

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 45 . العدد 8

1445 هـ - 2023 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

أ. د. محمود حديد	رئيس هيئة التحرير
أ. د. درغام سلوم	رئيس التحرير

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

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	عضو هيئة التحرير

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 : ++ 963 31 2138071

. 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 (كتابة 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 (40000) ل.س أربعون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (100000) ل.س مئة الف 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 (6000) ل.س ستة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
38-11	د. عادل جرجي د. شعبان حديد م. إبراهيم عبد الرحمن	تحليل هيدروديناميكي للجريان في مجرى مفيض سد الأبرش باستخدام نمذجة CFD
58-39	م. سلمان حيدر د. كندة ملكي	اقتصادية الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المدفوقة في تربة رملية جافة باستخدام مقاطع عرضية جديدة
76-59	م. لارا ابراهيم د. درغام سلوم	كفاءة معالجة مياه نهر العاصي بكبريتات الحديدي في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد
128-77	م. نور العلي د. نضال سطوف	تطور فراغات إقامة السجناء في السجون، ومدى ملاءمتها لاحتياجاتهم
158-129	م. هاني حداد د. عصام ملحم	دراسة سلوكية الجوائز البيتونية المسلحة بقضبان الفايبر تحت تأثير عزوم الإنعطاف

تحليل هيدروديناميكي للجريان في مجرى مفيض سد

الأبرش باستخدام نمذجة CFD

عادل جرجي¹ شعبان حديد² إبراهيم عبد الرحمن³

الملخص

تطورت النمذجة الهيدروليكية التي تستخدم النماذج الحاسوبية بشكل سريع وأصبحت أدوات أساسية في الدراسة والتصميم، خاصة أن عملية الجريان في المجاري السريعة معقدة وتتأثر بخصائصها الهندسية والهيدروليكية.

تم نمذجة مجرى مفيض سد الأبرش باستخدام نمذجة ديناميك المائع الحسابي (CFD) المزودة بموديلات الجريان متعدد الأطوار (Multiphase Models) وتطبيق نموذج حجم المائع (Volume Of Fluid –VOF) من أجل ثلاثة أنظمة جريان محتملة في المجرى بتدفق بلغ $(Q = 514.73 ; 300 ; 150 m^3 / s)$ واستخلاص نتائج تتعلق بهيدروديناميكية الجريان فيه. تركّزت الدراسة على نتائج سرعة الجريان، الضغط، وعملية التهوية التلقائية.

تم استنتاج أن قيمة الضغط الستاتيكي تتناسب طردياً مع قيمة التدفق المار في المجرى. بلغت قيمة التركيز الهوائي عند قاع المجرى في مجال ما قبل الخشونة الاصطناعية القيمة صفر، كما تم التحقق من أن قاع المجرى معرض لحدوث التكهف والانهياب التكهفي الأمر الذي يستدعي استخدام وسائل لحمايته من الآثار السلبية لهذه الظاهرة (استخدام المهويات).

الكلمات المفتاحية: مجرى سريع، التكهف، ديناميك المائع الحسابي، نموذج حجم المائع، التهوية، تركيز الهواء.

I أستاذ دكتور في قسم هندسة وإدارة الموارد المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

II أستاذ دكتور في قسم هندسة وإدارة الموارد المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

III طالب دكتوراه في قسم هندسة وإدارة الموارد المائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة البعث.

CFD Modeling Of Hydrodynamic Characteristics of Flow at Alabrache Dam Spillway Chute

Adel Georgi^I Shaaban Haded^{II}

Ibrahim Abdalrahman^{III}

Abstract

Hydraulic simulation that uses computer models has advanced rapidly and have become essential tools for designing, especially since the flow in steeped chutes is extremely complicated and influence in its geometric and hydraulic characteristics.

In this study, VOF model and ($k - \varepsilon$ *realizable*) turbulence model was made for Alabrache - Dam spillway's chute for three flow discharge values ($Q = 514.73 ; 300 ; 150 \text{ m}^3 / \text{s}$) and get results for divers properties of the flow. The hydraulic aspects that investigated are the velocity, static pressure, and self-air entrainment.

Static pressure increases with the discharge of chute. The air concentration value at the bottom of chute was zero, and checked that cavitation and cavitation damage has occurred. This necessitates the use of aeration equipment in such areas in order to prevent the occurrence of cavitation (Using aerators).

Keywords: Spillway, Cavitation, Computational Fluid Dynamics (CFD), Volume Of Fluid (VOF), Aeration, Air Concentration

I Professor, Department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University.

II Professor, Department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University.

III PhD student, Department of Water Resources Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Al-Baath University.

مقدمة

المجرى السريع هو قناة (أو جزء من قناة) ميلها الطولي كبير نسبياً ($i > i_{cr}$) بفعل الظروف الطبوغرافية التي تعترض مسارها. تزوّد مفيضات السدود العالية بمجاري سريعة تلعب دوراً أساسياً في الحفاظ على سلامة السدود عن طريق إطلاق ونقل المياه المحتجزة في البحيرة وخاصة في مواسم الفيضانات.

تتأثر الكفاءة الوظيفية لمجرى المفيض بالتصميم الصحيح لمقطعيه الطولي والعرضي والإمام الكافي بالخصائص الهيدروديناميكية للجريان فيه ومدى تأثيرها في عملية الاستثمار وديمومة المنشأة.

إن الجريان في منشأة المجرى السريع يكون من النمط السريع ($h < h_{cr}$, $Fr > 1$) ويتأثر شكل السطح الحر للماء فيه بظروف الجريان في الحوز العلوي وظروف إخماد الطاقة الحركية في الحوز السفلي والوسائل المتبعة في سبيل ذلك.

تترافق القيم الكبيرة لسرعة الجريان في المجرى السريع بتشكيل ظواهر متعددة (التكهف، التهوية) من شأنها التأثير البالغ في خصائص الجريان الهيدروديناميكية (عمق، ضغط، خشونة،) التي تلعب دوراً غاية في الأهمية في عملية التصميم الهندسي للمجرى وفي تلافي الآثار السلبية الناجمة عن هذه الظواهر (في حال نشوؤها وتطورها).

غالباً ما يتم إنشاء نموذج مخبري لمنشأة المفيض والمجرى السريع الملحق به لدراسة هيدروديناميكية الجريان فيه وتحديد مدى ملاءمة تصميمه الهندسي (في المقطعين الطولي والعرضي) وكفاءته في إمرار التدفقات التصميمية المقدّرة له. تتم هذه النمذجة وفق معايير هندسية وهيدروليكية محددة (رينولدز، فرود، اويلر، وبيبر، وغيرها)، إلا أن النموذج المصغّر للمنشأة لا يعكس بشكل دقيق البارامترات المميزة للجريان وخصائصها،

بل وتتطلب هذه الغاية إنشاء نماذج بمقاييس كبيرة جداً (قد تصل لـ (1:1)) وهذا ما يعتبر غير مجدي من الناحية الاقتصادية.

تم في الآونة الأخيرة استخدام النمذجة الرقمية المزودة بنماذج وموديلات رياضية تعتمد على معادلات تفاضلية تتحكم بطبيعة الجريان في المجرى السريع (الصيغ التفاضلية لمعادلات الاستمرار وكمية الحركة) وأطواره وتعكس بشكل دقيق جداً تغير خصائصه الهيدروديناميكية، وأجريت عليها عمليات معايرة مع نماذج مخبرية ولوحظ تطابق كبير جداً في قيم النتائج بين الحالتين. من هذه النماذج الرقمية المستخدمة في عملية المحاكاة نموذج (VOF , Volume Of Fluid)، المستخدم في هذه الدراسة، في برنامج (ANSYS – Fluent) والذي يمكن من نمذجة الجريان بأطواره المتعددة (تيار مزيج مائي-هوائي) ويمكن من خلاله استنتاج بارامترات هامة تعكس بدقة خصائص الجريان وفي أي مقطع منه.

هدف البحث

يهدف البحث إلى دراسة ونمذجة مجرى مفيض سد الأبرش باستخدام نموذج (VOF) وتحليل خصائصه الهيدروديناميكية وتأثيرها في استقراره وديمومته وتصميمه الهندسي.

1. موقع الدراسة

يقع سد الأبرش على نهر الأبرش في محافظة طرطوس ويعتبر المشروع من أهم مشاريع الري في محافظة طرطوس ضمن مشروع التطوير الشامل لسهلي عكار والبقية، تم بناء السد عند قرية النازية ويبعد 7 كم عن مدينة صافيتا و 20 كم جنوب شرق مدينة طرطوس.

1-1 جسم السد

ركامي يتكون من ردميات غضارية ورملية وحصى نهريّة وردميات صخرية. ويمتاز جسم السد بالمواصفات التالية، الشكل (1):

- طول السد: (733 m).
- ارتفاع السد: (50 m).
- عرض قمة السد: (8 m).
- عرض قاعدة السد: (195.2 m).
- منسوب قمة السد: (116.6 m) عن سطح البحر.
- حجم ردميات جسم السد: (1.983855 M.m³).
- حجم التخزين الإجمالي: (103 M.m³).
- حجم التخزين المفيد: (100 M.m³).
- طول بحيرة التخزين: (6.3 Km)، ومحيطها: (32 Km)، ومساحتها: (689 hac).
- منسوب مياه البحيرة بالمستوى العادي (112.8 m) عن سطح البحر.
- منسوب مياه البحيرة بالمستوى الأعظمي (114.74 m) عن سطح البحر.

2-1 منشأة المفيض

هو مفيض خندقي تمت دراسته لتصريف تدفق فيضاني تصميمي $(Q = 514.73 \text{ m}^3 / \text{s})$ باحتمالية $(P = 0.01 \%)$ ، وتم تحديد معامل تصريفه $(m = 0.462)$ وبطول وسطي يبلغ $(b = 96 \text{ m})$ وضغط مائي $(H = 1.94 \text{ m})$ ، ويصنّف على أنه هدار لا فاكومتري مقطعه العرضي نظامي كرايغر - افيستوروف

ثنائي المدخل (يدخله التيار المائي من جهتين)، الأول بعرض $(16.73 m)$ والثاني بعرض $(77.31 m)$. عرض الخندق (القناة المائية الناقلة) فيه متغير، حيث يبلغ عند بدايته $(10 m)$ وعند نهايته $(20 m)$. يلي منشأة المفيض قناة ناقلة بيتونية مقطوعها العرضي شبه منحرف متساوي الساقين $(m = 0.5, b = 20 m)$ ميلها الطولي (0.002116) وتأخذ

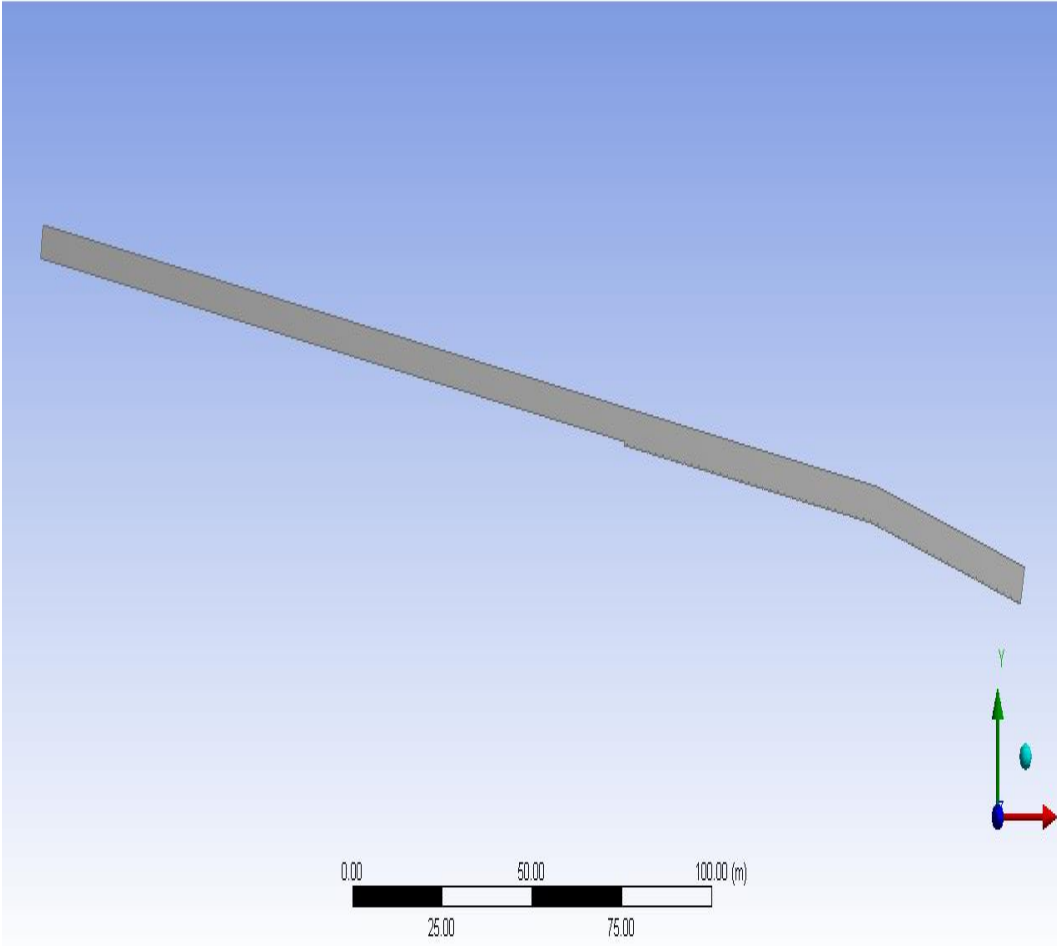
مسار منحنى بنصف قطر انحناء $(R = 60 m)$. يوضح الشكل (2) شكل المفيض الخندقي في سد الأبرش.



الشكل (1): جسم السد



الشكل (2): منشأة المفيض الخندقي في سد الأبرش

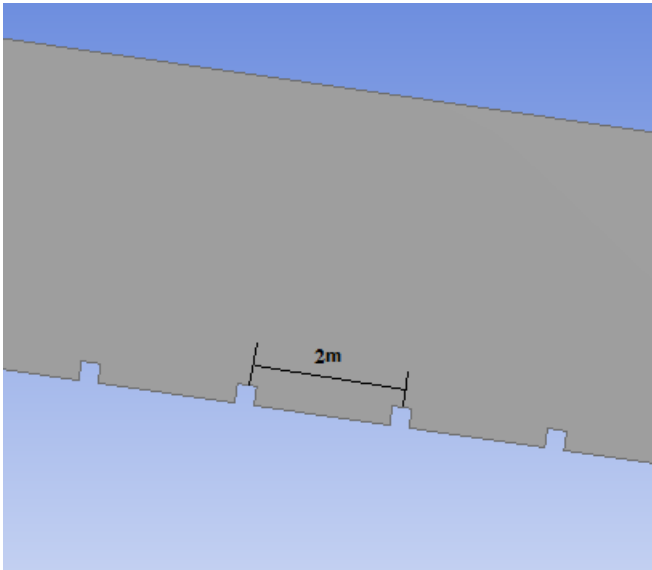


الشكل (3): مقطع طولي في المجرى السريع

3-1 المجرى السريع

منشأة المجرى السريع، الشكل (3)، هي قناة مائية بطول إجمالي (276.29 m) وتتألف من جزأين الأول بطول (233.46 m) وميل طولي (0.1447)، والثاني بطول (42.83 m) وميل طولي (0.2508)، مقطعها العرضي شبه منحرف متساوي الساقين (بغية إخماد الطاقة الحركية للتيار المائي في المجرى السريع ($b = 20\text{ m}$, $m = 0.5$)).

تم استخدام خشونة اصطناعية إضافية بشكل عوارض متعامدة مع محور المجرى بأبعاد $(25 \cdot 25 \text{ cm})$ وبتباعد (2 m) ما بين محاور هذه المخمدات وبطول إجمالي لمنطقة الخشونة الاصطناعية (101.97 m) ، كما هو موضح في الشكل (4).



الشكل (4): الخشونة الاصطناعية في المجرى السري

2. دراسة نظرية في النموذج الرقمي

1-2 معادلات الاستمرار والطاقة الحركية

تعطى المعادلات التفاضلية للاستمرار وكمية الحركة والطاقة الحركية في برنامج

(ANSYS – Fluent) بالصيغ التالية على الترتيب:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \cdot (\rho \cdot u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \cdot u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} \cdot (\rho \cdot u_i \cdot u_j + \rho \cdot S_{ij} - \tau_{ij}) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \cdot e_0) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \cdot u_j \cdot e_0 + u_j \cdot p + p_j - u_i \cdot \tau_{ij}) = 0 \quad (3)$$

حيث أن: u_i : السرعة الوسطية، ρ : كثافة المائع المدروس، x_i : الإحداثي x ، S_{ij} :

مسقط إجهاد القص الناتج عن اللزوجة على محور منطبق على قاع المجرى، τ_{ij} :

إجهاد القص الناتج عن اللزوجة، e_0 : الطاقة الكلية للمائع المدروس.

بالنسبة للموائع النيوتينية وبافتراض قانون ستوكس، يعطى إجهاد القص الناتج عن

اللزوجة بالعلاقة:

$$\tau_{ij} = 2 \cdot \mu \cdot S_{ij}^* \quad (4)$$

حيث μ : اللزوجة الديناميكية للمائع.

$$S_{ij}^* = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{1}{3} \cdot \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \cdot \delta_{ij} \quad (5)$$

حيث δ_{ij} : ثابت كرونكر.

يشار إلى المعادلات السابقة بمعادلات نافير - ستوكس، وبإجراء تكامل هذه المعادلات التفاضلية من أجل فاصل زمني محدد يتم تحديد سرعة الجريان في أي نقطة منه وبالتالي يتم استنتاج قيمة الضغط الموافق.

