

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 44 . العدد 5

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
50-11	م. محمد السليمان د.م عبد الرحمن عيسى	تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القصر في الجمل الإنشائية الجدارية
74-51	عمار طواشي د.م سليمان العامودي	دراسة سلوك اجهاد- تشوه لعينات اسطوانية من البيتون ذاتي الدمك SCC والمنتجة من المواد المحلية
98-75	الدكتورة لينا ابراهيم كراكيث	دراسة تحليلية لتأثير وجود المصارف الشاقولية في التربة الغضارية
128-99	د.م. محمد بشار المفتي	استخدام التحليل المعتمد على الضاغط (PDA) في تقييم أداء شبكات مياه الشرب خلال التغذية المتقطعة

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في

الجمال الإنشائية الجدارية

د.م عبد الرحمن عيسى¹ م. محمد السليمان²

الملخص

يقدم البحث دراسة تحليلية لسلوك جدران القص الحاوية على انواع متعددة من الفتحات وذلك من ناحية الانتقالات الحاصلة في الجدران بتأثير وجود هذه الفتحات والتي يمكن أن تكون (نوافذ أو أبواب) وخاصة عند توزيع جدران القص ضمن أي مسقط للبناء على المحيط الخارجي لهذا المسقط وذلك لتحقيق أكبر مقاومة للفتل ضمن هذا المبنى كما يقدم هذا البحث دراسة تأثير الزيادة التدريجية لسماكة جدران القص على مقاومة الانتقالات التي تسببها الفتحات علماً بأنه تم اعتماد جملة جدران القص هي الجملة المقاومة للأحمال الزلزالية فقط لتقاوم جدران القص القوى الزلزالية وعدم مشاركة الاطارات الموجودة ضمن المبنى بأي أحمال زلزالية و تم التطرق لتأثر دور المبنى وعلاقته بشكل وتوزع الفتحات ضمن جدران القص.

¹ أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة البعث- حمص- سوريا

² طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم الهندسة الإنشائية- كلية الهندسة المدنية- جامعة البعث- حمص- سوريا

Effect of window openings on the displacements of shear wall in the shear wall system

Dr. Eng Abd Alrahman Issa¹

Eng. Mohamad AL-Seluman²

Abstract

This paper provides an analytical study of the behavior of shear walls several types of openings in terms of the transitions occurring in those walls due to the effect of the presence of these openings, which may be window or door openings, especially when distributing shear walls Within any projection of the building on the outer perimeter of the building, In order to achieve the best twisting resistance within this building, this research also studies the effect of the gradual increase in the thickness of the shear walls on the resistance of the transitions caused by the openings, noting that the whole of the shear walls was adopted which is the system resistant to seismic loads only, so that the shear walls take all the building's role was affected by any seismic loads and its relationship to the shape and distribution of openings within the shear walls. **Key words:** Shear wall, Displacements, Openings, Seismic, Drifts, Period, Frames.

¹ Professor, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, AL-Baath University, Homs, Syria.

² Postgraduate Student, Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, AL-Baath University, Homs, Syria.

-مقدمة:

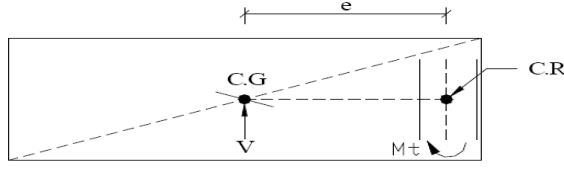
تعد دراسة الابنية العالية من القضايا الهامة التي تشغل فكر المهندسين الانشائيين والمصممين وتتركز جل بحوثهم بمقاومة هذه الابنية للكوارث الزلزالية وأحمال الرياح الجانبية وبعد عدة أبحاث توصل المهندسون والباحثون لاستخدام بعض العناصر ضمن المبنى تساهم بشكل كبير في مقاومة الاحمال الزلزالية نذكر منها :

✚ جدران القص بأنواعها كافة

✚ الاطارات المستخدمة ضمن المباني وبأنواعها كافة

✚ الجمل المختلطة (جدران قص+اطارات)

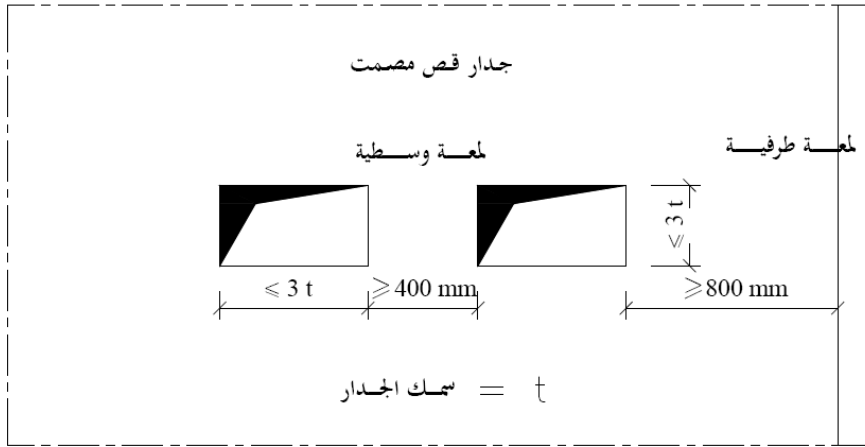
حيث يعود استخدام كل جملة من الجمل السابقة تبعاً لنوع المبنى وارتفاعه وحسب رأي المهندس الانشائي وظروف العمل التي يعلمها المهندس . ولإستخدام جملة جدران القص لمقاومة الاحمال الزلزالية لابد من وضع بعض الضوابط من حيث التباعد المسموح بين جدران القص ضمن المسقط وعدد الجدران الادنى والاعظمي وأطوال الجدران الدنيا المسموح استخدامها ضمن المساقط وطريقة توزيع هذه الجدران ,يعد توزيع جدران القص على محيط المسقط أو المبنى يحقق الغاية المطلوبة من استخدامها لناحية تحقيق أفضل مقاومة للقوى الزلزالية للتقليل من حدوث ظاهرة الفتل عند توزيع جدران القص ضمن المسقط مما يسبب ابتعاد مركز الصلابة عن مركز ثقل المبنى كما هو مبين بالشكل المرفق(1) (2):



الشكل 1/ توزيع الجدران بشكل غير منتظم



الشكل (2) التوزيع المفضل لجدران القص ضمن المسقط وفق [1] الكود العربي السوري و التوزيع السابق لجدران القص ضمن المسقط يضعنا أما مشكلة وجود بعض الفتحات الضرورية لاستثمار المبنى كالنوافذ ووقوعها في بعض الحالات ضمن جدار القص مما يؤثر على عملها لمقاومة الاحمال الزلزالية وعلى التشوهات والاجهادات الحاصلة فيها والانتقالات الناتجة. وذكر الكود العربي السوري بملحقه الخاص بالزلازل [2] في البند /1-10-7/ الخاص بالاشتراطات البعدية لجدران القص بعض التفاصيل والاشتراطات ووجود الفتحات ضمن جدران القص كما هو مبين بالشكل (3)



الشكل (3) الاشتراطات أبعاد الفتحات واللمعات ضمن جدران القص

تعتبر الاشتراطات السابقة مثالية لحالة وجود فتحة ضمن جدار القص ولا تنطبق عليها كل الحالات .

و انطلاقا مما سبق لا بد من اجراء دراسة بحثية عن سلوك جدران القص بوجود الفتحات ومدى تأثيرها على انتقالات جدران القص والتشوهات الحاصلة فيها وتوزع قوى القص في تلك الجدران

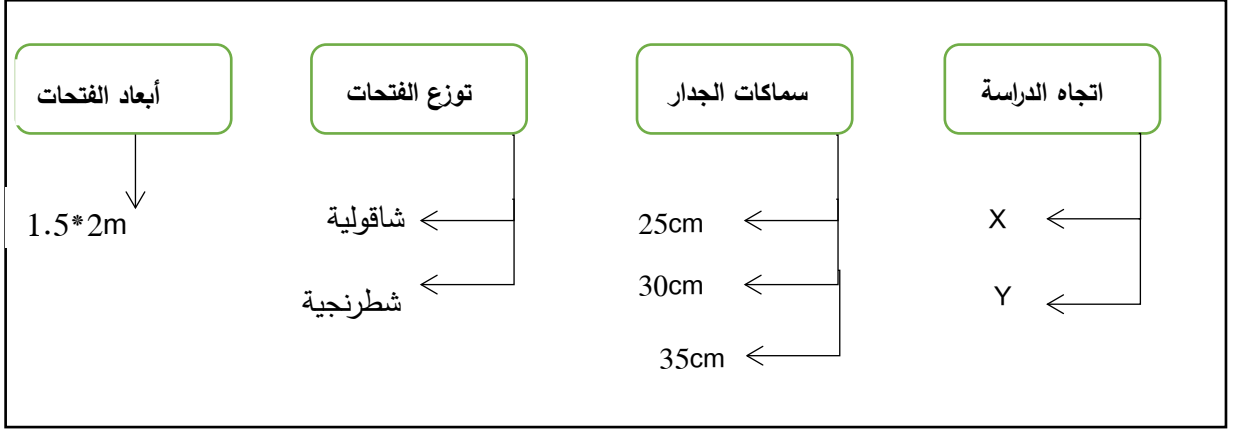
2-هدف البحث:

الهدف من البحث دراسة سلوك جدران القص بوجود فتحات النوافذ ومدى تأثيرها على انتقالات جدران القص والتشوهات الحاصلة فيها وتوزع قوى القص في تلك الجدران ودراسة تأثير زيادة سماكات الجدار تدريجيا" على انتقالات الجدران المزودة بفتحات ومقارنتها مع النماذج الاخرى.

3-مواد و طرق البحث:

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

تمت دراسة مجموعة من النماذج بالاستعانة ببرنامج ETABS 16.2.1 وفق المتغيرات في الشكل (4). البلاطة المستخدمة هي بلاطة هوردي عاملة باتجاه واحد ، ويبين الجدول (1) مواصفات المبنى المدروس، والشكل (5) يبين مسقط المبنى المدروس ويبين الشكل (6) نماذج توزع الفتحات ضمن جدار القص.



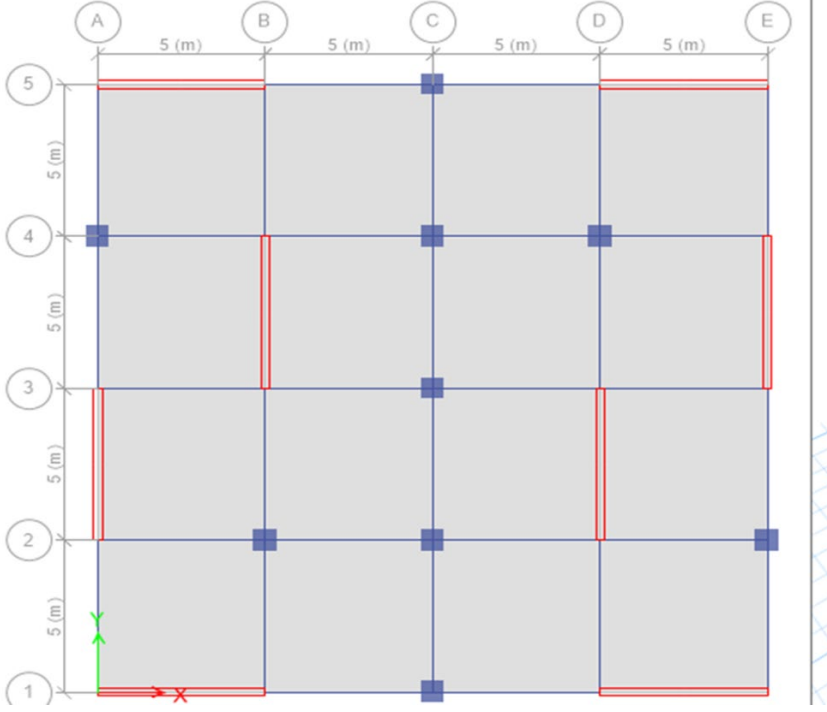
الشكل (4) المتغيرات المدروسة في البحث

الجدول (1) مواصفات المبنى المدروس

(20*20) m	أبعاد المبنى
8	عدد الطوابق
3.2m	الارتفاع الطائفي
25 Mpa	المقاومة المميزة على الضغط لبيتون الأعمدة وجدران القص F'c
25 Mpa	المقاومة المميزة على الضغط لبيتون البلاطات والجوائز F'c
400 Mpa	إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح
240 Mpa	إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح العرضي
حسب النموذج	سماكة جدران القص في كافة الطوابق

3 KN/m ²	أحمال التغطية على البلاطة
2 KN/m ²	الأحمال الحية على البلاطة
30cm	سماكة بلاطة الهوردي
50*50 60*60 70*70	أبعاد مقاطع الاعمدة
B30*80cm	أبعاد مقطع جوائز الهوردي الرئيسية
B30*80cm	أبعاد مقطع جوائز الهوردي العريضة (نفس مقاطع الجوائز الرئيسية كون الدراسة تتعلق بجدران القص) ولا يؤثر هذا الموضوع على موضوع الدراسة بما أن الديافرامات صلبة
1.5*2m=3m ²	أبعاد فتحات النوافذ المختارة للدراسة
5m	طول جدران القص بالاتجاهين
5*3.2=16m ²	مساحة الجدار المدروس في الطابق الواحد
18.75%	نسبة أبعاد الفتحة بالنسبة لابعاد الجدار المدروس في الطابق الواحد

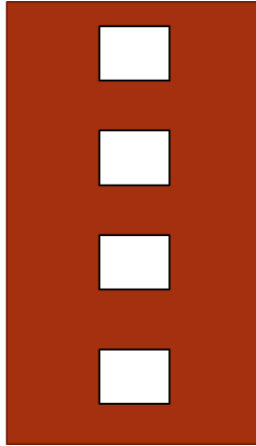
تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية



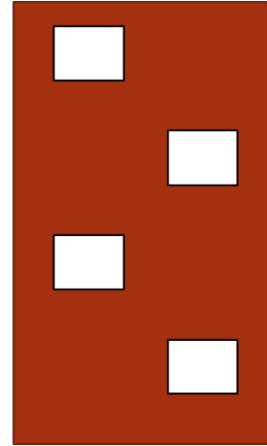
الشكل (5) مسقط المبنى مبيناً عليه توزيع جدران القص



جدار قص دون فتحات



فتحات شاقولية



فتحات شطرنجية

الشكل (6) نماذج توزع الفتحات ضمن جدران القص وحالات الدراسة

مع الاشارة الى أنه تم تقسيم النماذج وفق عدة مجموعات بما يتناسب مع سماكة الجدار ونذكر من هذه النماذج: X,Y,المدرّوس واتجاه الدراسة

- 1- الاتجاه المدرّوس X والجدار مصمت بسماكة 25cm
- 2- الاتجاه المدرّوس X والجدار مزود بفتحات شاقولية بسماكة 25cm
- 3- الاتجاه المدرّوس X والجدار مزود بفتحات شطرنجية بسماكة 25cm
- 4- الاتجاه المدرّوس X والجدار مصمت بسماكة 30cm
- 5- الاتجاه المدرّوس X والجدار مزود بفتحات شاقولية بسماكة 30cm
- 6- الاتجاه المدرّوس X والجدار مزود بفتحات شطرنجية بسماكة 30cm
- 7- الاتجاه المدرّوس X والجدار مصمت بسماكة 35cm
- 8- الاتجاه المدرّوس X والجدار مزود بفتحات شاقولية بسماكة 35cm
- 9- الاتجاه المدرّوس X والجدار مزود بفتحات شطرنجية بسماكة 35cm

وينفس الامر بالنسبة للاتجاه المدرّوس الاخر حيث اعتمدنا على توحيد السماكة في النموذج الواحد واختيار تغيير السماكة في نموذج اخر وذلك لأخذ تأثير زيادة السماكة بشكل كامل على المنشأ. تم إجراء التحليل الستاتيكي بالطريقة الستاتيكية المكافئة، والتحليل الديناميكي بطريقة طيف الاستجابة وفق الملحق رقم 2 للكود العربي السوري الخاص بالزلازل-2013 وبيّن الجدول (2) المعطيات الزلزالية المفروضة.

الجدول (2) المعطيات الزلزالية المفروضة

حماة	المدينة
S_c	صنف الموقع
0.3	Z
0.45	CV

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

0.33	ca
4.5	R
1	I
2.5	Ω_0

4- النتائج ومناقشتها:

قمنا في بداية الامر بنمذجة البناء باستخدام جدران قص بسماكة 25cm وبدون فتحات كونها احدى حالات المقارنة وبعد الانتهاء من عملية النمذجة و اختيار الجملة الحاملة وتعريف القوة الزلزالية واجراء التخصيصات اللازمة على عناصر المنشأ . تم تحليل المنشأ لاستخراج النتائج حيث تم دراسة هذا النموذج والذي يعتبر نموذج مرجعي وتم التأكد من انتظام المبنى وفق حالات المعايير اللازمة لمقاومة الزلازل وهي :

- حساب مركز الصلابة والكتلة واللامركزية كما هو موضح بالجدول /3/

مركز الكتلة ومركز الصلابة				اللامركزية											
الطاق	الديفرام	m_x	m_y	مركز الكتلة		مركز الصلابة		اللامركزية		بعد البناء		ex/Dx		ey/Dy	
				x_m	y_m	x_r	y_r	e_x	e_y	Dx	Dy	%	%		
Story8	D1	560232.08	560232.08	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	20	20	0.0		0.0	
Story7	D1	579606.68	579606.68	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	20	20	0.0		0.0	
Story6	D1	581982.62	581982.62	9.99	10.00	10.00	10.00	0.01	0.00	20	20	0.0		0.0	
Story5	D1	585806.56	585806.56	9.99	10.00	10.00	10.00	0.01	0.00	20	20	0.1		0.0	
Story4	D1	586703.91	586703.91	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	20	20	0.0		0.0	
Story3	D1	590497.25	590497.25	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	20	20	0.0		0.0	
Story2	D1	595269.52	595269.52	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	20	20	0.0		0.0	
Story1	D1	625861.01	625861.01	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00	0.00	20	20	0.0		0.0	

الجدول /3/ اللامركزية المحسوبة ومركز الصلابة ومركز الكتلة

تحقيق علم الانتظام من ناحية المساواة (الطابق اللين)

الطابق	فساوة	K_i	التحقق	$K_{mi} = \text{avg}(K_{1,1,2,1,3})$	K_i	التحقق	فساوة	K_i	التحقق	$K_{mi} = \text{avg}(K_{1,1,2,1,3})$	K_i	التحقق
	الطابق	K_{i+1}					الطابق	K_{i+1}				
	باتجاه x	0.7					باتجاه y	0.7				
Story8	98100.87	.	.				121471.73	.	.			
Story7	169389.44	1.73	منظم				207957.81	1.71	منظم			
Story6	237548.94	1.40	منظم				288533.88	1.39	منظم			
Story5	310751.14	1.31	منظم	168346.42	1.85	منظم	372953.75	1.29	منظم	205987.81	1.81	منظم
Story4	402881.26	1.30	منظم	239229.84	1.68	منظم	477447.61	1.28	منظم	289815.14	1.65	منظم
Story3	546378.69	1.36	منظم	317060.45	1.72	منظم	638990.89	1.34	منظم	379645.08	1.68	منظم
Story2	850932.42	1.56	منظم	420003.70	2.03	منظم	980796.88	1.53	منظم	496464.08	1.98	منظم
Story1	2194255.11	2.58	منظم	600064.12	3.66	منظم	2473216.75	2.52	منظم	699078.46	3.54	منظم

- التأكد من عدم الانتظام من ناحية المساواة (الطابق اللين)

وبيين الجدول /4/ التحقق من هذا الشرط

الجدول /4/ انتظام المنشأ من ناحية المساواة

- دراسة الانتظام على القتل بالاتجاهين (x.y)

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

دراسة الانتظام على القتل باتجاه X

الطبق	D _x	باتجاه E _{x1}						باتجاه E _{x2}					
		δmax	δavg	النسبة	التحقق	A _{x1}	اللامركزية	δmax	δavg	النسبة	التحقق	A _{x2}	اللامركزية
Story8	20	0.005434	0.005163	1.053	محقق			0.005433	0.005162	1.052	محقق		
Story7	20	0.005391	0.005122	1.053	محقق			0.005391	0.005122	1.053	محقق		
Story6	20	0.005222	0.00496	1.053	محقق			0.005222	0.00496	1.053	محقق		
Story5	20	0.004875	0.00463	1.053	محقق			0.004875	0.00463	1.053	محقق		
Story4	20	0.004306	0.004089	1.053	محقق			0.004306	0.004089	1.053	محقق		
Story3	20	0.003479	0.003303	1.053	محقق			0.003479	0.003303	1.053	محقق		
Story2	20	0.002365	0.002245	1.053	محقق			0.002365	0.002245	1.053	محقق		
Story1	20	0.000942	0.000894	1.054	محقق			0.000942	0.000894	1.054	محقق		

وفي حالة الجمل الإنشائية التي تحوي عدم انتظام في القتل (اللي)، كما هو معرف في الجدول

فإن تأثيرات ذلك يجب أن تؤخذ بالحسبان في زيادة القتل الطارئ عند كل منسوب، بمعامل تكبير

(A_x) محدد من العلاقة الآتية:

$$A_x = \left[\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{avg}} \right]^2$$

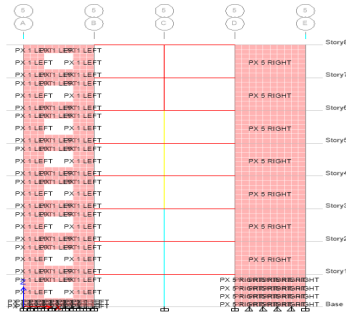
ففي حال كانت $1.2 < \frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$ يجب تعديل قيمة اللامركزية الطارئة بالمعامل A وبحيث

تصبح قيمة اللامركزية الطارئة :

$$e = 0.05 * A_x * D$$

ونقوم بمعيرة القوى الزلزالية في الاتجاهين /X,Y/ وبناء على ما سبق نبين في الجدول

/5/ التحقق من الحاجة لاستخدام معامل التكبير A_x



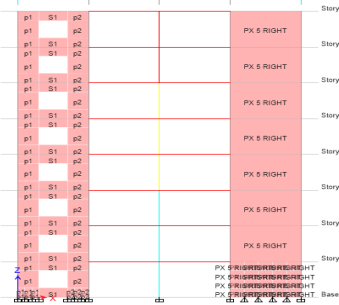
الجدول 5/ التحقق من الحاجة لاستخدام
معامل التكبير AX (الانتظام على الفتل)

ومن خلال ما سبق تبين ان استخدام جدران
القص وفق الحالة التوزيع السابق في المسقط

ووفق السماكة المبدئية /25cm/ للجدران يحقق كفاءة ومقاومة زلزالية وفق المعطيات
السابقة وبعد الانتهاء من نمذجة الحالة الأولى والتي لا تحوي فتحات في جدران القص
ننتقل الى الحالة الثانية والتي تحتوي فتحات شاقولية ضمن جدار القص حيث اصبحنا
امام خيارين لنمذجة الفتحات في جدار القص:

1- نمذجة فرعي الجدار واستخدام الجائز الرباط

- نمذجة الجدار وتفرغ الفتحات ضمنه بالابعاد والشكل المطلوب كما هو مبين بالشكل



المرفق

وبعد النمذجة قمنا بايجاد الانتقالات وفق اتجاه الدراسة المفروض ولذلك لكلا الحالتين
المذكورتين أعلاه. كما هو مبين في الجدول (6) و(7)

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

Drift X	Displacement Y	Displacement X	Load Case/Combo	Unique Name	Label	Story
	mm	mm				
0.005625	10.308	108.237	EX 1	82	53	Story8
0.005609	8.62	90.236	EX 1	85	53	Story7
0.005466	6.934	72.286	EX 1	110	53	Story6
0.00514	5.286	54.794	EX 1	135	53	Story5
0.004579	3.732	38.346	EX 1	160	53	Story4
0.003742	2.339	23.693	EX 1	185	53	Story3
0.002589	1.185	11.718	EX 1	210	53	Story2
0.001073	0.364	3.434	EX 1	32	53	Story1

الجدول (6) الانتقالات الناتجة عند النقطة المدروسة في الجدار المدروس وفق حالة

التحميل الزلزالية EX باستخدام SPANDRAL BEAM

Drift X	Displacement X	Load Case/Combo	Unique Name	Label	Story
	mm				
0.005631	107.919	EX 1	85	53	Story8
0.005597	89.95	EX 1	110	53	Story7
0.005453	72.039	EX 1	135	53	Story6
0.005125	54.591	EX 1	160	53	Story5
0.004563	38.192	EX 1	185	53	Story4
0.003727	23.588	EX 1	210	53	Story3
0.002577	11.662	EX 1	32	53	Story2
0.001067	3.416	EX1	32	53	Story1

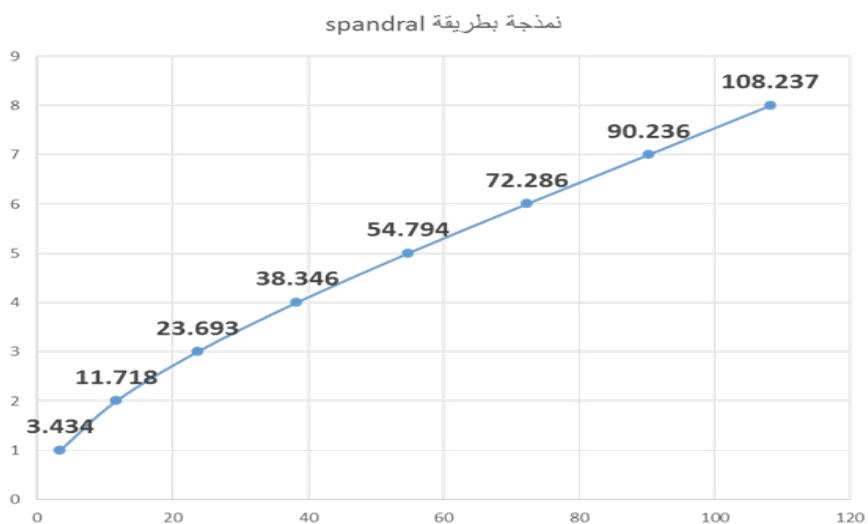
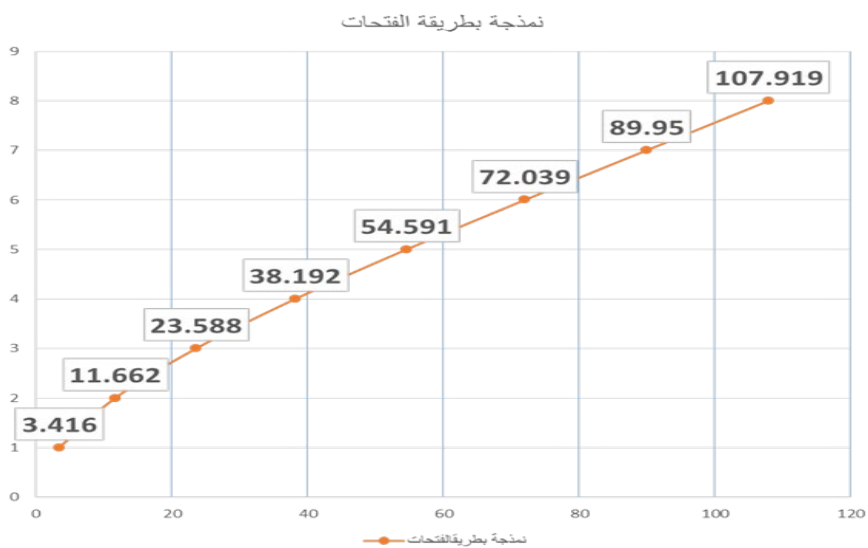
الجدول (7) الانتقالات الناتجة عند النقطة المدروسة في الجدار المدروس وفق حالة

التحميل الزلزالية EX باستخدام الفتحات الشاقولية نتيجة تفريغ جدار القص

وبمقارنة النتائج المبينة أعلاه نجد أن قيم الانتقالات الناتجة نتيجة استخدام الفتحات

الشاقولية أقل من الانتقالات في حالة استخدام الجوائز الرابطة بمقدار بسيط جدا" وتصل

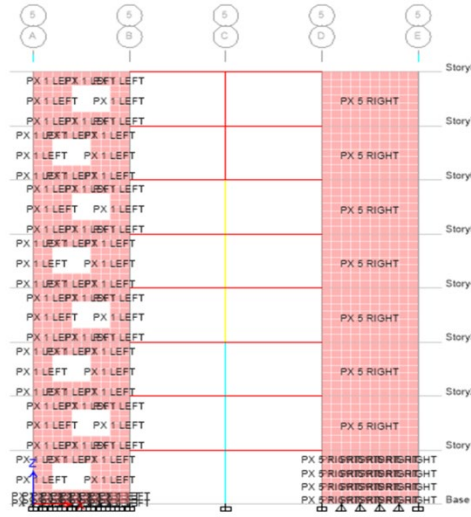
نسبة الانخفاض حوالي 1% فقط كما هو مبين في الشكل (7)



