للهيكل الذي يُوضع فيه تمثال الإله، هو الطبقة الأخيرة في القمة وعبر مسقط مربع وبحجم مكعب، على الرغم من أن شكل المسقط العام للمعبدتين مستطيل، وفضل معبد بعل استخدام سور حجري واحد وبمدخل جنوبي، على عكس زقورة أور التي كان لها سورين ومدخل شرقي.

7- فضل معبد بعل البرجي السوري إخفاء الدرج داخلاً وجعل استخدامه حكراً على الملك والكهنة، بينما المعبد الرافدي (أور) فضل إبراز الأدرج كعناصر معمارية ظاهرة وتُشاهد الجموع طقوس الأضاحي والاحتفالات.

8- فضل المعبد البرجي الكنعاني السوري (بعل) التناظر المحوري حول محور الدخول الذي غالباً ماجاء جنوبي، بينما جاءت الأدرج في زقورة أور عمودية ومن ثم ملاصقة وموازية لبدن الزقورة، لتعود عمودية مجدداً في طريقة الصعود للهيكل (طريقة صعود أكثر درامية لزقور أور ويرى البحث أن مرد ذلك أن الدرج خارجي ومشاهد من الجمهور).

9- احتوى معبد بعل على فتحات نوافذ قليلة، بينما زقورة أور بناء مصمت وهذا يدل على رغبة المعبد البرجي بأن يكون ذو إضاءة خافتة لتحقيق عامل الرهبة.

10- الارتفاع الشاهق لمعبد بعل (20م) وزقورة أور (21م)، حتى الارتفاعين تقاربا جداً، يدل على الجهد الضخم والمبذول في بناء المبنيين، وأنها مباني صرحية ذات عمارة ملفتة ومتقنة كذلك احتوت زقورة أور على نظام متطور في تصريف مياه الأمطار (دمع العين).

11- مقطع معبد بعل السوري حقق مثلث قائم نسبه تحقق نسب مثلث فيثاغورث، بينما مقطع معبد أور حقق مثلث متساوي الساقين والمقطع الذهبي و المثلث الفيثاغورثي.

12- مادة البناء اللينة من اللبن والآجر المشوي ساعدت في ظهور عناصر معمارية أكثر في زقورة أور (القبة والقوس) وكذلك استخدام نظام البروزات والدخلات في الجدران.

10-نتائج عامة للبحث:

من خلال دراسة المعابد البرجية للحضارات القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين نتج مايلي:

1-على المستوى الميثولوجي فُندت النتائج في الجدول (4) من إعداد الباحثة:

الجدول (4) مقارنة على المستوى الميثولوجي بين المعبد البرجي القديم في سورية وبلاد ما بين النهرين		
الخصائص	الحضارات السورية القديمة	الحضارات الرافدية القديمة
مصدر المعلومات لميثولوجيا	أرشيف ماري الملكي ، وثائق تل العمارنة، فليون الجبيلي، نصوص أوغاريت.	الكتابة المسمارية على الزقورات، مكتشفات قصر الملك آشور بانيبال، وأسطورة جلجامش
طبيعة الإله	قوى الطبيعة الخارقة ولها صفات بشرية	قوى الطبيعة الخارقة ولها صفات بشرية
المعتقد الديني	عبادة مجمع آلهة برئاسة الإله إيل.	عبادة مجمع آلهة برئاسة الإله أن (إيلو).
خلق الكون	انتصار الإله بعل على إله البحر يم وإحلال نظام الكون، مما دفعه لبناء معبد يفرض به سلطته.	إينوما إيلش، نشأت صراعات بين الآلهة و خرج الإله مردوخ و استقر على العرش والزقورة.
أسطورة بناء المعبد البرجي	أسطورة بناء معبد قصر بعل(فرض سلطة بعل) وكذلك في أسطورة كرت.	أسطورة مردوخ- الزواج المقدس في الهيكل- أسطورة برج بابل والحدائق المعلقة
الطقوس الدينية	الصلوات ، الأناشيد الدينية، والطواف الأضاحي ،الدهن المقدس، تمرغ حرم المعبد برأس الأضحية بعد قطعه.	الصلاة، التراتيل، الطواف، تقديم الأضاحي فتح الفم للإله، الصوم، الزواج المقدس، إحراق أرض المعبد بالنار قبل بناءه.
الأرقام المقدسة	الرقم (1) إله أكبر، وظهر الرقم(7) في أسطورة معبد بعل، والرقم (3) سيطرة ثالث آلهة	الرقم (1) إله أكبر وظهر الرقم(7) آلهة الكواكب السبعة، وعدد طبقات الزقورة السومرية ثلاث.
الرموز المقدسة	رموز من الطبيعة والسماء والكون	رموز من الطبيعة والسماء والكون
الأشكال	المربع والمستطيل	المربع والمستطيل ومسقط القبة دائرة