2-2 نموذج الاضطراب

يصنف الجريان في المجاري السريعة على أنه جريان مضطرب يرتبط بوجود تقلبات وحركات دوامية عشوائية في السائل. وعلى الرغم من أن مبدأ مصونية الطاقة يبقى صالحاً للتطبيق في هكذا جريانات، فإن المتغيرات التابعة للاضطراب، كالسرعة الترانسيت، يجب أن تفسر على أنها سرعة لحظية يستحيل تحديد قيمتها ذلك لأن الحركات الدوامية تحدث بشكل عشوائي مع الزمن.

يمكن عوضاً عن ذلك تحليل السرعة لمركبتين: الأولى: \bar{u}_i : السرعة الوسطية في الحالة المستقرة، الثانية: u'_i : السرعة في حالة الاضطراب.

$$u_i = \bar{u}_i + u'_i \quad (6)$$

تسمى هذه العملية بتحليل رينولدز، وبإجراء التكامل على المعادلات التفاضلية للاستمرار وكمية الحركة ينتج معادلة *RANS*.

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_i u'_j}) \quad (7)$$

تحتوي المعادلة (7) متغيرات كثيرة وتم تبسيطها بافتراض أن الاضطراب وتأثيره يمكن تمثيله كزيادة في اللزوجة الديناميكية في منطقة الدوامات. قام بهذا التبسيط [3] لتصبح المعادلة (7) بالشكل التالي:

$$\overline{\rho u_i' u_j'} = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho K \delta_{ij} \quad (8)$$

حيث أن K : الطاقة الحركية للمائع في وحدة الكتلة.

تعتمد المحاكاة في *ANSYS – Fluent* للجريانات المضطربة على نموذج *k – ε realizable Model* من خلال المعادلات التالية:

- من أجل الطاقة الحركية (k):

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_K + P_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_K \quad (9)$$

- من أجل نسبة إخماد الاضطراب في وحدة الكتلة ε :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\varepsilon - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{v_\varepsilon}} + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} C_{3\varepsilon} P_b + S_\varepsilon \quad (10)$$

حيث: μ_t : اللزوجة الدوامية المضطربة، P_K : معامل الطاقة الحركية نتيجة تدرج السرعة الوسطية، P_b : معامل الطاقة الحركية نتيجة الطفو، Y_M : قيمة الانخفاض في الطاقة الحركية نتيجة اتساع الحركات الدوامية وتطورها وانضغاطية المائع، S_ε ، S_k : معاملات تجريبية لقيم ε ، k على الترتيب.

$$C_1 = \max \left[0.43, \frac{\eta}{\eta + 5} \right] ; \quad \eta = S \frac{k}{\varepsilon} ; \quad S = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}}$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad ; \quad P_K = -\rho \overline{u_i' u_j'} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad ; \quad P_b = \beta_b g_i \frac{\mu_t}{P_{rt}} \frac{\partial T}{\partial x_i}$$

$$Y_M = 2 \rho \varepsilon M_t^2 \quad ; \quad M_t = \sqrt{\frac{k}{a^2}}$$

3-2 نموذج (VOF) Volume Of Fluid

يعتمد نموذج (VOF) على وجود مائعين (أو أكثر) في تيار ما غير قابلين للامتزاج، وكل طور من أطوار الجريان المزيج يعبر عنه بتركيزه، مع العلم بأن مجموع تراكيز الأطوار المدروسة في كل خلية يجب أن يكون مساوياً للقيمة 1. فإذا تم التعبير بـ (α_q) لتركيز الطور (q) في الجريان، فهنا يمكن تمييز ثلاث حالات في الجريان هي:

- $(\alpha_q = 0)$: يعني أن الخلية المدروسة خالية تماماً من الطور q .
- $(\alpha_q = 1)$: يعني أن الخلية المدروسة ممثلة تماماً بالطور q .
- $(0 < \alpha_q < 1)$: يعني أن الخلية المدروسة تحتوي كلاً من المائعين المدروسين (أي تحتوي الماء والهواء معاً).

ولتحديد تركيز كل مائع والسطح الفاصل بينهما تُدرس وتُحل المعادلة التفاضلية

للاستمرار وتُطبق على كل طور على حدى، حيث تأخذ الصيغة التالية للطور q :

$$\frac{1}{\rho_q} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{u}_q) \right] = S_{\alpha_q} + \sum_{p=1}^n (m_{pq}^* - m_{qp}^*) \quad (11)$$

وتحل هذه المعادلة التفاضلية بتطبيق معيار (Explicit) في برنامج (fluent) ليكون

تكاملها بالشكل التالي:

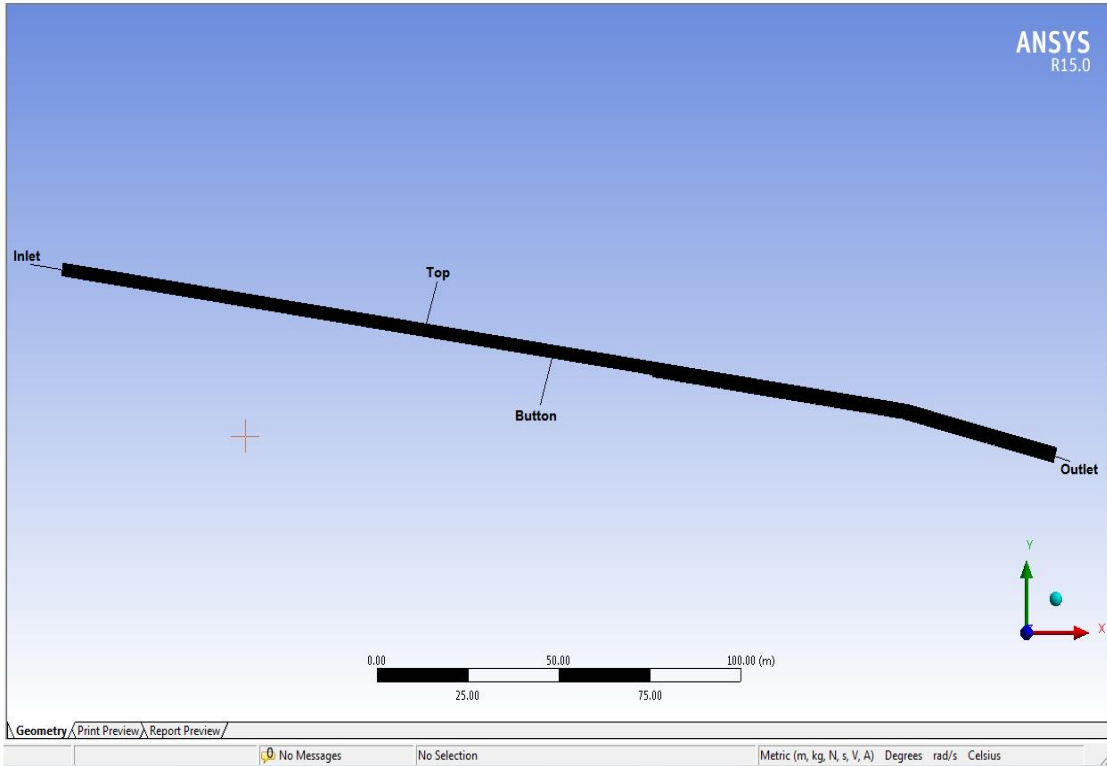
$$\frac{\alpha_q^{n+1} \rho_q^{n+1} - \alpha_q^n \rho_q^n}{\Delta t} \cdot V + \sum_i (\rho_q V_f^n \alpha_{q,i}^n) = \left[\sum_{p=1}^n (m_{pq}^* - m_{qp}^*) + S_{\alpha,q} \right] \cdot V \quad (12)$$

حيث V : حجم الخلية المدروسة، m_{pq}^* : الكتلة المنقولة من المائع p إلى المائع q ،
 m_{qp}^* : الكتلة المنقولة من المائع q إلى المائع p .

3. إعداد النموذج الرقمي

3-1 إعداد الشبكة

تم اعتماد عناصر رباعية على كامل طول النموذج بأبعاد $(0.12 \times 0.12 \text{ m})$ وكان العدد الكلي للخلايا (151821) بكفاءة تشكيل للشبكة بلغت (89 %)، كما هو موضح في الشكل (5).



الشكل (5): شبكة الخلايا التي تقسيم المجرى وفقها

2-3 معايير الحل

- تطبيق *pressure Based Solver* .
- تطبيق طريقة الحل *PISO* ، وينصح بها بشدة للمحافظة على استقرار عملية الحساب.
- تطبيق طريقة *Geo - Reconstruction* لتحديد تركيز كل مكون من مكونات التيار المزيج.
- تم اعتماد طرق *Explicit* ; *implicit* وأعطت نفس النتائج تقريباً، إلا أن الحل بطريقة *implicit* أسرع، في حين أن الحل بطريقة *Explicit* أدق.
- تمت النمذجة خلال زمن يتبع لكل طريقة
(*implicit* : 600 sec ; *Explicit* : 75 sec).
- تم اعتماد قيمة عدد كورانت في طريقة
(*Explicit* ; *Gourant number* = 2).

3-3 الشروط الحدية

- المدخل: *pressure inlet* مع تفعيل معيار *Open Channel Flow* واعتبار سرعة جريان الهواء (*primery Phase*) مساوية لسرعة جريان الماء (*Secondary Phase*)، مع إدخال منسوب الماء.
- القاع: *Wall* مع ادخال قيمة ارتفاع خشونة السطح البيتوني وتعتبر مساوية لـ 0.00028 mm .
- المخرج: *pressure Outlet* مع تفعيل معيار *Open Channel Flow* وإدخال منسوب قاع المجرى عند المخرج ومنسوب السطح الحر للجريان.
- السطح الحر: *pressure inlet* .

- إدخال شروط التشغيل

operating pressure: 101325 Pa ; operation Density : 1.225 Kg / m³

تم نمذجة الجريان من أجل ثلاثة قيم للتدفق موضحة في الجدول (1).

الجدول 1/ : قيم التدفق وسرعة الجريان وعمق التيار عند مدخل المجرى، وعدد خلايا النموذج للحالات الثلاثة المدروسة

الحالة المدروسة	a	b	c
$Q (m^3 / s)$	514.73	300	150
$h_0 (m)$	3.32	2.223	1.45
$V (m/s)$	7.2	6.39	5
عدد الخلايا	151821	151821	151821

4. النتائج والمناقشة

4-1 تغيير سرعة الجريان في المجرى

يبين الشكل (6) تخطيط بياني لتغير سرعة الجريان على كامل المجرى من أجل الحالات المدروسة. وبلغت أكبر قيمة لسرعة الجريان لكل حالة كما يأتي:

$$V_{\max} = (a: 26.44 m/s ; b: 22 m/s ; c: 19.131 m/s)$$

هناك انخفاض ملحوظ في سرعة الجريان على طول منطقة الخشونة الاصطناعية

في الحالتين (b ; c).

4-2 الضغط الستاتيكي عند قاع المجرى

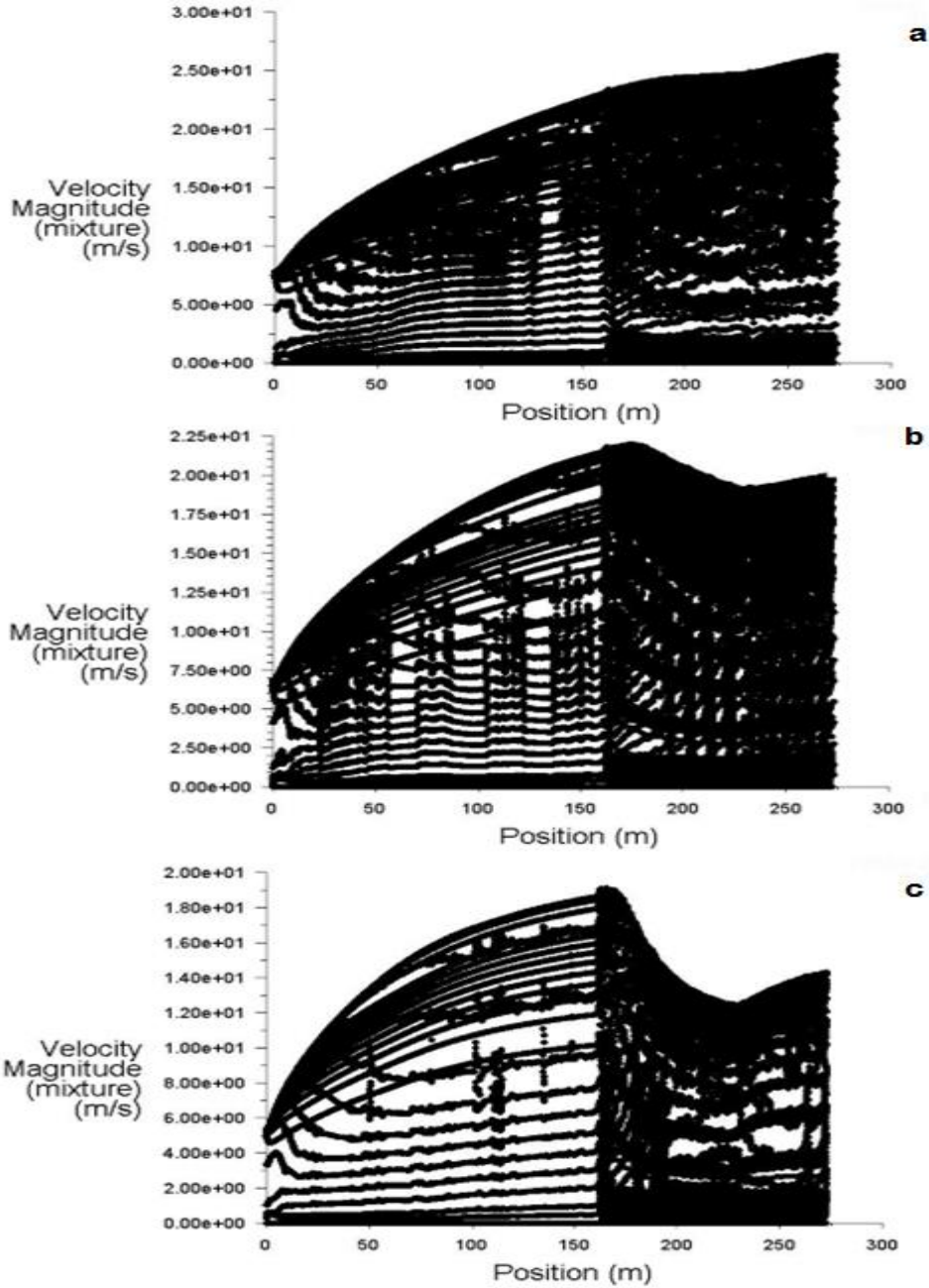
يبين الشكل (7) قيم الضغط الستاتيكي المؤثر في قاع المجرى السريع من أجل الحالات المدروسة. بلغت أكبر قيمة للضغط الستاتيكي لكل حالة كما يأتي (مقطع أول بروز في منطقة الخشونة الاصطناعية):

$$P_{\max} = (a: 76835.1 \text{ Pa} ; b: 62698.4 \text{ Pa} ; c: 50413.5 \text{ Pa})$$

تزداد قيمة الضغط الستاتيكي الأعظمي بزيادة قيمة التدفق المار في المجرى. وبلغت أدنى قيمة للضغط الستاتيكي لكل حالة كما يأتي (مقطع أول انخفاض في منطقة الخشونة الاصطناعية):

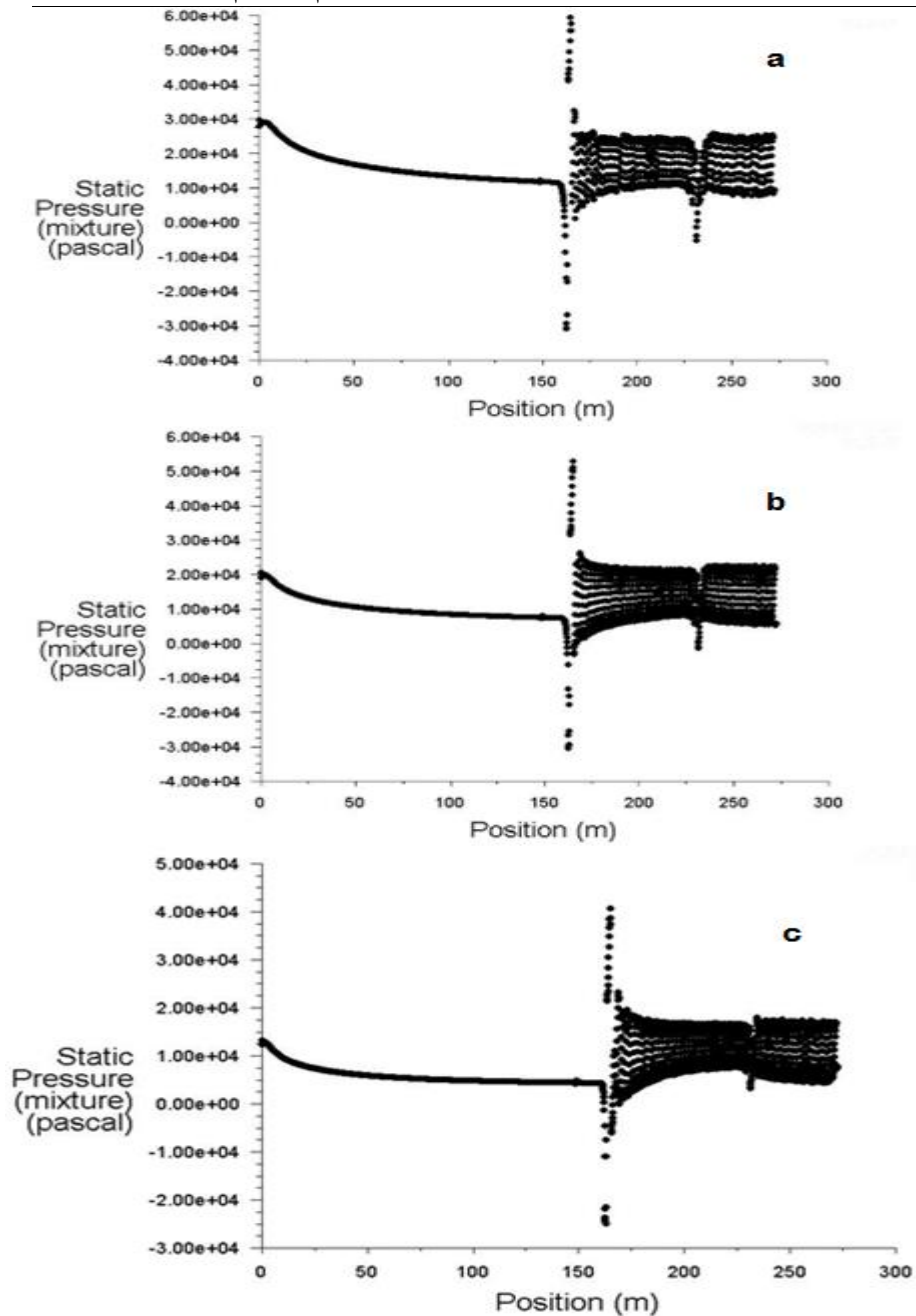
$$P_{\min} = (a: -42359.7 \text{ Pa} ; b: -38519.2 \text{ Pa} ; c: -33250 \text{ Pa})$$

يزداد انخفاض الضغط الستاتيكي الأصغري بزيادة قيمة التدفق المار في المجرى. تتناقص قيمة الضغط الستاتيكي على طول المجرى بدءاً من المدخل وحتى الوصول إلى منطقة الخشونة الاصطناعية لتزداد عند بداية هذه المنطقة وتستقر تقريباً على قيمة ثابتة حتى نهاية المجرى.