الشكل (7) الفرق في الانتقالات باختلاف طريقة نمذجة الجدار

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

ونتيجة الفرق القليل بين الحالتين حيث يمكن اهمال هذا الفرق كونه يعتبر تطابق في النتائج أي أن طريقة النمذجة في هذه الحالة لا تؤثر على قيم الانتقالات فتم اعتماد النمذجة باستخدام اسلوب التفريغ ضمن الجدران وتم الانتقال لحالة توزيع الفتحات الشطرنجية كما هو مبين في الشكل (8)



الشكل (8) حالة توزيع الفتحات بشكل شطرنجي

وبالتالي أصبح لدينا ثلاثة حالات للدراسة عند أول سماكة للجدار (25cm) وهي:

1- جدار قص مصمت (/No open/ (NO)

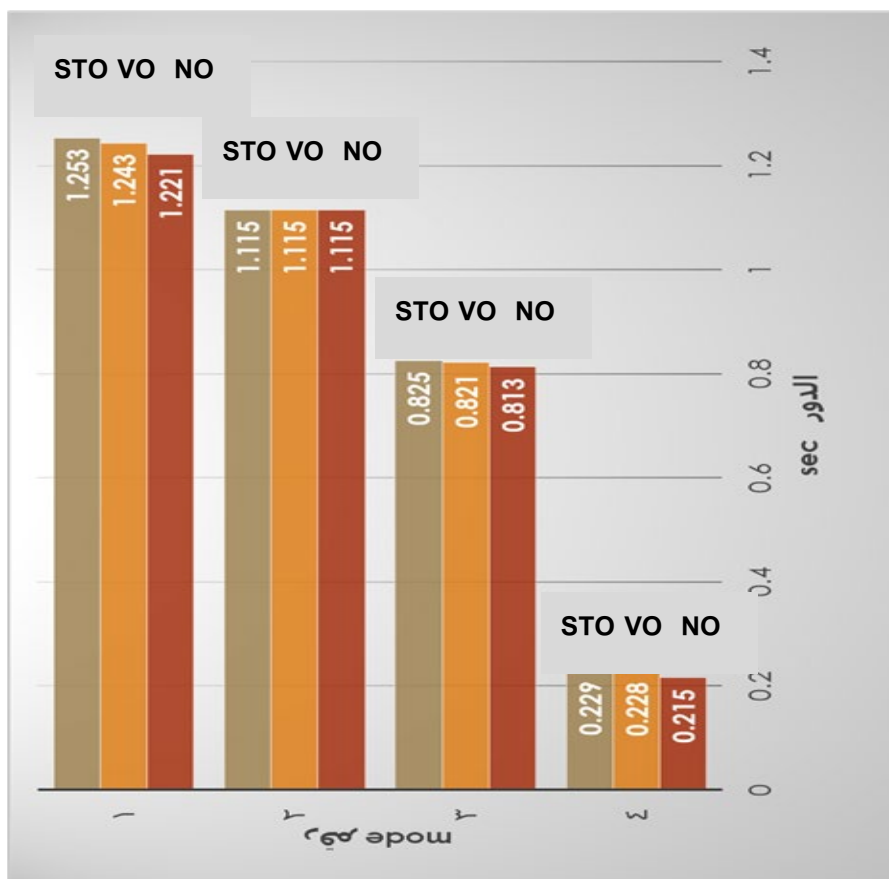
2- جدار قص مزود بفتحات شاقولية (/Vertical open/ (V O)

3- جدار قص مزود بفتحات شطرنجية (St O)

وسنقوم الآن بعرض نتائج المعايير التي اختلفت باختلاف الحالة:

1-4 نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه X:

يبين الشكل (9) نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه Y، للنماذج المدروسة المذكورة أعلاه



الشكل (9) نتائج الدور لأنماط الاهتزاز الأربعة الاولى بالاتجاه X

من خلال الشكل السابق يلاحظ أن قيم دور البناء بالاتجاه X تكون أعلى قيمة لها عند استخدام الفتحات الشطرنجية وأخفض منها عند استخدام الفتحات الشاقولية وأخفض قيمة عند عدم استخدام فتحات ويفسر هذا الموضوع بأن قيمة الدور تتناسب عكسا مع

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

كتلة الجدار وقساوته بشكل رئيسي فعند عدم استخدام فتحات يكون وزن الجدار بأعلى قيمة له وكذلك الامر بالنسبة للقساوة وبالتالي تكون قيمة الدور بأقل قيمة ويفسر زيادة الدور في حالة التوزيع الشطرنجي عن حالة التوزيع الشاقولي بأن الجدار ذو الفتحات الشاقولية يعمل بشكل مشابه لعمل جداري قص مصمتين مرتبطين بجزء متناظر مما يكسب جدار القص قساوة أكبر وبالتالي دور أقل على عكس جدار القص المزود بفتحات شطرنجية اذ ان عمله بعيد نوعاً ما عن جدار القص بسبب اختلاف الطول الفعال للجزء المصمت لجدار القص وكما في الشكل السابق فقد تم استنتاج بان الدور في حالة جدار القص المزود بفتحات شطرنجية يزيد عن الدور في نموذج الفتحات الشاقولية بحدود 1% ويزيد دور النموذج الشطرنجي عن دور النموذج المصمت بحدود 3% ونبين في الجدول (5) قيم الدور للحالات السابقة المدروسة وفق النماذج التي تم ذكرها مسبقاً من ناحية وجود وتوزيع الفتحات ضمن جدار القص:

mode	no	v o	st o
4	0.215	0.228	0.229
3	0.813	0.821	0.825
2	1.115	1.115	1.115
1	1.221	1.243	1.253

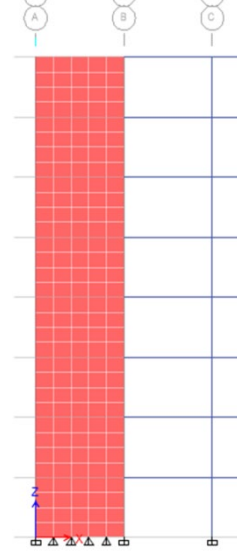
الجدول (8) قيم الدور لأنماط الاهتزاز الاربعة الاولى

ويمكن تفسير تساوي الدور في نمط الاهتزاز الثاني هو انه نمط اهتزازي على الاتجاه الاخر والذي لم يحدث اي انقطاع في الصلابة فيه. ويعود الفرق القليل بدور الاهتزاز وفق انماط الاهتزاز المدروسة الى نسبة مساحة الفتحة الى مساحة الجدران مجتمعة في الطابق الواحد حيث تمثل نسبة قليلة جداً لا تتجاوز مساحتها الى مساحة الجدران/2% وهذا يؤدي الى فرق مهملاً تقريباً في وزن المبنى بين الحالات الثلاثة وينعكس بذلك الى فروقات قليلة بالنسبة لدور الاهتزاز الخاص بالبناء المدروس

2-4 نتائج الإزاحة الطابقية الأعظمية بالاتجاه x:

توضّح الجداول (9) و(10) و(11) على الترتيب، قيم الانتقالات الحاصلة والازاحة الناتجة لكل نموذج من النماذج المدروسة:

Drift X	Displacement X	load case	نقطة المقارنة		الطابق
	mm				
0.005434	102.444	EX 1	82	45	Story8
0.005391	85.056	EX 1	85	45	Story7
0.005222	67.805	EX 1	110	45	Story6
0.004875	51.096	EX 1	135	45	Story5
0.004306	35.496	EX 1	160	45	Story4
0.003479	21.717	EX 1	185	45	Story3
0.002365	10.583	EX 1	210	45	Story2
0.000942	3.014	EX 1	32	45	Story1

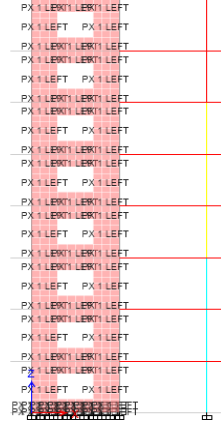


الجدول (9) قيم الانتقالات وفق نموذج الجدار المصمت

وهنا تجدر الإشارة الى أنه تم اعتماد نقطة المقارنة في الزاوية العلوية اليسرى من كل جدار في كل طابق حيث وجدنا ان تسمية هذه النقطة على البرنامج وفق البادئة /45.

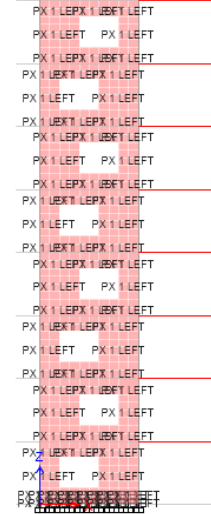
تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

Drift X	Displacement X	Load Case/Co mbo	نقطة المقارنة		الطابق
	mm				
0.005631	107.919	EX 1	85	53	Story8
0.005597	89.95	EX 1	110	53	Story7
0.005453	72.039	EX 1	135	53	Story6
0.005125	54.591	EX 1	160	53	Story5
0.004563	38.192	EX 1	185	53	Story4
0.003727	23.588	EX 1	210	53	Story3
0.002577	11.662	EX 1	32	53	Story2
0.001067	3.416	EX1	32	53	Story1



الجدول (10) قيم الانتقالات وفق نموذج الجدار المزود بفتحات شاقولية

Drift X	Displacement X	Load Case/Co mbo	نقطة المقارنة		الطابق
	mm				
0.005813	111.005	EX 1	82	53	Story8
0.005782	92.404	EX 1	85	53	Story7
0.005622	73.902	EX 1	110	53	Story6
0.005271	55.913	EX 1	135	53	Story5
0.004683	39.046	EX 1	160	53	Story4
0.003814	24.061	EX 1	185	53	Story3
0.002619	11.856	EX 1	210	53	Story2
0.001086	3.476	EX 1	32	53	Story1



الجدول (11) قيم الانتقالات وفق نموذج الجدار المزود بفتحات شطرنجية

ويبين الشكل (10) قيم الانتقالات الناتجة عن الحالات المدروسة كما هو مبين ادناه displacement



الشكل (10) قيم الانتقالات الناتجة والازاحة

ومن خلال الجداول والاشكال السابقة تبين بأن قيم الانتقالات في حالة الفتحات الشطرنجية اعلى منها من حالة الفتحات الشاقولية وحالة الجدار المصمت ويفسر هذا الموضوع بسبب الانقطاع في المساواة والصلابة بالنسبة لجدران القص حيث بينت النتائج ان الازاحة في حالة الفتحات الشطرنجية اعلى من الازاحة في حالة الفتحات الشاقولية بحدود 3% واعلى من الازاحة في حالة الجدار المصمت بحدود 8% وتتناقص هذه النسب كلما انخفض ارتفاع المبنى واقترينا من الطوابق السفلى حيث يمكن ان ينعدم هذا الفرق وتطبق القيم عند الطابق الاول ويعود سبب الفرق القليل بنسب الاختلاف الى نسبة مساحة الفتحة بالمقارنة مع مساحة الجدران في الطابق الواحد وهي 2% .

3-4 نتائج صلابات الطوابق بالاتجاه x:

كما هو معروف فان الصلابات ترتبط ارتباط وثيقا بالانتقالات فعند دراسة الانتقالات يجب التطرق لموضوع الصلابات ودراستها وبيان التغيرات التي تحصل لصلابيات

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

الطوابق نتيجة استخدام هذه الفتحات ضمن جدار القص. وتبين الجداول (12) (13) (14) على التتابع قيم الصلابات الطابقية بالاتجاه X وفق الحالات السابقة .

Stiffness X kN/m	Shear X kN	Load Case	Story
98243.262	1511.6565	EX 1	Story8
169489.805	2591.4587	EX 1	Story7
237748.852	3520.7975	EX 1	Story6
311055.846	4300.3351	EX 1	Story5
403292.245	4924.9204	EX 1	Story4
546942.645	5396.3881	EX 1	Story3
851794.934	5713.2401	EX 1	Story2
2196025.997	5863.5244	EX 1	Story1

الجدول (12) قيم الصلابات الطابقية في حالة الجدار المصمت

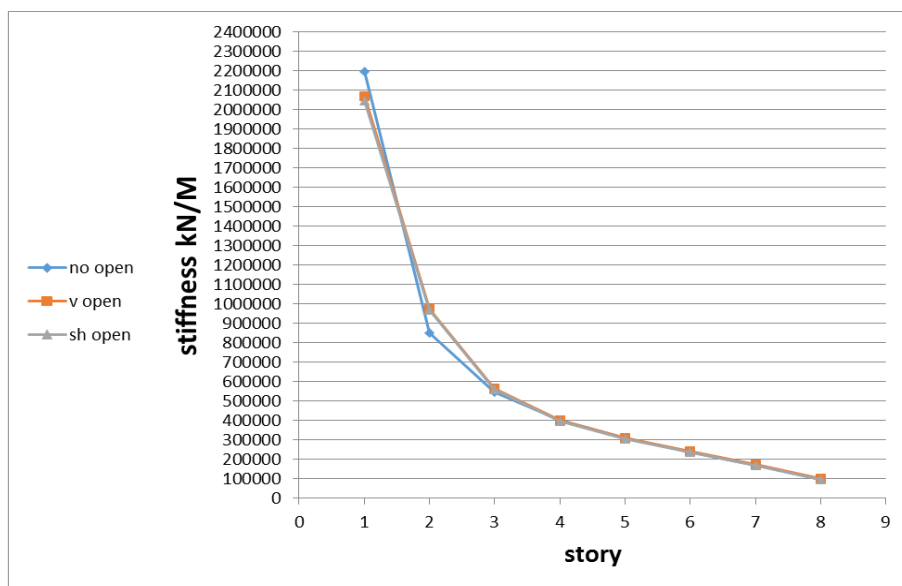
Stiffness X kN/m	Shear X kN	Load Case	Story
100715.489	1629.6016	EX 1	Story8
172955.018	2784.7887	EX 1	Story7
240849.845	3778.7532	EX 1	Story6
312717.83	4612.1591	EX 1	Story5
402028.638	5279.8416	EX 1	Story4
563013.528	5783.6403	EX 1	Story3
972516.084	6122.0531	EX 1	Story2
2066473.321	6289.1044	EX 1	Story1

الجدول (13) قيم الصلابات الطابقية في حالة الجدار المزود بفتحات شاقولية

Stiffness X kN/m	Shear X kN	Load Case	Story
98314.546	1629.6282	EX 1	Story8
169198.354	2784.8336	EX 1	Story7
236122.242	3778.8139	EX 1	Story6
307075.109	4612.2331	EX 1	Story5
395354.331	5279.9262	EX 1	Story4
560121.712	5783.7329	EX 1	Story3
969980.897	6122.1256	EX 1	Story2
2043267.812	6289.2159	EX 1	Story1

الجدول (14) قيم الصلابات الطابقية في حالة الجدار المزود بفتحات شطرنجية

ويبين الشكل (11) قيم الصلابات الطابقية وفق الحالات المدروسة كما هو مبين ادناه:



الشكل (11) قيم الصلابات الطابقية

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

الجدول	V2	Location	Load Case	Pier	Story	ومن
تبين أن	371.743	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story8	السابقة
الطابقية	653.2241	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story7	الصلابة
الاول وفق	903.7629	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story6	للطابق
لحالة	1112.563	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story5	الاتجاه x
	1280.078	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story4	
الجدار	1408.251	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story3	استخدام
	1495.631	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story2	
أعلى منها	1546.205	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story1	المصمت

من حالة استخدام الفتحات الشاقولية بحدود 6% واعلى من حالة استخدام فتحات شطرنجية بحدود 7% أما عند الانتقال الى الطابق الثاني تختلف هذه القاعدة بحيث تصبح الصلابة الطابقية في حالة استخدام الفتحات الشاقولية اعلى قيمة من حالة الجدار المصمت بحدود 13% وابتداء" من الطابق الثالث فما فوق تعود الصلابات لتتطابق نوعا" ما بمختلف حالات الدراسة

4-4 نتائج قوى القص المؤثرة على جدران القص بالاتجاه x:

وقمنا بعد ذلك بدراسة القوى القاصة المؤثرة على جدران القص المدروسة لبيان تأثير وجود الفتحات على حصة جدار القص من القوى الزلزالية وتبين الجداول (15) (16) (17) على التتابع قيم قوى القص المؤثرة على جدران القص وفق الحالات السابقة.

الجدول (15)

V2 kN	Location	Load Case	Pier	Story
496.0653	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story8
686.9077	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story7
885.9139	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story6
1065.024	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story5
1196.618	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story4
1250.143	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story3
1163.385	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story2
894.112	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story1

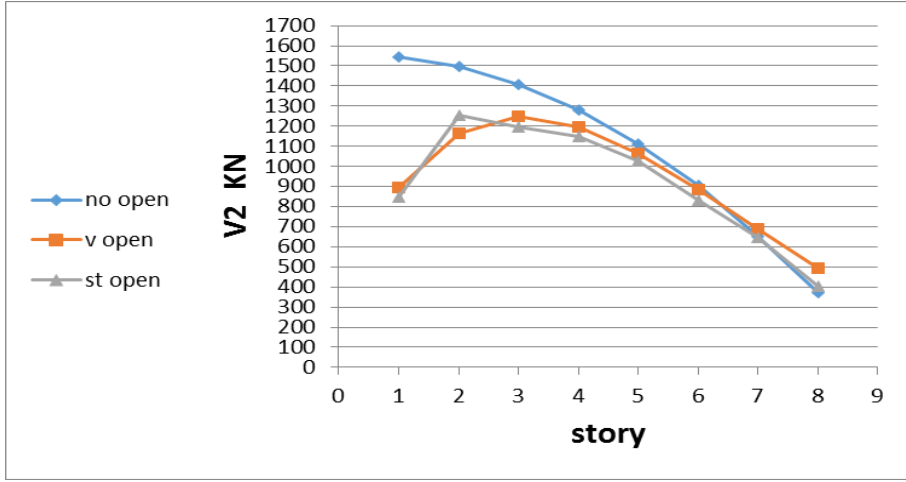
الجدول (16)

V2 kN	Location	Load Case	Pier	Story
403.658	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story8
646.5607	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story7
832.9255	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story6
1028.692	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story5
1147.331	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story4
1196.96	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story3
1251.754	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story2
845.7652	Bottom	EX 1	PX 5 LEFT	Story1

الجدول (17)

ويبين الشكل (12) قوى القص المؤثرة على الجدران في الحالات المدروسة :

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية



الشكل (12) قوى القص المؤثرة على الجدران

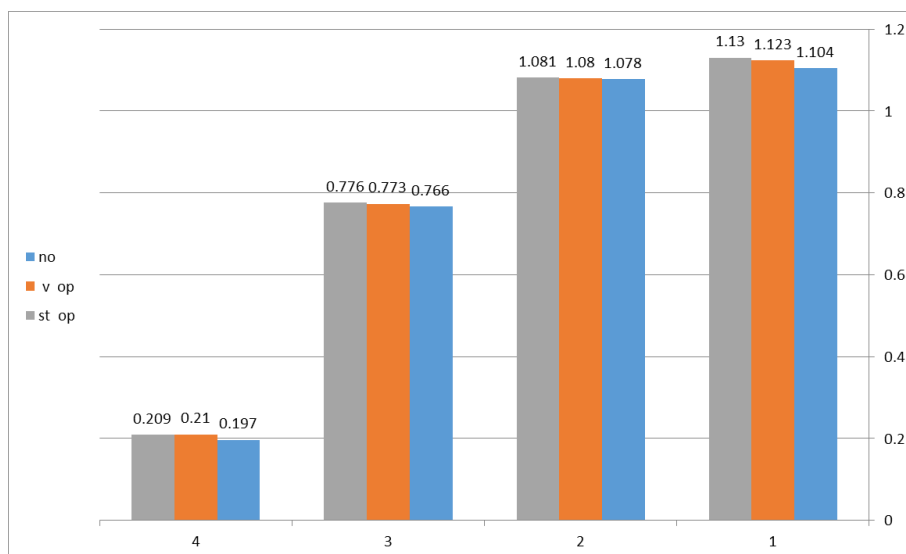
نستنتج من الجداول السابقة بأن توزيع قوى القص المؤثرة على الجدار المصمت شبه منتظم ولا يوجد به اي تغيرات على عكس حالة الجدران الحاوية على فتحات شاقولية وشطرنجية ومن خلال التدقيق في المخطط المرفق نجد أن قوى القص المؤثرة على الجدران الحاوية على فتحات بنوعها وخصوصاً في الطابق الاول أخفض من قوى القص المؤثرة على الجدار المصمت وفي نفس الطابق بحدود 45% ويتناقص هذا الفرق مع الارتفاع في الطوابق مع ملاحظة موضوع مهم وهو التغير في قوى القص التي تتلقاها جدران القص الحاوية على فتحات في مستوي الطابق الثالث مع أفضلية بسيطة للجدران التي تحوي فتحات شاقولية إذ إن قوى القص تزداد حتى مستوي الطابق الثالث ثم تعود للانخفاض مع زيادة عدد الطوابق وتكون حصة الجدار عند مستوي الطابق الثالث والمزود بفتحات اخفض من حصة الجدار المصمت عند نفس المنسوب بحدود 15%.

- بارامترات المقارنة بين النماذج المدروسة لنموذج الجدار 30cm اي بعد زيادة السماكة الخاصة بالجدران :

قمنا بزيادة سماكة الجدران المستخدمة في المنشأ لبيان تأثير تغيير سماكة الجدار بوجود الفتحات على الانتقالات والصلابات وباقي البارامترات المدروسة. حيث تواجه نفس حالات الدراسة جدار قص مصمت وجدار قص مزود بفتحات شاقولية وجدار قص مزود بفتحات شطرنجية

دور الاهتزاز بالاتجاه X

يبين الشكل (13) نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه X، للنماذج المدروسة المذكورة



الشكل (13) دور الاهتزاز بالاتجاه X وذلك لعدة أطوار من أطوار الاهتزاز

وكما هو مذكور بحالة الجدار ذو السماكة 25cm فقد لوحظ أن قيم دور البناء بالاتجاه X تكون أعلى قيمة لها عند استخدام الفتحات الشطرنجية وأخفض منها عند استخدام الفتحات الشاقولية وأخفض قيمة عند عدم استخدام فتحات ويفسر هذا الموضوع بأن قيمة

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

الدور تتناسب عكسا" مع كتلة الجدار وقساوته بشكل رئيسي فعند عدم استخدام فتحات يكون وزن الجدار بأعلى قيمة له وكذلك الامر بالنسبة للقساوة وبالتالي تكون قيمة الدور بأقل قيمة ويفسر زيادة الدور في حالة التوزيع الشطرنجي عن حالة التوزيع الشاقولي بأن الجدار ذو الفتحات الشاقولية يعمل بشكل مشابه لعمل جداري قص مصمتين مرتبطين بجزء متناظر مما يكسب جدار القص قساوة أكبر وبالتالي دور أقل على عكس جدار القص المزود بفتحات شطرنجية اذ ان عمله بعيد نوعا" ما عن جدار القص بسبب اختلاف الطول الفعال للجزء المصمت لجدار القص ويبين الجدول /18/ قيم دور المنشأ لهذه الحالة

mode	T (sec)		
	no	v op	st op
1	1.104	1.123	1.13
2	1.078	1.08	1.081
3	0.766	0.773	0.776
4	0.197	0.21	0.209

الجدول (18) قيم الدور لأنماط الاهتزاز الاربعة الاولى

الإزاحة المطلقة لجدار القص بالاتجاه X

توضّح الجداول (19) و(20) و(21) على الترتيب، قيم الانتقالات الحاصلة والإزاحة الناتجة لكل نموذج من النماذج المدروسة:

story	Label	Unique Name	Load Case	Displacement X	Drift X
Story8	45	82	EX 1	84.418	0.004455
Story7	45	85	EX 1	70.162	0.004426
Story6	45	110	EX 1	55.997	0.004295
Story5	45	135	EX 1	42.252	0.004018
Story4	45	160	EX 1	29.394	0.003557
Story3	45	185	EX 1	18.01	0.002881
Story2	45	210	EX 1	8.79	0.001964
Story1	45	32	EX 1	2.507	0.000783

الجدول (19) قيم الانتقالات وفق نموذج الجدار المصمت (no open)

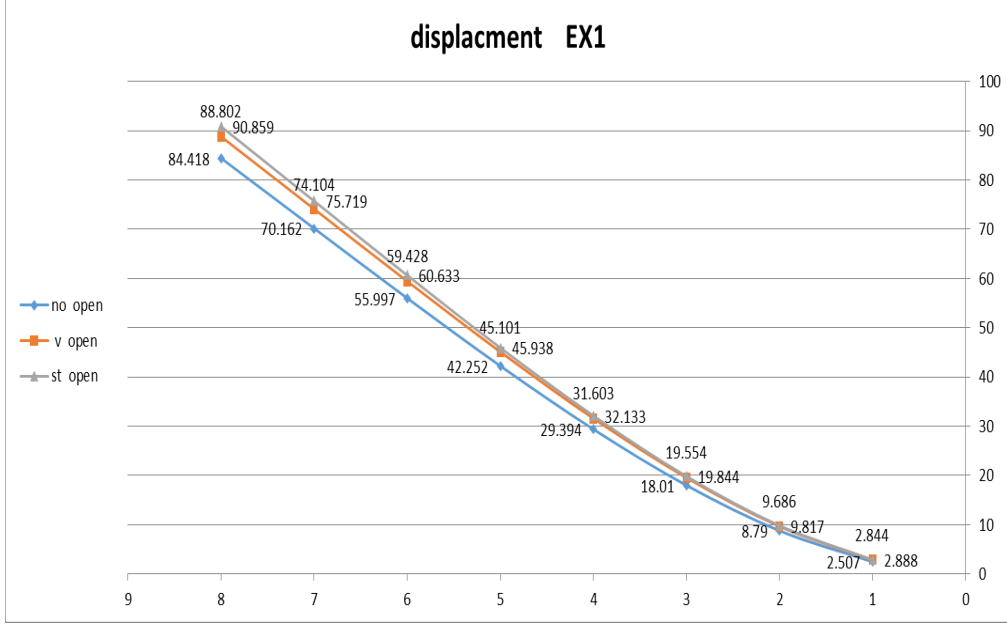
story	Label	Unique Name	Load Case	Displacement X	Drift X
Story8	45	82	EX 1	88.802	0.004593
Story7	45	85	EX 1	74.104	0.004586
Story6	45	110	EX 1	59.428	0.004477
Story5	45	135	EX 1	45.101	0.004218
Story4	45	160	EX 1	31.603	0.003765
Story3	45	185	EX 1	19.554	0.003084
Story2	45	210	EX 1	9.686	0.002138
Story1	45	32	EX 1	2.844	0.000889

الجدول (20) قيم الانتقالات وفق نموذج الجدار المزود بفتحات شاقولية

story	Label	Unique Name	Load Case	Displacement X	Drift X
Story8	45	82	EX 1	90.859	0.004731
Story7	45	85	EX 1	75.719	0.004714
Story6	45	110	EX 1	60.633	0.004592
Story5	45	135	EX 1	45.938	0.004314
Story4	45	160	EX 1	32.133	0.00384
Story3	45	185	EX 1	19.844	0.003133
Story2	45	210	EX 1	9.817	0.002165
Story1	45	32	EX 1	2.888	0.000902

الجدول (21) قيم الانتقالات وفق نموذج الجدار المزود بفتحات شطرنجية (sh open)

ويبين الشكل(14) قيم الانتقالات الناتجة عن الحالات المدروسة:



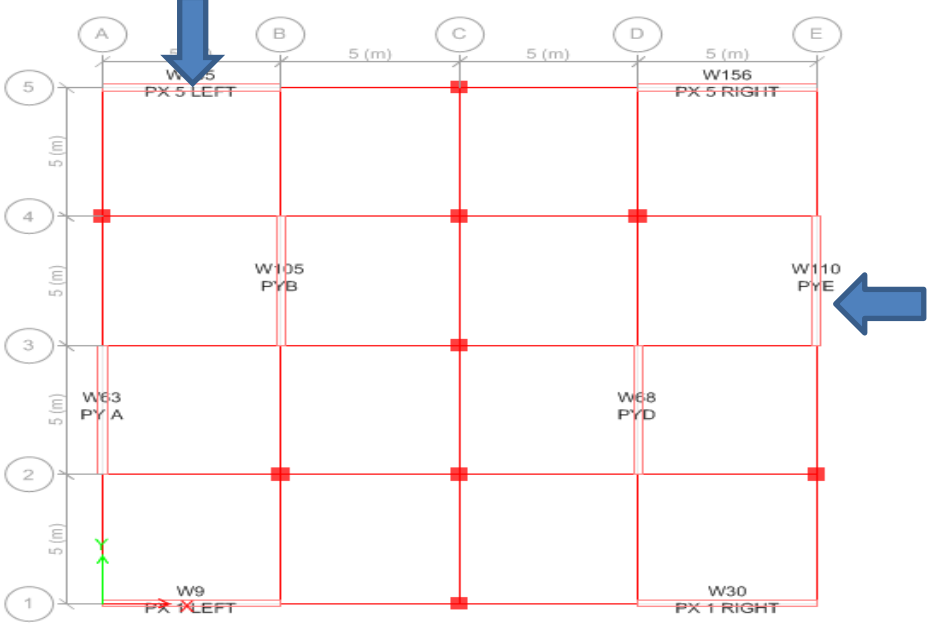
الشكل(14) قيم الانتقالات الناتجة في جدار القص المدروس وفق نماذج الفتحات

ومن خلال الشكل والجدول السابقة نجد أن قيم الانتقالات في حالة الفتحات الشطرنجية اعلى منها من حالة الفتحات الشاقولية بحدود/3% وحالة الجدار المصمت بحدود 7% ويفسر هذا الموضوع بسبب الانقطاع في التساوة والصلابة بالنسبة لجدران القص حيث أن الانتقال يتناسب عكسا" مع الصلابة ويعود سبب الفرق الصغير في النسب الى أن التغير الناتج عن حالة الفتحة والتي تشكل مساحتها نسبة صغيرة جدا" من مساحة الجدران في الطابق الواحد فلو أردنا معرفة حد التأثير الواضح فعلينا زيادة مساحة الفتحة أو زيادة عدد الفتحات وهذه حالة دراسة أخرى لسنا بصددنا الان. وبعد الانتهاء من

دراسة جدار القص المختار (PX5LEFT) وفق اتجاه الدراسة الاول X والاكتفاء بسماكتين فقط /25cm,30cm/ على سبيل المقارنة سننتقل لدراسة جدار قص وفق الاتجاه Y وذلك لحاجتنا الماسة لمعرفة سلوك الجملة وجدران القص بالاتجاه الاخر المتمثل بالإحداثي Y حيث قمنا باختيار جدار القص (PYE) لدراسة سلوك هذا الجدار وفق المعطيات السابقة المدروسة للاتجاه الاول كما هو مبين بالشكل /15/ وكان اختيار هذا الجدار لعدة اسباب نذكر منها :

- 1- وقوع الجدار على طرف المبنى وامكانية وجود نوافذ فيه كونه طرفي
- 2- الرغبة بدراسة جدار طرفي بالاتجاه الاخر كون الجدار المدروس بالاتجاه (X) ركني
- 3- امكانية تغير القوى المؤثرة على الجدار كونه طرفي
- 4- اختلاف التغيرات الحرارية في موقع هذا الجدار عن الجدار المدروس في الاتجاه الاخر

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية



الشكل /15/ الجدار PYE المدروس بالاتجاه Y

وقبل البدء بدراسة الحالات المختلفة للنماذج نود الإشارة الى أن حالة الجدار المصمت المستخدمة لا تحتاج الى أي تعديل كون الجدار المصمت وهي حالة مدروسة في الاتجاه الاخر مع فرق بسيط وهو اختلاف النتائج التي نود الحصول عليها من النموذج الحاسوبي لحالة الجدار المدروس .