من الجدول(4) يجد البحث أن سكان المكان أو ما يُسمى بالهلال الخصيب والذي سيطلق عليهم البحث اسم حضارات محلية قديمة تميزاً عن التسمية الغربية حضارات الشرق الأدنى القديم، اعتنقوا ديانات متشابهة من حيث العقيدة وطريقة التفكير، ولو

أُطلق عليها تسمية حضارات سورية قديمة وأخرى رافدية لكن في الأصل هم شعبٌ واحدٌ و يُؤمن بميثولوجيا مشتركة، وتؤكد الباحثة إلى حد كبير النظرية القائلة بأن اختلاف الكتابات (كأن نقول كنعاني وسومري) ما هو إلا مجرد اختلاف لهجات، وترى الباحثة أن معتقد التفريد ووجود إله أكبر واحد التي ظهرت لاحقاً في الديانات والميثولوجيات التي جاءت إلى المكان (يهودية، مسيحية، إسلامية) ، هي ذات جذور في الميثولوجيا المحلية القديمة في سورية وبلاد ما بين النهرين، والدليل سعي السكان لإرضاء (إيل) كبير الآلهة، واشتراك السكان في كلا الحضارتين بالعديد من الطقوس الدينية، كما ارتبط بناء المعابد البرجية في كلا الحضارتين بأهم الآلهة كما هو بعل الكنعاني ومردوخ السومري، وجرت في المعابد البرجية الطقوس الدينية تحت سلطة الحاكم، وفضلت الحضارات القديمة في المكان الأرقام الفردية (1-3-7) والشكلين المستطيل للمسايق والمربع للهياكل ، واستقت جل رموزها من المظاهر الطبيعية والمناخية والسماء .

2- على المستوى المعماري: تمت المقارنة بين عمارة المعابد البرجية لكلا الحضارتين في الجدول (5) من إعداد الباحثة:

الجدول (5) مقارنة معمارية بين المعبد البرجي القديم في سورية وبلاد ما بين النهرين.		
المعبد الرافدي العالي القديم(الزقورة).	المعبد السوري البرجي.	الخصائص المعمارية
عبادة الإله وراحته و الزواج المقدس.	عبادة الإله و فرض سلطته.	الوظيفة:
ترتفع بذاتها لتصبح جبل مقدس	أكربول المدينة.	الموقع:
مستطيل بعدة طبقات بهكيل مربع في الأعلى	مستطيل بهيكل مربع في الأعلى	المسقط الأفقي:
مصاطب مكعبات تتناقص على شكل مقطع مثلث متساوي الساقين	بشكل برج عبارة عن مكعبات تتناقص على شكل مقطع مثلث قائم.	التشكيل ثلاثي الأبعاد والمقطع :
اللبن ،القير،الأجرالمشوي، الأخشاب.	الحجارة ، والطين والخشب	مادة الإنشاء :
✓ قد يكون هناك سورين	✓ واحد	السور:
تنوعت المداخل ولكن غالباً شرقية	جنوبي أو شرقي.	المدخل :
عدد المصاطب(1-3) .	مصطبة واحدة	المصاطب:
فيها أثاث وتجري فيها طقوس دينية	فيها أثاث وتجري فيها طقوس دينية	البحاث الخارجية:

مكعب في الأعلى فيه تمثال الإله.	مكعب في الأعلى فيه تمثال الإله.	قدس الأقداس:
خارجية تقام عليها الطقوس الدينية	داخلية تقام عليها الطقوس الدينية	الأدراج :
الزقوة مبنى مصمت من الداخل.	الفتحات الخارجية قليلة.	الإضاءة :
كثير في الخارج.	كثير في الباحات.	الأثاث:
مستوية حجرية غالباً أو لها قبة.	مستوية حجرية.	الأسقف:
نظام الطلعات والدخلات و فتحات الأمطار.	حجرية ومستوية، ذو فتحات قليلة.	الجدران الخارجية:
✓	X	القبة:
✓	✓	الشرافات:
✓	✓	العمود:
✓	X	الأقواس نصف الدائرية:

من الجدول (5) يجد البحث أن:

أ- المعبد البرجي القديم في سورية وبلاد ما بين النهرين، كانا بيتاً للإله فيه ينزل ويستريح و يسيطر على الكون، لذلك نجد دخول العامة قليل أو معدوم، وانحصرت نشاطات الناس العاديين في الخارج، لكن الأرض التابعة للزقوة كانت أكبر وتضم نشاطات وفعاليات أكبر واشتهرت الزقوة بفعالية الزوراج المقدس في هيكلها.

ب- بنى الكنعانيون السوريون معابدهم على المرتفعات، أما السومريون فزقوراتهم هي نفسها تمثل فكرة الجبل المقدس، والهيكل المقدس في أعلى البناء في كلا الحضارتين جاء مربع المسقط ومكعب الشكل، ومن هنا تُفسر الباحثة قدسية هذا الشكل.

ت- مادة البناء السورية الحجرية سهلت التنقيب عن العديد من المباني على عكس المادة اللينة الرافدية التي أدت إلى اندثار العديد من الزقورات.

ث- الأدراج في المعابد السورية جاءت داخلية بينما ظهرت للجموع في الزقورات وجرت على كليهما الطقوس.

ج- جاء المعبد البرجي السوري بمقطع مثلث قائم والرافدي بمقطع مثلث متساوي الساقين.

ح- حققت العديد من المعابد السورية و الرافدية القديمة نسباً ذهبية (1.61) في أبعاد معابدها وكذلك نسب المثلث الفيثاغورثي، وذلك قبل اكتشاف المعمار الروماني

فيتروفوس لموضوع النسب بمئات السنين وهذه يُظهر الحس الفطري المتميز لإحساس البنائين والمعماريين المحليين بموضوع النسب.

خ- اشتركت الحضارتين باستخدام المصطبة، لكن في المعابد السورية جاءت واحدة و زاد عددها في المعابد الراقدية ووصلت إلى ثلاث.

د- استخدم كلا المعبدتين الشرفات والأبراج المربعة كعناصر ذات سمة محلية، ولكن تميزت الزقورة بكونها مصممة ولها نظام الدخلات والطلعات في جدرانها ونظام تصريف الأمطار (العيون الدامعة)، وظهر عنصر العمود في معابد كلا الحضارتين وأصر البحث على ذكره لأن اختراعه يُنسب لليونان ولكنه عنصر محلي قديم، وكذلك عنصري القبّة والقوس نصف الدائري فهي عناصر محلية ظهرت بوضوح في عمارة الزقورة و يُنسب عادةً ابتكارهما للرومان.

12-التوصيات:

يُوصي البحث بالاهتمام بدراسة ميثولوجيا الحضارت السورية المحلية ومقارنتها مع غيرها كالميثولوجيا المصرية والحثية والفارسية وغيرها، ليس فقط من قبل الأشخاص وإنما على المستوى الحكومي والأكاديمي ومن خلال دراسات أثرية ومعمارية وميثولوجية ناتجة عن التقاطع بين مختلف الاختصاصات، وحتى دراسات أنواع مباني أخرى كالقصور والمدافن، و ذلك لمعرفة كيف صاغ أجدادنا حاجاتهم الروحية والمقدسة من خلال عمارتهم، وبنفس الوقت صدروها لميثولوجيات أخرى تتغنى بأن الفضل يعود لها.

13-المراجع العربية والمترجمة للعربية:

- [1] آركي، ألفونسو، (1999) حلب في عهد إبلا، ترجمة علي خليل، مجلة الحوليات الأثرية السورية، المجلد 43، المديرية العامة للآثار و المتاحف دمشق، ص291-294
- [2] الأحمد، سامي سعيد ،(2013) المعتقدات الدينية في العراق القديم، المركز الأكاديمي للأبحاث، بيروت، عدد الصفحات162.
- [3] بارو، أندريه، (1980) برج بابل، ترجمة: جبار إبراهيم جبار، وزارة الثقافة والاعلام، بغداد ، عدد الصفحات83.
- [4] باشا، حسين، (2000) الفنون القديمة في بلاد الرافدين، ط1، أوراق شرقية، بيروت ، عدد الصفحات264.
- [5] باقر، طه،(1973) مقدمة في تاريخ الحضارات القديمة، ج ١، دار البيان بغداد، عدد الصفحات735.
- [6] بهنسي، عفيف، (1986)الشام والحضارة ، دراسة تاريخية، وزارة الثقافة ط1، سورية، دمشق، عدد الصفحات293.
- [7] التونسي، علا، (2012)، المعابد البرجية في بلاد الشام خلال عصري البرونز والحديد، مجلة جامعة دمشق للدراسات التاريخية، جامعة دمشق 119- 120، من ص3-41.
- [8] التونسي، علا، دياب ، أحمد، (2014) آثار بلاد الشام القديمة، منشورات جامعة دمشق، كلية الآداب، عدد الصفحات379.
- [9] حسن، مايا، (2020)، العمارة الدينية في بلاد الرافدين، جامعة تشرين، كلية الهندسة المعمارية، ص5، عدد الصفحات11.
- [10] حمود، محمود، (2014) الديانة السورية القديمة خلال عصري البرونز والحديد(1600-333ق م)، المديرية العامة للآثار والمتاحف، الهيئة العامة السورية للكتاب ، دمشق، عدد الصفحات564.
- [11] خليف، بشار، (2017) حضارة مدينة ماري، 2017، وزارة التعليم العالي، جامعة دمشق، دمشق، عدد الصفحات11.

- [12] خليف، بشار، (2003) دراسات في حضارات المشرق العربي القديم، وزارة التعليم العالي، جامعة دمشق، دمشق، عدد الصفحات 264.
- [13] دننز، جان ماري و غافليكوفسكي، ميشيل، (1999) المعبد السوري، ترجمة موسي ديب خوري، دمشق، دار الأبجدية، عدد الصفحات 121.
- [14] دوكرزي، جيورجي، (2010) النسبة الذهبية (تناغم النسب في الطبيعة والفن والعمارة)، إعداد يسار عابدين، بيير نانو، ياسر الجابي، منشورات جامعة دمشق، عدد الصفحات 226.
- [15] ديلايورت، ل، (1997) بلاد ما بين النهرين الحضارتان البابلية والآشورية، ترجمة: محرم كمال وعبد المنعم أبو بكر، ط2، الهيئة المصرية العامة للكتاب، عدد الصفحات 385.
- [16] رندل، كلارك، (1988) الرمز والأسطورة في مصر القديمة، ترجمة: أحمد صليحة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، عدد الصفحات 297.
- [17] روتن، مارغريت، (1984) تاريخ بابل، ترجمة: زينة غرار وميشال أبي فاضل، ط1، منشورات عويدات، بير وت، عدد الصفحات 181.
- [18] ريم، إلن، (2009) كنوز سورية القديمة - اكتشاف مملكة قطنا، متحف فورتمبرغ، شتوتغارت، عدد الصفحات 320.
- [19] زدادقة، غنية و آخرون، (2017) المعابد في العالم القديم مصر وبلاد الرافدين، بحث ماجستير كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة 8ماي 1945 قالمة، عدد الصفحات 209.
- [20] ساغان، كارل، (1993) الكون، ترجمة: نافع أيوب، سلسلة عالم المعرفة يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، عدد الصفحات 320.
- [21] ساغز، هاري، (2008) عظمة آشور، ترجمة خالد أسعد عيسى وأحمد غسان سبانو، دار رسلان للطباعة، دمشق، عدد الصفحات 495.
- [22] السواح، فراس، (1997) الأسطورة والمعنى، دار علاء الدين، دمشق، ط1، عدد الصفحات 304.