الشكل (6): مخطط توزيع سرعة الجريان على طول المجرى

$a: 514.73$; $b: 300$; $c: 150$



الشكل (7): الضغط الستاتيكي عند قاع المجرى: $a: 514.73$; $b: 300$; $c: 150$

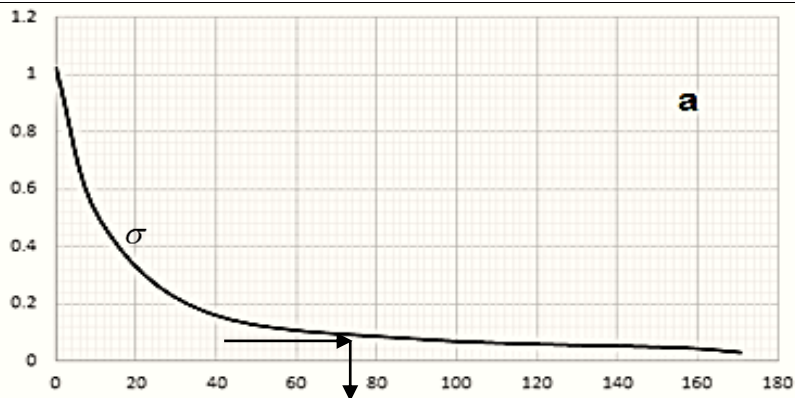
عادة ما يترافق انخفاض الضغط الستاتيكي بظاهرة التكيف والانهييار التكيفي في حال التطور الكامل لها. دلت الدراسات المتعلقة بها [3, 4] بأنها تظهر وتتطور في المجرى عند تحقق العلاقة التالية:

$$\left[\sigma = 2 \cdot \frac{P_0 - P_v}{\rho V^2} \right] \leq 0.20$$

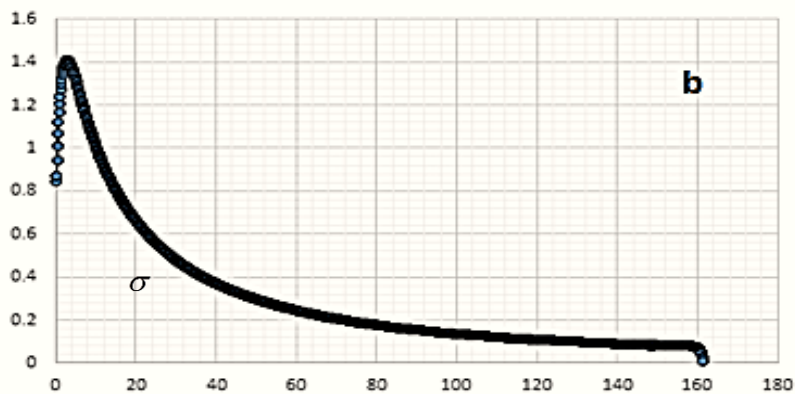
P_0 : الضغط الستاتيكي، P_v : ضغط بخار الماء المشبع.

يوضح الشكل (8) تغير قيم (σ) في المجرى السريع من أجل الحالات

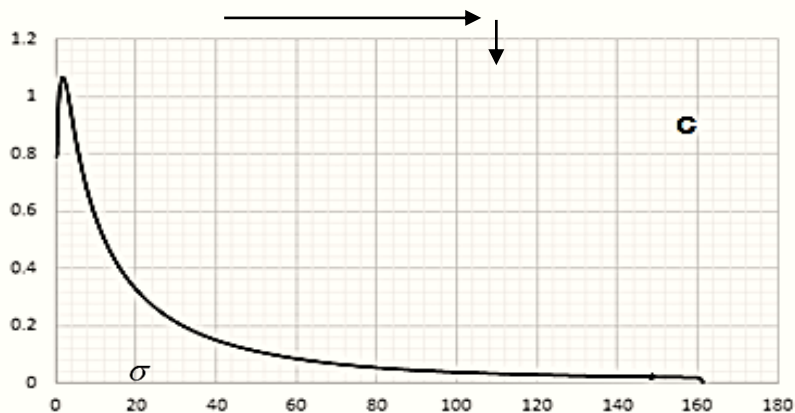
المدرسة.



$x(m)$



$x(m)$



$x(m)$

الشكل (8): تغير قيم دليل التكيف على كامل طول قاع المجرى:

$a: 514.73 \downarrow b: 300 ; c: 150$

يتضح من الشكل (8) أن قيمة دليل التكهف ($\sigma_{cr} = 0.2$) من أجل التدفق ($Q = (150 ; 514.73) m^3 / s$) كانت على مسافة ($x = 33 m$) عن مدخل المجرى، في حين كانت على مسافة ($x = 67 m$) من أجل التدفق ($Q = 300 m^3 / s$). ومنه يتضح ضرورة اتخاذ إجراءات هندسية للحد من تأثير هذه الظاهرة في حال تطورها الكامل، كاستخدام مهويات في الموقع الموافق لـ ($\sigma = 0.2$).

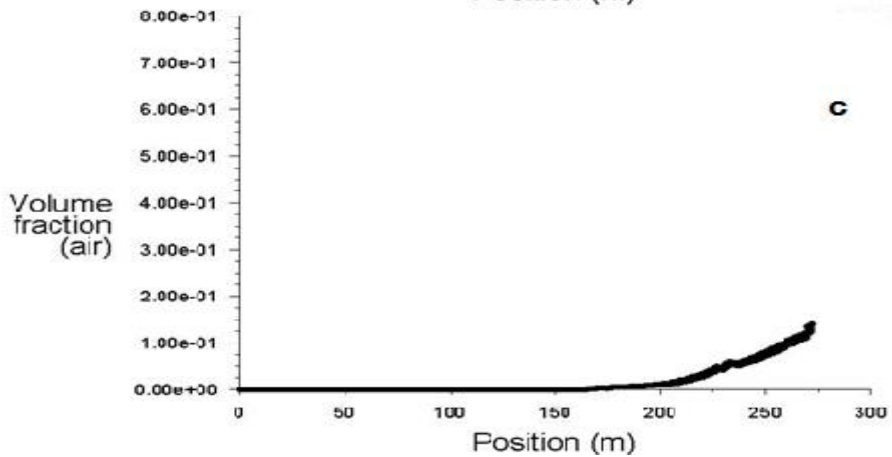
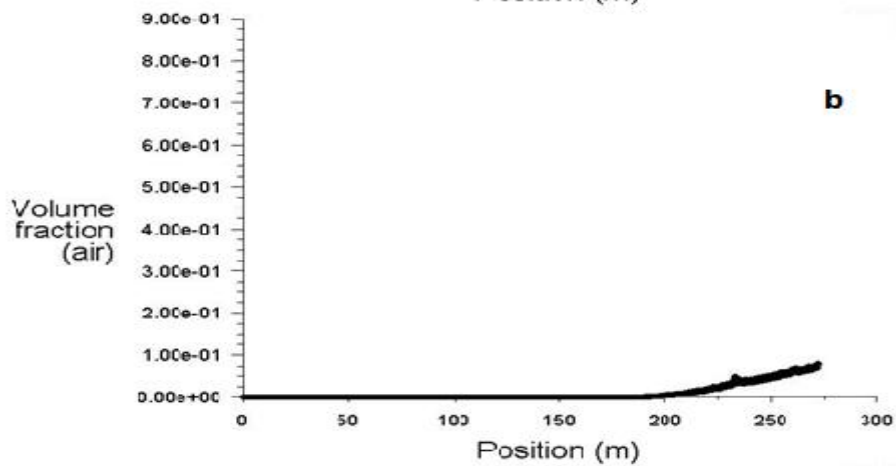
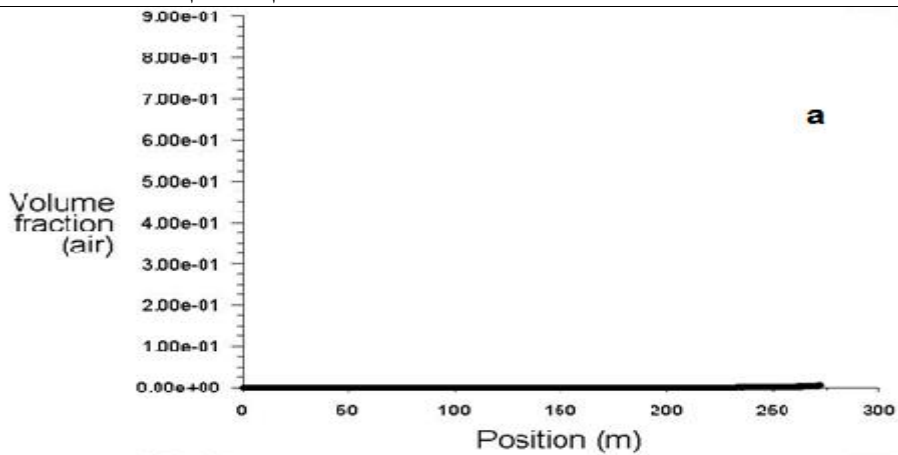
3-4 تركيز الهواء عند قاع المجرى

يبين الشكل (9) تغيّر تركيز الهواء على كامل أطول المجرى السريع من أجل الحالات المدروسة. لوحظ ازدياد في قيمة تركيز الهواء عند القاع مع تناقص قيمة التدفق المار في المجرى ويعود سبب ذلك لتناقص قيمة عمق الجريان بتناقص التدفق. بلغت أكبر قيمة لتركيز الهواء عند قاع المجرى لكل حالة كما يأتي:

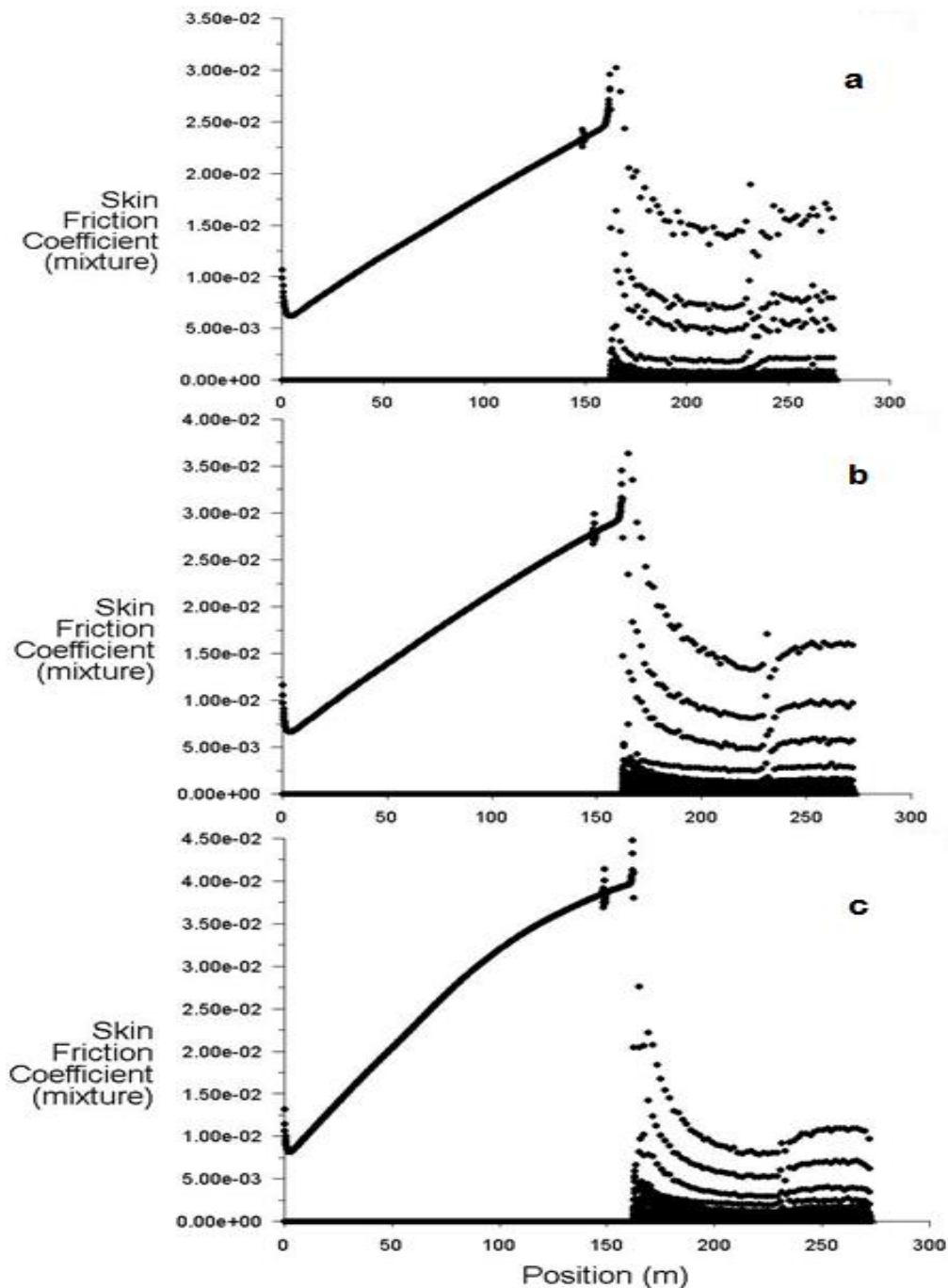
$$C_w = (a : 0.004 ; b : 0.1 ; c : 0.16)$$

2-4 معامل الاحتكاك الداخلي للتيار المزيج

يوضح الشكل (10) كيفية تغيّر معامل الاحتكاك في بنية التيار المزيج على كامل طول المجرى، و يتضح منه ازدياد قيمة معامل الاحتكاك مع تناقص قيمة التدفق المار في المجرى، وذلك بالقرب من نهايته.



الشكل (9): تركيز الهواء عند القاع $a: 514.73$; $b: 300$; $c: 150$



الشكل (10): معامل الاحتكاك في بنية التيار المزيج: $a: 514.73$; $b: 300$; $c: 150$

5. الاستنتاجات

1. تزداد سرعة الجريان في المجرى بزيادة قيمة التدفق المار فيه، ولوحظ أثر الخشونة الاصطناعية في عملية إخماد الطاقة الحركية للجريان في الحالتين $(b ; c)$ بنسبة أكبر منها في الحالة (a) .
2. تتناقص قيمة الضغط الستاتيكي عند قاع المجرى (في مجال ما قبل الخشونة الاصطناعية) باتجاه الجريان، وتستقر عند قيمة ثابتة تقريباً في مجال الخشونة الاصطناعية حتى نهاية المجرى. كما أنها تتناسب طردياً مع قيمة التدفق المار في المجرى ويعود ذلك لازدياد عمق الجريان مع زيادة التدفق.
3. تتوافق القيم الكبيرة لسرعة الجريان في المجرى السريع بظواهر مختلفة منها:
 - التهوية التلقائية، الجذب الهوائي عبر السطح الحر للتيار وتغلغل الهواء في بنيته، الأمر الذي يترافق بتغير في خشونة الجريان الداخلية مما ينعكس في قيم عمق الجريان.
 - التكهف، إن قاع المجرى السريع معرض لحدوث التكهف والتآكل التكهفي، حيث انخفضت قيمة دليل التكهف (σ) دون القيمة الحدية لحدوث الانهيار التكهفي $(\sigma_{cr} = 0.2)$ في الحالتين $(a ; c)$ على بعد $(33 m)$ من مدخل المجرى، وعلى بعد $(67 m)$ للحالة (b) ، لذلك يتوجب حمايته من الآثار السلبية للتكهف عن طريق تهوية الجريان باستخدام مهوي.
4. بلغت قيمة تركيز الهواء الناتج عن التهوية التلقائية عند قاع المجرى في مجال ما قبل الخشونة الاصطناعية القيمة صفر، في حين ازدادت في مجال الخشونة

الاصطناعية، ولوحظ أن قيمة التركيز الهوائي عند القاع في هذا المجال تتناسب عكسياً مع قيمة التدفق المار فيه.

5. وصول الهواء إلى قاع المجرى ووجوده بتركيز معينة يساهم إلى حد كبير في الحماية من ظاهرة التكيف. يمكن من خلال النمذجة الرقمية تحديد تركيز الهواء عند قاع المجرى وتوزعه بشكل دقيق وبالتالي معرفة فيما إذا كان هناك حاجة لاستخدام وسائل حماية من التكيف (مهويات).

6. تزداد قيمة معامل الاحتكاك مع تناقص قيمة التدفق المار في المجرى.