بارامترات المقارنة بين النماذج المدروسة لنموذج الجدار 25cm للجدار PYE:

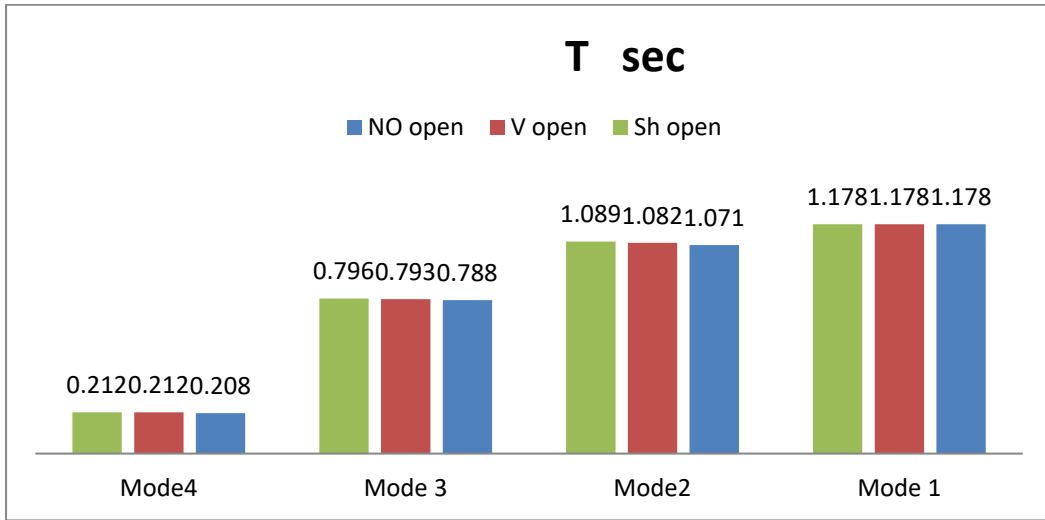
- دور الاهتزاز

يبين الجدول /22/ دور الاهتزاز لأنماط الاهتزاز الاربعة الاولى وفق اتجاه الدراسة Y/

Mode4	Mode 3	Mode2	Mode 1	حالة الدراسة
-------	--------	-------	--------	--------------

0.208	0.788	1.071	1.178	NO open
0.212	0.793	1.082	1.178	V open
0.212	0.796	1.089	1.178	ST open

الجدول /22/ دور الاهتزاز لأنماط الاهتزاز الاربعة الاولى



ومن خلال الجدول والشكل السابق نلاحظ وجود تغير طفيف في دور الاهتزاز الثاني الموافق لاتجاه الحركة (Y) وفق حالات الدراسة الثلاثة حيث وجد أن استخدام فتحات شطرنجية أدى الى زيادة دور الاهتزاز عن حالة الجدار المصمت والجدار المزود بفتحات شاقولية ويفسر هذا الموضوع بأن قيمة الدور تتناسب عكسا مع كتلة الجدار وقساوته بشكل رئيسي فعند عدم استخدام فتحات يكون وزن الجدار بأعلى قيمة له وكذلك الامر بالنسبة للقساوة وبالتالي تكون قيمة الدور بأقل قيمة ويفسر زيادة الدور في حالة التوزيع الشطرنجي عن حالة التوزيع الشاقولي بأن الجدار ذو الفتحات الشاقولية يعمل بشكل مشابه لعمل جداري قص مصمتين مرتبطين بجزء متناظر مما يكسب جدار

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية

القص قساوة أكبر وبالتالي دور أقل على عكس جدار القص المزود بفتحات شطرنجية
اذ ان عمله بعيد نوعاً ما عن جدار القص بسبب اختلاف الطول الفعال للجزء المصمت
لجدار القص.

الازاحة المطلقة لجدار القص بالاتجاه Y

توضّح الجداول (23) و(24) و(25) على الترتيب، قيم الانتقالات الحاصلة والازاحة
الناجمة لكل نموذج من النماذج المدروسة:

displacementY mm	Load Case/Combo	Unique Name	Label	Story
80.21	EY 1	72	44	Story8
66.976	EY 1	96	44	Story7
53.739	EY 1	121	44	Story6
40.786	EY 1	146	44	Story5
28.555	EY 1	171	44	Story4
17.619	EY 1	196	44	Story3
8.671	EY 1	221	44	Story2
2.503	EY 1	51	44	Story1

الجدول /23/ انتقال الجدار في حالة الجدار المصمت/NO/

displacementY mm	Load Case/Combo	Unique Name	Label	Story
82.645	EY 1	72	44	Story8
69.227	EY 1	96	44	Story7
55.75	EY 1	121	44	Story6
42.501	EY 1	146	44	Story5
29.925	EY 1	171	44	Story4
18.611	EY 1	196	44	Story3
9.274	EY 1	221	44	Story2
2.745	EY 1	51	44	Story1

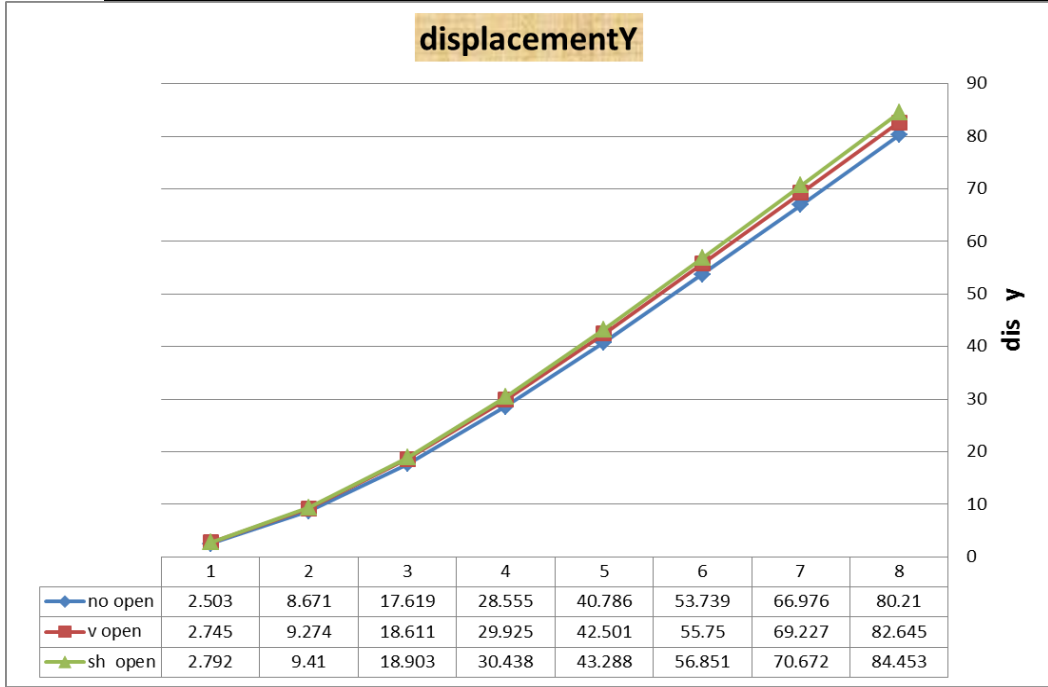
الجدول /24/ انتقال الجدار في حالة الجدار المزود بفتحات شاقولية/V O/

displacementY mm	Load Case/Combo	Unique Name	Label	Story
84.453	EY 1	72	44	Story8
70.672	EY 1	96	44	Story7
56.851	EY 1	121	44	Story6
43.288	EY 1	146	44	Story5
30.438	EY 1	171	44	Story4
18.903	EY 1	196	44	Story3
9.41	EY 1	221	44	Story2
2.792	EY 1	51	44	Story1

الجدول /25/ انتقال الجدار في حالة الجدار المزود بفتحات شطرنجية/ST O/

ويبين الشكل /16/ قيم الانتقالات الناتجة في جدار القص المدروس وفق نماذج الفتحات

تأثير فتحات النوافذ على انتقالات جدران القص في الجمل الإنشائية الجدارية



الشكل /16/ قيم الانتقالات الناتجة في جدار القص المدروس PYE

ومن خلال المخطط السابق فإننا نلاحظ أن عمل الجدار بالاتجاه Y بوجود أنواع الفتحات المدروسة مشابه لعمل الجدار بالاتجاه X وفق نفس الحالات. حيث نجد أن انتقالات الجدار المزود بفتحات شطرنجية أعلى من الحالتين الباقيتين وبشكل مشابه لما ذكرناه في حالة الجدار بالاتجاه X.

5-- نتائج البحث

(1) تم استنتاج بأن الدور في حالة جدار القص المزود بفتحات شطرنجية يزيد عن الدور في نموذج الفتحات الشاقولية بحدوده 1% ويزيد دور النموذج

الشطرنجي عن دور النموذج المصمت بحدود 3% وهو فرق شبه مهمل كما ذكرنا سابقا"

(2) أن قيم الانتقالات و الاراحة في حالة الفتحات الشطرنجية اعلى من الاراحة في حالة الفتحات الشاقولية بحدود 3% واعلى من الاراحة في حالة الجدار المصمت بحدود 8% وتتناقص هذه النسب كلما انخفض ارتفاع المبنى واقتربنا من الطوابق السفلى .

(3) أن الصلابة الطابقية للطابق الاول وفق الاتجاه x لحالة استخدام الجدار المصمت أعلى منها من حالة استخدام الفتحات الشاقولية بحدود 6% واعلى من حالة استخدام فتحات شطرنجية بحدود 7% و في حالة استخدام الفتحات الشاقولية اعلى قيمة من باقي الحالات بحدود 13% .

(4) إن قوى القص المؤثرة على الجدران الحاوية على فتحات بنوعيتها وخصوصا" في الطابق الاول أخفض من قوى القص المؤثرة على الجدار المصمت وفي نفس الطابق بحدود 45% ويتناقص هذا الفرق مع الارتفاع في الطوابق

(5) ان زيادة السماكة تؤثر بشكل طفيف على انتقالات جدران القص ولكنها تحافظ على الشكل العام لتغير هذه الانتقالات وفق حالات الدراسة المفروضة

(6) ان وجود نماذج الفتحات لا يغير بشكل كبير من النتائج السابقة وبمعنى أوضح استجابة الجدار المدروس بالاتجاه y مشابهة لاستجابة الجدار المدروس بالاتجاه X.

6-المراجع:

- [1] Syrian Arabic code for design and execute structures by reinforced concrete, 2012
- [2] Appendix no.2 of Syrian Arabic code for design and execute structures by reinforced concrete, , 2013- **Design and Check Buildings and Structures That Resist Earthquakes**. Syndicate of Engineers, Version 2 Damascus, 271p. (In Arabic).
- [3] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2013- **Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-10)**. Structural Engineering Institute, 595p.
- [4] ADEGHE, L. N. and COLLINS, M. P., (1986), "**A Finite Element Model for Studying Reinforced Concrete Detailing Problems**
- [5] YANIZ,R and POULAY,T1992- **Seismic behavior of walls with irregular openings**. Bulkema,Rotterdam.
- [6] KHATAMI,S and BARROS,S 2012-**Comparing Effects of Openings in Concrete Shear Walls under Near-Fault Ground Motions**. Porto, Portugal.
- [7] HYUN,K and DONG,L 2005 Efficient three-dimensional seismic analysis of a high-rise building structure with shear walls, **Engineering Structures**, Vol. 27. 963–976.

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

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)

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

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 الببتون 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.

الببتون 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 ببتوني مُحسَّن ومُطَوَّر يعطي خواص مرغوبة بحالته الطرية ومقاومة عالية لمختلف الإجهادات المؤثرة فيه بالحالة الصلبة.

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

ومع التطور التكنولوجي بالصناعة الإنشائية تم الوصول لببتون حديث ذاتي التوضع والرص SCC ويعد أهم التطورات في صناعة الببتون والبناء في الوقت الحالي، فقد ازداد استخدامه بصورة ملحوظة في السنين الأخيرة بأعمال التشييد الإنشائي كبديل عن استخدام الببتون العادي، لقابلية التشغيل العالية التي يتمتع بها الببتون ذاتي التوضع فهو قادر على الإنسياب والمرور خلال العناصر الإنشائية بتأثير وزنه الذاتي فقط، من خلال إضافة مواد مُحسَّنة لمواصفات المزيج الببتوني [1]، دون حصول انفصال بمكوناته ومهما كانت كثافة التسليح، بالإضافة للميزات الأخرى التي يتميز بها الببتون ذاتي التوضع مقارنة مع الببتون العادي من حيث الجودة، وتخفيض تكاليف التشييد المتعلقة برج الببتون فهو قادر على رص نفسه بنفسه بطريقة كاملة ومنظمة 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 الببتون بصورة أساسية على نسب تجريبية، اختلفت هذه الخلطات باختلاف خصائص المواد والإضافات الداخلية في تركيبها، إلا أن هناك عدد من المعايير الخاصة وضعت لتحديد خواص هذا الببتون، 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 للأسمنت وعدة نسب ل (W/C) والسيليكيا فيوم كمادة مألثة، وتم الحصول على مقاومات عالية تصل وسطياً حتى (50 Map).

كما قدم الباحثون (Selvi.K, T.Mahendran, N.Atthikumar) من جامعة ناندها في الهند [8] بإعداد بحث يوصف الخواص الطازجة لبيتون ذاتي الدمك تم انتاجه باستخدام الرماد المتطاير كمادة مألثة 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 إضافة مواد مطاطية بنسب مختلفة على التغيير المنتظم لأداء تشوه البيتون ذاتي التوضع بدراسة منحنى اجهاد-تشوه.

مما سبق نلاحظ قيام الباحثون باستخدام مواد مألثة 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 بجالتيه 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

خطات تجريبية غايتها الوصول إلى إنتاج بيتون ذو قابلية تشغيل جيدة بأقل كلفة اقتصادية وأعلى مقاومة ممكنة، والتي قد اعتمدت على مبدأ أن النسب المثلى من المواد اللازمة لإنتاج البيتون ذاتي التوضع تختلف باختلاف مواصفات المواد المختارة بحد 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 (6,6) 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 والانسحاب 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 الملى، ومقاومة الانفصال، والقدرة على التدفق والانسياب لكل خطة 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 للخطة ومنها: (الخواص الهندسية للعنصر المصبوب - خواص المواد الداخلة بالخطة - 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 للخطة البيتونية لتحسين قابلية التشغيل لها [3]، والحصول على بيتون ذو جودة مطلوبة، وتتطلب هذه الاعتبارات الاختيار السليم والجيد للمواد اللازمة لتشكيل الخطة 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 الخططات 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 الحصىيات الخشنة - تقدير المحتوى الاسمنتي المطلوب والماء - حساب حجم العجينة والملاط - تحديد الخليط - إجراء خلطات 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 ووزان 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).
رمل الكسر (من مقالع حسياء-ريف حمص).



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/م² مطابق للمواصفات القياسية السورية-1 رقم 3800 عام 2015 كمادة ناعمة أساسية للخليط ممثلاً عن المواد الناعمة الاخرى المحسنة للخليط، وبعده عيارات كما موضح بالجدول رقم (1)، وذلك للتحقق من أثر المحتوى الاسمطي على مقاومة البيتون 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 البيتونية 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 الاوزان 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).

1-8 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 الملدانات (HRW, Sikament, S)، 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 البيتون ذاتي التوضع SCC عيار اسمنت 550 Kg/m³

وباستخدام الملدن HRW:

ضمن هذه الخطة أُستخدم المضاف الكيميائي (HRW)، وبنسبة 2% من وزن الاسمنت، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ و عيار أسمنت 550 Kg/m³، وكانت نتائج قابلية التشغيل للخطة البيتونية 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 البيتون ذاتي التوضع SCC، ومن ثم رفعه مرة واحدة للأعلى وأخذ القياسات. وفق النتائج الموضحة بالجدول رقم (5) يعتبر البيتون ذو لزوجة عالية وقابلية ملئ وجريان جيدة، ويمكن تصنيفه تحت الصنف SF1 والذي يمكن استخدامه في منشآت البيتون ذات التسليح الخفيف أو غير المسلح-المقاطع الصغيرة.



الشكل رقم (3) يوضح هبوط الانسياب

- اختبار J-ring:

وَضِعَ مخروط أبرامز بمنصف 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:

وضعت عينة من المزيج الببتوني 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 المملدن حالة عدم وجود انفصال أو نزع في مركز انتشار الببتون، 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، عُمرت بالماء وتم إخراجها قبل 24 ساعة من كسرها في عمر 7 أيام للتنبؤ 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- ξ -6) كما هو موضح بالشكل رقم(10).



الشكل رقم (7) يوضح الاسطوانات البيتونية

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

وباستخدام الملدن SIKAMENT:

ضمن هذه الخلطة 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 للخلطة الببتونية تبين:

- يعتبر الببتون ذو قابلية ملئ وجريان جيدة، ويمكن تصنيفه تحت الصنف SF1 والذي يمكن استخدامه في منشآت الببتون 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 الببتوني وتقييمه مرئياً

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

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

وباستخدام الملدن S:

ضمن هذه الخلطة 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 للخلطة البيتونية تبين:

- يعتبر البيتون 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 البيتون 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 البيتوني وتقييمه مرئياً

- تم قياس السلوك الميكانيكي للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم [9]، فقد

كان منحنى (اجهاد-تشوه 6-6) 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

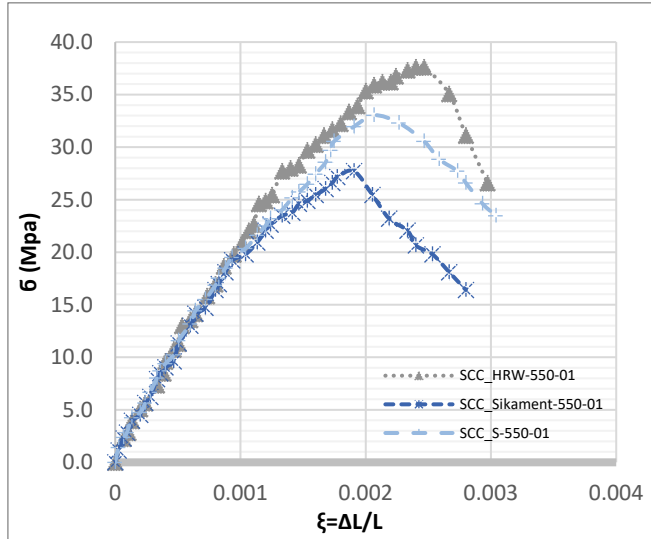
Kg/m³، باختلاف فقط نوع الملدن:

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

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

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

8-2 الخطات التجريبية ذات المحتوى الاسمتي 500 kg/m³:

ضمن هذه الخطات تم استخدام عيار اسمنت 500 kg/m³، نسبة $\frac{W}{C} = 0.39$ ثابتة، ونوعين من الملدانات (HRW, SIKAMENT)، حيث استجابت الخطات 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 المدن "SIKAMENT" كان أقل جودة، فقد لوحظ أيضاً حدوث نزف 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 نرف 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 المسموحة، ويلاحظ وجود نرف طفيف وتشكل كومة حصويات في مركز انتشار المزيج، وبالتالي يمكن أخذ مؤشر الثبات المرئي VSI=2، كما تم قياس السلوك الميكانيكي

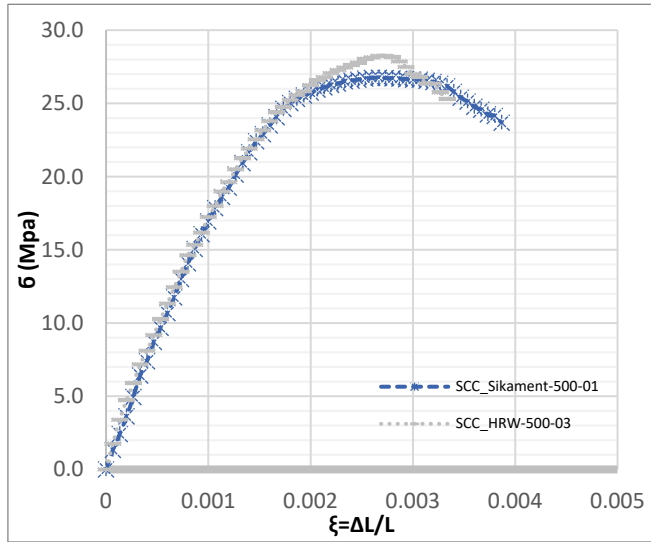
دراسة سلوك اجهاد- تشوه لعينات اسطوانية من الببتون ذاتي الدمك SCC والمنتجة من المواد المحلية

للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم، فقد كان منحنى (اجهاد-تشوه ξ -6) وفق الشكل التالي رقم (12).

الجدول رقم (6) خصائص الخلطات الببتونية المخبرية عند عيار اسمنت 500 Kg/m³

الحدود المقبولة	SIKAMENT	HRW	الملدن	خصائص قابلية
	الخلطة الثانية	الخلطة الأولى	الوحدة	التشغيل
55-65	54	52	cm	هطول الانسياب
-	7.58	4.86	sec	زمن الانسياب
$\geq 80\%$	89%	96%	(D _r %)	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 ξ -6) للخلطات المختبرة المذكورة أعلاه:



الشكل رقم (12) منحنيات (اجهاد-تشوه ξ -6) لعينات SCC المختبرة عند عيار اسمنت 500 Kg/m³

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 المدانات (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.



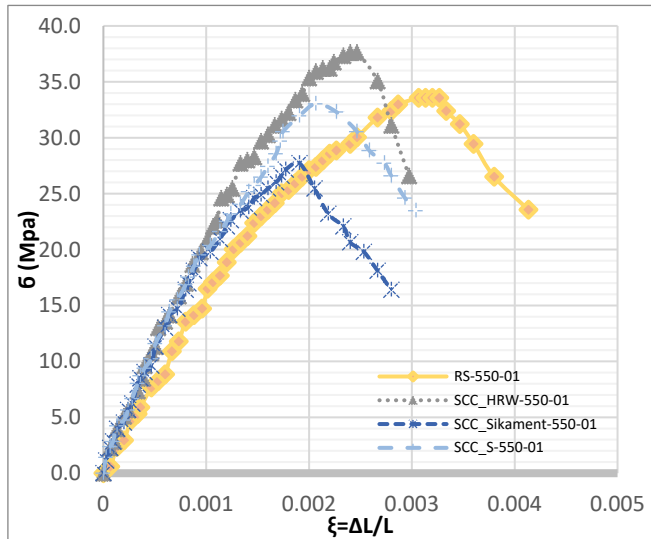
الشكل رقم (13) المزيج البيتوني التجريبي ذي المحتوى الاسمنتي 450 kg/m³

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:

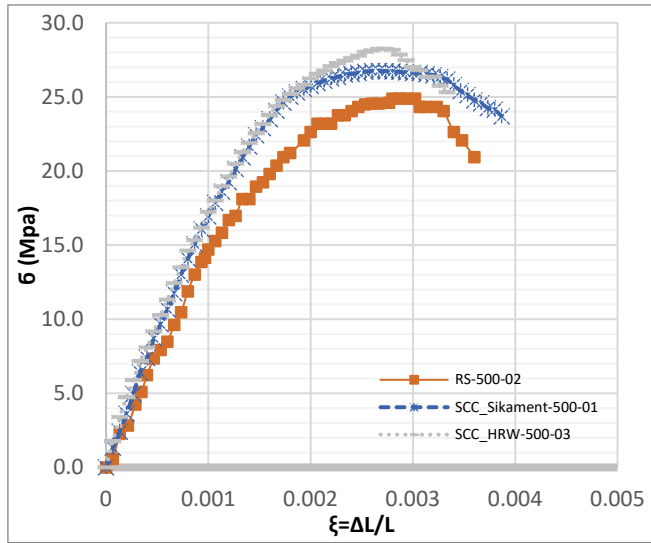
تم قياس منحني (اجهاد-تشوه-ξ-6) للعينات الاسطوانية على عمر 28 يوم، ومقارنته مع منحنيات (اجهاد-تشوه-ξ-6) للعينات المصنوعة من البيتون ذاتي التوضع SCC من نفس عيار الاسمنت، كما موضح بالشكل رقم(14).



الشكل رقم (14) منحنيات (6- ξ) لعينات SCC والمرجعي المختبرة عند عيار اسمنت 550 Kg/m³

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

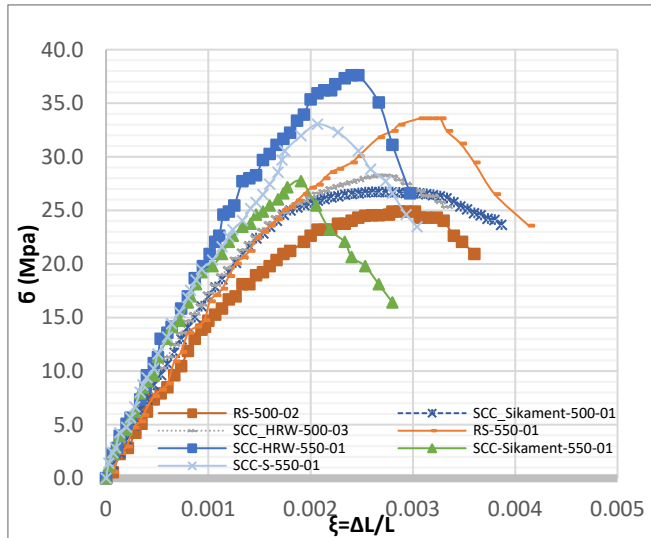
يوضح الشكل أدناه رقم(15) منحنيات (اجهاد-تشوه 6- ξ) للعينات المصنوعة من البيتون ذاتي التوضع SCC والبيتون المرجعي عند عيار الاسمنت 500 kg/m³.



الشكل رقم (15) منحنيات (6- 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 (6-8) لعينات SCC والمرجعي المختبرة عند عيارات الأسمنت المختلفة

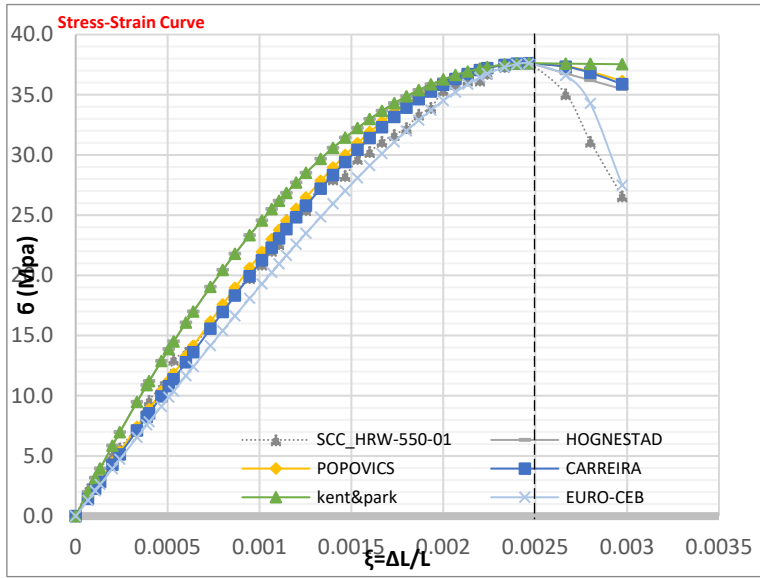
9- المناقشة والاستنتاجات:

- يمكننا أن نستنتج من التجارب المخبرية على خلطات SCC والبيتون 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 بيتون 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 فإن 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 الببتونية 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 $\xi_{CO} < \xi_C$ فقد تجاوزت نسبة التقارب 80%، بينما هذا الأمر يختلف في جزء المنحني الهابط $\xi_C > \xi_{CO}$ حيث نجد الاختلاف كبير ومتفاوت بين منحنيات (6-ξ)، وقد أعطت المقارنة بأن أقرب منحنى يوصف سلوك SCC محلي الصنع، هو منحنى POPOVICS بجزئه الصاعد ومنحنى الكود الاوربي EURO-CEB بجزء المنحني الهابط.