- [23] عجينة، محمد، (2005) موسوعة أساطير العرب، دار الفاربي، بيروت، عدد الصفحات 679.
- [24] عياش، عماد ، (2014) الموجزي تاريخ الحضارات البشرية، ط1 ، دار باقا العلمية للنشر، عمان، عدد الصفحات 246.
- [25] غزالة، هديب حياوي، (2001) الدولة البابلية الحديثة 539 - 626 ق.م، مؤسسة الأهالي، دمشق، عدد الصفحات 250.
- [26] فايز يوسف محمد ، (2001) مقتطفات من أساطير وديانة الإغريق والرومان، جامعة عين شمس، القاهرة ، عدد الصفحات 230.
- [27] الفتیان، أحمد مالك، (2011) دراسات في التاريخ القديم، بغداد، عدد الصفحات 490.
- [28] كوبر، ألن و دوغان، ميشيل، (2017)، الديانة الكنعانية، موسوعة تاريخ الأديان الشرق القديم، الكتاب الثاني مصر بلاد الرافدين سورية العرب قبل الإسلام، ط4، ترجمة فراس السواح ، دار التكوين دمشق، عدد الصفحات 420.
- [29] كوتلايل، ليونالاد، (1977) الموسوعة الأثرية العالمية (المؤلفة بواسطة 48 عالماً أثرياً)، ترجمة : محمد عبد القادر ، الهيئة المصرية العام للكتاب، القاهرة، عدد الصفحات 1859.
- [30] لويد، سيتون، (1993) آثار بلاد الرافدين و العصر الحجري القديم حتى الغزو الفارسي، ترجمة :محمد طلب، دار دمشق ، عدد الصفحات 340.
- [31] مجموعة من الباحثين، (2002) أطلس آثار سورية من الفضاء، الهيئة العامة لاستثمار عن بعد دمشق، GORS، عدد الصفحات 151.
- [32] المعابد و الزيقورات، محاضرات جامعة تشرين، الهندسة المعمارية، عدد الصفحات 11.
- [33] النبوي، حسام الدين بهجت، (2011) ميتافيزيقيا العمارة في القرن العشرين، بحث لنيل درجة الدكتوراه في العمارة، جامعة عين شمس، القاهرة، عدد الصفحات 247.
- [34] يوسف، علي ماجد نبيل ، (2009) ميتولوجيا العالم القديم وأثرها على التصميم المعماري المعاصر، دار الفكر العربي، القاهرة، ، عدد الصفحات 398.

- [35] يوسف، شريف، (2014) تاريخ فن العمارة العراقية في مختلف العصور، ترجمة إحسان فتحي، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، عدد الصفحات 661.
- [36] يونس، إباد،(2021) الحياة الدينية في الألف الثانية قبل الميلاد(مملكة أوغاريت نموذجاً)، دار منارات المملكة المغربية، عدد الصفحات 270.

1-13 المراجع الأجنبية:

- [37] Akkermans P. & Schwartz G,(2003). The Archaeology of Syria from complex Hunter -Gatherers to Early Urban Society, ca. 16,000-300 BC, Cambridge University Press, 486 pages.
- [38] Aubet, M. Eugenia,(1999). The Phoenicians and The West – politics, colonies, and trade, Cambridge University Press, 452 pages.
- [39] Black, Jeremy; Green, Anthony,(1992) Gods, Demons and Symbols of Ancient Mesopotamia: An Illustrated Dictionary, The British Museum Press, ISBN 978-0-7141-1705-8, 192 pages.
- [40] Bordreuil, P. et Pardee, D,(2004) Manuel d'Ougaritique, II. Chaix de textes Glossaire ibrairie orientaliste, P. Geuthner,p 177 et 206.
- [41] Callot, O,(2011) Les sanctuaries de l'acropole d'Ougarit: Les temples de Baal et de Dagan - Ougarit XIX, Paris, 237 Pages.
- [41] Horowitz, W,(1998) Mesopotamian Cosmic Geography, Mesopotamian Civilizations ,Winona Lake, Indiana: Eisenbrauns, ISBN 978-0-931464-99-7, 410 pages.
- [42] MARGUERON, J.-C.,(2004) Mari, Métropole de l'Euphrate au IIIe et au début du IIe millénaire, Picard/ERC, 575 pages.
- [43] Metzger,B& Coogan, Michael D, (2004) The Oxford Guide To People And Places of the Bible, Oxford University Press, 400 pages.
- [44] Teba,T& Theodossopoulos, D ,(2019) Reconstituting historical stratigraphy: Ugarit's Temple of Dagan, , Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, 24 pages.

2-13 مواقع الإنترنت:

[45]Teba,T(2020), **Virtual reality can bring ancient cities back to life and improve conservation,**

<https://theconversation.com/virtual-reality-can-bring-ancient-cities-back-to-life-and-improve-conservation-130664>

[46] BAAL TEMPLE (2020) ,**NEW VISION,**

<https://www.semanticscholar.org>

[47] JANE STREET CLAYWORKS , (2011) **IN THE HISTORY OF BRICKS: MESOPOTAMIA**

https://janestreetclayworks.com/2011/02/16/the-history-of-bricks-mesopotamia/ziggurat_ur-2/