7. يمكن من خلال النمذجة الرقمية للجريان في المجرى باستخدام *ANSYS* وتطبيق نموذج *VOF* الحسابي استنتاج مجموعة كبيرة من خصائصه (سرعة، ضغط ستاتيكي، ضغط ديناميكي، تركيز مائي أو هوائي وغيرها) بشكل لحظي وعند أي مقطع فيه، تغني عن النمذجة المخبرية وتساهم بشكل كبير في إلغاء أخطاء القياس الناتجة عن مقياس النمذجة المخبرية.

المراجع

- [1] Falvey, H.T (1980) "Air–Water Flow in Hydraulic Structures" Bureau of Reclamation, Denver.
- [2] Glazov, A.I. (1984) "Calculation of the air–capturing ability of a flow behind an aerator ledge" Hydrotechnical Construction Vol.18.
- [3] ICOLD (1987) "Spillways for dams" B58 Commission Internationale des Grands Barrages, Paris.
- [4] Chanson, H. (1989) "Flow downstream of an aerator" Journal of Hydraulic Research Vol.27, Paris.
- [5] Falvey, H.T (1990) "Cavitation in chutes and spillways" Bureau of Reclamation Denver.
- [6] Rutschmann, P. and Hager,W.H. (1990) "Air entrainment by spillway aerator" JI of Hyd. Engrg. Vol116.
- [7] ICOLD (1992) "Spillways. Shockwaves and air entrainment" B81 Commission Internationale des Grands Barrages, Paris.
- [8] Chanson, H. (1995) "Predicting the filling of ventilated cavities behind spillway aerator" Journal of Hydraulic Research Vol.33, Brisbane.
- [9] Pope, S.B. (2000) "Turbulent Flows" Cambridge University Press, Cambridge.
- [10] Gaskin, S. (2003) "Air demand for a ramp–offset aerator as a function of spillway slope, ramp angle and Froude number" McGill University, Montreal.

- [11] Kramer, K. (2004) "Development of aerated chute flow" Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
- [12] Cuong Nguyen, N. (2005) "Turbulence Modelling" Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- [13] ANSYS Fluent "User's Guide 9.3"
- [14] Hamzeh Ebrahimnezhadain, MirAli Mohammadi. (2017) " Numerical Study of the Passing Flow Over Spillway With Emphasis on the Potetial of Cavitation Occurrence " , Urmia University , Urmia , Iran.
- [15] Raphael Damiron. (2017) " CFD Modeling of Dam Spillway Aerator " Master's Thesis , Lund University, Department of Building and Enviromental Technology.
- [16] Ghasemzadeh , F. (2013) " Simulation of Hydraulic Issues in Flow-3D , " Noavar Publication , Tehran , First Edition.

اقتصادية الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المدقوقة في تربة رملية جافة باستخدام مقاطع عرضية جديدة

الدكتورة: كندة ملكي مشرف على الأعمال- قسم الإدارة الهندسية والتشييد

كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق.

المهندس: سلمان حيدر ماجستير في الهندسة الجيوتكنيكية

كلية الهندسة المدنية- جامعة دمشق.

الملخص

إن تصنيع الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المنفذة بالدق في تربة رملية بمقاطع عرضية جديدة يكسبها مساحة سطح جانبي أكبر مقارنة بوتد تقليدي مربع مساوٍ لها في الحجم المغروس ضمن التربة ويسهم في رفع قدرة تحملها مما يحقق وفراً اقتصادياً هاماً في كلف التصنيع وعدد الأوتاد المستخدمة لمقاومة الأحمال المطبقة، وقد سبق وأن تمت الاستفادة من شكل المقطع العرضي للأوتاد المصبوبة بالمكان لتحسين التفاعل بينها وبين التربة المحيطة ورفع قدرة تحملها، لذلك سنقوم في هذا البحث بدراسة تأثير شكل المقطع العرضي على قدرة التحمل لنماذج أوتاد بيتونية مسبقة الصنع منفذة بطريقة الدق في تربة رملية جافة، وسنركز على دراسة شكلين جديدين في هذا المجال وهما الشكل X والشكل Y ومقارنة سلوكهما مع نموذج مرجعي بمقطع عرضي مربع، أجريت اختبارات تحميل مخبرية على النماذج حتى الانهيار واستخرجت العلاقة الرياضية التي تربط زيادة قدرة التحمل بمساحة السطح الجانبي الناتجة عن هذا التغيير وتم إيجاد الوفرة الاقتصادي الناتج عن هذه الزيادة كون كلفة تصنيع النماذج متساوية تقريباً.

الكلمات المفتاحية:

جدوى اقتصادية، وتد بمقطع X، وتد بمقطع Y، وتد بيتوني مدقوق، تربة رملية.

Feasibility of precast concrete pile driven in dry sand soil using new cross sections shapes

Dr. Kenda Malaki. Member of teaching staff- Department of Engineering Management and Construction - Faculty of Civil Engineering- Damascus University.

Eng. Salman Haidar Master degree in geotechnical engineering- department of Geotechnical Engineering- Faculty of civil Engineering- Damascus University.

Abstract

Pre-cast concrete driven pile with new cross section increase the area of side surface comparing with traditional square section pile with equal embedded volume, this rises the bearing capacity and achieves great economical saving in fabricating cost and number of used piles to resist applied loads. Previously the effect of cross section shape of cast in place concrete pile was used to improve its interaction with surrounding soil and rise its bearing capacity, so this research concentrate on the effect of cross section shape of pre-cast concrete model piles driven in dry sand on the value of bearing capacity, and it will study X shape and Y shape and compare the behavior with square section model pile, in laboratory load tests were conducted on the models until the failure occur, then the mathematical relationship was extracted with the economical saving achieved due to the capacity rising with the same manufacturing cost.

Key words:

Feasibility study, X shaped pile, Y shaped pile, driven concrete pile, sand soil.

1. مقدمة:

إن تطوير آلية تفاعل الوتد مع التربة يلعب دوراً هاماً في رفع قدرة تحمله وبالتالي تحقيق وفر اقتصادي يتناسب طردياً مع الزيادة في قدرة التحمل حيث تعد كلفة التأسيس للمنشآت سواء في البر أو البحر عاملاً مهماً يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار عند دراسة هذه المنشآت.

تعددت الأساليب المستخدمة لتطوير سلوك الأوتاد بشكل عام، حيث يتجه الباحثون للاستفادة من الخواص الهندسية لجسم الوتد، لتحسين تفاعله مع التربة المحيطة كصنع توسعات في مناطق محددة من جسم الوتد أو إضافة بروزات بشكل منتظم على سطحه الجانبي مما يزيد من مساحة التفاعل بين الوتد والتربة المحيطة به، أو باستخدام أشكال جديدة للمقطع العرضي للأوتاد بخلاف المقاطع التقليدية المربعة والدائرية والمضلعة.

يدرس البحث امكانية تحقيق وفر اقتصادي في كلفة مرحلة التأسيس عن طريق تحسين قدرة تحمل الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المنفذة بطريقة الدق في تربة رملية جافة، وذلك بتصنيع هذه الأوتاد بمقاطع معدلة وسيتم التركيز على شكلين مقطع عرضي بشكل X ومقطع عرضي بشكل Y ، ودراسة أثر هذا التعديل على سلوك نماذج أوتاد مخبرية.

أجريت تجربة مخبرية على نموذج وتد بيتوني مربع ومجموعة من النماذج بمقطع عرضي بشكل X تختلف عن بعضها بأبعاد الأجنحة مما يسبب زيادة في مساحة السطح الجانبي لكن مع المحافظة على مساحة المقطع العرضي ثابتة ومساوية لمساحة مقطع النموذج المربع ، ونماذج اخرى بمقطع عرضي بشكل Yمقابلة لسابقتها بمساحة المقطع العرضي وبما أن عم الغرس للنماذج جميعها يساوي (60 cm) فإن حجم النماذج جميعها متساو وبالتالي يمكن اعتبارها متماثلة في كلفة التصنيع.

2. أهمية البحث:

تأتي القيمة العلمية الكبيرة والمهمة للبحث المقدم من إثبات إمكانية زيادة قدرة تحمل نماذج الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المدقوقة في التربة الرملية عن طريق تصنيعها بمقاطع معدلة بشكل (X & Y)، وإثبات أن تغيير أبعاد النموذج الواحد من حيث طول الجناح وسماكته تتسبب زيادة في قدرة التحمل الناتجة.

وسيقدم البحث علاقات رياضية تربط نسبة قدرة تحمل نموذج بمقطع معدل إلى قدرة تحمل النموذج المربع مع نسبة مساحة سطحه الجانبي إلى مساحة السطح الجانبي للنموذج المربع، الأمر الذي سيسهل تصميم واختيار أبعاد وتد بمقطع معدل استناداً إلى تصميم وتد مربع.

كما سيكون للدراسة أهمية علمية كبيرة في فهم الأثر الاقتصادي الناتج عن التوفير في عدد الأوتاد المصنعة بأحد المقاطع الجديدة واللازمة لتحقيق المقاومة المطلوبة مقابل الأوتاد التقليدية ذات المقطع المربع.

3. الهدف من البحث:

يهدف البحث إلى زيادة قدرة تحمل نماذج الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المدقوقة في التربة الرملية، من أجل تحقيق وفر اقتصادي في عملية التأسيس، وذلك عن طريق استخدام مقاطع عرضية (X & Y) ودراسة أثر شكل المقطع العرضي على تغير قدرة تحملها مقارنة بنموذج مرجعي مقطعه العرضي مربع.

كما يقدم البحث أيضاً دراسة أثر تغيير الأبعاد للنموذج الواحد على قدرة تحمله، وذلك عن طريق تصميم عدة نماذج بمقطع عرضي X لها مساحة واحدة من حيث المقطع العرضي والتي تساوي مساحة المقطع العرضي للنموذج المرجعي المربع وتختلف بأبعاد الجناح ومساحة السطح الجانبي، ونماذج بمقطع عرضي بشكل Y لها مساحة واحدة من حيث المقطع العرضي والتي تساوي مساحة المقطع العرضي للنموذج

المرجعي المربع والنماذج ذات المقطع X وتختلف عن بعضها بأبعاد الجناح ومساحة السطح الجانبي.

ومحاولة تحديد شكل العلاقة الرياضية التي تعبر عن تغير مساحة السطح الجانبي SA_{Xi} or SA_{Yi} بتغير قدرة التحمل Q_{Xi} or Q_{Yi} لكل شكل على حدى نسبة إلى قدرة تحمل النموذج المرجعي المربع Q_{sq} .

4. الدراسات المرجعية:

تختلف الأساليب التي يتبعها الباحثون لتحسين أداء الأساسات الوتدية بشكل عام بهدف إيجاد حلول أكثر اقتصادية وموفرة لكلف تنفيذ الوتد سواء من حيث التصنيع أو عدد الأوتاد المستخدمة وعمق غرسها وذلك لمختلف المنشآت الهندسية في البر أو البحر ومن أجل ذلك أجريت دراسات اقتصادية مختلفة، كدراسة اقتصادية لطريقة جديدة في تنفيذ أساسات توربينات الرياح المقامة في البحر بهدف الوصول إلى حل اقتصادي أمثلي [5]، وقدمت دراسة اقتصادية أخرى تراعي اشتراطات الاستدامة البيئية لطرق تنفيذ أوتاد التوربينات واختيار أكثرها كفاءة واقتصادية بحسب شروط الموقع [2].

لكن بحثنا سيركز على الأوتاد البيتونية المسبقة الصنع المنفذة في تربة رملية جافة كونها من أفضل التقنيات الموفرة للجهد والزمن للمنشآت البرية والبحرية، بالإضافة إلى الجودة العالية للمنتج لأن المواد الداخلة في التصنيع تخضع لاختبارات دقيقة وفقاً للمواصفات القياسية المعمول بها، ويتم التصنيع في خطوط مجهزة بكافة التقنيات اللازمة لضمان جودة الوتد الناتج وخلوه من عيوب التصنيع [14].

حيث تصمم الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع لكافة حالات التحميل خلال فترة الاستثمار، وكذلك حالات التحميل عند النقل والرفع والدق [4].

يدرس الباحثون الأوتاد ذات الأشكال الخاصة التي يكون مقطعها العرضي بشكل H أو Y أو X أو نجمة متعددة الأفرع، للاستفادة من الخواص الهندسية لها في تحسين أداءها وتفاعلها مع التربة المحيطة [17].

سنركز على استخدام المقاطع X و Y لأن شكلها يكسب الوتد مساحة سطح جانبي كبيرة دون الحاجة لزيادة حجم الوتد، وبالتالي سطحاً أكبر للتفاعل مع التربة المحيطة، وما سينتج عنه من رفع لقدرة تحمل الوتد وبالتالي امكانية تحقيق فائدة اقتصادية باستخدام هذه المقاطع.

تعد الأوتاد بالمقاطعين السابقين محل اهتمام العديد من الباحثين بسبب المواصفات الهندسية التي يتمتعان بها. لذلك تم ايجاد مجموعة من الحلول الرياضية لإيجاد القوى والاجهادات في التربة حول وتد بمقطع Y ، ودراسة المتغيرات المتعلقة بهذا الشكل [15] [16].

كما استخدمت العديد من الدراسات نماذج مخبرية لدراسة سلوك هذه الأوتاد منفردة أو ضمن مجموعات [10] [11] [18].

وكذلك الأمر بالنسبة للأوتاد ذات المقطع X فقد تمت دراستها حقلياً [6] [7] ومخبرياً [8] ورياضياً [9] بوجود أشكال تحميل مختلفة.

كما نوقشت فكرة الاستفادة من الخواص الهندسية للمقطع العرضي للوتد لرفع قدرة تحمله، عن طريق مقارنة حسابية بين وتد بمقطع عرضي نجمي مؤلف من أربعة أجنحة مدببة، وآخرين بمقطع دائري ومقطع مربع، لتظهر تفوق الوتد بالمقطع النجمي على الوتدين الآخرين في قدرة التحمل [3].

هذه الأبحاث أظهرت تفوق الأوتاد ذات المقاطع X و Y على مثيلاتها ذات المقاطع الدائرية أو المربعة والمساوية لها في الحجم، لكن الدراسات تمت للأوتاد الصبوبة بالمكان فقط، بينما يهدف البحث الى تحسين سلوك الأوتاد مسبقة الصنع عن

طريق تغيير شكل المقطع العرضي واستخدام الشكلين X و Y ، والتي تنفذ بالدق في تربة رملية جافة وخاضعة لحمولات شاقولية ستاتيكية، وذلك باستخدام نموذج مخبري مصغر في شروط الجاذبية الطبيعية (19).

5. العمل المخبري:

صممت تجربة مخبرية ضمن مخبر ميكانيك التربة والجيولوجيا في كلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق تحاكي عملية دق وتحميل وتد بيتوني مسبق الصنع [12] و [13]، وتم هذا العمل بجهد من قبل الباحثين لتأمين كامل ما يلزم لانجاز العمل المخبري ويتألف النموذج المخبري من:

1.5. نماذج الاوتاد:

تم اختيار أبعاد النماذج المخبرية استناداً للدراسات المرجعية [1] التي اعتمدت النماذج المخبرية لتحري سلوك الأوتاد بشكل عام، الجداول توضح الأبعاد والخواص الهندسية للنماذج المخبرية ويلاحظ أن مساحة المقطع العرضي لها متساوية كما ان جميع النماذج يتم دقها حتى عمق (60 cm) وبالتالي فإن حجم البيتون المستخدم ذاته لكل نموذج لكن نتيجة تغيير أبعاد الأجنحة يؤدي إلى زيادة مساحة السطح الجانبي لكل منها.

يظهر ((الجدول . 1) الأبعاد والخواص الهندسية للنموذج المربع:

(الجدول . 1) الخواص الهندسية للنموذج ذي المقطع المربع.

طول الضلع cm	محيط المقطع العرضي cm (C_{sq})	مساحة المقطع العرضي (A_{sq}) cm ²	مساحة السطح الجانبي (SA_{sq}) cm ²
4.5	18	20.25	1080

يظهر ((الجدول . 2) الأبعاد والخواص الهندسية للنماذج ذات المقطع Y:
(الجدول . 2) الخواص الهندسية للنماذج ذات المقطع Y.

النموذج Y					
النموذج	طول الجناح (L_f) cm	سماكة الجناح (T_f) cm	محيط المقطع العرضي (C_{Yi}) cm	مساحة المقطع العرضي (A_{Yi}) cm ²	مساحة السطح الجانبي (SA_{Yi}) cm ²
Y1	3.1	2	24.6	20.33	1476
Y2	4.3	1.5	30.3	20.32	1818
Y3	5	1.3	33.9	20.23	2034
Y4	6.6	1	42.6	20.23	2556

يظهر ((الجدول . 3) الأبعاد والخواص الهندسية للنماذج ذات المقطع X:

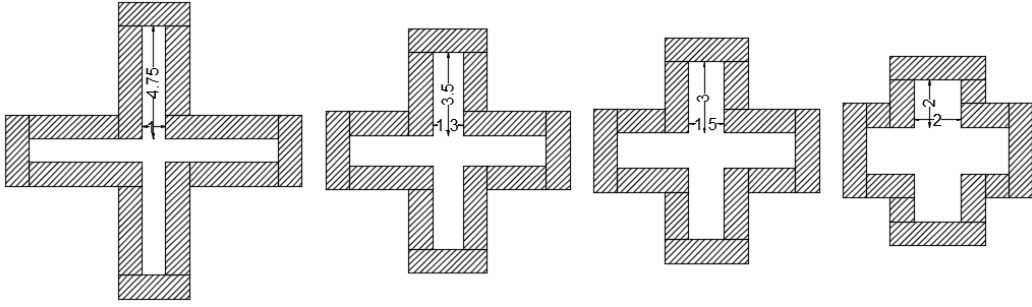
(الجدول . 3) الخواص الهندسية للنماذج ذات المقطع X.