11- النتائج:

- القدرة على إنتاج بيتون 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 بيتون 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 البيتون بحالته الصلبة.
- القدرة على تحديد الخواص الإجهادية والتشوهية من خلال تمثيل سلوك البيتون ذاتي التوضع (الدمك) محلي الصنع بيانياً بمنحنيات إجهاد-تشوه (6-ع).
- التحسن في السلوك الاجهادي للعينات المصنوعة من SCC مقارنة مع البيتون 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.

دراسة تحليلية لتأثير وجود المصارف الشاقولية

في التربة الغضارية

الباحثة الدكتورة لينا ابراهيم كراييت : دكتوراه في قسم الهندسة الجيوتكنيكية

كلية الهندسة المدنية / جامعة البعث اختصاص - قواعد وأساسات

ملخص البحث

تناول هذا البحث :

- دراسة تأثير التباعد بين المصارف الشاقولية d_e على درجة التشديد الأفقية U_H .
- تأثر درجة التشديد الأفقية U_H بسماكة المنطقة المخربة حول المصرف d_s و بتغير عامل نفاذيتها k_s و ذلك تبعاً لطريقة تنفيذ المصرف في التربة الغضارية .
- رصد تغير هبوط الترب الغضارية و تغير ضغط ماء المسام الناتج بتغير التباعد بين المصارف الشاقولية d_e و ذلك باستخدام برنامج العناصر المحدودة GEO-SLOPE .
- بينت النتائج أن وجود المصارف الشاقولية في التربة الغضارية يسرع من عملية التشديد و هذا يتبع للتباعد فيما بينها و لدرجة التخريب حول المصرف الذي يسببه تنفيذ المصرف من جهة أخرى , و لسماكة المنطقة المخربة حول المصرف .
- تم التوصل إلى منحنيات تصميمية نحدد من خلالها التباعد بين المصارف الشاقولية لتحقيق درجة تشديد معينة وفق زمن معين .
- تمكنا من خلال برنامج التحليل GEO-SLOPE التنبؤ بهبوط التربة الغضارية الحاوية على مصارف شاقولية مع الزمن .
- تمكنا من خلال برنامج التحليل GEO-SLOPE التنبؤ بضغط ماء المسام المتولدة في التربة الغضارية الحاوية على مصارف شاقولية خلال أزمنة مختلفة.

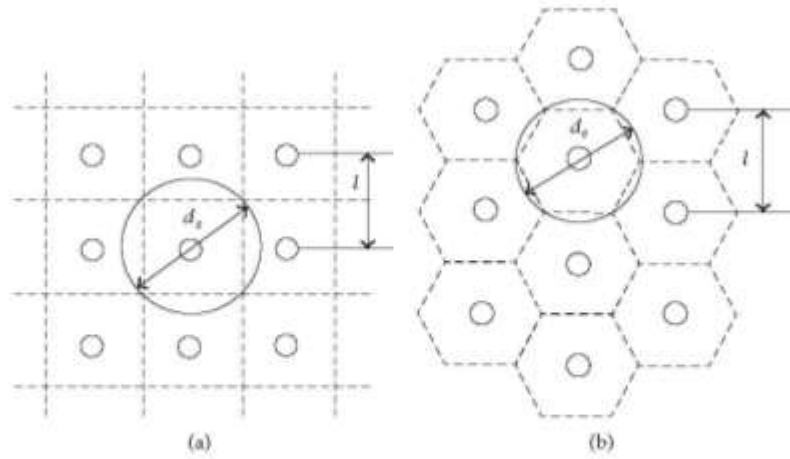


FIGURE 1: Two distribution modes of sand drains: (a) square; (b) triangle.

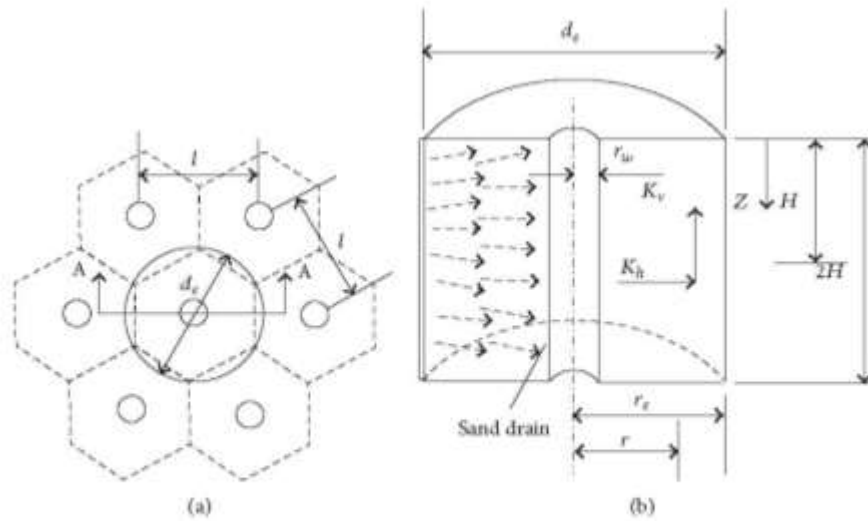


FIGURE 2: The computational model of one sand drain: (a) the floor plan; (b) A-A section plan.

الكلمات المفتاحية : المصارف الشاقولية - درجة التشديد الأفقية - الهبوط - ضغط ماء المسام - جيوسلوب .

Analytical Study For The Vertical Drains Effect In Clay Soils

Abstract :

This research discuss :

- The effect of space between vertical drains d_e on the horizontal consolidation degree U_h .
- The effect of the thickness of smear zone around the vertical drain d_s and its permeability on the horizontal consolidation degree U_h according to the construction method of the vertical drain in clay soil .
- Study the change of clay soils settlement and pore water pressure which caused by the change of space between vertical drains by using finite element program GEO-SLOPE
- Resultes showed that the presence of vertical drains in clay soils accelerate of consolidation process and that follows to the space between the drains and to the disturbance of the soil around the drain which resulting from the way of the drain is build up , and to the thickness of the smear zone around the drain.
- We get design curves that we can determine the distance between the drains to achieve a certain consolidation degree in a certain time .
- We can forecast the settlement and the pore water pressure by time of clay soils which contain vertical drains by using finite element

Key words : vertical drains – horizontal consolidation degree – settlement – pore water pressure – GEO-SLOPE .

مقدمة :

Introduction

للترب الغضارية عامل نفاذية منخفض , انضغاطية عالية و قدرة تحمل منخفضة , الأمر الذي يعرض المنشآت المنفذة على هذه الترب لمشاكل عدة نظراً لتصريفها الضعيف , و من هنا كانت الحاجة لتسريع عملية التشديد في هذه الترب و تلاشي ضغط ماء المسام فيها بأسرع وقت ممكن .

و استخدمت من أجل هذه الغاية عدة تقنيات لعل أهمها و أكثرها فعالية هي تقنية المصارف الشاقولية vertical drains المرافقة لعملية التحميل المسبق للتربة preloading التي تقوم على مبدأ تقصير مسار التصريف حيث يتم تصريف الماء من التربة بالاتجاه الأفقي إضافةً إلى الاتجاه الشاقولي .

تتوضع المصارف الشاقولية على رؤوس مربع أو مثلث متساوي الأضلاع . قد تكون هذه المصارف رملية sand drains و هي عبارة عن أعمدة رملية ضمن حفر اسطوانية تتوضع في الترب الغضارية بأقطار (40 - 50) cm و بتباعدات (1.5 - 3.5) m , و استخدمت هذه التقنية حتى 1950 s , و تجدر الإشارة إلى أن تربة المصرف الرملية يجب أن تحقق :

$$D_{15} > 4 \text{ (التربة الغضارية المحيطة بالمصرف) } / D_{15} \text{ (تربة المصرف)}$$

$$D_{15} < 4 \text{ (التربة الغضارية المحيطة بالمصرف) } / D_{85} \text{ (تربة المصرف)}$$

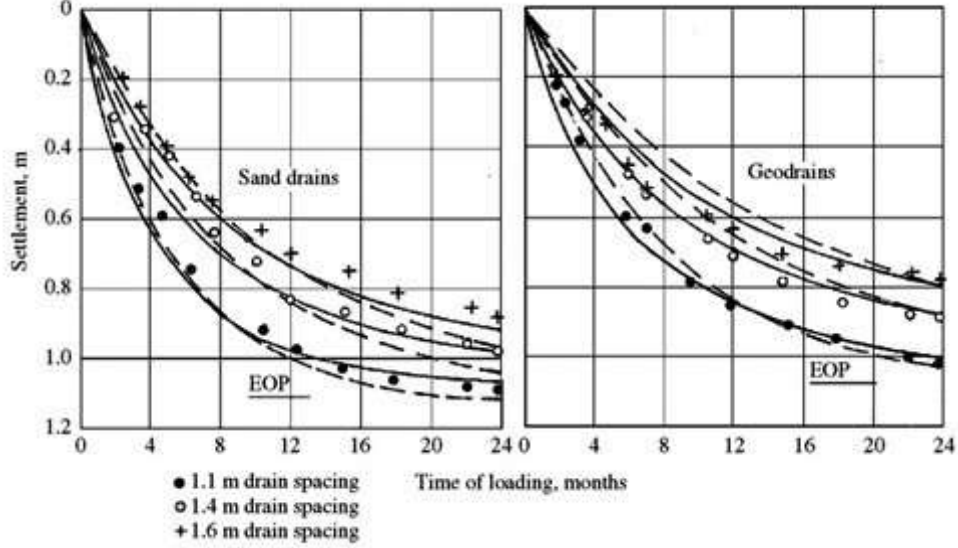
بحيث لا يحدث انسداد للمصرف (3) .

و قد تكون هذه المصارف مسبقة الصنع (PVDs) pre-fabricated drains و هي عبارة عن قنوات منقبة من البوليمرات الاصطناعية مغلقة بنسيج من الجيوتكستيل (قماش اصطناعي) يتم اقامها في التربة الغضارية دون حفر مما يوفر وقت تنفيذها في موقع المشروع مقارنةً مع المصارف الرملية , ذلك عدا عن سهولة تنفيذها . (1) .

و قد أصبحت تقنية المصارف الشاقولية مسبقة الصنع شائعة منذ 1980 s في الولايات المتحدة و اليابان و أوروبا و غرب آسيا و ذلك نظراً لسهولة تنفيذها و تكلفتها الأقل , فقد وجد في البلدان المتقدمة تقنياً أن تكلفة التصريف بالمصارف المسبقة الصنع هو ثلث التكلفة المعتمدة بالمصارف الرملية . (9)

يبين الشكل (1) مقارنة بين المصارف الشاقولية الرملية و المصارف المسبقة الصنع من ال Geodrains حيث يبين أن الهبوط الناتج عن المصرف الشاقولية الرملية أكبر من الهبوط الناتج عن

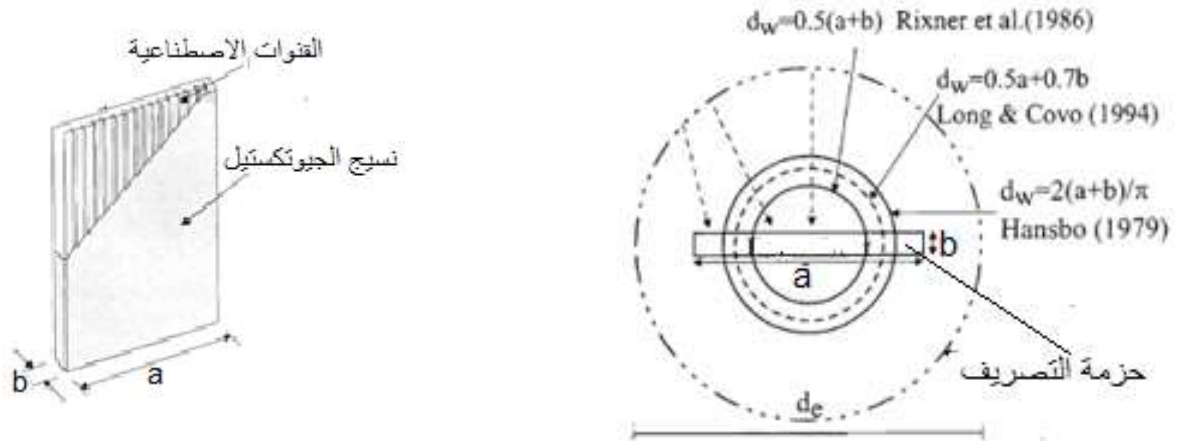
المصارف مسبقة الصنع خلال الزمن نفسه , إلا أن سهولة تنفيذ المصارف المسبقة الصنع و تكلفتها الأقل و عدم تعرضها لظاهرة الانسداد , جعلها أكثر استخداما . (8)



الشكل (1) : مقارنة بين هبوط المصارف الشاقولية الرملية و المسبقة الصنع .

و يعطى القطر المكافئ d_w لحزمة التصريف ذات المقطع العرضي $a \times b$ و فق العديد من الباحثين (Long and Covo (1994) , Rixner (1986) , Hansbo (1979, 1981, 1987) كما هو

موضح في الشكل (2) (5) (7)



الشكل (2) : القطر المكافئ للمصرف المسبق الصنع d_w .

العوامل المؤثرة على سلوك المصرف الشاقولي :

Factors Affecting Vertical Drain Performance

اقترحت الحلول النظرية للتشديد بوجود المصارف الشاقولية باعتماد دراسة خلية اسطوانية واحدة مكونة من التربة الغضارية و في مركزها المصرف الشاقولي (Barron (1948) , Yoshikuni (1979) , Hansbo (1981) , (6) . و أعطى Barron علاقة يبين فيها درجة التشديد الأفقية U_h الناتجة عن التصريف الأفقي فقط معبراً فيها عن العوامل التي تحقق درجة التشديد الأفقية المطلوبة وفق زمن معين كما مايلي :

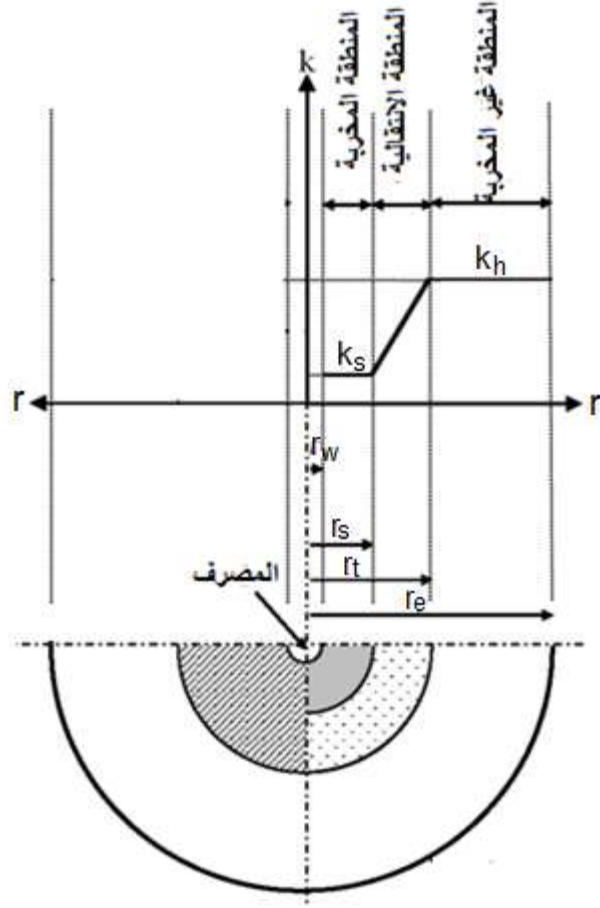
$$U_h = 1 - \exp\left(-\frac{8.T_h}{\alpha}\right) \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{n^2}{n^2 - s^2} \cdot \ln\left(\frac{n}{s}\right) - \frac{3.n^2 - s^2}{4.n^2} + \frac{k_h}{k_s} \cdot \left(\frac{n^2 - s^2}{n^2}\right) \ln(s) \quad (2)$$

حيث T_h : معامل الزمن بالاتجاه الأفقي .

$$T_h = \frac{c_h \cdot t}{d_e^2} \quad (3)$$

α : عامل يتعلق بهندسة نظام التصريف من حيث الأقطار المكافئة للمصارف $d_w = 2.r_w$ و التباعدات فيما بينها $d_e = 2.r_e$ و سماكة المنطقة المخربة smear zone حول المصرف $d_s = 2.r_s$ التي تختلف تبعاً لطريقة تنفيذ المصرف و لصلابة التربة الغضارية Bergado 1993 (2) , كما يتعلق بمعامل النفاذية الأفقي للتربة الغضارية k_h و معامل نفاذية التربة المخربة حول المصرف k_s اللذان يحددان تجريبياً , و يوضح الشكل (3) قطر الخلية الواحدية و قطر المصرف الشاقولي و حدود المنطقة المخربة حول المصرف الشاقولي , و المنطقة الانتقالية التي يتغير فيها عامل النفاذية من k_s إلى k_h .

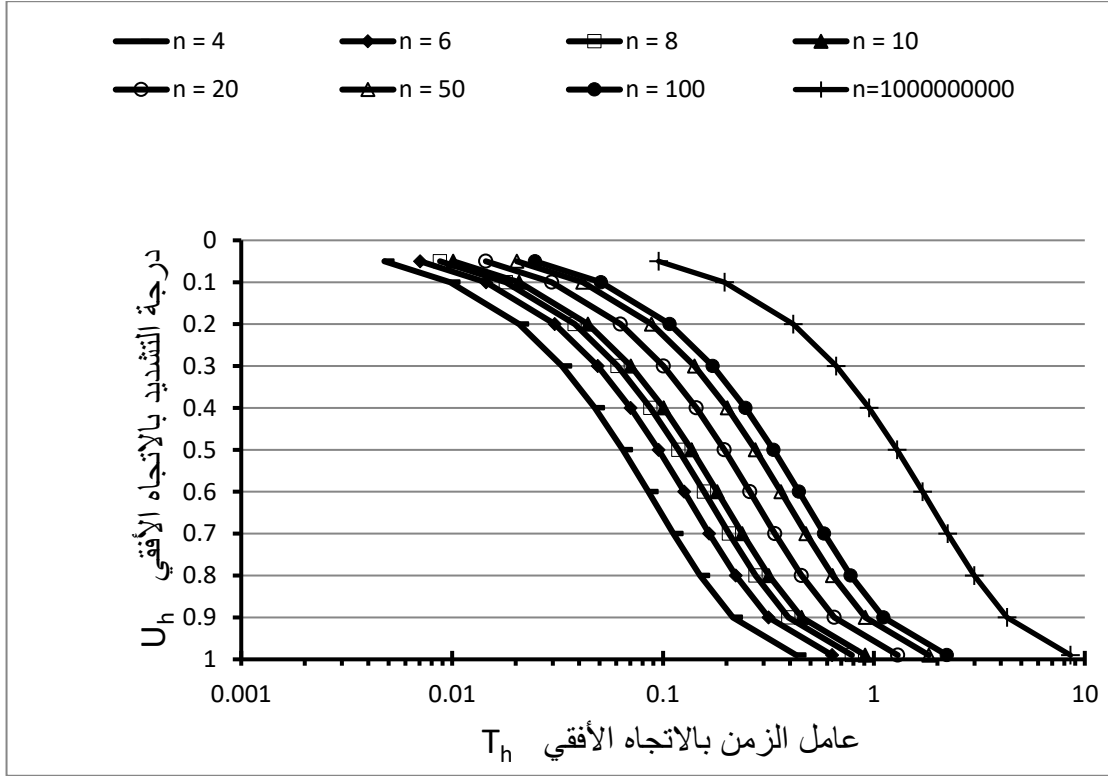


الشكل (3) : مقطع شاقولي توضيحي في الخلية الواحدة

نعرف العامل n بأنه نسبة المسافة بين المصارف (قطر الخلية) إلى قطر المصرف الشاقولي و العامل s بأنه نسبة قطر المنطقة المخربة إلى قطر المصرف الشاقولي $s = d_s/d_w$, و $n = d_e/d_w$, بالاعتماد على دراسات حقلية و مخبرية أكد العديد من الباحثين أن العامل s يتراوح بين 2 و 4 , و النسبة k_h/k_s تتراوح بين 2 و 10 , (Holtz and Holm 1973; Akagi 1976; Jamiolkowski et al. 1983; Hansbo 1986, 1987, 1997; Bergado et al. 1991,1993a; Chai and Miura 1999; Hird and Moseley 2000; Eriksson et al. 2000; Sathananthan and Indraratna 2006) . (4) .

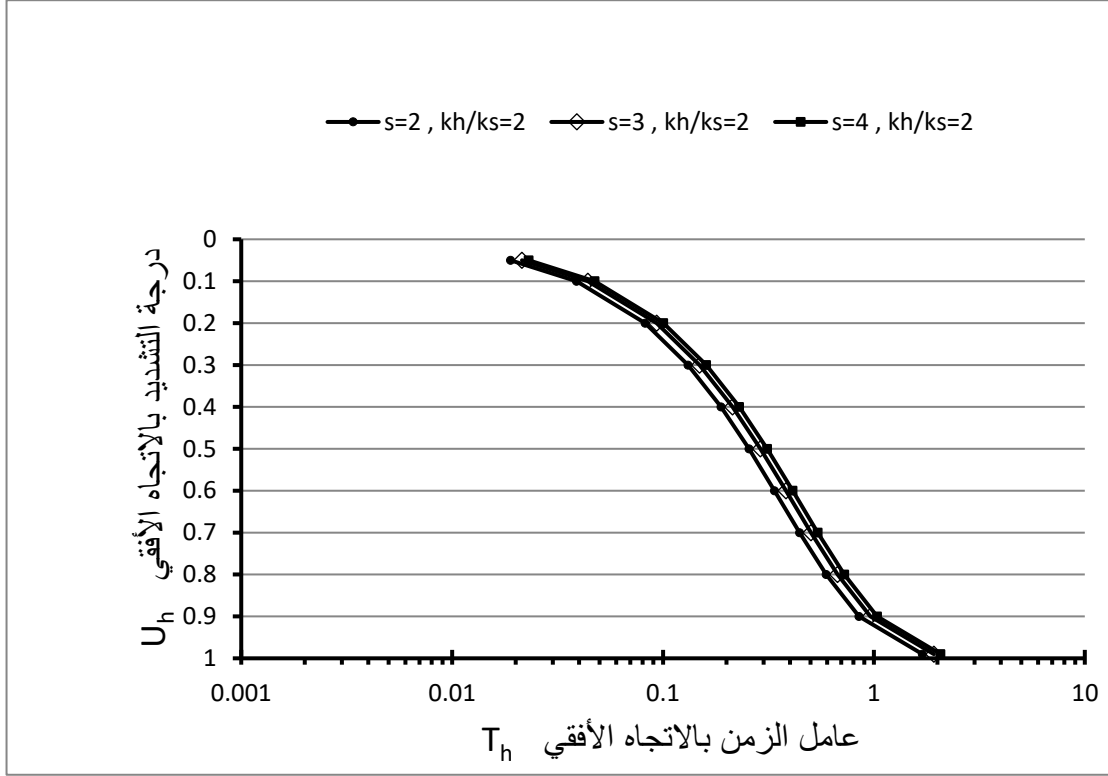
من علاقة درجة التشديد الأفقية مع عامل الزمن يتبين أن الزمن اللازم لتحقيق درجة تشديد معينة يتناقص مع تناقص المسافة بين المصارف كما هو موضح في الشكل (4) , حيث تم إهمال وجود منطقة مخربة حول المصرف الشاقولي ($kh/ks=1$, $s=1$) و ذلك لدراسة تأثير التباعد بين

المصارف الشاقولية فقط ، حيث وجدنا تناقص معامل الزمن من أجل نسبة تباعد بين المصارف $n=1000000000$ و $n=4$ بنسبة 95% . و الحالة $n=1000000000$ تمثل تباعدات كبيرة بين المصارف الشاقولية و تكافئ نظرياً مسارات تصريف أفقية كبيرة جداً ، مما يقلل من أهمية التصريف الأفقي ، لكن تم اعتمادها للمقارنة حيث تمثل حالة عدم وجود للمصارف في التربة .



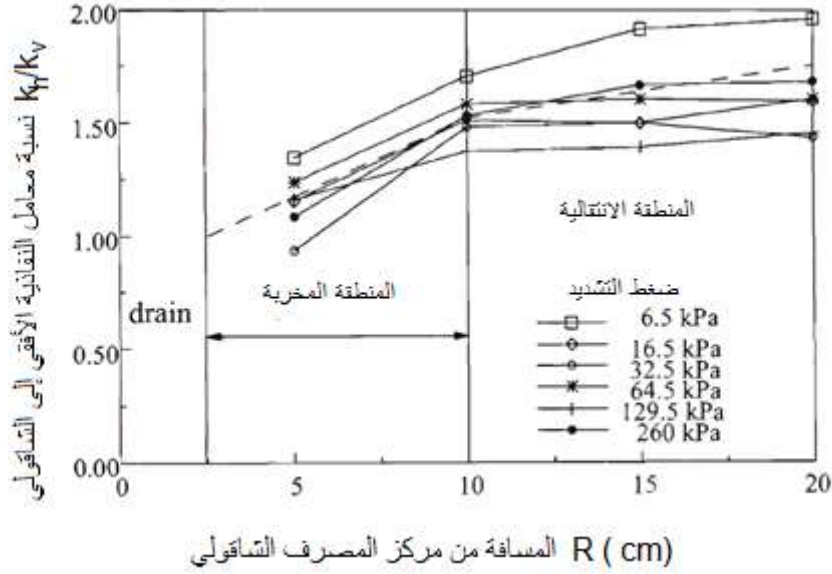
الشكل (4) : علاقة درجة التشديد مع عامل الزمن من أجل تباعدات مختلفة بين المصارف الشاقولية ($k_h/k_s=1$, $s=1$) .

في حين أن تشكل منطقة مخربة حول المصرف الشاقولي سيؤدي إلى تأخر زمن التشديد و سيزداد هذا الزمن مع ازدياد سماكة المنطقة المخربة المحيطة بالمصرف الشاقولي و الشكل (5) يوضح العلاقة بين درجة التشديد و عامل الزمن من أجل $n=20$ و $k_h/k_s=2$ من أجل نسب سماكات للمنطقة المخربة مختلفة ($s=2,s=3,s=4$) حيث ازداد معامل الزمن من أجل $s=2$ إلى $s=4$ بمقدار 18% .



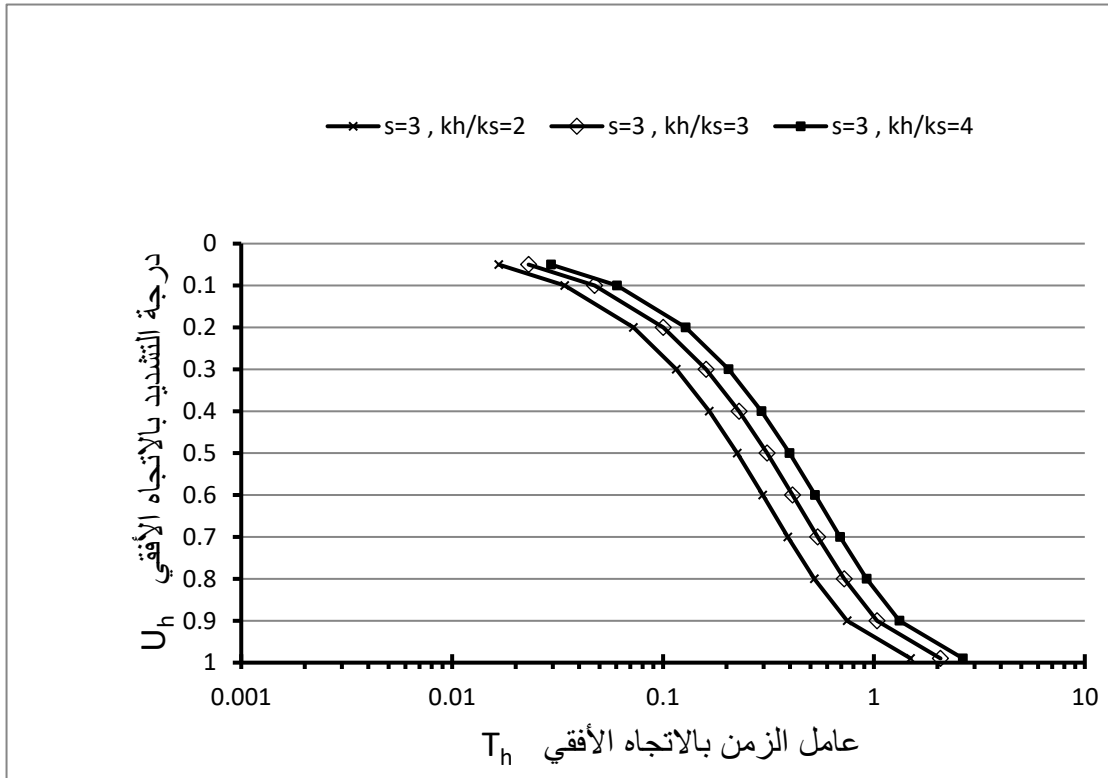
الشكل (5) : علاقة درجة التشديد مع عامل الزمن من أجل $n=20$ و $kh/ks=2$ من أجل نسب سماكات للمنطقة المخربة مختلفة ($s=2,s=3,s=4$) .