النموذج X					
النموذج	طول الجناح (L_f) cm	سماكة الجناح (T_f) cm	محيط المقطع العرضي (C_{Xi}) cm	مساحة المقطع العرضي (A_{Xi}) cm ²	مساحة السطح الجانبي (SA_{Xi}) cm ²
X1	2	2	24	20	1440
X2	3	1.5	30	20.25	1800
X3	3.5	1.3	33.2	19.89	1992
X4	4.75	1	42	20	2520

يظهر ((الشكل . 1) أبعاد القوالب المستخدمة لصب النماذج ذات الشكل X،

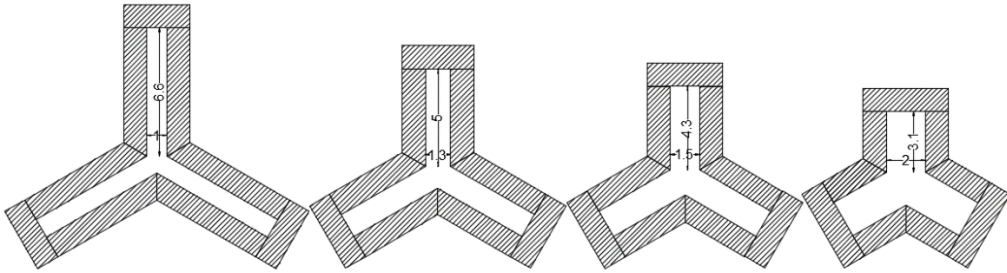
ويظهر جلياً أثر تغيير أبعاد الأجنحة على شكل المقطع لكن مع الحفاظ على مساحة

مقطع عرضي ثابتة لها جميعاً، وكذلك ((الشكل . 2) بالنسبة للنماذج Y.



(أ) (ب) (ج) (د)

(الشكل 1) (أ) قالب النموذج X1، (ب) قالب النموذج X2، (ج) قالب النموذج X3، (د) قالب النموذج X4.



(أ) (ب) (ج) (د)

(الشكل 2) (أ) قالب النموذج Y1، (ب) قالب النموذج Y2، (ج) قالب النموذج Y3، (د) قالب النموذج Y4.

يظهر)

(الجدول . 4) نسبة الزيادة المكتسبة في مساحة السطح الجانبي للنماذج ذات المقطع Y والنتيجة فقط عن تغيير سماكة وامتداد الجناح في كل مرة وتصل هذه الزيادة إلى (1.4) مرة للنموذج Y4 مقارنة بالسطح الجانبي للنموذج المربع.

(الجدول . 4) نسبة الزيادة في مساحة السطح الجانبي للنماذج ذات المقطع Y.

النموذج	$\frac{SA_{Yi}}{SA_{sq}}$ (%)	$\frac{SA_{Yi}}{SA_{Y1}}$ (%)
Y1	36.7	0.0
Y2	68.3	23.2
Y3	88.3	37.8
Y4	136.7	40.6

يظهر)

(الجدول . 5) نسبة الزيادة المكتسبة في مساحة السطح الجانبي للنماذج ذات المقطع X والنتيجة فقط عن تغيير سماكة وامتداد الجناح في كل مرة وتصل هذه الزيادة إلى (1.4) مرة للنموذج X4 مقارنة بالسطح الجانبي للنموذج المربع.

(الجدول . 5) نسبة الزيادة في مساحة السطح الجانبي للنماذج ذات المقطع Y.

النموذج	$\frac{SA_{Xi}}{SA_{sq}}$ (%)	$\frac{SA_{Xi}}{SA_{X1}}$ (%)
X1	33.3	0.0
X2	66.7	25.0

X3	84.4	38.3
X4	133.3	40.0

صنعت النماذج من خليط من الاسمنت والرمل والماء، وتمت محاكاة قضبان التسليح الطولي ضمنها بقضبان بقطر (1 mm) في نهاية كل جناح، وقضيب في مركز النموذج، وربطت القضبان ببعضها عرضياً باستخدام أشرطة معدنية تحاكي التسليح العرضي وتؤمن مقاومة النموذج لاجهادات الضغط، تم استخدام نفس الحجم من البيتون لتصنيع كافة النماذج وهنا تكمن الفكرة الاقتصادية للبحث حيث يمكن تصنيع نماذج ذات سطح جانبي أكبر بنفس الحجم من البيتون فقط عن طريق تعديل أبعاد الأجنحة للشكلين X و Y.

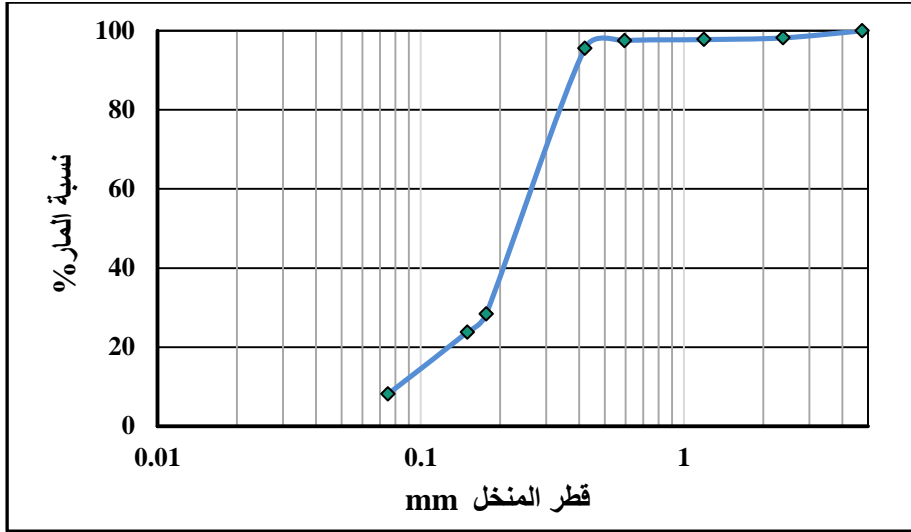
2.5. صندوق الاختبار:

عبارة عن صندوق خشبي أبعاده الداخلية (1*1 m) وبارتفاع (1.5 m) تم اختيار هذه الأبعاد بحيث تقع حدود الصندوق خارج منطقة تأثير الأوتاد.

3.5. التربة الرملية:

عينة من تربة رملية منتظمة التدرج الحبي وجافة تم تشكيلها بطريقة الإمطار ضمن الصندوق بحيث يتم اسقاط التربة بتأثير وزنها الذاتي من ارتفاع (1 m) وبتدفق ثابت، وكان الوزن الحجمي المتشكل ضمن الصندوق بهذه الطريقة (15 kN/m³)، تم تثبيت هذه الطريقة عند تكرار التجارب لباقي النماذج، ويوضح (الشكل . 3) منحنى التدرج الحبي لعينة التربة المستخدمة، وفي)

(الجدول . 6) تظهر بارامترات القص للتربة وبارامترات القص للتربة والنموذج.



(الشكل 3 . التدرج الحبي لعينة الرمل المستخدمة).

(الجدول 6 . زاوية الاحتكاك والتماسك للتربة الرملية المستخدمة).

	رمل -رمل	رمل وتد
ϕ	31.4	26.4
$c \text{ kg/cm}^2$	0.07	0.17

4.5. خطوات الاختبار:

يمر اختبار كل نموذج بالمراحل التالية:

- 1- تشكيل التربة الرملية ضمن الصندوق بطريقة الإمطار ليتشكل بالوزن الحجمي المعتمد (15 kN/m^3).

2- دق النموذج ضمن التربة بواسطة مطرقة تحاكي مطرقة بروكتور، عبارة عن وزن (1.5 kg) يرفع بواسطة خيط مهمل الكتلة لمسافة (40 cm) ويترك ليسقط سقوط حر بتأثير وزنه الذاتي ويصطدم برأس الودت ليدفعه ضمن التربة، ويسجل عدد الضربات ومسافة الاختراق المقابلة حتى وصول النموذج لعمق غرس (60 cm).

3- تثبت قبة التحميل على رأس الودت وتثبت عليها خلية قياس حمولة ومقياسا انتقال خطيين يتوضعان بشكل قطري على القبة ترتبط الحساسات الثلاثة بمتحكمة مبرمجة لتسجل قراءة التيار الناتجة من كل حساس كل (60 sec) وتحولها إلى قيمة حمولة او انتقال ومن ثم تنقلها إلى الحاسب لتحفظ وتعالج.

4- يثبت ذراع التحميل الذي يسمح بتضخيم الأحمال المطبقة على بدايته بقيمة (5.1) مرة وينقلها إلى خلية الحمل المثبتة فوق رأس النموذج تماماً.

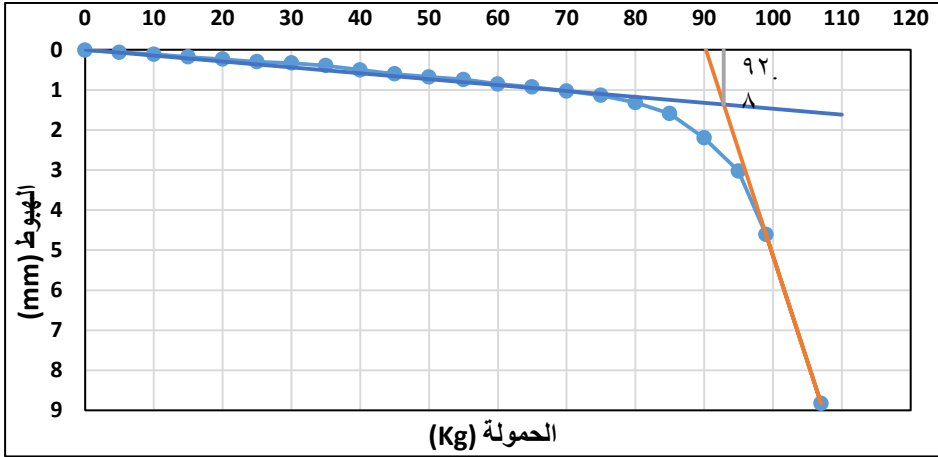
5- يتم إضافة حمل الى بداية الذراع ومراقبة الهبوط وتسجيل القيم حتى ثبات قيمة الهبوط ليتم وضع الحمل التالي وهكذا حتى يصل النموذج للانتهاء.

6- يتم إزالة النموذج وإفراغ الصندوق بالكامل وإعادة تشكيل التربة الرملية للتجربة التالية.

6. نتائج الاختبارات ومناقشتها:

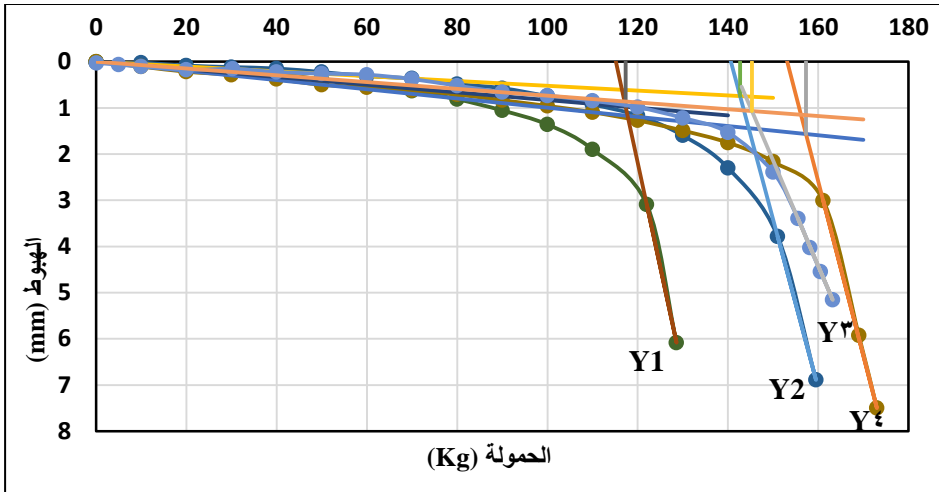
يتكون برنامج الاختبار المطبق على النماذج من /24/ اختبار حيث تم إعادة التجربة على النموذج الواحد عدة مرات للتأكد من تشابه سلوكه عند تكرار التجربة وفق الشروط المبينة سابقاً، وسيتم عرض المنحني الوسطي لكل نموذج وهو عبارة عن وسطي الهبوط الناتج في كل تجربة عند حمولة ما وستتم مقارنة سلوك النماذج سوياً استناداً إلى

نتائج المنحنيات الوسطية، يوضح ((الشكل . 4) المنحني الوسطي لاختبارات تحميل النموذج المرجعي المربع وقد بلغت قدرة تحمله الحدية (92.8 kg).



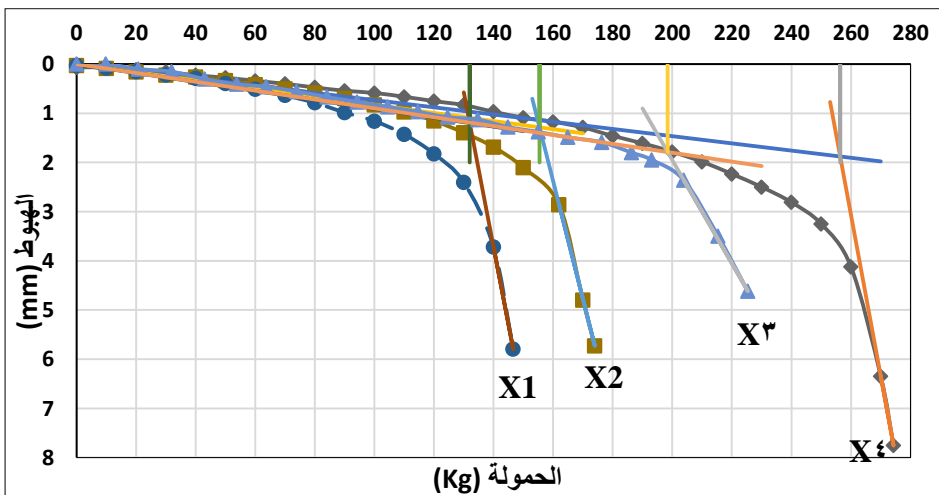
(الشكل . 4) منحني التحميل الوسطي لتجارب النموذج المربع.

بينما يظهر ((الشكل . 5) المنحنيات الوسطية لتجارب تحميل النماذج ذات المقطع Y، ويظهر بشكل واضح أن قدرة التحمل تتزايد مع ازدياد مساحة السطح الجانبي للنموذج بدءا بالنموذج Y1 وحتى النموذج Y4.



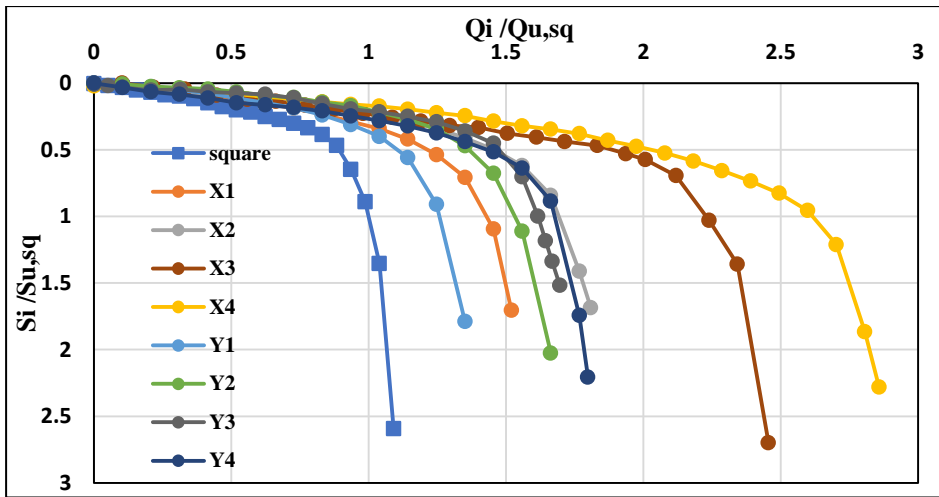
(الشكل 5 . منحنيات التحميل الوسطية للنماذج ذات المقطع Y.

يظهر ((الشكل 6 . منحنيات التحميل الوسطية للنماذج ذات المقطع X، وكما في النماذج السابقة تزداد قدرة التحمل مع تعديل أبعاد الأجنحة إلا أن قيم الزيادة في هذه النماذج أكبر بكثير منها للنماذج Y حيث تصل في النموذج X4 ذي السطح الجانبي الأكبر إلى (256 kg) مقابل (157 kg) للنموذج المقابل له Y4.



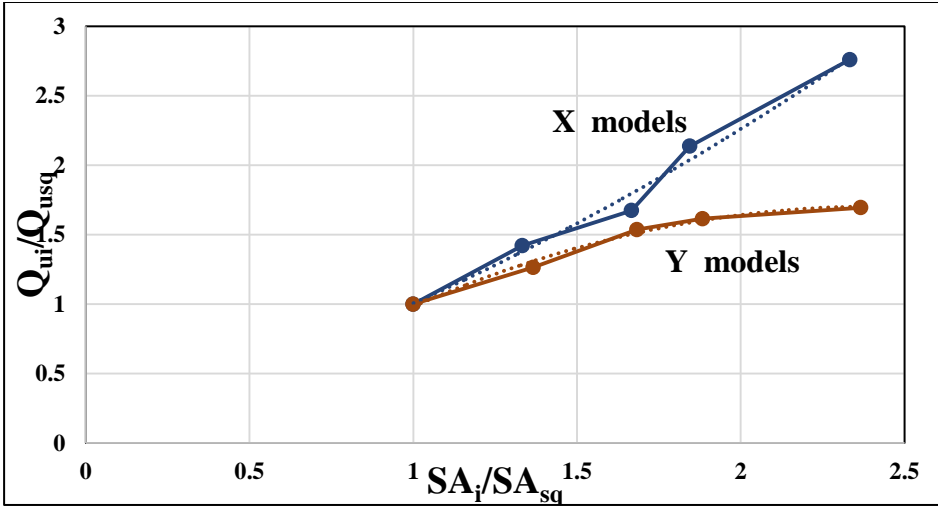
(الشكل 6 . منحنيات التحميل الوسطية للنماذج ذات المقطع X.

لإجراء مقارنة بين سلوك النماذج بشكل مستقل عن الشكل والأبعاد سنقوم بنسبة المنحنيات الوسطية للنماذج إلى قيمة قدرة التحمل القصوى للنموذج المربع والهبوط الموافق لها، تنتج مجموعة من المنحنيات النسبية يظهر من خلالها التفوق الواضح للنماذج ذات المقاطع Y و X من حيث قدرة التحمل على النموذج ذي المقطع المربع.