و تجدر الإشارة إلى أن معامل النفاذية في المنطقة المخربة ليس ثابت ، بل يتزايد مع الابتعاد عن المصرف الشاقولي إلا أنه يبقى أقل من عامل نفاذية التربة الغضارية الحاوية على المصارف الشاقولية و الشكل (6) يوضح تزايد معامل النفاذية في المنطقة المخربة مع الابتعاد عن المصرف الشاقولي ، كما تزايد معامل النفاذية ضمن منطقة انتقالية تقع بعد المنطقة المخربة حتى الوصول لمعامل نفاذية التربة الغضارية (Indraralna and Redana 1998) (5) .



الشكل (6) : شكل توضيحي يبين تغير معامل النفاذية مع الابتعاد عن مركز المصرف الشاقولي ضمن المنطقة المخربة و ضمن المنطقة الانتقالية .

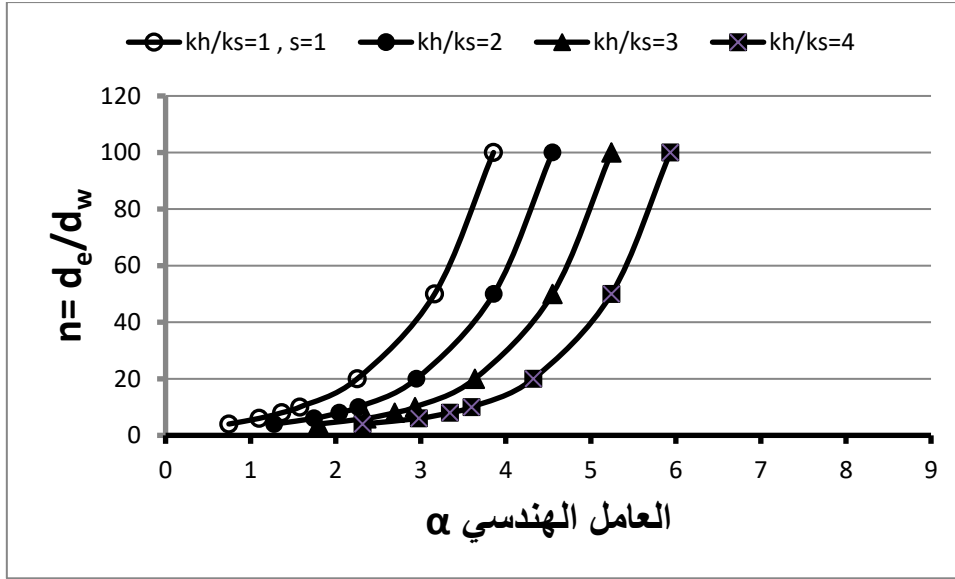
إن زيادة اكتتاز التربة في المنطقة المخربة ستؤدي إلى تناقص معامل نفاذيتها k_s تبعاً لطريقة التنفيذ و بالتالي ستزداد النسبة k_h/k_s و سيتأخر الزمن اللازم لتحقيق درجة تشديد معينة , و الشكل (7) يبين العلاقة بين درجة التشديد و عامل الزمن من أجل نسبة تباعد بين المصارف $n=10$ و نسبة منطقة مخربة $s=3$ و نسب نفاذية k_h/k_s (2,3,4) , حيث تبين أن معامل الزمن تناقص من الحالة التي يكون فيها معامل نفاذية المنطقة المخربة ربع معامل نفاذية التربة الغضارية إلى الحالة التي يكون فيها معامل نفاذية المنطقة المخربة نصف معامل نفاذية التربة الغضارية بمقدار 43.5%



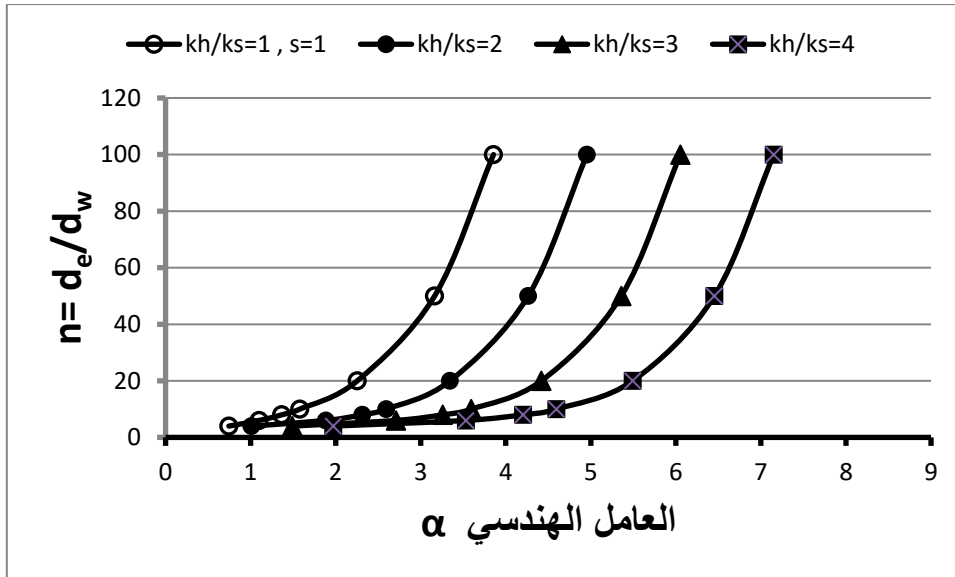
الشكل (7) : علاقة درجة التشديد مع عامل الزمن من أجل $n=10$ و $s=3$ و $k_h/k_s=2$,

$$k_h/k_s=4 , k_h/k_s=3$$

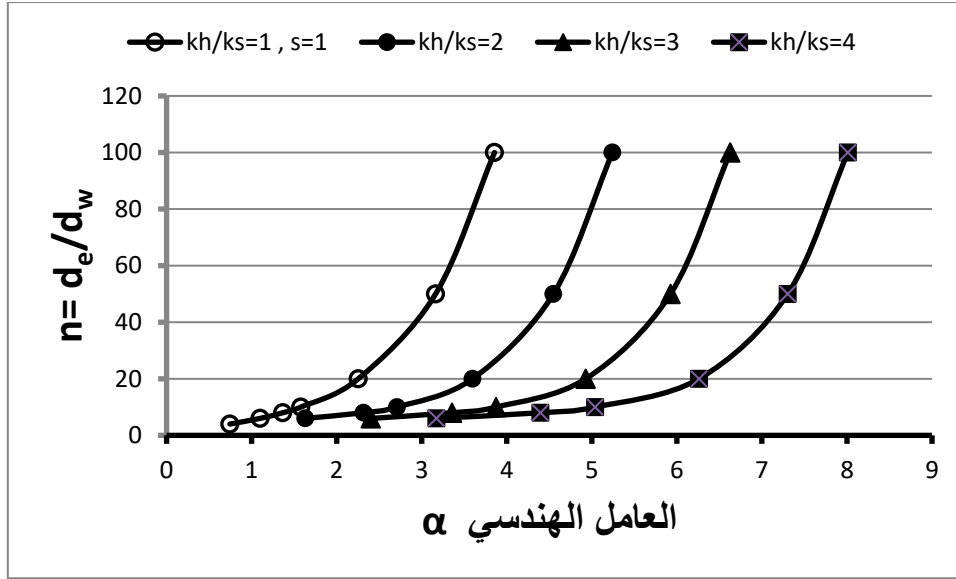
تبين الأشكال (8) (9) (10) المنحنيات التصميمية لنظام المصارف الشاقولية , فمن العلاقة (2) و لاستيفاء درجة تشديد أفقية معينة خلال زمن معين يمكن تحديد العلاقة بين العامل الهندسي α و نسبة التباعد بين المصارف $n=d_e/d_w$ و ذلك من أجل مناطق مخربة ذات سماكات مختلفة حول المصرف الشاقولي $s=2, s=3, s=4$.



الشكل (8) : العلاقة بين العامل الهندسي α و n من أجل $s=2$



الشكل (9) : العلاقة بين العامل الهندسي α و n من أجل $s=3$



الشكل (10) : العلاقة بين العامل الهندسي α و n من أجل $s=4$

نمذجة سلوك المصرف الشاقولي

Modeling The Behavior Of a Vertical Drain

لشرح سلوك المصرف الشاقولي ضمن التربة الغضارية , تم استخدام برنامج العناصر المحدودة -GEO SLOPE , حيث أخذت خلية إسطوانية واحدة من التربة يمثل قطرها التباعد بين المصارف الشاقولية $d_e=4m$ و $d_e=3m$ و $d_e=2m$ وضع في مركزها المصرف الشاقولي بطول $L=6m$ و بقطر $d_w=1m$, إن هذا النوع من الدراسة يتطلب تحليلاً مزدوجاً حيث استخدم البرنامج الفرعي SIGMA/W من أجل مواصفات المواد و الشروط الحدودية , و البرنامج الفرعي SEEP/W من أجل الشروط الهيدروليكية و دراسة التسرب .

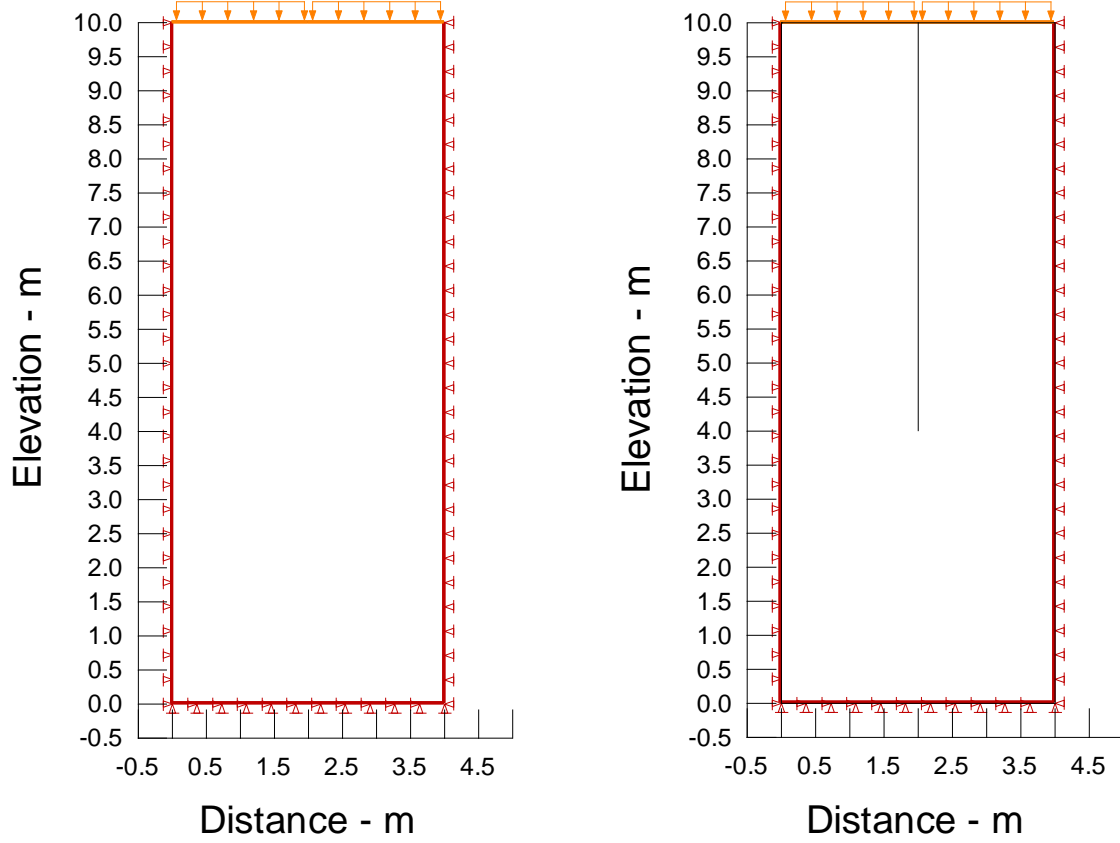
تم التعامل مع التربة كمادة مرنة Liner-Elastic material موحدة الخواص , معامل مرونتها $E=5000$ kPa , معامل بواسون $\nu=0.334$.

عامل نفاذية التربة الغضارية $k=1 \times 10^{-4}$ m/day = 1.16×10^{-7} cm/sec .

و عامل نفاذية تربة المصرف بالاتجاه الشاقولي $k_v=1 \times 10^{-4}$ m/day = 1.16×10^{-7} cm/sec , و بالاتجاه الأفقي $k_h=1 \times 10^{-1}$ m/day = 1.16×10^{-4} cm/sec وذلك لدراسة التشديد بالاتجاه الأفقي فقط .

يبين الشكل (11) النموذج المعتمد لدراسة سلوك المصرف الشاقولي (a بدون المصرف الشاقولي , b مع المصرف الشاقولي) مع توضيح الشروط الطرفية و الهيدروليكية حيث تم تقييد النموذج من جميع

الجهات و حُدد منسوب المياه على السطح العلوي للنموذج , وتم تحميل سطح التربة بحمولة موزعة بانتظام مقدارها $q = 100 \text{ kPa}$, حيث تم تحليل النتائج خلال 365 يوم تحميل .



a : بدون وجود المصرف

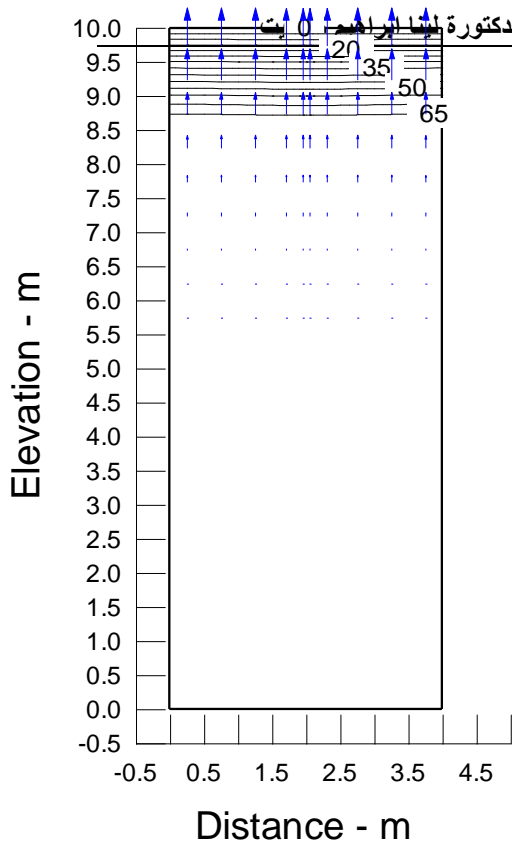
b : مع وجود المصرف

الشكل (11) : النموذج المعتمد لدراسة سلوك المصرف الشاقولي $d_e=4\text{m}$.

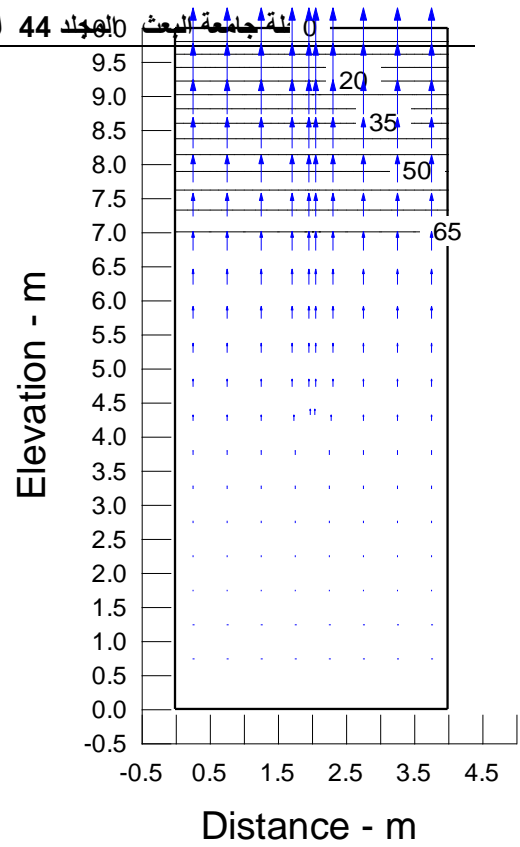
تحليل النتائج :

Results Analys :

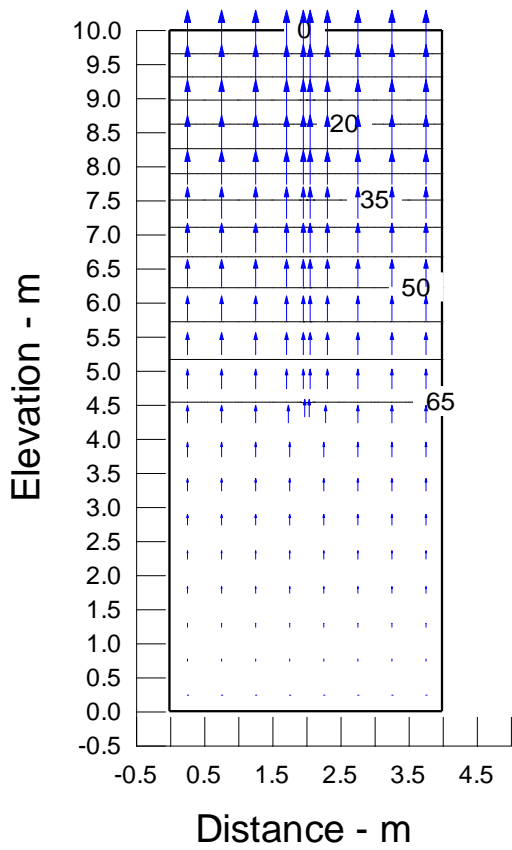
يبين الشكل (12) خطوط الكونتور التي تبين قيمة ضغط ماء المسام في التربة الغضارية في حال عدم وجود المصرف و ذلك في الأيام 12 , 67 , 208 , 365 يوم , حيث نجد أن ضغط ماء المسام يتبدد مع الزمن نتيجة التصريف الشاقولي , إلا أن تبدد ضغط ماء المسام يصبح أسرع في حال استخدام المصرف الشاقولي $d_e=4\text{m}$ نتيجة التصريف الأفقي و هذا ما أثبتته نتائج النمذجة العددية لسلوك المصرف الشاقولي , فالشكل (13) يبين خطوط الكونتور التي تبين قيمة ضغط ماء المسام في التربة الغضارية في حال وجود المصرف $d_e=4\text{m}$ و ذلك في الأيام 12 , 67 , 208 , 365 يوم .



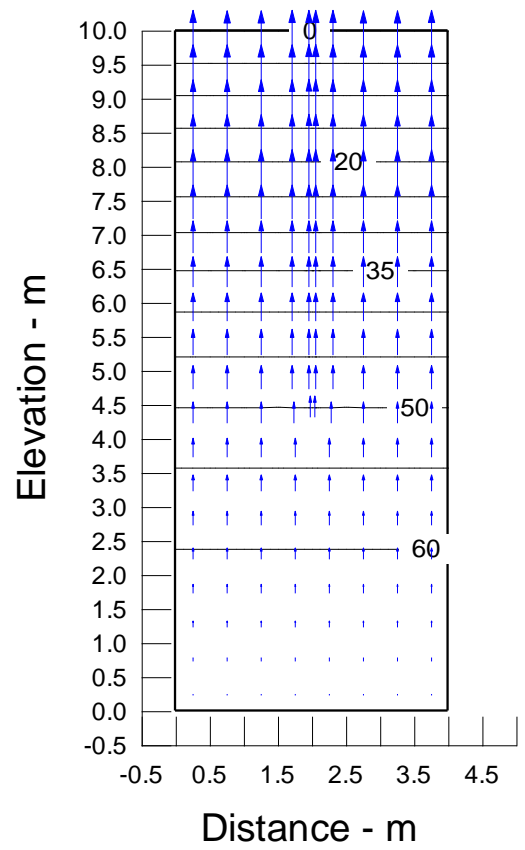
خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 12



خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 67



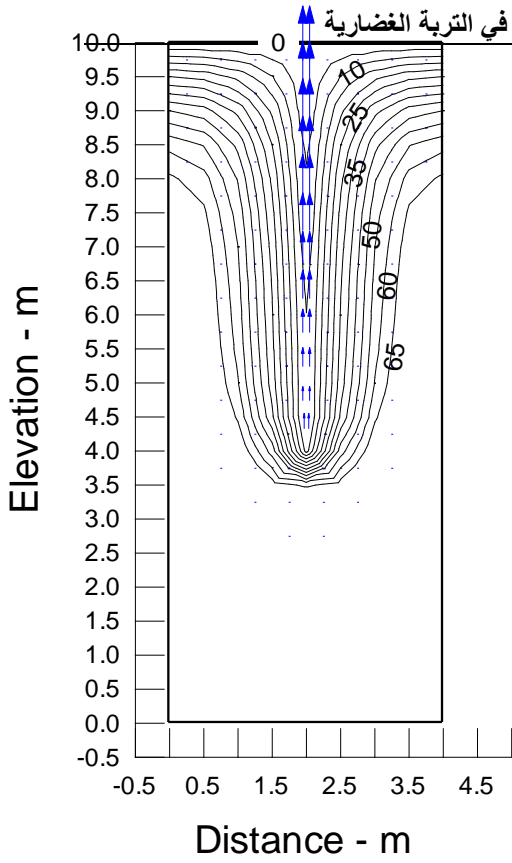
خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 208



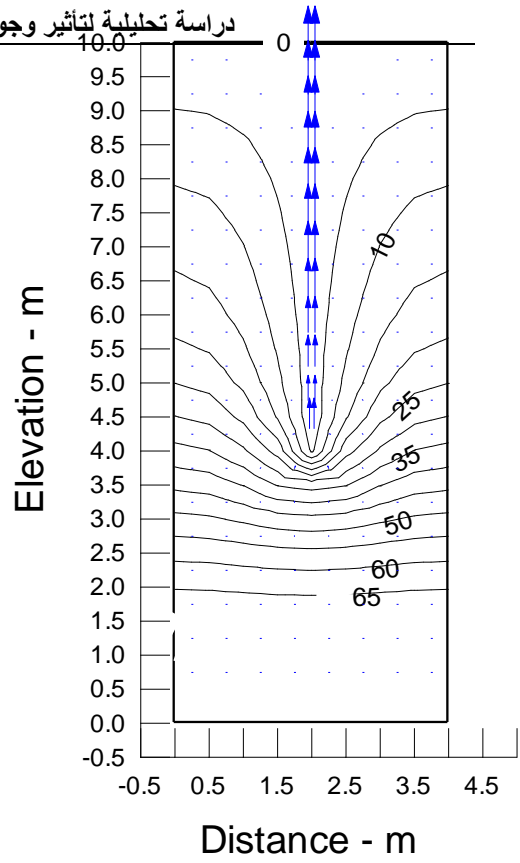
خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 365

الشكل (12): خطوط الكونتور لضغط ماء المسام بدون مصرف في الأيام 12 و 67 و 208 و 365

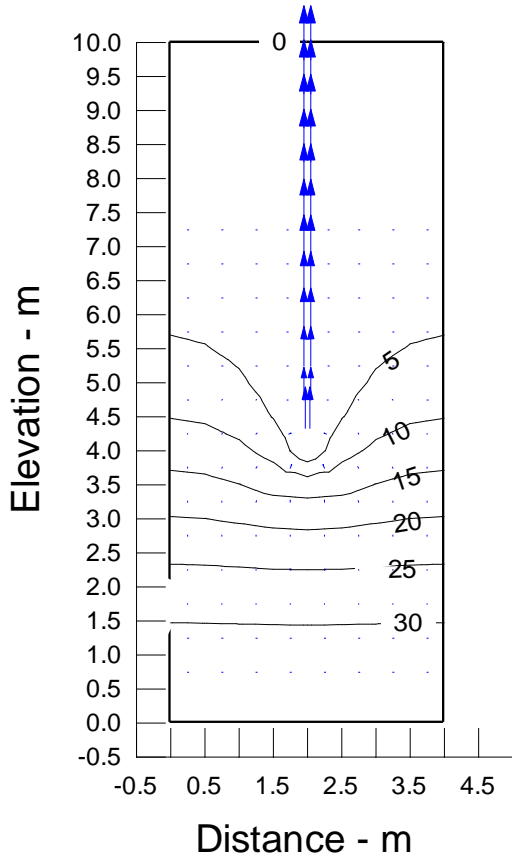
دراسة تحليلية لتأثير وجود المصارف الشاقولية في التربة الغضارية



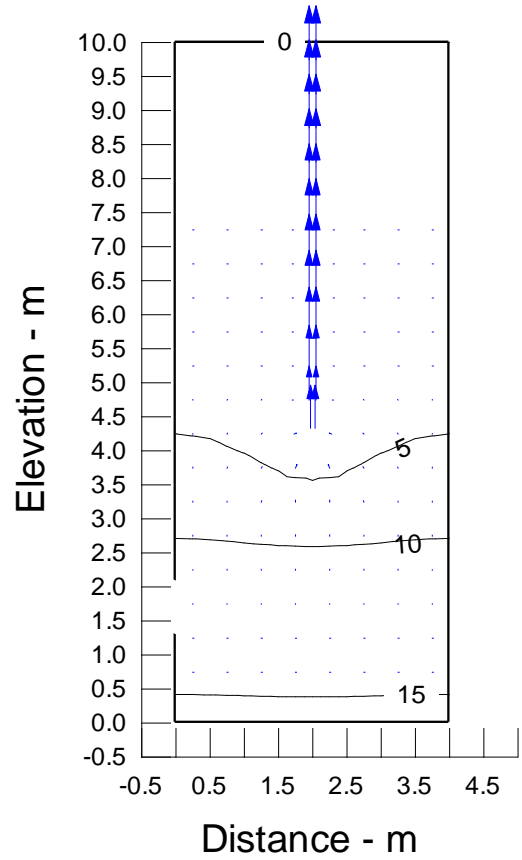
خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 12



خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 67



خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 208

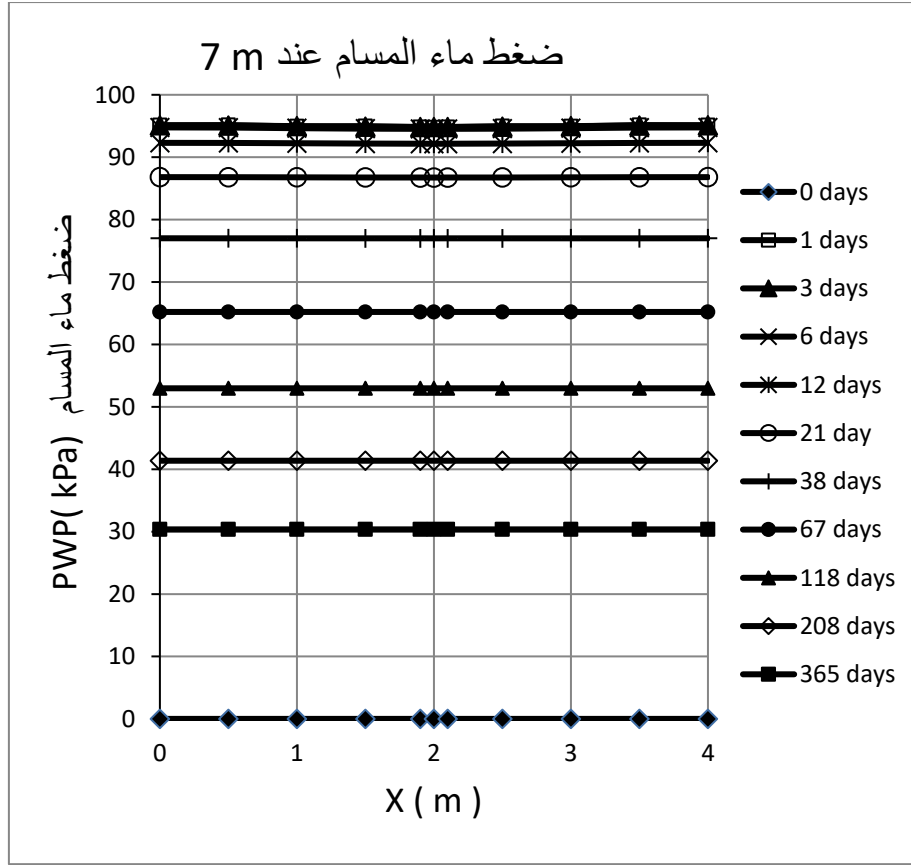


خطوط الكونتور لضغط ماء المسام في اليوم 365

الشكل (13) : خطوط الكونتور لضغط ماء المسام بوجود المصرف $d_e=4m$ في الأيام 12 و 67 و 208 و 365

و لتوضح تغير ضغط ماء المسام مع الزمن تم اختيار منسوب 7m و رسمنا العلاقة بين ضغط ماء المسام (kPa) PWP و المسافة الأفقية (m) X عند هذا المنسوب و خلال أزمنة مختلفة (0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم , كما هو موضح في الشكل (14) حيث وجدنا أن ضغط ماء المسام ثابت ضمن المنسوب نفسه و خلال زمن معين , إلا أن الضغط يتبدد مع تزايد الزمن . و الجدول (1) يبين قيم ضغط ماء المسام PWP عند المنسوب 7m و خلال الأزمنة (0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم بحال عدم وجود المصرف الشاقولي في التربة .

و بالمقابل تمت دراسة تغير ضغط ماء المسام (kPa) PWP و المسافة الأفقية (m) X عند المنسوب 7m و بحال وجود المصرف الشاقولي $d_e=4m$ كما هو موضح في الشكل (15) و خلال الأزمنة نفسها (0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم , حيث وجدنا أن ضغط ماء المسام يتناقص بالاقتراب من المصرف الشاقولي ضمن المنسوب نفسه و خلال زمن معين , و بالمجمل يتلاشى ضغط ماء المسام مع تزايد الزمن بشكل أسرع مقارنةً مع حالة عدم وجود المصرف الشاقولي . و الجدول (2) يبين قيم ضغط ماء المسام PWP عند المنسوب 7m و خلال الأزمنة (0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم و ذلك بحال وجود المصرف الشاقولي $d_e=4m$ في التربة , و لمعرفة جدوى وجود المصرف الشاقولي في التربة الغضارية تم حساب تناقص ضغط ماء المسام الناتج عن وجود المصرف الشاقولي في التربة خلال أزمنة مختلفة و رسمت العلاقة بين تناقص ضغط ماء المسام و بين المسافة الأفقية خلال هذه الأزمنة في الشكل (16) بينما يوضح الجدول (3) قيم تناقص ضغط ماء المسام الناتجة عن وجود المصرف الشاقولي $d_e=4m$ في التربة حيث نجد أن نسبة تلاشي ضغط ماء المسام عند المنسوب 7m تزداد مع الاقتراب من المصرف من جهة و مع ازدياد الزمن من جهة أخرى .

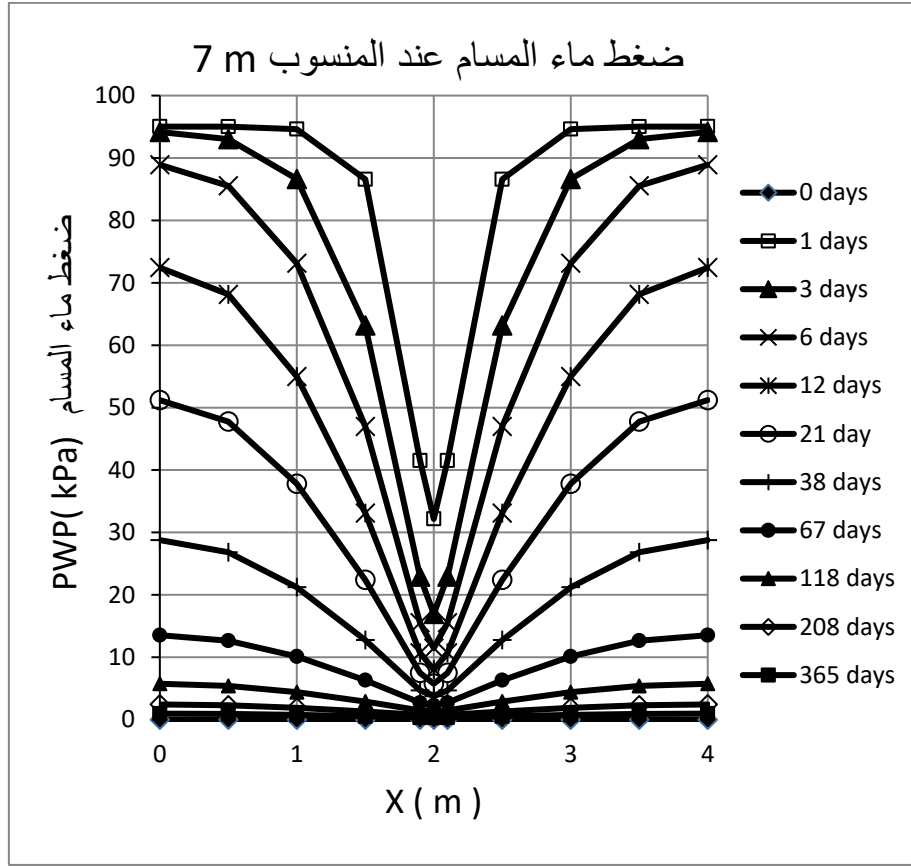


الشكل (14) : تغير ضغط ماء المسام PWP عند المنسوب 7m و خلال أزمنة مختلفة في حال عدم وجود مصرف شاقولي في التربة .

365 days	208 days	118 days	67 days	38 days	21 days	12 days	6 days	3 days	1 days	0 days	X (m)
(PWP) kPa ضغط ماء المسام											
30.37	41.36	52.97	65.20	77.01	86.81	92.30	94.77	95.11	95.11	0	0
30.37	41.36	52.97	65.20	77.01	86.80	92.28	94.74	95.08	95.15	0	0.5
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.77	92.23	94.66	94.98	94.93	0	1
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.75	92.18	94.58	94.88	94.98	0	1.5
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.74	92.15	94.54	94.85	94.83	0	1.9
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.74	92.15	94.54	94.85	94.75	0	2
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.74	92.15	94.54	94.85	94.83	0	2.1
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.75	92.18	94.58	94.88	94.98	0	2.5
30.37	41.36	52.97	65.20	77.00	86.77	92.23	94.66	94.98	94.93	0	3
30.37	41.36	52.97	65.20	77.01	86.80	92.28	94.74	95.08	95.15	0	3.5
30.37	41.36	52.97	65.20	77.01	86.81	92.30	94.77	95.11	95.11	0	4

الجدول (1) : قيم ضغط ماء المسام PWP عند المنسوب 7m و خلال الأزمنة

(0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم .

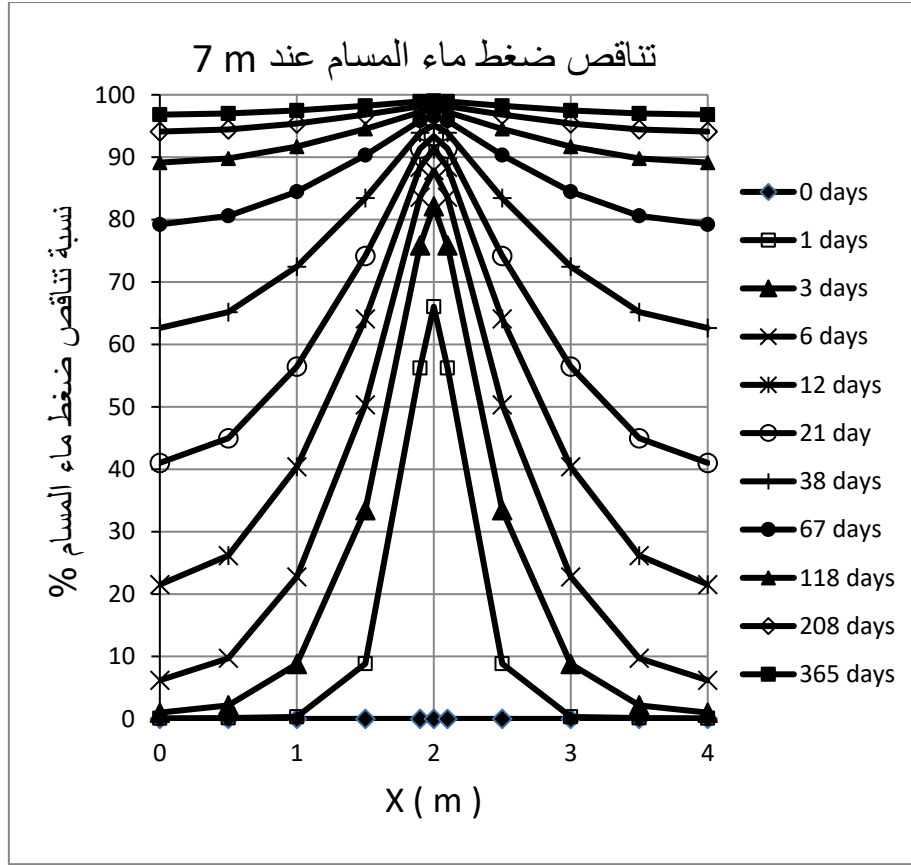


الشكل (15) : تغير ضغط ماء المسام PWP عند المنسوب 7m و خلال أزمنة مختلفة في حال وجود مصرف شاقولي في التربة .

365 days	208 days	118 days	67 days	38 days	21 days	12 days	6 days	3 days	1 days	0 days	X (m)
(ضغط ماء المسام PWP) (kPa)											
0.97	2.44	5.76	13.54	28.77	51.20	72.43	88.91	94.16	95.03	0	0
0.91	2.30	5.41	12.65	26.82	47.77	68.14	85.54	93.02	95.01	0	0.5
0.76	1.91	4.40	10.12	21.21	37.80	54.98	73.12	86.63	94.62	0	1
0.54	1.31	2.90	6.32	12.75	22.40	33.10	46.98	63.16	86.58	0	1.5
0.32	0.76	1.48	2.71	4.69	7.49	10.71	15.52	22.91	41.52	0	1.9
0.30	0.69	1.31	2.28	3.75	5.75	8.02	11.46	16.94	32.17	0	2
0.32	0.76	1.48	2.71	4.69	7.49	10.71	15.52	22.91	41.52	0	2.1
0.54	1.31	2.90	6.32	12.75	22.40	33.10	46.98	63.16	86.58	0	2.5
0.76	1.91	4.40	10.12	21.21	37.80	54.98	73.12	86.63	94.62	0	3
0.91	2.30	5.41	12.65	26.82	47.77	68.14	85.54	93.02	95.01	0	3.5
0.97	2.44	5.76	13.54	28.77	51.20	72.43	88.91	94.16	95.03	0	4

الجدول (2) يبين قيم ضغط ماء المسام PWP عند المنسوب 7m و خلال الأزمنة

(0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم بحال وجود المصرف الشاقولي $d_e=4m$ في التربة



الشكل (16) : نسبة تناقص ضغط ماء المسام % عند المنسوب 7m و خلال أزمنة مختلفة نتيجة وجود مصرف شاقولي $d_e=4m$ في التربة .

365 days	208 days	118 days	67 days	38 days	21 days	12 days	6 days	3 days	1 days	0 days	X (m)
نسبة تناقص ضغط ماء المسام ΔU % بوجود مصارف شاقولية حيث $d_e = 4m$											
96.82	94.10	89.13	79.23	62.64	41.02	21.52	6.18	1.00	0.09	0.00	0
96.99	94.44	89.80	80.59	65.18	44.96	26.16	9.71	2.16	0.14	0.00	0.5
97.49	95.39	91.69	84.48	72.45	56.44	40.38	22.75	8.79	0.33	0.00	1
98.23	96.82	94.52	90.31	83.44	74.18	64.09	50.32	33.44	8.84	0.00	1.5
98.93	98.17	97.20	95.85	93.90	91.36	88.38	83.58	75.85	56.22	0.00	1.9
99.02	98.34	97.53	96.51	95.13	93.37	91.30	87.88	82.14	66.04	0.00	2
98.93	98.17	97.20	95.85	93.90	91.36	88.38	83.58	75.85	56.22	0.00	2.1
98.23	96.82	94.52	90.31	83.44	74.18	64.09	50.32	33.44	8.84	0.00	2.5
97.49	95.39	91.69	84.48	72.45	56.44	40.38	22.75	8.79	0.33	0.00	3
96.99	94.44	89.80	80.59	65.18	44.96	26.16	9.71	2.16	0.14	0.00	3.5
96.82	94.10	89.13	79.23	62.64	41.02	21.52	6.18	1.00	0.09	0.00	4

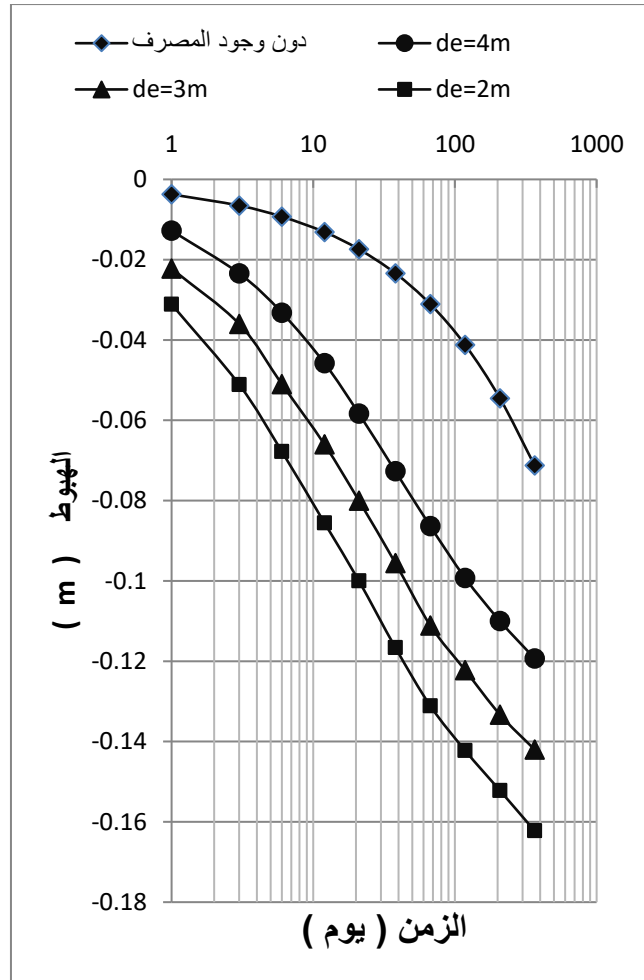
الجدول (3) يبين قيم تناقص ضغط ماء المسام % عند المنسوب 7m و خلال الأزمنة

(0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365) يوم نتيجة وجود المصرف الشاقولي $d_e=4m$ في التربة

من جهة أخرى تم دراسة سلوك هبوط التربة الغضارية مع الزمن و ذلك بحال عدم وجود مصرف شاقولي و بحال وجود مصارف شاقولية بتباعدات 4m و 3m و 2m , حيث يبين الجدول (4) يبين تناقص قيم الهبوط مع تناقص المسافة بين المصارف, فالمصارف الشاقولية بتباعدات 4m زادت الهبوط بنسبة 71.43% بعد 365 يوم و المصارف الشاقولية بتباعدات 3m زادت الهبوط بنسبة 100% بعد 365 يوم و المصارف الشاقولية بتباعدات 2m زادت الهبوط بنسبة 128.57% بعد 365 يوم , و الشكل (17) يوضح العلاقة بين الهبوط و الزمن لكل من الحالات السابقة .

بدون وجود المصرف	بوجود مصرف $d_e = 4m$	بوجود مصرف $d_e = 3m$	بوجود مصرف $d_e = 2m$	الزمن (days)
الهبوط (m)				
0.00	-0.01	-0.02	-0.03	1
-0.01	-0.02	-0.04	-0.05	3
-0.01	-0.03	-0.05	-0.07	6
-0.01	-0.05	-0.07	-0.09	12
-0.02	-0.06	-0.08	-0.10	21
-0.02	-0.07	-0.10	-0.12	38
-0.03	-0.09	-0.11	-0.13	67
-0.04	-0.10	-0.12	-0.14	118
-0.05	-0.11	-0.13	-0.15	208
-0.07	-0.12	-0.14	-0.16	365

الجدول (4) يبين قيم هبوط التربة الغضارية بحال عدم وجود مصرف شاقولي و بحال وجود مصارف شاقولية بتباعدات 4m و 3m و 2m خلال الأزمنة (0,1,3,6,12,21,38,67,118,208,365)



الشكل (17) : يوضح العلاقة بين الهبوط و الزمن بحال عدم وجود مصرف شاقولي و بحال وجود مصارف شاقولية بتباعدات 2m و 3m و 4m .

الاستنتاجات و التوصيات :

Conclusions and Recommendations :

1- يسرع وجود المصرف الشاقولي في التربة الغضارية من عملية التشديد , فقد بينت الدراسة السابقة على النموذج العددي المقترح أن هبوط التربة الغضارية الحاوية على مصارف شاقولية يكون أكبر من هبوطها بدون وجود المصارف , و يزداد هذا الهبوط مع تناقص المسافة بين المصارف , فخلال 365 يوم ازداد الهبوط من 7 cm بحال عدم وجود مصرف إلى 12 cm أي بمقدار 71.4% بحال وجود مصارف بتباعدات 4m , و إلى 14 cm أي بمقدار 100% بحال وجود مصارف بتباعدات 3m , و إلى 16 cm أي بمقدار 128.6% بحال وجود مصارف بتباعدات 2m .

2- يبدد وجود المصرف الشاقولي في التربة الغضارية ضغط ماء المسام الناتج عن عملية التشديد , فقد بينت الدراسة التحليلية أن ضغط ماء المسام يتناقص بمجرد وجود المصرف الشاقولي في التربة و يزداد تبدد ضغط ماء المسام مع الاقتراب من المصرف و مع تناقص المسافة بين المصارف , فمن أجل تباعدات بين المصارف 4m و خلال 365 و على عمق 7m تبدد ضغط ماء المسام بمقدار 96.82% على بعد 2m من المصرف إلى 99% بجانب المصرف .

3- تتعرض المنطقة حول المصرف الشاقولي لعملية تخريب و تختلف سماكة المنطقة المخربة تبعاً لتقنية تنفيذ المصرف , الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف عامل نفاذيتها عن عامل نفاذية التربة الغضارية , مما يؤخر عملية التشديد , وهذا ما تم إثباته من الدراسة التحليلية . لذلك ينصح باختيار عملية تنفيذ المصارف الشاقولية التي يكون فيها تخريب التربة حول المصرف أقل ما يمكن .

4- تم التوصل إلى منحنيات تصميمية يمكن من خلالها تصميم نظام المصارف الشاقولية و ذلك بمعرفة التباعدات فيما بينها بغية تحقيق درجة تشديد معينة .

5- لا بد من تطوير النموذج العددي المقترح لدراسة تأثير وجود عدة مصارف تغطي مساحة معينة و بتوزعات مختلفة (رؤوس مربع أو رؤوس مثلث) على عملية التشديد .

References

المراجع :

- 1- BRAJA M. DAS -2010-Principles of Geotechnical Engineering, 7th Edition.
- 2- Buddhima Indraratna - Jian Chu - John A. Hudson -2005- Ground Improvement — Case Histories .
- 3- <http://openjicareport.jica.go.jp> – Soft Ground Treatment .
- 4- Hossam M. Abuel-Naga, Dennis T. Bergado, and Joel Gniel -2015- Design Chart for Prefabricated Vertical Drains Improved Ground .
- 5- Iyathurai Sathananthan -2005- Modelling of Vertical Drains With Smear Installed In Soft Clay .
- 6- Jun-Chun Chai and Norihiko Miura - 1999 - INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING VERTICAL DRAIN BEHAVIOR .
- 7- N. K. Lee and S. G. Chung -2009- Reevaluation of the Factors Influencing the Consolidation of Ground by Incorporating Prefabricated Vertical Drains .
- 8- Sven Hansbo - 2005 Experience of consolidation process from test areas with and without vertical drains .
- 9- P. Purushothama Raj - 2013- SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING .

استخدام التحليل المعتمد على الضاغط (PDA) في تقييم أداء شبكات مياه الشرب خلال التغذية المتقطعة

الدكتور المهندس محمد بشار المفتي

أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق

ملخص البحث: يسود في سوريا نظام التغذية المتقطعة في معظم التجمعات السكانية، حيث لاتزيد فترة تغذية الشبكات بالمياه في معظمها عن 2-4 ساعات يومياً أو كل يومين أو بتواتر أقل حسب كمية المياه المتوفرة، والسبب الأساس لاستخدام هذا النظام هو عدم توفر الموارد المائية الكافية لتأمين احتياجات السكان. وتستخدم الطرائق التقليدية في تصميم شبكات المياه مبدأ التحليل المتعلق بالاحتياج (DDA) والذي يعتمد على وضع احتياج المياه المفترض عند كل عقد الشبكة، ثم يتم حساب الضاغط المسيطر عند العقد، والغزارات وسرع الجريان في أنابيب الشبكة. لكن خلال العمل الفعلي للشبكة عند استخدام نظام التغذية المتقطعة، يلجأ السكان لتركيب خزانات منزلية بهدف تأمين المياه اللازمة خلال فترة القطع، فيتم سحب غزارات مياه أكبر من التصميمية، وتمر المياه بسرعه كبيرة تؤدي إلى فواقد هيدروليكية عالية، مما يتسبب بانخفاض الضاغط بشكل كبير في المناطق البعيدة عن مصدر المياه والمناطق المرتفعة، فيحصل السكان فيها على كمية مياه أقل من احتياجاتهم الفعلي أو لاتصل المياه إليهم أصلاً، وبالتالي أصبح الاحتياج متعلقاً بالضاغط المتوفر في العقدة، وبالتالي فاستخدام التحليل المعتمد على الضاغط (PDA) يعطي تمثيلاً أقرب للأداء الواقعي للشبكة ضمن ظروف التغذية المتقطعة. تم خلال البحث تحليل شبكة افتراضية باستخدام طريقتي التحليل، وتبين بشكل واضح مناسبة التحليل المتعلق بالضاغط (PDA) لدراسة الشبكات في حالة التغذية المتقطعة،

حيث أنه يعطي صورة واضحة عن أداء الشبكة، ويحدد نقاط الضعف التي يجب مراعاتها خلال تصميم وتشغيل شبكات مياه الشرب، وتم التأكد من إمكانية التحكم بكمية المياه الكلية الموزعة على الشبكة عن طريق التحكم بعدد ساعات التغذية، ولكن تبين وجود عدم عدالة واضحة في توزيع المياه على المستهلكين، وقد استخدم كل من عامل الانتظام والموثوقية الهيدروليكية للشبكة وتبين أن استخدامهما يعطي صورة واضحة عن أداء الشبكة.

كلمات مفتاحية: شبكات توزيع المياه، التغذية المتقطعة، التحليل المعتمد على الضغوط، التحليل المعتمد على الاحتياج، عامل الانتظام، الموثوقية الهيدروليكية، برنامج EPANET 2.2

Using of pressure-driven analysis (PDA) for the evaluation of the water distribution networks performance during intermittent supply

Dr. Eng. M. Bashar Al-Mofti

Damascus University, Faculty of civil Eng.

Abstract: In Syria, the intermittent water supply system prevails in most communities, where the supply period in most of them does not exceed 2-4 hours per day, every two days or with less frequency depending on the water availability, the main reason for using this system is the water scarcity. The traditional method of designing water networks use the principle of demand-driven analysis (DDA), which is based on the assumption of water demand at each network node. Then the head at the nodes, the discharge and the flow velocity in the network pipes are calculated.

However, during the actual operation of the network when using the intermittent supply system, residents are forced to install household tanks in order to secure their water needs during the cut-off period, so the residents far from the water source and at highland areas, get less water than their actual needs, or the water does not reach them at all. Thus, the demand becomes related to the pressure available in the node, and the use of pressure-driven analysis (PDA) gives a closer representation of the real performance of the network under intermittent supply conditions. In this paper, a virtual network was analyzed using the two described methods of analysis, and it was clearly demonstrated the suitability of the pressure-driven analysis (PDA) to analyze networks in the case of intermittent water supply, as it gives a clear picture of the network's performance, and identifies the weaknesses that must be taken into account during the design and operation of drinking water supply networks. It was proved that the total amount of water distributed on the network can be controlled by controlling the feeding hours, but it was found that there is a clear inequality in the distribution of water to consumers, and both the Uniformity Coefficient (UC) and the network hydraulic reliability were used and it was found that their use gives a clear picture of the network performance.

Key words: water supply networks, intermittent supply, demand-driven analysis, pressure driven analysis, Uniformity Coefficient, hydraulic reliability, EPANET 2.2.

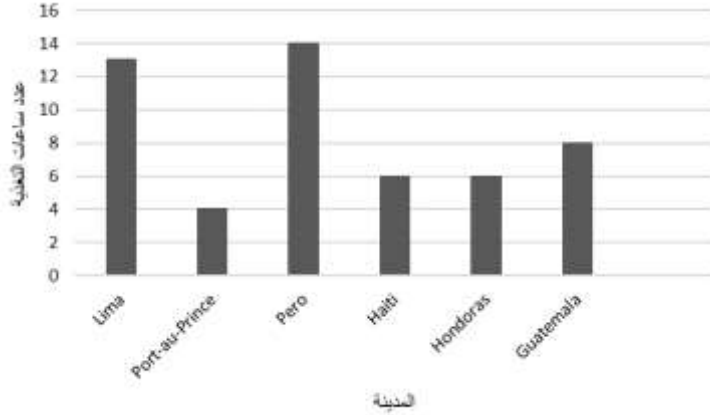
1. مقدمة:

نقول عن تغذية شبكات المياه أنها مستمرة إذا تم تزويد الشبكة بالمياه لمدة 24 ساعة خلال 7 أيام في الأسبوع (24/7) [1]، وتتطابق في هذه الحالة كمية المياه المرسله في الشبكة مع الاحتياج الفعلي للسكان، هيدروليكيًا تتطابق الغزارة الواصلة لأي من عقد الشبكة مع احتياجات السكان في هذه العقدة، وتصمم الشبكة على أساس أن لا يقل الضاغط المتوفر في أي عقدة من عقد الشبكة عن الضاغط الأدنى اللازم لإيصال المياه للسكان.

أما في حال التغذية المتقطعة فيتم تغذية الشبكة بالمياه لعدد من الساعات أقل من 24 ساعة يوميًا، وقد تتراوح فترة التغذية بين 2-8 ساعات وقد تصل إلى 12 ساعة يوميًا أو أكثر، وقد تتم التغذية يوميًا أو مرة واحدة كل يومين أو بتواتر أقل خلال أيام الأسبوع. ويتم في هذه الحالة تزويد الشبكة بكمية مياه أقل من الاحتياج الفعلي للسكان، وبالتالي لا تتطابق كمية المياه الواصلة لغالبية عقد الشبكة مع احتياجات السكان الفعلية فيها.

ويسود نظام التغذية المتقطعة في معظم الدول النامية، خاصة تلك الواقعة في المناطق الجافة، وفي الأرياف وفي المدن المكتظة بالسكان، حيث لا تزيد فترة تغذية الشبكات بالمياه في معظمها عن 4-2 ساعات [2]، وقد بينت إحصائيات منظمة الصحة العالمية WHO أن 91% من أنظمة التغذية بالمياه في جنوب شرق آسيا تعمل على مبدأ التغذية المتقطعة [3]. وأظهرت الإحصاءات المتوفرة أن حوالي 50% من مؤسسات المياه في 50 مدينة في آسيا تؤمن المياه بشكل متقطع أقل من 24 ساعة يوميًا [4]، كما أن كل مدن الهند تقريبًا تعمل على مبدأ التغذية المتقطعة [5]، وفي جاكرتا في أندونيسيا يتغذى حوالي 38% من السكان بالمياه من شبكة مركزية، وتصل المياه إلى 9% منهم بشكل متقطع [6]. والوضع مشابه في معظم دول أفريقيا، ففي مدينة مومباسا-كينيا يتغذى السكان بالمياه وسطياً 2.9 ساعة يوميًا [6]. كذلك الوضع في دول أمريكا اللاتينية، ففي مدينة كوتشابامبا-بوليفيا يتغذى 53% من السكان بالمياه من شبكة مركزية، و77%

منهم تتم تغذيتهم بالمياه بشكل متقطع، والشكل-1 يظهر عدد ساعات التغذية في عدد من دول ومدن أمريكا اللاتينية.



الشكل-1: عدد ساعات التغذية في عدد من دول ومدن أمريكا اللاتينية

كذلك تنتشر التغذية المتقطعة بشكل واسع في دول البحر الأبيض المتوسط [7, 8].

وفي سوريا تسود التغذية المتقطعة في معظم التجمعات السكانية، وذلك بسبب نقص الموارد المائية أساساً، ويمكن أن يتم ذلك في فصول الجفاف فقط في بعض المدن كما هو الحال في مدينة دمشق، التي تتغذى بشكل مستمر في بقية أوقات السنة، أو تتم التغذية بشكل متقطع باستمرار، ويمكن أن تتم التغذية مرة واحدة كل يومين أو بتواتر أقل حسب كمية المياه المتوفرة.