(الشكل 7) منحنيات التحميل الوسطي النسبية للنماذج جميعها مقارنة بالقيم الحدية للنموذج المربع.

يظهر ((الشكل 8) المنحنيات التي تربط نسبة قدرة التحمل للنموذج بنسبة مساحة السطح الجانبي وتظهر نمطين للسلوك فالنماذج ذات الشكل X تزداد قدرة تحملها مع ازدياد مساحة السطح الجانبي الناتجة عن تعديل أبعاد النموذج، بينما النماذج ذات المقطع Y فتزداد نسبة قدرة تحملها مع ازدياد نسبة مساحة السطح الجانبي حتى حد معين ومن ثم تميل للثبات ولا يتم تحقيق زيادة ملحوظة باستمرار تعديل أبعاد النموذج.



(الشكل 8) العلاقة بين نسبة قدرة التحمل لنموذج إلى قدرة تحمل النموذج المربع مع نسبة مساحة السطح الجانبي للنموذج إلى مساحة السطح الجانبي للنموذج المربع.

ويمكن التعبير عن تغير نسبة قدرة التحمل مع نسبة مساحة السطح الجانبي

للنماذج بشكل X بالعلاقة التالية:

$$\frac{Q_{u,Xi}}{Q_{u,sq}} = 0.208 \left(\frac{SA_{Xi}}{SA_{sq}} \right)^2 + 0.632 \left(\frac{SA_{Xi}}{SA_{sq}} \right) + 0.167 \dots \dots \dots (1)$$

وللنماذج بشكل Y تعبر العلاقة التالية عن تغير نسبة قدرة التحمل مع نسبة

مساحة السطح الجانبي:

$$\frac{Q_{u,Yi}}{Q_{u,sq}} = -0.364 \left(\frac{SA_{Yi}}{SA_{sq}} \right)^2 + 1.751 \left(\frac{SA_{Yi}}{SA_{sq}} \right) - 0.403 \dots \dots \dots (2)$$

7. الاستنتاجات:

يمكن استنتاج ما يلي من المنحنيات المعبرة عن نتائج التجارب:

- إن استخدام الشكلين X و Y يحقق زيادة في قدرة تحمل نماذج الأوتاد البيتونية مسبقة الصنع المدقوقة في الرمل نتيجة الزيادة الحاصلة في مساحة السطح الجانبي.
- يمكن تحقيق وفر اقتصادي عن طريق تصنيع الأوتاد البيتونية بالمقاطع الجديدة X و Y بنفس حجم البيتون المستخدم لتصنيع وتد مربع يملك نفس حجمها لكن قدرة تحمله أقل.
- إن تعديل أبعاد أجنحة المقطع X يسبب تزايداً في قدرة التحمل تصل إلى (175%) وبالتالي يمكن تحقيق وفر اقتصادي حتى (60%) في عدد الأوتاد المربعة المستخدمة.
- إن تعديل أبعاد أجنحة المقطع Y يسبب تزايداً في قدرة التحمل تصل إلى (65%) وبالتالي يمكن تحقيق وفر اقتصادي حتى (30%) في عدد الأوتاد المربعة المستخدمة.
- إن تعديل أبعاد أجنحة الشكل X يعطي زيادة مستمرة في قدرة التحمل وبالنتيجة التوفير في عدد الأوتاد المستخدمة، بينما للنماذج من الشكل Y لا يوجد جدوى من تعديل أبعادها عندما تزيد نسبة مساحة السطح الجانبي فوق (1.6) كون الزيادة في نسبة قدرة التحمل تصبح صغيرة.

8. المراجع:

1. Al-Mhaidib, A. I. (1999). Bearing capacity of a model pile in sand under different loading rates. Proceedings of the 1999 Ninth International Offshore and Polar Engineering Conference (Volume 1), Brest, France, 30 May - 4 June 1999, I, 724–730.
2. B.J.M. Arntz. (2018). Developing the Vibro-drill; A feasibility study into an improved installation method for offshore foundation piles.
3. Darwish, A. M. (2013). Increasing the Carrying Capacity of Reinforced Concrete Driven Piles by Changing their Cross-Sectional Geometry. In European Scientific Journal (Vol. 3, Issue December, pp. 342–346).
4. Fellenius, B. H. (1972). High quality precast concrete piles. Requirement, Design, Loading, Inspection and Loading.
5. Kim, H., & Kim, B. (2018). Feasibility study of new hybrid piled concrete foundation for offshore wind turbine. Applied Ocean Research, 76(December 2017), 11–21.
6. Lv, Y., Ding, X., & Liu, H. (2011). In-situ Tests on Cast-in-place Concrete X-section Pile for Bearing Capacity of Single-pile Composite Foundation. Advances in Pile Foundations, Geosynthetics, Geoinvestigations, and Foundation Failure Analysis and Repairs, Lv, Y., Ding, X., Liu, H. (2011). In Situ tests.
7. Lv, Y., Liu, H., Ding, X., & Kong, G. (2012). Field Tests on Bearing Characteristics of X-Section Pile Composite Foundation. Journal of Performance of Constructed Facilities, 26(2), 180–189.
8. Lv, Y., Liu, H., Ng, C. W. W., Ding, X., & Gunawan, A. (2014). Three-dimensional numerical analysis of the stress transfer mechanism of XCC piled raft foundation. Computers and Geotechnics, 55, 365–377.
9. Lv, Y., Liu, H., Ng, C. W. W., Gunawan, A., & Ding, X. (2014). A modified analytical solution of soil stress distribution for XCC pile foundations. Acta Geotechnica, 9(3), 529–546.

10. Ren, L. W., Guo, W. D., & Yang, Q. W. (2020). Analysis on bearing performance of Y-shaped piles under compressive and tensile loading. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Geotechnical Engineering (Vol. 173, Issue 1, pp. 58–69).
11. Ren, L. W., Yang, Q. W., Kong, G. Q., Dun, Z. L., & Wang, X. Y. (2021). Model Tests on Y-Shaped Piles under Compressive and Lateral Loading in Saturated Sand. Geofluids, 2021.
12. Salman, H., Maiasa, M., & Najem, A. (2022a). preparing laboratory model pre-fabricated friction pile driven in sand in normal gravity condition (1g). Damascus University Journal, 17.
13. Salman, H., Maiasa, M., & Najem, A. (2022b). The effect of changing the shape of cross section on bearing capacity of precast concrete model piles driven in sand in the laboratory. Eng. Damascus University Journal, 19.
14. Telford, T. (1986). Precast concrete piles. In Precast concrete piles. <https://doi.org/10.1680/pcp.02173>
15. Wang, X., Chen, Y. H., & Zhou, X. (2011). Study on the Settlement Calculation Method of Single Y-Section Pile (pp. 21–30).
16. Wang, X. Q., Liu, H. L., & Chen, Y. H. (2009). Study on Flexural Behavior of Cast-in-Place Concrete Y-shaped Vibro-pile.pdf. Recent Advancement in Soil Behavior, in Situ Test Methods, Pile Foundations, and Tunneling, 152–158.
17. Wang, Xin Quan, Zhang, S. M., Liao, J., & Huang, Y. S. (2014). The development and research of special-shape pile [1]. In Applied Mechanics and Materials (Vols. 578–579, pp. 210–213).
18. Yaru Lv; Ng, C. W. W. S. Y. L. H. L. X. D. (2016). ◦A comparative study of Y-shaped and circular floating piles in consolidating clay. Canadian Geotechnical Journal. Sep2016, Vol. 53 Issue 9, P1483-1494. 12p. 4 Diagrams, 3 Charts, 7 Graphs, 53(9), 1483–1494.

كفاءة معالجة مياه نهر العاصي بكبريتات الحديد في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد

طالب الدراسات العليا: م. لارا ابراهيم

قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث

الدكتور المشرف: د.م. درغام السلوم

ملخص البحث

العكارة هي واحدة من المشاكل التي تعاني منها مياه الشرب ، يتم عادة التعامل مع المياه التي تحتوي على جزيئات وعوالق وغرويات من خلال عملية التخثير والتليد . تهدف الدراسة إلى معرفة مدى كفاءة استخدام مخثر كبريتات الحديد في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد لمعالجة مياه نهر العاصي بالقصير وجعلها صالحة للاستهلاك البشري من ناحية العكارة ، حيث استخدم مخثر كبريتات الحديد بسرعة ترشيح 3م/سا وقيست العكارة بعد كل تجربة وتم رسم المخطط الذي يربط بين عكارة (NTU) وحجم (m^3) المياه المارة والمعالجة بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد.

وتبين لدينا أن استخدام مخثر كبريتات الحديد في المرشحات الرملية ذات الجريان الصاعد أعطى نتائج جيدة من ناحية مواصفات المياه الناتجة عن المعالجة ولكنها متواضعة جدا" من ناحية كمية المياه المعالجة .

بعض الكلمات المفتاحية العلمية الواردة بالبحث :

غسيل عكسي ، مروقات التماس ، مضخة التجريع ، تمدد سرير الرمل ، عكارة

Efficiency of Orontes river water treatment using Iron Solphate in upflow sand filters

Abstract

Turbidity is one of the drinking water treatment problems. Turbid water contains molecules, plankton and colloids, is dealt with through the addition of coagulation chemicals in a process called coagulation and flocculation .

This study aims to find out the efficiency of upflow sand filters in treating water of Orontes River in Al-Qusayr and making it suitable for human consumption in terms of turbidity , where a coagulant was used Iron Sulphate and conducting a number of experiments for filtration speed (3) m/h , and measuring turbidity after each experiment , and drawing the diagrams that link the turbidity (NTU) and the amount of water (m³) passing by and treating with the upflow sand filter under study.

We found that the use acoagulant Iron Sulphate in upflow sand filter gave good results in terms of the specifications of the water resulting from the treatment , but it was very modest in terms of the amount of treated water.

Key Words:

Back wash , Contact clarifier ,Dosing pump , Expansion , Turbidity .

1- مقدمة (introduction):

بناءً على [1] Barker فإن فلتر المياه باستخدام التدفق الصاعد خلال وسط من الرمل وثقت أولاً عام 1685 عندما نشر الفيزيائي الإيطالي Porzio وصفاً لنظام الفلاتر المضاعفة، كما حصل المهندس المعماري البريطاني Peacoch عام 1791 على براءة اختراع بتصميم الفلاتر ذات التدفق الصاعد وكانت طبقات الترشيح تتكون من الرمل والحصى والزجاج المكسور ومواد متوافرة أخرى، كل طبقة تمتلك حبات بقطر مضاعف عن حبات الطبقة التي فوقها.

أقيمت أول الفلاتر الرملية ذات التدفق الصاعد في Richmand.Va عام 1832 بعكارة عالية لمياه نهر Jams الزائدة عن الحد اللازم لاستطاعة الفلتر [2].

أكبر فلتر بني عام 1889 يتسع 18in من الحجارة المتدرجة و12in من القرميد 18in من الحجارة المتدرجة الحجم إلى حجم البازلاء في القمة [3]، هذا الفلتر أزال مشكلة المعلفات ومعظم العضويات، وكان معدل الترشيح في كل عمليات سنته الأولى حوالي 3.2gpm/sq ft، والغسيل كان ينجز عن طريق تفريغ الفلتر وغسيل السطح بخرطوم إلى أن تتظف أعلى الحصويات، استخدم هذا الفلتر حتى عام 1930.

في Bartlesville,Okla عام 1904 تم إنشاء وحدة معالجة مياه صغيرة استخدمت الشبة للتخثير والترسيب ومرشح ذو تدفق صاعد لمعالجة العكارة العالية لمياه النهر [4]، يُغسل الفلتر بعكس التدفق.

في عام 1907 تم تركيب فلتر تجريبي ذو تدفق صاعد في نيويورك لتتقية مياه خزان كروتون [5] حيث استخدم لهذا الفلتر قاعدة خشبية مغطاة بشبكة معدنية لتدعيم مادة الترشيح، وضع في قاعدة الفلتر بارتفاع 7 إنش حبيبات من الفحم لتغطي شبكة تقوب المصفاة النحاسية، و وضع فوق الفحم طبقة من الرمل بارتفاع 20 إنش وهذا شكل

الطبقة العليا من مادة الترشيح ، تم تشغيل الفلتر بمعدل 0.24 جالون/د/م² ، تطلب تنظيف الفلتر فترات من اسبوعين إلى عدة أشهر حسب نوعية المياه القادمة وتم تنظيف الفلتر باجتياز ماء مفلتر خلال طبقات الفلتر باتجاه عكسي.

تجدد الاهتمام بالفلاتر ذات التدفق الصاعد في روسيا في (1953-1954)، حيث تم اختبار الفلاتر ذات التدفق الصاعد وتطويرها من قبل Minz. عرفت النسخة الروسية من الفلتر الصاعد بـ (Contact clarifier) مروقات التماس واستخدم لتنقية المياه التي تمتلك عكارة حتى 150mg/l [6,7,8,9]، حيث يتم التخثير والتصفية في معالجة واحدة بإضافة مخثرات كيميائية للماء المتدفق قبل اجتيازه الفلتر الرملي بالاتجاه الصاعد.

قام الباحثان (Tzoupanos ,N.D. Zouboulis) بدراسة سلوك المخثر متعدد ألنسيوم سيليكات كلورايد (PASIC). وقد تم تقييم أداء عملية التخثر معالجة المياه ومقارنتها مع أداء المخثرات الأخرى مثل متعدد ألنسيوم كلورايد والشبة [5].

كما قام الباحثون (et.al , Baoyu Gao , Xiao Zhan) بدراسة علاقة زيادة الجرعة المضافة من المخثر متعدد ألنسيوم كلورايد مع إزالة العوالق العضوية الطبيعية الموجودة في المياه وقد تبين من خلال النتائج أن زيادة الجرعة المضافة تؤدي إلى إزالة أكبر للعوالق من الماء [10].

اختبارات وحدة المعالجة التجريبية في Catsfied مع المرشح ذو التدفق الصاعد الذي يحتوي طبقة سماكتها 6in بقطر من 1/4in إلى 3/8in من حبات رملية شاطئية بحجم البازلاء، ومدعم بصفائح مثقبة بينت تخفيض في الأجسام الصلبة 90% وتخفيض BOD بنسبة 66% [10]، هذا الفلتر عمل بتدفق حوالي 0.19gpm/sq ft.

تم اختبار مرشح رملي صاعد بقطر 3أقدام نوع شبكي قد عمل في لوتون شرق هايدي لأعمال الصرف الصحي لمدة سنتين [11,12]، هذا الفلتر قورن مع 9فلاتر رملية

تقليدية بشرط معالجة ثالثية للتدفق على مرحلتي معالجة بيولوجية ، النتائج أشارت أن مرشحات التدفق ذات الجريان الصاعد لها تطبيقات أكثر من مرشحات التدفق ذات الجريان الهابط فيما يتعلق بكفاءة الترشيح وطول فترة التشغيل لتعطي فاقد الضغط نفسه ، وأيضاً معدلات الترشيح الأعلى كانت ممكنة مع وحدة التدفق ذات الجريان الصاعد ، زمن الغسيل العكسي كان أقل مقارنة مع الترشيح ذا الجريان الهابط ، والماء الغير مفلتر يمكن أن يستخدم بالغسيل العكسي، ومن الضروري وجود الهواء النظيف لكل أنواع الفلاتر ليؤمن التنظيف الكافي لطبقات الترشيح .

2-هدف البحث (Aim of the research):

دراسة كفاءة استخدام مخثر كبريتات الحديدي في المرشح الرملي ذا الجريان الصاعد لمعالجة مياه نهر العاصي بالقصير وجعلها صالحة للاستهلاك البشري.

3-أهمية البحث (Research importance):

تكمن أهمية هذا البحث من خلال النقاط التالية:

- إنقاص حجم وحدة المعالجة من خلال إمكانية الاستغناء عن وجود المرسبات وحجرات تشكل الندف والخلاطات في منظومة معالجة المياه الصالحة للشرب.
- تخفيض كمية المواد الكيميائية المطلوبة في المعالجة بما أنه غير مطلوب تشكيل ندف كبيرة.

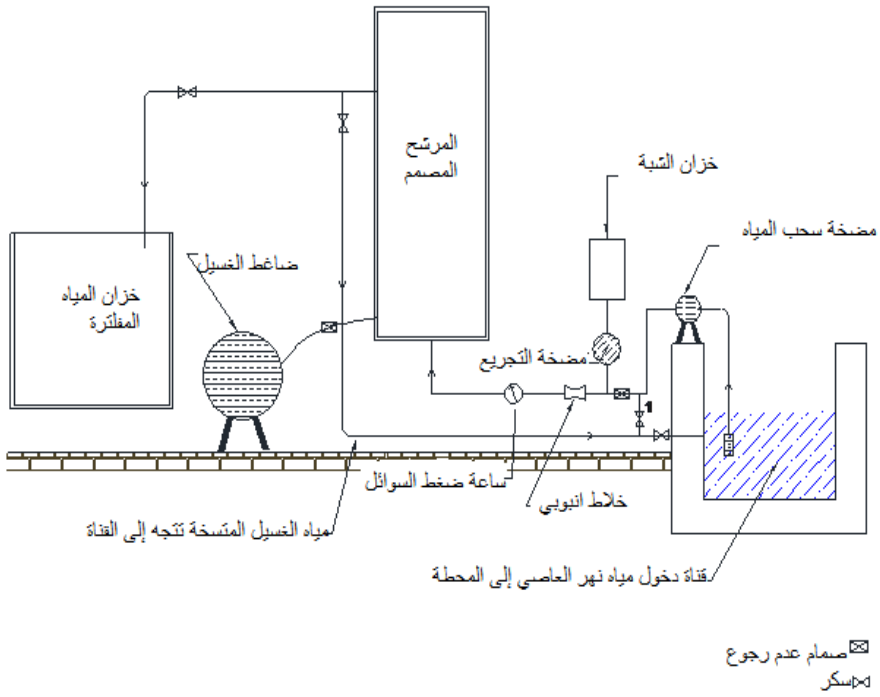
4- مواد وطرق البحث (Research material and methods):

4-1 أجزاء محطة المعالجة التجريبية (Parts of the pilot treatment plant)

تتألف محطة المعالجة التجريبية من الأجزاء التالية:

- مضخة المياه.
- مضخة تجريع المواد الكيميائية.
- خزان لحل المخثر.
- المرشح الرملي: ويحتوي على: 1- صفيحة الفلاتر البلاستيكية المتوضعة بأرضية المرشح الرملي ذا الجريان الصاعد وتحتوي على 23 فلتر.
- 2- طبقتي الترشيح: الطبقة الأولى من رمل وادي قنديل بسماكة 20cm [13] مقسمة لثلاثة مجالات متساوية السماكة :
 - ذات قطر أكبر من 2.36mm.
 - ذات قطر ضمن المجال (2-2.36)mm.
 - ذات قطر أصغر من 2mm.أما الطبقة الثانية من الترشيح كانت عبارة عن رمل مصري ناعم بسماكة 80cm وبأقطار (0.7-1.6)mm.
- خزاني تجميع المياه المعالجة بحجم 1000L للخزان الواحد.
- ضاغط الهواء لغسيل المرشح الرملي.
- أنابيب وصل من PN10PPR قطر 32mm.

- صمامي عدم رجوع: الأول وضع قبل دخول المياه والثاني قبل دخول الهواء للمرشح الرملي.
- مصفاة توضع قبل مضخة المياه لمنع دخول أوراق الأشجار وأكياس النايلون و الأشنيات إلى المرشح الرملي.
- مقياس مانومتر لقياس فاقد الضغط.



مخطط تكنولوجي لسير مراحل معالجة المياه بالمحطة التجريبية

4-2 طريقة العمل (The method of work):

تمت طريقة العمل وفق المراحل التالية:

- تركيب أجهزة المحطة كافة وفق المخطط التكنولوجي المقترح.
- معايرة مضخة المياه وفق سرعة الترشيح المطلوبة، عن طريق تغيير فتحة السكر "1".
- تحديد جرعة المخثر اللازمة وفق سرعة الترشيح المدروسة، ومعايرة مضخة تجريع مادة المخثر وفق الجرعة المطلوبة.
- البدء بالتجارب حيث يتم سحب مياه نهر العاصي من قناة دخول المياه في محطة التصفية بالقصير بواسطة مضخة المياه، وتجرع بمحلول التخثير والذي تم وضعه في خزان حل المخثر بواسطة مضخة التجريع، ثم تمر المياه عبر الخلاط الميكانيكي الأنبوبي ثم تدخل المرشح الرملي ذا الجريان الصاعد، وتعبّر الفلاتر البلاستيكية الموجودة بأرضية المرشح ثم طبقات الترشيح ثم إلى خزان التجميع.
- يتم قراءة حجم المياه المعالجة (m^3) بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد والمجمعة في خزان التجميع، وذلك خلال زمن معين (30-60)min وأخذ عينة من هذه المياه لقياس عكارتها (NTU).
- تكرر التجربة كل (30-60)min.

4-3 المواد الكيميائية المستخدمة في التجارب (Reagents):

كبريتات الحديدي $FeSO_4$: صيغتها $FeSO_4$ ذات مظهر بلوري مخضر، ووزنها الجزيئي (278.05gr/mol) والوزن الحجمي ($Density=1898Kg/m^3$) والانحلالية في الماء (25.6gr/100ml).



كبريتات الحديدي

4-4 الاختبارات والقياسات (Test&Reads):

1- التجربة المخبرية لتحديد الجرعة المثالية من المخثر jar Test: تم إجراء تجربة الجرعة المثالية لمخثر كبريتات الحديدي على جهاز Jar test في مخبر محطة التصفية بالقصير وتوضح الصورة التالية الجهاز المستخدم:



جهاز jar test

تم وضع جرع مختلفة من كبريتات الحديدي (1-2-3-4-5-6)mg/l في الحوجلات الستة فلو حظ تشكل ندف ميكرونية صغيرة جدا" وكانت الندف الأفضل في الحوجلات ذات الجرع (4-5)mg/l وتم تحديدها بدقة أكثر وكانت الجرعة المثالية (4.25)mg/l.



صورة البياض المستخدمة في تجربة Jar test التي تحتوي

جرعات مختلفة من كبريتات الحديدي

2- تجربة قياس عكارة المياه (Turbidity): تعرف العكارة من الناحية الفيزيائية بأنها خاصة مرئية تسبب تبعثر الضوء وامتصاصه بدلا من مروره دون تغيير باتجاهه أو بمستوى تدفقه خلال العينة، وتقاس العكارة بأجهزة قياس العكارة التي تعتمد في عملها على مقارنة المياه العكرة مع ماء صافي بأجهزة سبكتروفوتومتر وتقاس عكارة المياه بوحدات ملغ/ل أو NTU (Nephelometric Turbidity Unit) وهي مكافئة لمعلق 1ملغ من السيليكا (SiO_2) في لتر من الماء ويجب ألا تتجاوز عكارة مياه الشرب 1.5mg/L أو 5NTU.



جهاز قياس العكارة

5- النتائج والمناقشة:

دورة الترشيح 3m/h باستخدام مخثر كبريتات الحديدي:

في المحطة التجريبية تم تثبيت سرعة الترشيح على 3m/hr علماً أن مساحة سطح المرشح:

$$A = 1 * 0.33 = 0.33m^2$$

ومن علاقة استمرار التدفق: $Q = A * V = 0.33 * 3 = 990l/h$



صورة للمحطة التجريبية

5-1 حساب حجم محلول كبريتات الحديدي اللازم:

جرعة كبريتات الحديدي المثالية (4.25mg/l) أي أنه:

كل 4.25mg كبريتات حديدي تعالج 1L مياه مارة

كل X mg كبريتات حديدي تعالج 990L مياه مارة

أي يتم استهلاك كمية من كبريتات حديدي خلال ساعة واحدة في محطة الاختبار:

$$X = 4.25 * 990 = 4207.5\text{mg}$$

يتم تحضير محلول كبريتات الحديدي بحل في كل 1000mL ماء 30.0gr كبريتات حديدي أي أن:

كل 1ml محلول كبريتات حديدي يحتوي على 30.0mg كبريتات حديدي

كل Z ml محلول كبريتات حديدي يحتوي على 4207.5mg كبريتات حديدي/ساعة

أي أن غزارة مضخة التجريع للمحطة التجريبية هي:

$$Z = 4207.5 * 1/30.0 = 140.25\text{ml/hr}$$

أي المطلوب من محلول كبريتات الحديدي (140.25ml/hr).



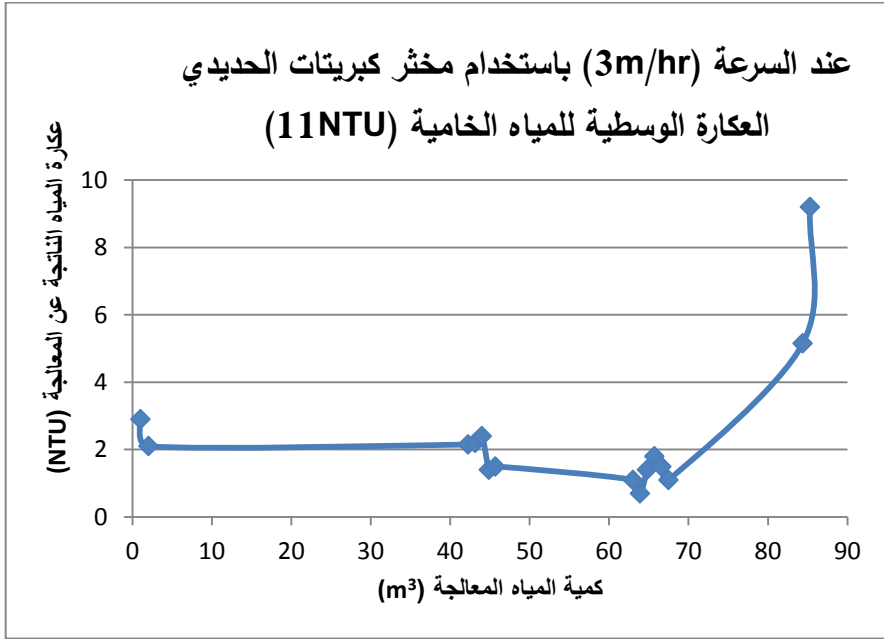
صورة لمحلول المخثر كبريتات الحديدي

5-2 نتائج التجربة عند سرعة الترشيح (3m/h):

تم البدء بالتجربة الأولى بتاريخ 18/8/2022 ونظمت النتائج بالجدول التالي:

رقم العينة	اليوم والتاريخ	عكارة المياه الخامية (NTU)	حجم المياه (L)	عكارة المياه الناتجة عن المعالجة (NTU)	حجم المياه المعالجة "تراكميا" (m ³)
1	الخميس 18/8/2022	10.3	1030	2.9	1.03
2			1000	2.1	2.03
3			40240	2.15	42.27
1	السبت 20/8/2022	11.2	890	2.2	43.16
2			850	2.4	44.01
3			870	1.4	44.88
4			810	1.5	45.69
5			17330	1.1	63.02
1	الأحد 21/8/2022	11.4	910	0.7	63.93
2			890	1.4	64.82
3			900	1.8	65.72
4			880	1.5	66.60
5			900	1.1	67.50
6			16880	5.15	84.38
1	الاثنين 22/8/2022	11.2	920	9.2	85.30

تم تمثيل العلاقة بين حجم المياه المعالجة (m³) وعكارة المياه الناتجة عن المعالجة (NTU) فتم الحصول على الشكل البياني التالي:



وكان حجم المياه المعالجة بالمرشح الرملي المختبر ذا الجريان الصاعد والموافق لدورة الترشيح (3m/h) وباستخدام مخثر كبريتات الحديد حوالي (81m³).

3-5 غسيل المرشح:

تم إحداث خلخلة بالهواء إلى الأعلى بشدة 3.3l/sec لمدة 2min، ثم ضخ الماء والهواء بنفس الشدة للهواء وللماء بشدة 5m³/h.m² ولمدة 10 min، ثم ضخ المياه بنفس الشدة 5m³/h.m² حتى يصبح الماء الناتج عن الغسيل رائقاً.



صورة للمرشح خلال عملية الغسيل

ملاحظة:

تمت إعادة التجربة لدورة الترشيح (3m/h) التي استخدم فيها مخثر كبريتات الحديدي للتأكد من النتائج ولوحد أن النتائج كانت متقاربة.

6- نتائج البحث:

- 1- أعطى مخثر من كبريتات الحديدي بجرعة $4.25g/m^3$ وعند سرعة ترشيح قليلة 3m/h في المرشح التجريبي المختبر ذو الجريان الصاعد نتائج جيدة من ناحية مواصفات المياه الناتجة عن المعالجة.
- 2- أعطى مخثر من كبريتات الحديدي بجرعة $4.25g/m^3$ وعند سرعة ترشيح قليلة 3m/h في المرشح التجريبي المختبر ذو الجريان الصاعد نتائج متواضعة جدا" من ناحية حجم المياه المعالجة والتي بلغت $81m^3$.

7- التوصيات:

- 1- لا ننصح بأن يتم معالجة المياه الخامية ذات المواصفات المشابهة لمياه نهر العاصي في القصير وبجرعة مخثر من كبريتات الحديدي $4.25g/m^3$ في (مروقات التماس ذات الجريان الصاعد) وبسرعة ترشيح نحو الأعلى $3m/h$.

8- المقترحات:

- 1- نقترح بأن تكون هناك أبحاثاً " مستقبليّة على ارتفاعات أكبر لسرير الترشيح للحصول على سرعة الترشيح الاقتصادية المناسبة.
- 2- نقترح اختبار فعالية استخدام مساعدات التخثير مع مخثر كبريتات الحديدي في (مروقات التماس ذات الجريان الصاعد) وبسرعة ترشيح نحو الأعلى $3m/h$.
- 3- ننصح بمتابعة مثل هذا البحث لمواصفات مياه خامية مغايرة لمياه نهر العاصي وإعطاء النتائج العملية والعلمية الموافقة.

المراجع العلمية

1. Baker, M. N. The Quest for Pure Water. AWWA, N.Y. (1949).
2. . Bolling, C. E. A Brief History and Description of the Richmond Water Works. Proc., AWWA, 144 (1900) .
3. Anon. The Pawtucket, R.I., Water- Works. Eng. News, 21 :493 (Jun. 1889).
4. Anon. Coagulation, Sedimentation, and Upward Filtration of Water at Bartlesville, Okla. Eng. News, 52:212(Sept. 1904).
5. Metzler, D. F. Private communication.
- A.I. Zouboulis, N.D. Tzoupanos,"Polyaluminium silicate chloride- ASystematic study for the preparation and application of an efficient coagulant for water or wastewater treatment ", Journal of Hazardous Material Volume: 162Issue: 2-3 (2009) pages:1379-1389. Elsevier Publisher.
6. Calise, V. J. & Homer, W. A. Rus- sian Water Supply and Treatment Practices. J. San. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Engrs., 86:1 (Mar. 1960).
7. Calise, V. J. & Homer, W. A. Rus- sian Water Supply and Treatment Practices. J. San. Eng. Div., Proc. Am. Soc. Civ. Engrs., 86:1 (Mar. 1960).
8. Anon. Testing Contact Clarihers. Zhilishchno-Kommunal. Khoz., (Rus.), 3:31 (Sep. 1963).
9. Lenchevsky, O. Some Recent Trends in Water Treatment in the U.S.S.R. Effluent and Water Treatment Jour- nal, 1:167 (Oct. 1961).

10. Anon. English Tests on Upflow Clarifier for Tertiary Treatment of Sewage. Public Works, 96:68 (Apr. 1965).
11. Anon. Sand Filtration at Luton. Water Waste Treat. J., 11:174 (Nov. 1966).
12. Naylor, A. E. ; Evans, S. C. ; & Dunscombe, K. M. Recent Developments on the Rapid Sand Filters at Luton. Water Pollution Control, (Brit.), 66:309 (1967).
- X.Zhan, B. Gao, Q. Yue, Y. Wang, Q. Wang,"Coagulation efficiency of polyaluminum chloride for natural organic matter removal from low specific UV absorbance surface water and the subsequent effects on chlorine decay",Chemical Engineering journal.Vol: 161(2010).page 60-70.
- 13.2018-2017 - السلوم ، درغام الهندسة البيئية/1- منشورات جامعة البعث
14. 2007 المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم 45 لعام

تطور فراغات إقامة السجناء في السجون، ومدى

ملاءمتها لاحتياجاتهم

طالبة الدراسات العليا: م. نور العلي

بإشراف: د.م. نضال سطوف

قسم التصميم المعماري - كلية الهندسة المعمارية في جامعة البعث

ملخص

تعتبر دراسة الفراغات المعمارية وخاصة تلك التي يشغلها ويقضي فيها الإنسان معظم وقته بما تحويه من عناصر وأسس ومحددات من أهم الدراسات المعمارية؛ فهي دراسة تحاكي الإنسان في محاولة لتشكيل لغة مفهومة بينه وبين المحيط أو الفراغ الذي يقيم أو يعمل فيه بما يلبي احتياجاته ومتطلباته وتطلعاته.

فالفراغ المعماري بتكوينه الفيزيائي وشكله الوظيفي ومظهره الجمالي هو الوعاء الذي تتفاعل فيه البشرية لتكوين الحضارة التي تعتبر أسمى وأرقى ما أبدعته الإنسانية.

ويعتبر السجن مبنى معقد التصميم ومتعدد الفعاليات وذي تكلفة باهظة، يؤثر على السجناء المقيمين فيه على كافة الصعد. كما وتعتبر فراغات الإقامة من أهم فراغات السجن الواجب مراعاة المعايير المعمارية والإنسانية عند تصميمها؛ حتى تلبي احتياجات السجناء وتحقق الهدف المرجو منها في تنفيذ العقوبة دون تخطي القواعد والقوانين المتعلقة بالجانب الإنساني وحقوق الإنسان.

لقد تطرقت هذه الدراسة إلى عدة نقاط أهمها: التعرف على المراحل التي مرت بها فراغات الإقامة كفراغات معمارية خلال تطور مفهوم السجن وتصميمه. كما وسلط البحث الضوء على قواعد وجدليات تصميم فراغات الإقامة في السجون ومعاييرها، فطرح المبادئ النفسية والتنظيمية لفراغ الإقامة بهدف معرفة مدى تأثيرها على السجناء وتلبيتها لاحتياجاتهم ومتطلباتهم على كافة الصعد.

كلمات مفتاحية: السجون-فراغات الإقامة- معايير-تطور- احتياجات السجناء

The development of prison accommodation spaces for prisoners, and their suitability to their needs

Postgraduate Student: Eng. Nour Al-Ali

Supervised by: Dr. Nidal Satouf

Faculty of Architecture at Al-Baath University-Department of Architectural Design

Abstract

The study of architectural spaces, especially those occupied and in which man spends most of his time, including the elements, foundations and determinants it contains, is considered one of the most important architectural studies. It is a study that simulates the human being in an attempt to form an intelligible language between him and the environment or the space in which he lives or works to meet his needs, requirements and aspirations. Architectural space, with its physical composition, functional form, and aesthetic appearance, is the vessel in which humanity interacts to form a civilization that is considered the highest and finest creation of humanity. The prison is a complex, multifunctional and costly building that affects the prisoners residing in it at all levels. The accommodation spaces are also among the most important prison spaces, which must take into account the architectural and humanitarian standards when designing them. In order to meet the needs of prisoners and achieve the desired goal in carrying out the punishment without violating the rules and laws related to the humanitarian aspect and human rights.

This study touched on several points, the most important of which are: Identifying the stages that the residence spaces went through as architectural spaces during the development of the concept and designs of the prison. The research also sheds light on the rules and arguments for designing accommodation spaces in prisons and its standards. It put forward the psychological and organizational principles of accommodation spaces and their impact on prisoners; In order to reach the standards for evaluating the quality of the accommodation rooms to meet the needs of prisoners at all levels.