تعتمد الطرائق التقليدية في تصميم شبكات المياه على مبدأ التحليل المتعلق بالاحتياج (demand-driven analysis DDA) والذي يعتمد على وضع احتياج المياه المفترض عند كل عقد الشبكة، ثم يتم حساب الضغوط المسيطر عند العقد، والغزارات وسرع الجريان في أنابيب الشبكة باستخدام معادلة الاستمرار ومعادلات حساب فاقد الاحتكاك مثل معادلة دارسي-فايسباخ أو معادلة هيزين-ويليامز [7]. لكن خلال العمل الفعلي للشبكة خلال التغذية المتقطعة ولتأمين المياه اللازمة خلال فترة القطع يلجأ السكان لتركيب خزانات منزلية يمكن أن تكون ساعاتها أكبر من احتياجهم الفعلي، لذا تبقى

صماماتها مفتوحة خلال كامل فترة التغذية كي تمتلئ بالمياه [7]، مما يؤدي لسحب غزارات مياه أكبر من الاحتياج الفعلي في المناطق القريبة من المصدر المائي، وانخفاض الضاغط بشكل كبير في المناطق البعيدة عنه والمناطق المرتفعة مما يؤدي إلى حصول السكان في هذه المناطق على كمية مياه أقل من احتياجاتهم الفعلي أو عدم وصول المياه إليهم [9]، وبالتالي لم يعد الاحتياج الفعلي في عقد الشبكة هو الناتج عن التغيرات الزمنية للاحتياج المتعلقة بعادات المستهلكين، بل أصبح متعلقاً بكمية المياه العظمى التي يمكن سحبها من الشبكة خلال فترة التغذية، لذا فإن استخدام التحليل المعتمد على الضاغط (pressure-driven analysis PDA) يعطي تمثيلاً أقرب للعمل الواقعي للشبكة ضمن ظروف التغذية المتقطعة [2, 10].

التحليل المعتمد على الضاغط (PDA): يمكن تحديد الغزارة الفعلية الواصلة لعقدة معينة حسب قيمة الضاغط المتوفر فيها باستخدام طريقة Wagner من العلاقات التالية [7, 11, 12]:

$$(1) \begin{cases} H_i < H_{min} \Rightarrow Q_i = 0 \\ H_i > H_{max,i} \Rightarrow Q_i = Q_{max,i} \\ H_{min,i} < H_i < H_{max,i} \Rightarrow Q_i = f(H) \end{cases}$$

حيث:

H_i : الضغط المتوفر في العقدة i

H_{min} : الضغط الأدنى الواجب توفره في العقدة i حتى تصل المياه إليها

H_{max} : الضغط الواجب توفره عند العقدة i كي تصلها كمية المياه

اللازمة (أكبر من ارتفاع خزان المياه)

ضغط المياه في أي عقدة هو الضاغط عندها مطروح منه ارتفاعها

الجغرافي

Q_i : الغزارة الواصلة للعقدة i

Q_{max} : الاحتياج المائي المطلوب توفره في العقدة

تحسب الغزارة الواصلة فعلاً إلى العقدة حسب الضغط المتوفر عندها من العلاقة (2):

$$Q_i = Q_{max} \cdot \sqrt{\frac{H_i - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}} \quad (2)$$

وهي الطريقة التي تعتمدها النسخ الحديثة لبرامج حساب الغزارة المتعلقة بالضاغط، ومنها النسخة الحديثة من برنامج EPANET وهي النسخة EPANET2.2 [11] (التي سيتم استخدامها في البحث).

من أجل تقييم أداء شبكة الإمداد تم تطوير عدد من المعاملات من أهمها: الموثوقية الهيدروليكية للشبكة ومعامل الانتظام.

الموثوقية الهيدروليكية للشبكة [13] **Hydraulic reliability**: طريقة عملية للحكم على أداء الشبكة، وتعرف بأنها النسبة المئوية للزمن الذي يكون خلاله الضاغط في عقدة معينة أكبر من قيمة حدية معينة p_{min} ، ويعطى بالعلاقة (3):

$$R_j = \sum_{i=1}^k \frac{r_{ij} t_i}{T} \quad (3)$$

حيث:

R_j : الموثوقية الهيدروليكية للعقدة j

r_{ij} : معامل الموثوقية الهيدروليكية للعقدة j خلال الخطوة الزمنية i

$r_{ij}=1$ عندما يكون ضاغط العقدة $p_i \geq p_{min}$

$r_{ij}=0$ عندما يكون ضاغط العقدة $p_i < 0$

t_i : طول الخطوة الزمنية i

k : عدد الخطوات الزمنية

T : طول فترة المحاكاة، عند استخدام خطوات زمنية متساوية يعطى

طول الخطوة الزمنية i بالعلاقة التالية (4):

$$t_i = \frac{T}{k} \quad (4)$$

وتعرف الموثوقية الهيدروليكية R لشبكة مؤلفة من n عقدة بأنها المتوسط الحسابي

للموثوقية الهيدروليكية لكل عقد الشبكة، وتحسب من العلاقة التالية (5):

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{n} \cdot 100\% \quad (5)$$

معامل الانتظام [9] **Uniformity Coefficient (UC)**: بنتيجة تعلق كمية المياه

الواصلة لعقدة تغذية بالضاغط المسيطر عندها في حالة التغذية المتقطعة، وعدم وصول

الاحتياج الفعلي لكل عقد الشبكة، طرحت مشكلة عدالة توزيع المياه (Equity in water

supply) كواحدة من أهم المشاكل المرتبطة بالتغذية المتقطعة، ومن أجل تحديد العدالة

في توزيع المياه بين عقد الشبكة تم تطوير معامل الانتظام UC.

لحساب UC يتم تحليل الشبكة باستخدام التحليل المعتمد على الضاغط، تحسب نسبة

كمية المياه الواصلة فعلاً إلى العقدة إلى احتياجها الفعلي والتي تسمى نسبة تغذية العقدة

Node Supply Ratio، تحسب نسبة التغذية الوسطية (ASR) والتي هي المتوسط

الحسابي لنسب التغذية لكل عقد الشبكة، ثم يحسب انحراف نسبة تغذية كل عقدة عن

ASR ثم يحسب المتوسط الحسابي لانحرافات كل عقد الشبكة ADEV، ثم يحسب

معامل الانتظام UC من العلاقة التالية (6):

$$UC = 1 - \left(\frac{ADEV}{ASR} \right) \quad (6)$$

عند وصول الاحتياج المائي الفعلي لكل عقد الشبكة يصبح $ASR=1$ و $ADEV=0$ وبالتالي $UC=1$ ، أما عند وصول كمية مياه أقل من الاحتياج الفعلي إلى أي من عقد الشبكة يصبح $UC<1$ ، وكلما كانت قيمته أقرب للواحد كانت عدالة توزيع المياه في الشبكة أفضل.

2. هدف البحث:

بما أن تغذية السكان بالمياه في حالة التغذية المتقطعة تتم عبر الخزانات المنزلية، فإن الغزارة التي تؤمنها المآخذ المركبة على شبكة التوزيع تتعلق بالضغوط المسيطر عندها وليس بالاحتياج الفعلي، لذا فإن تحليل الشبكات في هذه الحالة اعتماداً على الضغوط بدلاً من الاحتياج يقارب بشكل كبير السلوك الفعلي للشبكة، والهدف من البحث بيان أثر التغذية المتقطعة على أداء شبكات المياه باستخدام طريقة التحليل المعتمد على الضغوط (PDA)، حيث سيتم دراسة توزيع الضغوط ضمن العقد، وسرعات الجريان ضمن الأنابيب، وكميات المياه الواصلة للمستهلكين، وتحديد موثوقية الشبكة ومعامل الانتظام.

3. مواد وطرائق البحث:

تم البحث باستخدام شبكة افتراضية مؤلفة من 16 حلقة كما هو وارد في الشكل-2، طول كل من أنابيب الشبكة 125 m، تخدم ضاحية سكنية تحوي على 312 بناء، مساحة البناء 600 m^2 ، مقام على أرض مساحتها 800 m^2 ، كل بناء مؤلف من خمسة طوابق في كل منها 4 شقق، شقتين بمساحة 140 m^2 لكل شقة، وشقتين بمساحة 100 m^2 لكل شقة، بعدد سكان إجمالي $P = 31200$ وكثافة سكانية 1248 p/ha . وقد اعتبرت الشبكة أفقية تماماً بهدف إلغاء أثر فروق المناسيب على أداء الشبكة. تم نمذجة الشبكة وتحليلها باستخدام برنامج EPANET 2.20 [11]، باستخدام معادلة دارسي-فايسباخ، $k=1.0 \text{ mm}$ [14] وذلك باستخدام طريقتي التحليل المتعلق بالاحتياج (DDA) والتحليل المعتمد على الضغوط (PDA)

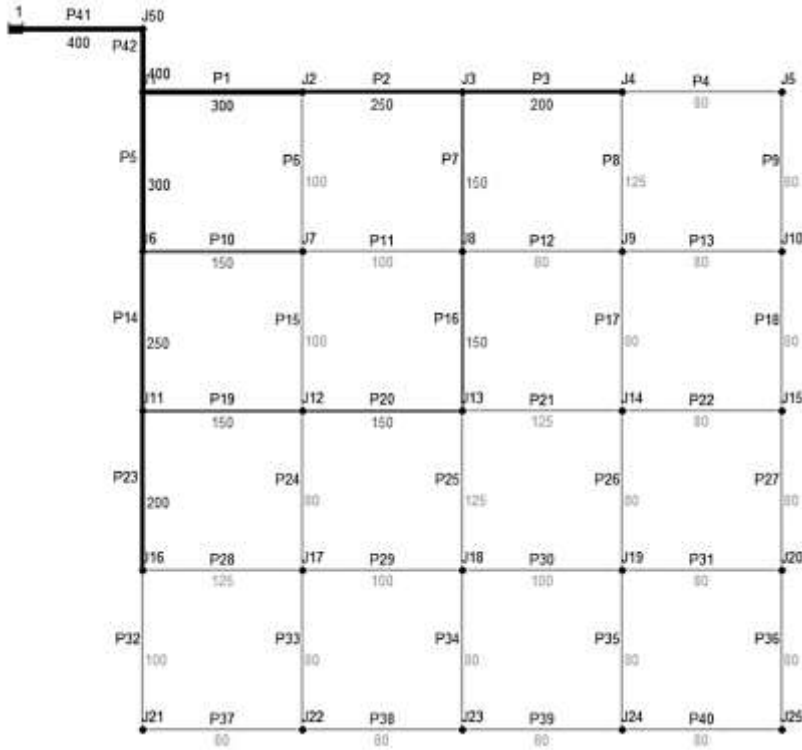
4. النتائج ومناقشتها:

تم تصميم الشبكة على حالة التغذية المستمرة مع اعتماد الفرضيات التالية: الضاغط الأدنى اللازم لإيصال المياه للطابق الخامس m 34 بحيث يتشكل ضاغط أدنى على الجهاز الصحي الأسوأ هيدروليكيًا لا يقل عن m 10، وفواقد مجموعة العداد مع فواقد الوصلة المنزلية m 8.5 [15]. الاحتياج المائي للفرد $l/P/d$ 125، عوامل الذروة المستخدمة في التصميم $Pf_{d,max}=1.72$, $Pf_{h,max}=3.18$ محسوبة على أساس الغزارة اليومية الوسطية $Q_{d,av}$ [16]، فكانت: الغزارة اليومية الوسطية $Q_{d,av}=3900 \text{ m}^3/d$ ، والغزارة اليومية الأعظمية $Q_{d,max}=6708 \text{ m}^3/d$ ، والغزارة الساعية الأعظمية $Q_{h,max}=143.54 \text{ l/s}$. تم حساب الغزارات في العقد باستخدام طريقة توزيع الغزارات على أنابيب الحلقات حسب أطوالها، وكل عقدة تغذي المساحة المشكلة من أنصاف الأنابيب المتصلة بها [13]، وقد لخصت قيم الاحتياج المائي الواجب توفره في عقد الشبكة حسب موقعها في الجدول-1.

تمت نمذجة الشبكة على برنامج EPANET 2.2 وفقاً لقيم الغزارة $Q_{d,max}$ الواردة في (الجدول-1)، تم الحساب لنظام التغذية 24/7 لحالة الاستقرار Steady-State وكانت نتائج الحساب كالتالي: تراوحت أقطار الأنابيب بين mm 80-400 كما يظهر في (الشكل-2) في ملحق البحث، وتراوحت سرعة جريان المياه بين m/s 0.22 في الأنابيب بقطر mm 80 وهو القطر الأدنى الذي تم اعتماده في التصميم و m/s 1.14، وتراوحت الضواغط ضمن عقد الشبكة بين m 34.0 عند العقدة الطرفية J25 و m 45.57 عند عقدة المدخل J1، ارتفاع الخزان m 46.2.

الجدول-1: توزيع الاحتياج المائي في عقد الشبكة حسب موقعها

$Q_{h,max}$	$Q_{d,max}$	$Q_{d,av}$	العقدة
l/sec	l/s	l/sec	
2.26	1.21	0.71	زاوية
4.48	2.43	1.41	طرفية
8.97	4.85	2.82	وسطية



الشكل-2: مخطط أقطار الأنابيب (mm) للشبكة الافتراضية

في حالة التغذية المتقطعة يختلف تعريف معامل الذروة $P_{f,h,max}$ عنه في حالة التغذية المستمرة، فبسبب قيام السكان بتركيب خزانات لجمع المياه خلال فترة التغذية وعدم استهلاكهم للمياه من الشبكة مباشرة، فإن الغزارة المارة بالشبكة تصبح أكثر انتظاماً، ولاتتعرض لتغيرات ساعية واضحة، لذا يمكن اعتبار معامل الذروة ثابتاً خلال فترة التغذية [17]، ويحسب من العلاقة التالية (7):

$$P_f = \frac{24}{N} \quad (7)$$

حيث N: عدد ساعات التغذية

ويتم حساب الغزارة الساعية على أساس الغزارة اليومية الأعظمية من العلاقة:

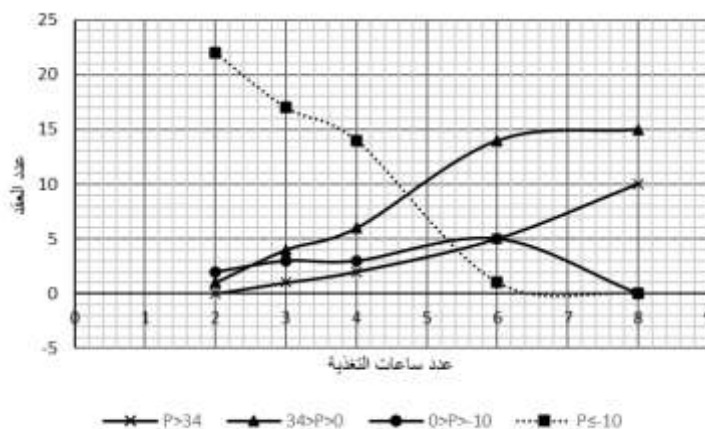
$$Q_{h,max} = \frac{Q_{d,max}}{24} \cdot P_f \quad (8)$$

تم في المرحلة الأولى تحليل الشبكة لحالة التحليل المتعلق بالاحتياج (DDA) لعدد ساعات التغذية 2, 3, 4, 6 و8 ساعات، حيث استخدمت قيم عامل عدم الانتظام الساعي الأعظمي $Pf_{h,max}$ المحسوبة حسب عدد ساعات التغذية من العلاقة (6) والواردة في الجدول-2، وتم الحساب على أساس الاحتياج اليومي الوسطي $Q_{d,av}$ المأخوذ من (الجدول-1) بعد التصعيد بمعامل الذروة اليومي الأعظمي $Pf_{d,max}=1.72$

الجدول-2: معامل عدم الانتظام $Pf_{h,max}$ حسب عدد ساعات التغذية

12	10	8	6	4	3	2	عدد ساعات التغذية
2	2.4	3	4	6	8	12	$Pf_{h,max}$

ويظهر (الشكل-3) قيم الضواغط المسيطرة في العقد من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة.



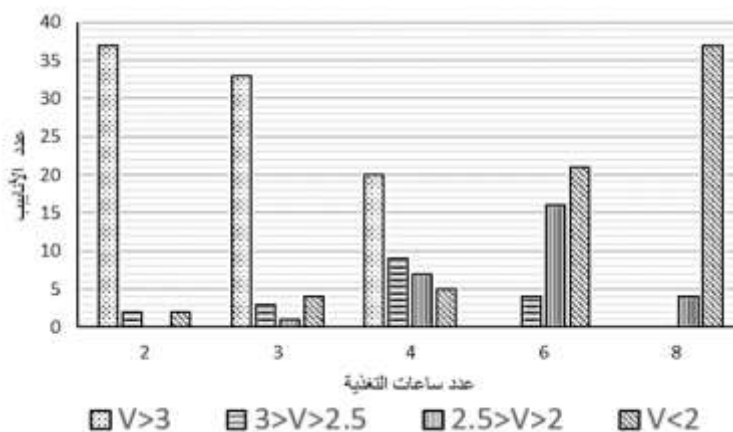
الشكل-3: توزيع الضواغط في عقد الشبكة من أجل أزمدة تغذية مختلفة

يلاحظ من (الشكل-3) سيطرة ضاغط سلبي $P < -10m$ في 22 عقدة من أصل 25 (عدد العقد الكلي) عند زمن تغذية ساعتين، ويتناقص عددها مع زيادة زمن التغذية حتى يصل إلى الصفر عند زمن تغذية 7 ساعات، وهذا مستحيل فيزيائياً، لكن يمكن اعتباره دليل على عدم وصول المياه إلى العقدة. ولاتوجد أية عقدة يسيطر فيها ضاغط أكبر من

34 m عند زمن تغذية ساعتين، وبتزايد العدد مع زيادة زمن التغذية حتى يصل إلى 10 عقد عند زمن تغذية 8 ساعات.

ويوضح (الشكل-4) توزع السرعة ضمن أنابيب الشبكة والتي يبلغ عددها الكلي 41 أنبوباً لعدد ساعات تغذية مختلفة بين 2h و 8h، يلاحظ من الشكل أنه في حالة زمن تغذية 2h تسيطر سرعة $v > 3m/s$ في 37 أنبوباً كما هو واضح في (الشكل-3) و(الشكل-1-A) في ملحق البحث، ويتناقص عددها تدريجياً مع زيادة عدد ساعات التغذية حتى يصل عددها إلى الصفر عند زمن تغذية 6h، حيث تسيطر سرعة أعظمية لاتزيد عن 2.5 m/s في أربعة أنابيب فقط (الشكل-4)، وهذا ما يظهر بوضوح سبب سيطرة الضواغط المنخفضة في عقد الشبكة عندما يكون عدد ساعات التغذية منخفضاً. ويبلغ عدد الأنابيب التي تسيطر فيها سرعة جريان أقل من 2m/s عند عدد ساعات تغذية 2h أنبوبين فقط (الشكل-4) و(الشكل-1-A) في ملحق البحث، ويزداد عددها مع زيادة عدد ساعات التغذية حتى يصل إلى 37 أنبوباً عند زمن تغذية 8h (الشكل-4).

كما يلاحظ من (الشكل-4) تغير نمط الزيادة عند عدد ساعات تغذية أكبر من 4h، وقد لوحظ من نتائج الدراسة وجود سرعة جريان أقل من 0.4m/s في أنبوبين من أنابيب الشبكة عند زمن تغذية أقل من 8h مما يهدد نوعية المياه في الأنابيب.



الشكل-4: توزع السرعة $V(m/s)$ في أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية

تم في المرحلة الثانية من البحث محاكاة الشبكة باستخدام طريقة التحليل المعتمد على الضاغط (PDA)، من أجل عدد ساعات تغذية: 2 و 3 و 4 و 6 و 8 و 10 و 12 ساعة، وتم إدخال المعلومات التالية للنموذج:

الاحتياج المائي في العقد: وهو احتياج السكان الواجب توفره، وقد أخذت قيم الاحتياج اليومي الأعظمي $Q_{d,max}$ من (الجدول-1)، وأخذت عوامل الذروة الساعية الأعظمية حسب عدد ساعات التغذية من (الجدول-2).

الضاغط الأدنى المطلوب H_{min} : وهو الضاغط الأدنى اللازم لإيصال المياه إلى خزانات التغذية، وقد أعطى دليل إمداد المياه في الهند القيم الواردة في (الجدول-3) للضاغط الأدنى اللازم حسب عدد طوابق المبنى [18].

الجدول-3: الضاغط الأدنى اللازم لإيصال المياه لخزانات التغذية [18]

عدد الطوابق	ارتفاع الخزان (m)
طابق واحد	7
طابقين	12
ثلاثة طوابق	17
أربعة طوابق	22
خمسة طوابق	27

وقد تم استخدام الضاغط الأدنى $H_{min}=27$ m اللازم لإيصال المياه إلى الخزان العلوي من أجل مباني بارتفاع خمسة طوابق المستخدمة في نموذج البحث.

الضاغط الأعظمي H_{max} : هو الضاغط اللازم للوصول الاحتياج الفعلي إلى العقدة، وقد أخذ في الحساب $H_{max}=32$ m بإضافة 5 m الضاغط الواجب توفره عند صمام الفواشة.

تم أولاً حساب الشبكة لزمن تغذية ساعتين فلو حظ تراوح قيم الضاغط بين 27m في العقدة الطرفية J25 و 42.22m في العقدة J1 عند مدخل المياه إلى الشبكة. ويظهر

(الشكل 2-A) في ملحق البحث توزع الغزارات الخارجة من العقد (l/sec) وسرعة الجريان (m/s) في أنابيب الشبكة، ويمكن من (الشكل 2-A) ملاحظة الانخفاض الشديد في الغزارات الخارجة من العقد الطرفية مقارنة مع الغزارات الخارجة من العقد قرب مصدر المياه، أما سرعة جريان المياه في الأنابيب فتراوحت بين $2.63m/s$ في الأنبوب P5 قرب مصدر المياه و $0.01m/s$ في الأنبوب P36 عند طرف الشبكة البعيد عنه.

ثم تم حساب الشبكة لزمان تغذية ثلاث ساعات ف لوحظ تراوح قيم الضاغط بين $27.01m$ في العقدة الطرفية J25 و $43.04m$ في العقدة J1 أما سرعة الجريان فتراوحت بين $0.03m/s$ في الأنبوب P36 و $2.39m/s$ في الأنبوب P5، ويظهر (الشكل 3-A) في ملحق البحث توزع الغزارات الخارجة من العقد (l/sec) وسرعة الجريان (m/s) في أنابيب الشبكة.

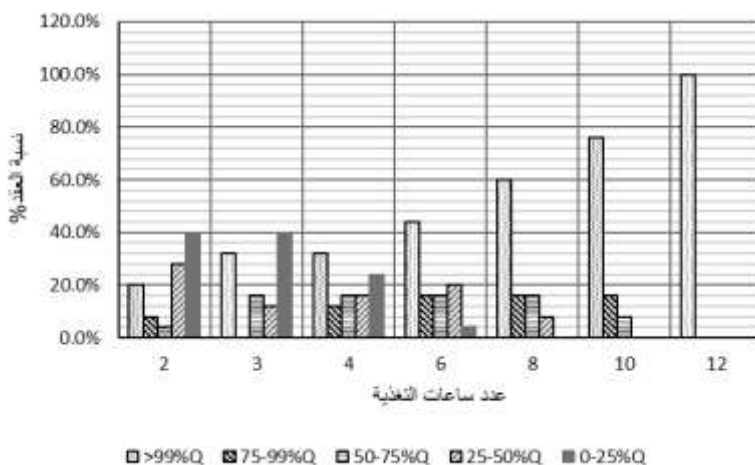
وأعيد الحساب لعدد ساعات تغذية 4 و 6 و 8 و 10 و 12 ساعة ولخصت الغزارات الكلية الخارجة من العقد (m^3/d) حسب عدد ساعات التغذية في (الجدول A) في ملحق البحث.

واحتوى العمود الثاني (24h) في (الجدول A) في ملحق البحث على الاحتياج اليومي الواجب توفره للسكان من أجل المقارنة، كما احتوى السطر الأخير في نفس الجدول على كمية المياه الكلية الواصلة فعلاً للسكان من أجل ساعات التغذية المختلفة.

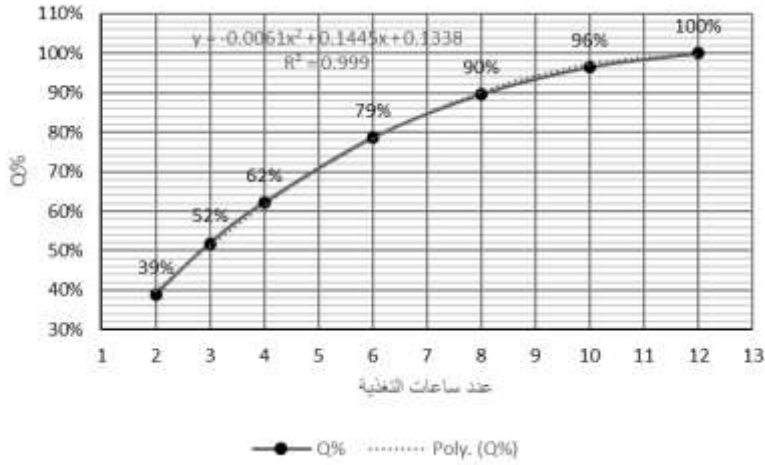
ويوضح (الشكل 5) توزع الغزارات الواصلة فعلاً إلى عقد الشبكة كنسبة مئوية من الاحتياج اليومي الفعلي حسب عدد ساعات التغذية، وقد قسمت العقد ضمن خمس مجالات حسب نسبة الغزارة الواصلة إليها، ويتضح من الشكل أن السكان يحصلون على احتياجهم الفعلي بنسبة 100% عند التغذية لمدة 12 ساعة، أما عند التغذية لساعتين فإن 20% فقط من عقد الشبكة تصل إليها هذه النسبة، وبحدود 40% من العقد يصل إليها أقل من 25% من الاحتياج الفعلي.

ويوضح (الشكل-6) الغزارة الفعلية الواصلة للشبكة كاملة كنسبة مئوية من الاحتياج الكلي حسب عدد ساعات التغذية. ويلاحظ من الشكل أنه يمكن التحكم بالغزارة الواصلة للشبكة عن طريق تحديد عدد ساعات الضخ ضمن حدود كبيرة.

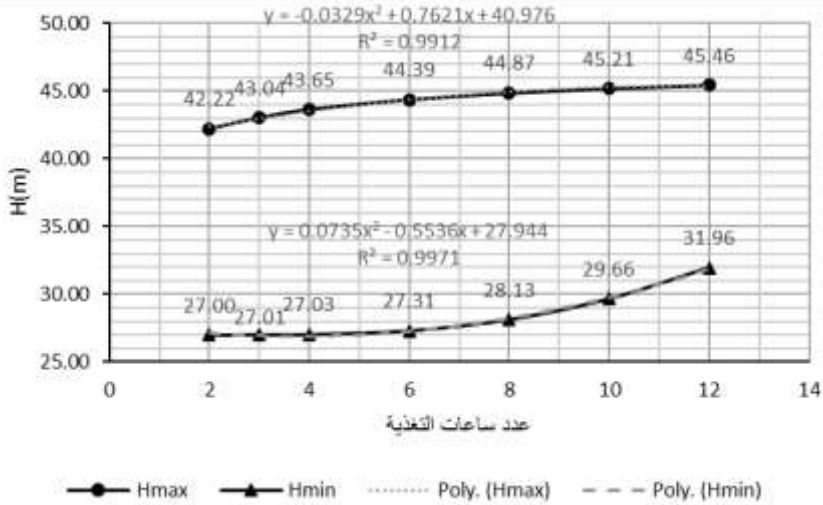
أما (الشكل-7) فيوضح الضاغطين الأعظمي والأدنى في عقد الشبكة من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة، ويلاحظ من الشكل تحقيق كل العقد لشرط الضاغط الأدنى المطلوب. ويظهر (الشكل-8) توزيع الضواغط على عقد الشبكة من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة، وقد صنفت العقد ضمن مجموعتين: المجموعة الأولى هي التي تحقق الضاغط الأعظمي المطلوب $H_{max}=32m$ ، والمجموعة الثانية هي التي تحقق اشتراطات الضاغط الأدنى $H_{min}=27m$ ، وقد عرض (الشكل-8) النسبة المئوية للعقد المحققة للشرط كنسبة مئوية من عدد العقد الكلي للشبكة.



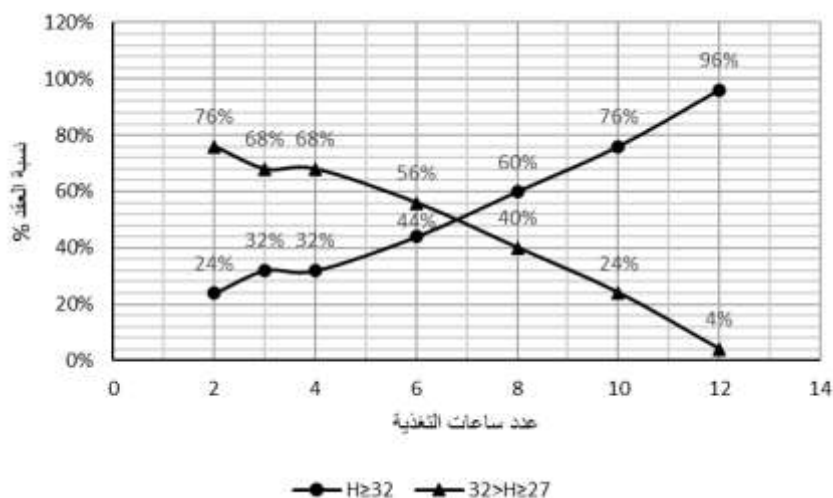
الشكل-5: توزيع الغزارات على عقد الشبكة كنسبة مئوية من الاحتياج الواجب توفره حسب عدد ساعات التغذية



الشكل-6: الغزارة الفعلية الواصلة للشبكة كنسبة مئوية من الاحتياج الكلي الواجب توفره حسب عدد ساعات التغذية



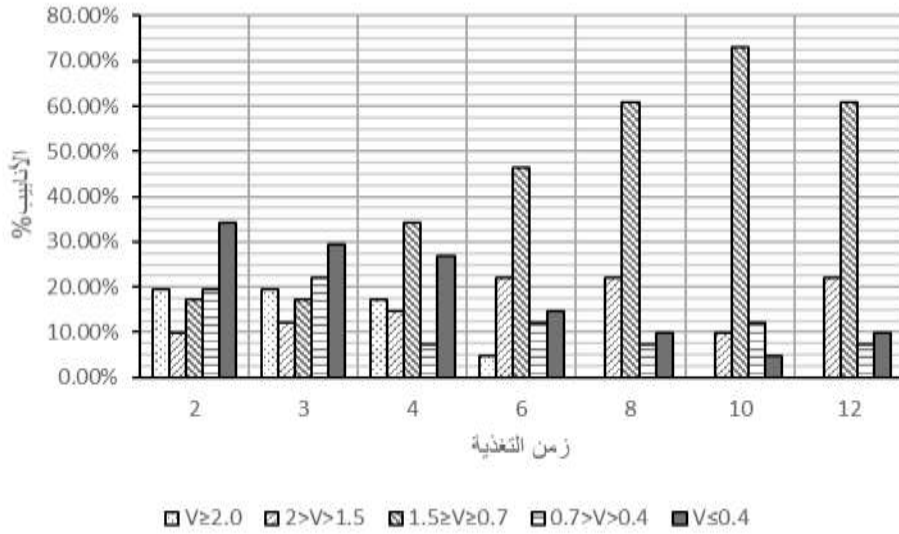
الشكل-7: الضاغطين الأعظمي والأدنى في عقد الشبكة من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة



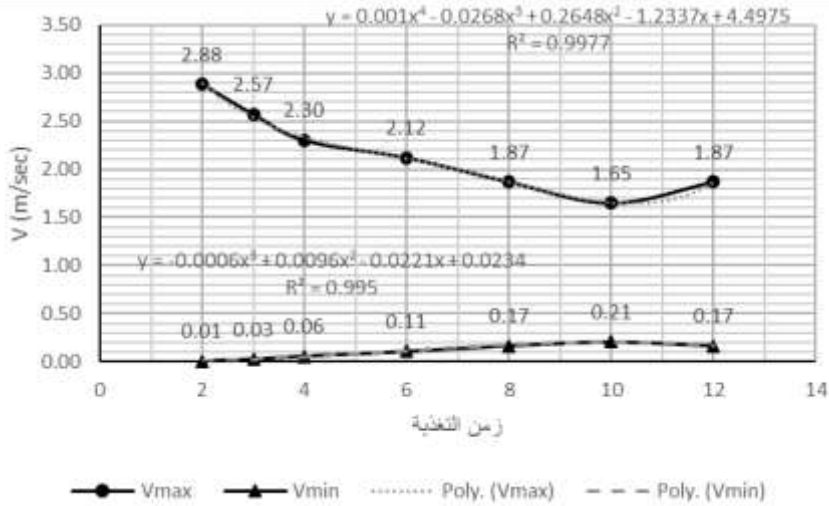
الشكل-8: توزيع الضوابط على عقد الشبكة من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة

يبين (الشكل-9) توزيع سرعة الجريان ضمن أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية، حيث قسمت الأنابيب ضمن خمس مجالات حسب سرعة الجريان، وعرضت كنسبة مئوية لعدد الأنابيب التي تحقق مجال السرعة من عدد الأنابيب الكلي. ويلاحظ من (الشكل-9) وجود نسبة لا يستهان بها من الأنابيب التي لا تتجاوز سرعة الجريان فيها 0.4 m/s مهما اختلف عدد ساعات التغذية، وتصل إلى ما يقارب 30% من عدد الأنابيب الكلي عندما لا يتجاوز عدد ساعات التغذية الأربع ساعات. كما يلاحظ عدم وجود أية أنابيب تتجاوز فيها سرعة الجريان 2.0 m/s عند عدد ساعات تغذية 8h أو أكثر.

أما (الشكل-10) فيعطي سرعتي الجريان العظمى والدنيا ضمن أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية، ويلاحظ من (الشكل-10) تشكل سرعة جريان أقل من 0.21 m/s في أنابيب الشبكة عند مختلف عدد ساعات التغذية، أما السرعة العظمى فكانت 2.88 m/s .



الشكل-9: توزيع سرع الجريان ضمن أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية

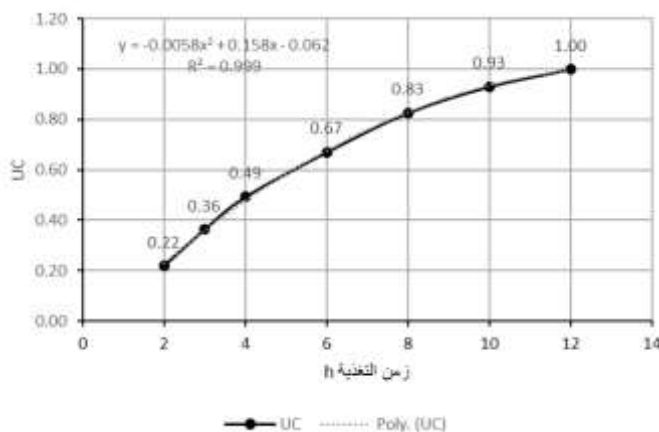


الشكل 10- سرعة الجريان العظمى والدنيا ضمن أنابيب الشبكة حسب عدد ساعات التغذية

5. الاستنتاجات والتوصيات:

إن وجود قيم للضاغط $-10m < p$ كما يظهر في (الشكل-3) و(الشكل-1-A) في الملحق مستحيل فيزيائياً، ويظهر ذلك بوضوح عدم صلاحية التحليل المعتمد على الطلب DDA لمحاكاة شبكات التغذية المتقطعة، يضاف لذلك توزع السرعة في أنابيب الشبكة (الشكل-4) وظهور سرعة جريان $V > 6m/s$ (الشكل-1-A) في الملحق ليشكل دليلاً إضافياً يؤكد هذا الاستنتاج.

بالعودة إلى (الشكل-6) يلاحظ أنه يمكن التحكم بكمية المياه الكلية الموزعة على الشبكة عن طريق التحكم بعدد ساعات التغذية، لكن بالعودة إلى (الشكل-5) يلاحظ وصول كميات مياه متفاوتة للعقد المختلفة وبالتالي وجود عدم عدالة في توزيع المياه على المشتركين، حيث أن التقنين وقع على حساب جزء فقط من المشتركين بتغيير نسبته حسب عدد ساعات التغذية، وكمعيار محتمل لتحديد عدم عدالة التوزيع تم حساب معامل انتظام التوزيع UC للشبكة من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة (الشكل-11).



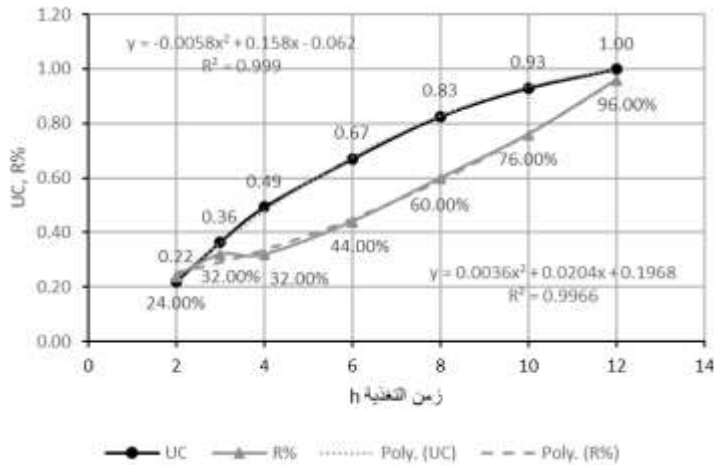
الشكل-11: معامل انتظام توزيع المياه في الشبكة UC حسب عدد ساعات التغذية

يلاحظ من (الشكل-11) أن معامل الانتظام عند التغذية لمدة ساعتين $UC=0.22$ ، وبالعودة إلى (الشكل-5) نجد أن 80% من العقد لا تتلقى كامل احتياجها المائي، أما عند زمن تغذية 3h فإن $UC=0.36$ ، ومن (الشكل-5) فإن 74% من العقد لا تتلقى

احتياجها المائي الكامل عند زمن التغذية هذا، وبمقارنة بقية أزمنا التغذية بطريقة مشابهة نلاحظ أن معامل الانتظام يمثل بشكل جيد توزيع الغزارات بين العقد، مما يؤكد أهمية استخدامه كمعيار لتقييم أداء شبكات المياه من حيث عدالة توزيع المياه بين السكان.

ويلاحظ من (الشكل-6) أن استخدام زمن التغذية عشر ساعات أو أكثر يؤثر بشكل محدود جداً على كمية المياه الكلية الموزعة، وبالتالي ليس هناك جدوى من استخدام عدد ساعات التغذية ضمن هذا المجال كوسيلة لتقنين المياه، ولو أن عدد ساعات تغذية 10h يسبب عدم وصول كمية المياه الكافية ولو بنسب متفاوتة (المياه الواصلة أكثر من 50% من الاحتياج الكلي) لما يقارب 22% من العقد (الشكل-6)، ويسبب قيم $UC=0.93$ (الشكل-11) وهذا لا يبرر التوفير المحدود المحقق للمياه.

وكعامل إضافي للحكم على أداء الشبكة تم استخدام الموثوقية الهيدروليكية للشبكة $R(\%)$ ، حيث أنها تعطي صورة واضحة عن توزيع الضغوط ضمن عقد الشبكة، وقد تم حساب موثوقية الشبكة من أجل عدد ساعات التغذية المختلفة، وذلك خلال فترة التغذية فقط، أي لم تدخل الضغوط ضمن العقد خلال فترة انقطاع التغذية بالحساب (تساوي الصفر)، ولخصت النتائج في (الشكل-12).



الشكل-12: معامل الانتظام والموثوقية الهيدروليكية حسب عدد ساعات التغذية

وقد تم رسم كل من عامل الانتظام UC والموثوقية الهيدروليكية R على نفس المخطط. ويلاحظ من (الشكل-12) زيادة الموثوقية الهيدروليكية مع زيادة عدد ساعات التغذية، حيث أنها تحقق قيمة أعظمية $R=96\%$ عند زمن تغذية 12h، وهذا يعني أنه حتى عند عدد ساعات تغذية مرتفع يوجد عدم توازن في ضغوط الشبكة، وتوجد ضغوط أقل من الضغط الأعظمي المطلوب، وهذا ما يؤكد (الشكل-8). كما يلاحظ من (الشكل-12) عدم تشابه منحنيي عامل الانتظام والموثوقية الهيدروليكية، ولو أنهما يتزايدان مع زيادة عدد ساعات التغذية، والسبب في ذلك ثبات التغذية عند زيادة الضاغط عن قيمة H_{max} المحددة في الحساب، لذا ينصح دوماً بحساب المعاملين معاً من أجل إعطاء صورة واضحة عن أداء الشبكة.

بالعودة إلى (الشكل-10) يلاحظ عدم وجود سرعة كبيرة تؤدي إلى تآكل الأنابيب وتهدد سلامتها عند مختلف ساعات التغذية، ولو أن السرعة العظمى كبيرة نسبياً عند زمن التغذية ساعتين، لكن يمكن من نفس الشكل يلاحظ وجود سرعات دنيا منخفضة جداً، ومن (الشكل-9) يمكن ملاحظة أن سرعة جريان $V < 0.4 \text{ m/s}$ تغطي جزءاً لا يستهان به من أنابيب الشبكة عند مختلف ساعات التغذية، وبالمقارنة مع الشكلين (B, C) في الملحق يلاحظ تركيز هذه السرعة في الأنابيب البعيدة عن مصدر التغذية بالمياه، إن وجود سرعة جريان منخفضة يسبب تراكم الرواسب على أنابيب الشبكة، وبالتالي زيادة خشونتها، وزيادة مدة مكث المياه في الأنابيب، وبالتالي فقدان الكلور المتبقي، ونشوء الظروف المناسبة لإعادة تنشيط البكتريا في المياه، يضاف إلى ذلك ركود المياه الكامل في الشبكة خلال فترة الانقطاع، مما يؤدي في المحصلة إلى تراجع نوعية المياه في الشبكة، وزيادة الحاجة لعمليات تنظيف الأنابيب كجزء أساس من نشاطات الصيانة الدورية للشبكة، مما يزيد من كلفة الاستثمار.

من الدراسة السابقة يلاحظ بشكل واضح مناسبة التحليل المتعلق بالضاغط (PDA) لدراسة الشبكات في حالة التغذية المتقطعة، حيث أنه يعطي صورة واضحة عن أداء الشبكة، ويحدد نقاط الضعف التي يجب مراعاتها خلال تصميم أو تشغيل شبكات مياه الشرب.

لم يتم في هذا البحث أخذ كمية المياه اللازمة لملاء الشبكة عند بداية فترة التغذية بالحسبان، كون البرنامج المستخدم يعتبر أن أنابيب الشبكة ممثلة تماماً بالمياه عند بداية فترة المحاكاة، كما لم يؤخذ بالاعتبار وجود خزانات أرضية أو مضخات تضخ المياه مباشرة من الشبكة لإيصال المياه إلى خزانات المستهلكين في مناطق الضغط المنخفض، لذا ينصح بالقيام بذلك في أبحاث مستقبلية بمساعدة النماذج المناسبة.

Bibliography

- [1] Sanjeeb Mohapatra & Aabha Sargaonkar & Pawan Kumar Labhassetwar, "Distribution Network Assessment using EPANET for Intermittent and Continuous Water Supply," *Water Resour Manage*, vol. 28, p. 3745–3759, June 2014.
- [2] J. Pickford, "Water and sanitation for underprivileged rural and urban communities," in *Asia–Pacific Conf. on Water Engrg.*, 1987.
- [3] A. C. McIntosh, *Asian Water Supplies Reaching the Urban Poor*, London: Asian Development Bank and International Water Association, IWA Publishing, 2003.
- [4] Kalanithy Vairavamoorthy, Ebenezer Akinpelu, Zhuhai Lin, Mohammed Ali, "Design of Sustainable Water Distribution Systems in Developing Countries," in *World Water and Environmental Resources Congress*, Orlando, Florida, 2001.
- [5] UN–HABITAT, *Water And Sanitation in the World's Cities*,

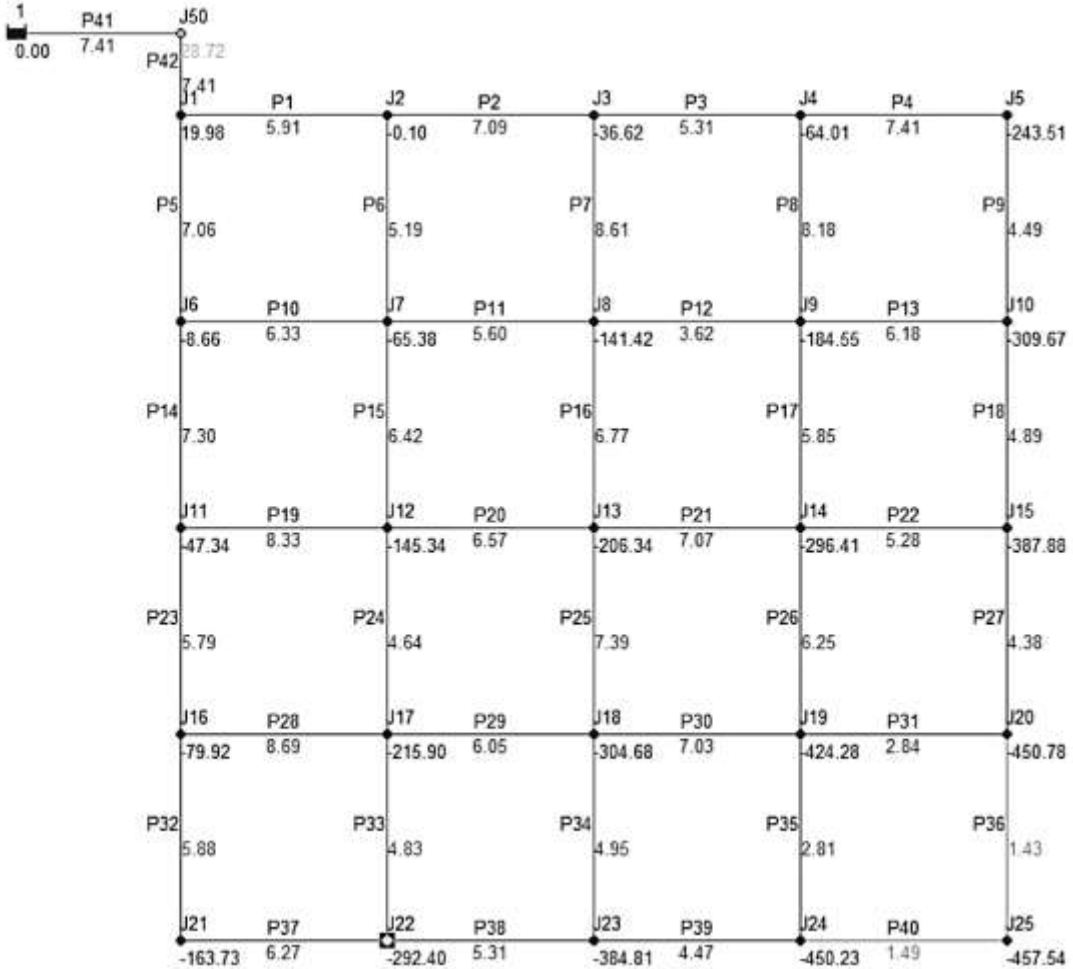
Local Action for Global Goals, U. N. H. S. e. Programme, Ed.,
Nairobi, Kenya: Earthscan Publications Ltd, 2003.

- [6] C. M. Fontanazza, G. Freni & G. La Loggia, "Analysis of intermittent supply systems in water scarcity conditions and evaluation of the resource distribution equity indices," *WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 103*, pp. 635–644, 2007.
- [7] N. Totsuka, N. Trifunovic, K. Vairavamoorthy, "Intermittent urban water supply under water starving situations," in *30th WEDC International Conference*, Vientiane, 2004.
- [8] Prasad V. K. S. V. Gottipati, Umamahesh V. Nanduri, "Equity in water supply in intermittent water distribution networks," *Water and Environment Journal*, vol. 28, no. 4, pp. 509–515, December 2014.
- [9] K. Vairavamoorthy, Sunil D. Gorantiwar, S. Mohan, "Intermittent Water Supply under Water Scarcity Situations," *Water International*, vol. 32:1, pp. 121–132, March 2007.
- [10] Rossman, L., H. Woo, M. Tryby, F. Shang, R. Janke, AND T. Haxton., *EPANET 2.2 User Manual*, Cincinnati, Ohio: U.S. EPA, 2020.
- [11] Petr Ingeduld, Ajay Pradhan, Zdenek Svitak, Ashok Terrai, "Modelling Intermittent Water Supply Systems with EPANET,"

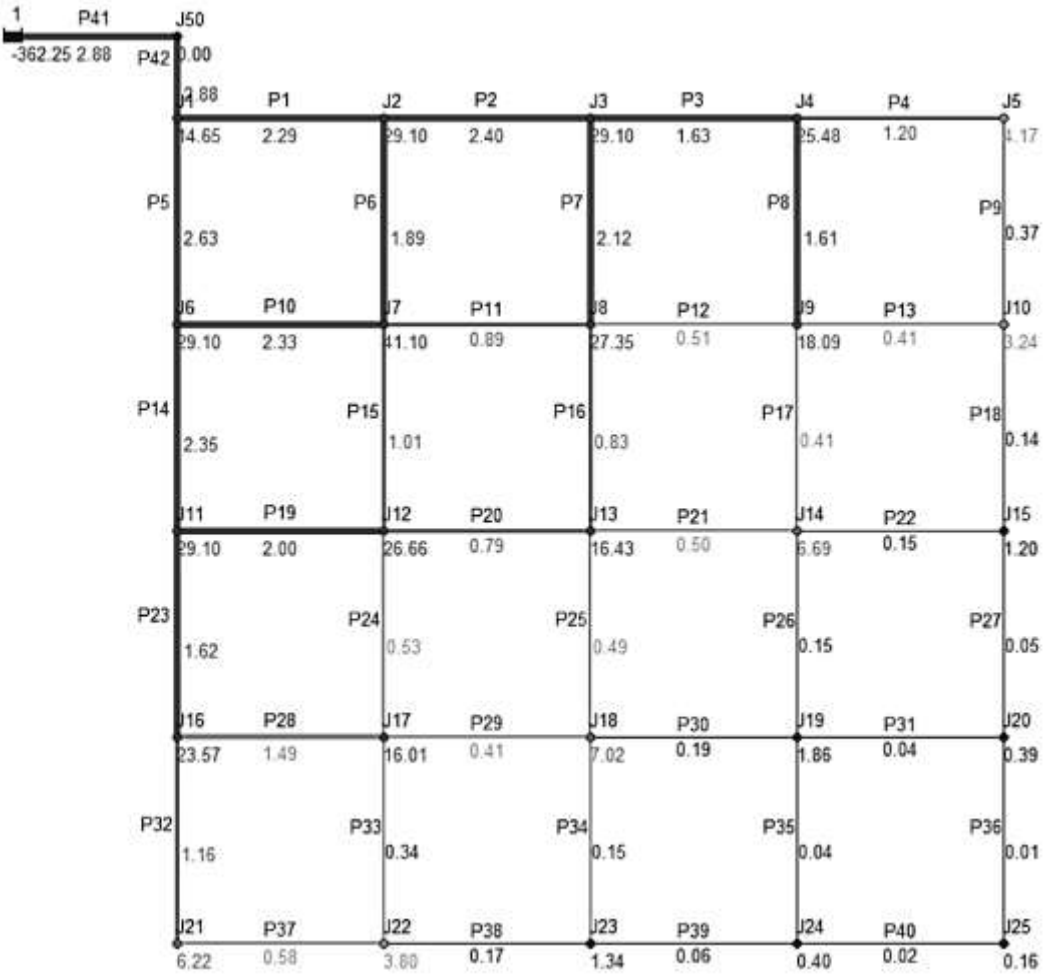
in *8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium (WDSA)*, Ohio, USA, 2006.

- [12] N. TRIFUNOVIĆ, Introduction to Urban Water Distribution, UNESCO–IHE, Ed., London: Taylor & Francis, 2006.
- [13] *British Standard: BS EN 805, Water supply Requirements for systems and components*, British Standard, 2000.
- [14] *British Standard: BS EN 806–2, Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption, Part 2: Design*, British Standard, 2005.
- [15] A. Baur, P. Fritsch, W. Hoch, G. Merkl, J. Rautenberg, M. Weiß, B. Wricke, Mutschmann/ Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung, 17 ed., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019.
- [16] R. Batish, "A New Approach to the Design of Intermittent Water Supply Networks," in *World Water & Environmental Resources Congress 2003*, 2004.
- [17] CPHEEO, Manual on Water Supply and Treatment, 3rd Edition ed., G. o. I. Ministry of Urban Development, Ed., 1991.

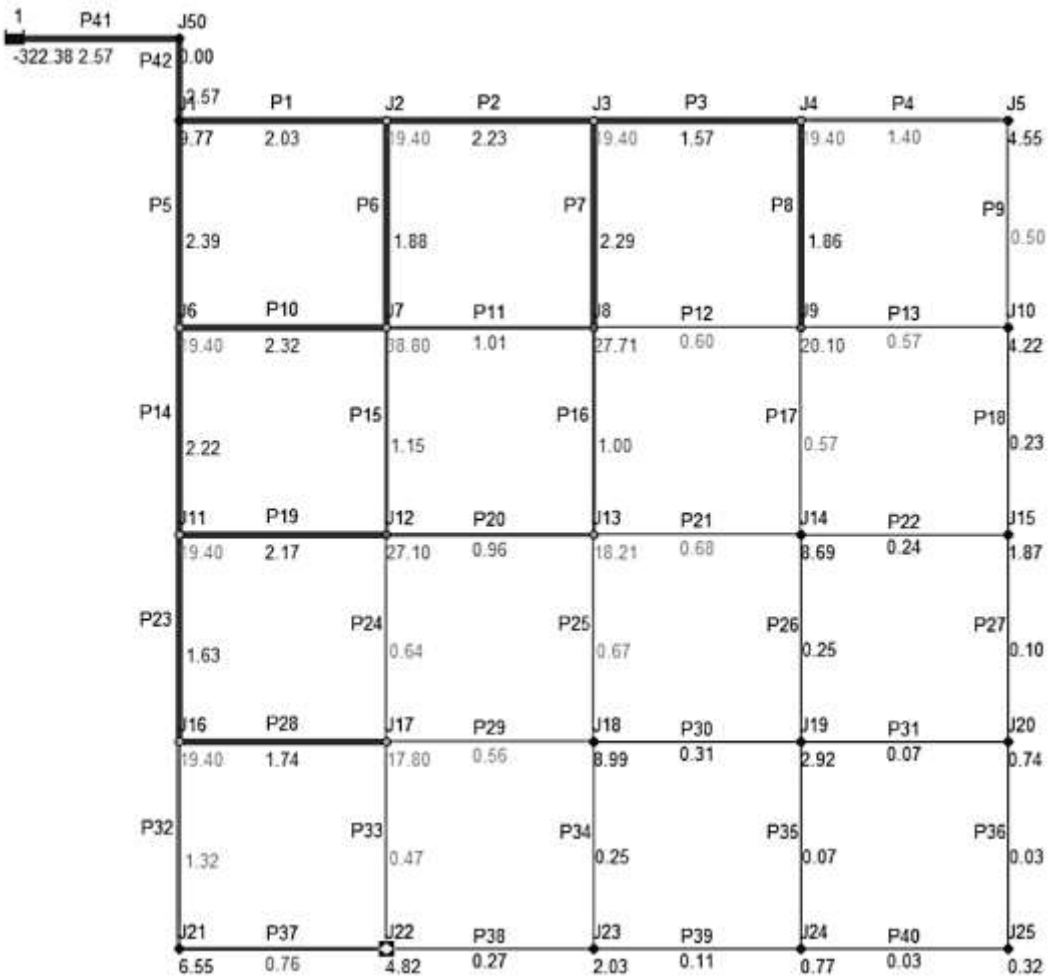
ملحق البحث:



الشكل 1-A: قيم الضاغط (m) في العقد وسرع الجريان (m/s) في الأنابيب عند زمن تغذية 2h



الشكل 2-A: توزيع الغزارات الخارجة من العقد (l/sec) وسرع الجريان في الأنابيب (m/s) من أجل سعتي تغذية في اليوم



الشكل 3-A: توزيع الغزارات الخارجة من العقد (I/sec) وسرع الجريان في الأنابيب (m/s) من أجل ثلاث ساعات تغذية في اليوم

الجدول-A: الغزارات الخارجة من العقد (m^3/d) حسب عدد ساعات التغذية

	24h	2h	3h	4h	6h	8h	10h	12h
Node ID	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d
Junc J1	105.51	105.48	105.52	105.55	105.41	105.41	105.48	105.41
Junc J2	209.54	209.52	209.52	209.52	209.52	209.66	209.52	209.52
Junc J3	209.54	209.52	209.52	209.52	209.52	209.66	209.52	209.52
Junc J4	209.54	183.46	209.52	209.52	209.52	209.66	209.52	209.52
Junc J5	105.51	30.02	49.14	64.80	90.29	105.41	105.48	105.41
Junc J6	209.54	209.52	209.52	209.52	209.52	209.66	209.52	209.52
Junc J7	419.07	295.92	419.04	419.04	419.04	419.04	419.04	419.04
Junc J8	419.07	196.92	299.27	377.71	419.04	419.04	419.04	419.04
Junc J9	419.07	130.25	217.08	292.18	411.48	419.04	419.04	419.04
Junc J10	209.54	23.33	45.58	72.58	125.71	181.15	209.52	209.52
Junc J11	209.54	209.52	209.52	209.52	209.52	209.66	209.52	209.52
Junc J12	419.07	191.95	292.68	372.53	419.04	419.04	419.04	419.04
Junc J13	419.07	118.30	196.67	272.30	400.90	419.04	419.04	419.04
Junc J14	419.07	48.17	93.85	152.78	270.00	383.90	419.04	419.04
Junc J15	209.54	8.64	20.20	39.02	84.89	137.38	191.52	209.52
Junc J16	209.54	169.70	209.52	209.52	209.52	209.66	209.52	209.52
Junc J17	419.07	115.27	192.24	263.66	381.02	419.04	419.04	419.04
Junc J18	419.07	50.54	97.09	155.52	270.00	380.45	419.04	419.04
Junc J19	419.07	13.39	31.54	63.22	145.58	244.22	348.84	419.04
Junc J20	209.54	2.81	7.99	19.73	56.16	103.97	156.96	209.52
Junc J21	105.51	44.78	70.74	90.29	105.41	105.41	105.48	105.41
Junc J22	209.54	27.36	52.06	81.65	138.89	192.96	209.52	209.52
Junc J23	209.54	9.65	21.92	41.76	88.78	140.54	194.04	209.52
Junc J24	209.54	2.88	8.32	20.30	57.02	104.83	157.68	209.52
Junc J25	105.51	1.15	3.46	8.50	26.14	50.11	77.04	104.98
Resvr 1	6708.17	2608.06	3481.49	4170.24	5271.91	6007.97	6471.00	6706.80