Keywords: prisons- accommodation spaces- standards- development- prisoners' needs

مقدمة البحث:

إن السجون كغيرها من المباني تتكون من مجموعة من الفراغات والتي تتميز عن سواها، وطبعاً هذا التميّز ناتج عن خصوصية وتنوع فعاليتها وخاصة فراغ الإقامة الذي يمضي فيه السجناء جُلّ وقتهم ولفترات طويلة، ومدى تأثير عناصر الفراغ مجتمعة على الأفراد المستخدمين له وعلى سلوكهم وصحتهم بالإضافة لتلبية احتياجاتهم المتعددة، وهنا تبرز براعة المصمم في التعامل مع العناصر الأصلية واختيار أسلوب للتعامل مع العناصر المضافة لهذا الفراغ بما ينعكس إيجاباً على فكرة ووظيفة التصميم للفراغ والأفراد المقيمين فيه معاً. ومن ثمّ فإن طبيعة وشكل الفضاءات المعمارية قد تلهم المصمم كيفية تقسيم مناطق الفعاليات، ويُعرف الفضاء وفق ذلك بأنه "فضاء حاجات الإنسان للحصول على علاقة وثيقة مع بيئته ولجلب نظام ومعنى لعالم الأفعال والأحداث" حيث إن عملية الابتكار يمكن إخضاعها للتصميم النفعي أولاً ومن ثمّ للتصميم الجمالي، ومن هذا المنطلق فإن هناك ثلاث وظائف رئيسية تهم المصمم المعماري بصورة خاصة وهي: الوظيفة التشغيلية، الوظيفة البيئية، والوظيفة الرمزية.

كان تطوّر تصميم مباني السجون بطيئاً ومرتبباً ارتباطاً وثيقاً بتطور قوانين السجون في العالم، وتغيير مفهوم العقوبات، وتعدّ السجون الإصلاحية -وما وصلت إليه فراغات الإقامة فيها من تطور معماري إنساني- الأهم في مجال دراسة التصميم بما يتناسب مع إعادة تأهيل السجناء والحفاظ على صحتهم وسلامتهم وأمنهم وتلبية احتياجاتهم. وقد جاء تطور عمارة السجون وفراغات الإقامة فيها مترافقاً مع التّطور الحضاري والمراحل التي مرّ بها التاريخ الإنساني عموماً والتغييرات في أنظمة الحكم عبر الزمن والاستراتيجيات المتّبعة والمتطلبات البشرية المتزايدة؛ مما أثّر على كلّ الأمور المتعلقة بها وبعملية تصميمها ودراستها والعوامل المؤثرة عليها مثل كيفية تأديتها ووظائفها، وكلّ العناصر التي تتكون منها والتي لا تتعلق بشخص محدد أو مكان معين، إنّما بحضارات كاملة متعاقبة.

إشكالية البحث:

عدم مراعاة المعايير الإنسانية والوظيفية عند تصميم فراغات الإقامة ينعكس سلباً على سلوك السجناء وصحتهم العامة؛ مما يجعلها غير ملائمة لتلبية احتياجاتهم رغم التطور.

هدف البحث:

دراسة تطور تصميم الفراغات المعمارية لغرف الإقامة في السجون؛ للتوصل إلى اعتبارات تصميمية تحقق وتلبي احتياجات السجناء وظيفياً وإنسانياً.

منهجية البحث:

تم اعتماد الدراسة على: 1-منهج نظري: من خلال جمع المعلومات والبيانات وشمل:

- البيئة المعمارية لفراغات الإقامة في السجون وتطور تصميمها عبر التاريخ.

- التعريف بأسس ومعايير تصميم فراغات الإقامة في السجون وأنواعها.

2-منهج تحليلي شمل: دراسة تطور فراغات الإقامة في عدّة سجون، ومدى تحقيقها

لمتطلبات السجناء وصولاً لاعتبارات تصميمية تلبي احتياجاتهم وظيفياً وإنسانياً.

أولاً-تطور غرف الإقامة في السجون عبر التاريخ: رحلة طويلة خاضتها فراغات

الإقامة في السجون؛ لتتطور بمرور الزمن باعتبارها فكرة عقابية-بفعل تقدم العلوم

الإنسانية والتكنولوجية- من زنازين بلا فرش تحت الأرض وفي الأبراج والقلاع، إلى

فراغات إقامة مستقلة ومفروشة في سجون نظامية، ومنها إلى خلايا في مؤسسات

إصلاحية وسجون إعادة التأهيل[18]. ومن المراحل التي مرّت بها نذكر:

1-1- غرف الإقامة في السجون في العصور القديمة وفي الإسلام:

شهد مفهوم السجن أشكالاً متعددة منذ القدم، حيث أنه لم يكن أمام الإنسان البدائي

لتعويق خصمه سوى أسره في جذوع الشجر أو حجزه في أحد الكهوف في الجبال أو في

حُفر عميقة بدائية أو في خيمة أو بيوت اللبن، وبعد تطور الإنسان تمّ اللجوء إلى حفر

سراديب تحت الأرض وأبار عميقة لزج المحكومين فيها، ثمّ انتقل تنفيذ العقوبة ليصير

في بعض زوايا الحصون والقلاع مع التكبيل بالقيود الحديدية وفي أقباص خشبية

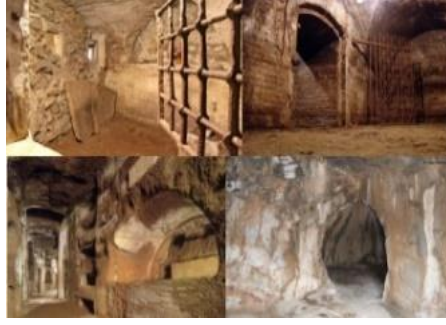
وجميعها لم تكن مفروشة أو مخدمّة وغير صحيّة[2]. أقدم تاريخ لنظام السجن سُجّل في

الألفية الأولى قبل الميلاد، في بلاد الرافدين ومصر، فكانت سجونهم عبارة عن زنازين

معتمة تحت الأرض، وكانت سجون الإغريق والفرس والرومان على شكل أقبية حجرية

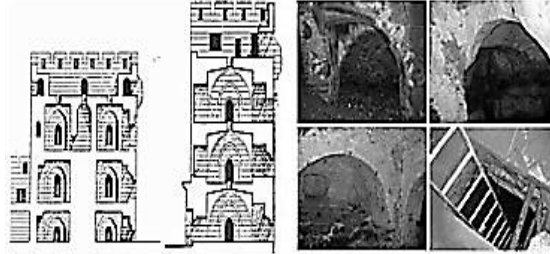
ضيقة ومظلمة وباردة ومخيفة، وخالية من الفتحات ومعدمة التهوية، لا فرش فيها ولا

معدات سوا أدوات التعذيب وبينها ممرات وسرديب تُسبب الزُهَاب والاختناق، شكل(1)، كما استخدموا الأقفال الخشبية والمحاجر كزنازين [12] [17].



شكل(1): نماذج للسجون الرومانية القديمة- [24]

أمّا في الإسلام كان السجن يتمّ في المسجد أو في البيوت والخيام، ثمّ خصص له داراً في عهد عمر بن الخطاب، وفي العهد الأموي صيّرت المباني القديمة من دور وقلاع سجوناً؛ كما شُيّدت عدّة سجون طابقية بخلايا متجاورة ومتراكبة بلا فرش، ومن أشهرها سجن دمشق وسجن حلب [12]، فيما تميزت الدولة العباسية بسجون المطامير، وهي مبانٍ تحت الأرض، بخلايا متجاورة معتمة وغير صحية يُنفذ إليها من خلال سرديب أو دهاليز [3]، شكل(2).



سجون المطامير العباسية
معتقل أموي في قلعة دمشق
شكل(2): نماذج للسجون في الإسلام- [12]

وفيما تقدّم دليلٌ واضحٌ على استخدام السجن كوسيلة عقابية مع تعاقب الأمم والامبراطوريات، كما اتضح سوء استغلالها وأنها كانت تستعمل دون النظر إلى أهدافها وغاياتها الحقيقية التي وضعت من أجلها؛ حيث كان السجن مقتصراً على فراغ الإقامة العقابي ودون أن يحقق أدنى الشروط المعمارية والإنسانية.

1-2- غرف الإقامة في السجون في فترة القرون الوسطى وحتى الحداثة: في زمن الإمبراطور قسطنطين ظهرت فكرة الحبس الانفرادي، وقد خصصت غرفتان في دير لهذه المهمة بالإضافة إلى منازل العقاب الخاصة [2]. وفي فترة القرون الوسطى في أوروبا الغربية، كان يتم الاحتفاظ بالسجناء في أيّ شكلٍ متاح من الهياكل المعمارية الآمنة مثل القلعة (كسجن الباستيل) أو بوابة البلدة أو الأقبية تحت الجسور وفي مساكن خاصة، شكل(3)،



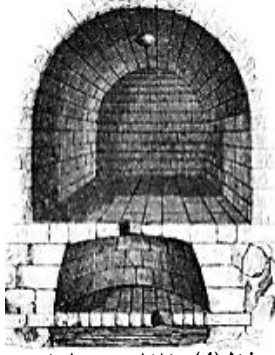
واحدة من أنماط الخلايا الموجودة في سجن الباستيل

غرفة تحت الأرض في سجن براغ القديم

شكل(3): من سجون العصور الوسطى- [23]

وفي أكثر الأحيان، كان السجن عبارة عن حظائر أو أقفاص خشبية توضع في ساحة القلعة. لم يتم تشييد مبانٍ خاصة بالسجون حتى القرن الـ12، وقد بنيت على غرار سجن

مامرتين الروماني مع غرفة مضاءة فوق غرفة مظلمة يتم الوصول إليها من خلال مدخل مخفي، ولكلتا الغرفتين مرحاض مدمج بالجدار وعمود هواء، شكل(4)،



شكل(4): خلايا سجن مامرتين

المعتمدة كثيراً- [23]

واستُخدمت السجون الرهبانية في القرنين الـ11 والـ13 واستمر بناؤها في دول أوروبا الشرقية حتى القرن الـ20، حيث تكوّنت من غرف إقامة معزولة متقابلة في التصميم بلا نوافذ، نادراً ما يتوفر لها الضوء والتدفئة والماء [10]. في أواخر القرن الـ13 انتشر بناء السجون في أنحاء العالم وظهرت فكرة الحبس الانفرادي كوسيلة لتأهيل السجناء وضبط الشغب، وفي القرن الـ14 ظهرت سجون إمبرومبتو، وهي أقفاص خاصة بالسجناء السياسيين وسجناء الدين. ثم ظهرت بيوت العمل والتأهيل في القرن الـ16 وحتى القرن الـ18، وفي حين أن العقلية وراء السجون بدأت تتغير، إلا أن الهندسة المعمارية للسجون وفراغات الإقامة فيها لم تتغير، فكانت هذه المرافق تُشيد على هيئة مربع مجوف أو مستطيل، والقليل جداً منها كانت ذات نماذج معمارية متميزة. أحد أشهر سجون هذه الفترة كان إصلاحية سان ميشيل في روما والذي بني على نظام الاحتواء الخلوي عام 1704م، شكل(5)، للمعماري كارلو فونتانا، ضمن هيكل مستطيل لعقد ثلاثين غرفة إقامة على طول المبنى وبارتفاع ثلاثة طوابق، ولكلّ زنزانة سرير، مرحاض، نافذة

خارجية وباب صلب مع فتحة صغيرة، وكانت جميع الغرف والخلايا مطلة على القاعة المركزية؛ ويُنسب إليه الفضل في كونه أول سجن بزنازين خاصة [17][10].



شكل (5): توزيع خلايا إصلاحية سان ميشيل - [23]

نادراً ما كانت سجون هذا العصر مؤمنة بتمديدات صحية ونظام تهوية، والظروف الرهيبة لها جعلت الإصلاحيين يدعون بصوت عالٍ إلى بناء سجون جديدة أنظف وأقل اكتظاظاً. لذا حددت بريطانيا مجموعة من المبادئ التوجيهية لبناء السجون [19]؛ وكان حلّ هذه المشكلة بزيادة المراقبة بهدف التحكم وفرض السيطرة والتأهيل؛ مما أدى لظهور تخطيطات مختلفة للسجون: مستطيلة ودائرية وشعاعية. وعلاوة على ذلك، فقد تم اختراع الحديد الذي استُخدم في النوافذ والأبواب والأرضيات والجدران، وعُرفت التدفئة المركزية وأنظمة التهوية والسباكة واستخدمت على نطاق واسع، مما أحدث تغييراً في كيفية تصميم السجون التي استندت إلى تشكيلات تعتمد المربعات ذات الفناء، والخطط المستطيلة والحاملة على شكل حرف H وتحسنت فيها مستويات الأمن والصحة [20]. غير أن ترتيب الخلايا ضمنها جعل من الصعب مشاهدة السجناء، وباتت مسألة المراقبة ملحة، فجاء مقترح بينثام مليباً.

1-3- غرف الإقامة في السجون من بداية الحداثة حتى الزمن الراهن:

شهد تاريخ السجون العديد من استراتيجيات التصميم التي تمّ تنفيذها بشكل متكرر في جميع أنحاء العالم. ارتبطت أكثر هذه الاستراتيجيات وتسمياتها بنمط توزيع فراغات الإقامة في السجن. وترجع تصاميم السجون في فترة بداية الحداثة إلى أشهر تصميمين

لعمارة السجون وهما: **1-سجن الدولة الشرقية(Eastern State Penitentiary)** في فيلادلفيا عام 1821م وقام على فكرة العزل والعمل في الزنزانة. وكان التصميم للمعماري جون هافيلاند -نموذجاً للتصميم الشعاعي الذي انتشر في عدة دول-مكوناً من برج مركزي بشكل مُثَمَّن يتشعب منه 7 ممرات شعاعية طويلة تتوزع على جانبيها زنانات المساجين الانفرادية بطابق أو طابقين، وتتصل بكلّ زنزانة باحة خارجية صغيرة من الخلف تحيطها جدران عالية، بحيث لا تسمح للمساجين برؤية بعضهم البعض [13]. كانت الزنازين ذات أبعاد 3.60×2.45 م بارتفاع 3م، وتتوسط السقف فتحة زجاجية بإسم عين الله، لكي يشعر المساجين أنهم تحت المراقبة الدائمة من الله. ويُدخل الطعام من خلال فتحة صغيرة في الباب الرئيسي، وقد احتوت كل زنزانة على سرير وصنوبر مياه ومرحاض، وكان السجن يحتوي على بعض أفضل المعايير للتهوية والتدفئة والسباكة حينها [10]، الشكل(6).



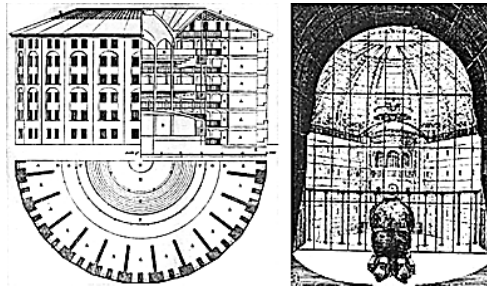
شكل(6): مسقط سجن "الدولة الشرقية" في فيلادلفيا والزنانات وتظهر فيها الخدمات وفتحة عين الله -[23]+ [13]

أثبتت تجربة سجون العزل فشلها حيث ظهرت بين المساجين عدة اضطرابات نفسية بسبب العزلة [10]، ولم تكن غرف الإقامة فيها ملائمة ولم تلبي احتياجات السجناء؛ فتمّ التوجه إلى نظام السجون الجماعية التي يقيم فيها أكثر من سجين في زنزانة واحدة، ويتشارك السجناء فيها عدة خدمات [10]، وقد أدخلت عليها تحسينات مع مرور الزمن، شكل(7)، وياتت العنابر جزءاً من نظام غالبية السجون.



شكل(7): نموذج لفراغ إقامة جماعي في أحد سجون الحداثة قبل وبعد التحسينات-[24]

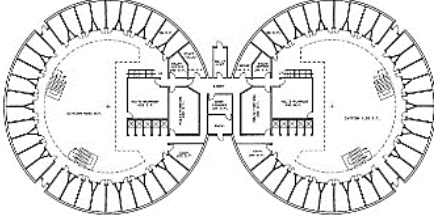
2-سجن نظام المراقبة (بانوبيتيكون Panopticon): كانت لندن مكان ميلاد السجون الحديثة، فقد بدأ الأمر منذ القرن الـ19 في إنجلترا، على يد الفيلسوف والمعماري جيرمي بينثام الذي رسم مخططاً لمبنى دائري مصنوع من الحديد والزجاج، وكان للخلايا قضبان على واجهتها، شكل(8)، وتتمتع بنظام تدفئة وتبريد، ملتفة حول برج مراقبة مركزي بصري وسمعي؛ حيث كانت هناك أنابيب صوتية تصل الزنزانات بالبرج [22]، ويهدف التصميم إلى وضع جميع من في السجن تحت المراقبة الدائمة، وفصلهم بطريقة لا تؤدي لشعورهم بالانعزال وذلك لقربهم الجسدي ضمن التصميم[16]، وفي الثلاثينيات من القرن الـ19، أصبح مفهوم "بانوبيتيكيزم" يشكل المبدأ الرئيس لتصميم السجون؛ حيث اعتبر أفضل طريقة لإثبات أنه يمكن للمعمار أن يلعب دوراً في الضبط والمراقبة[15].



شكل(8): مخطط بينثام الدائري "بانوبيتيكون"-[23]

حيث بنيت نسخة محدثة في إلينوي في القرن الـ20 ومازالت قيد الاستخدام حتى اليوم، شكل(9). كما ظهرت تصاميم السجون شبه الدائرية والنصف دائرية التي استخدمت في

جميع أنحاء أوروبا، شكل(10)، وتتوزع فيها خلايا الإقامة المجهزة بسرير والمتجاورة على محيط السجن.

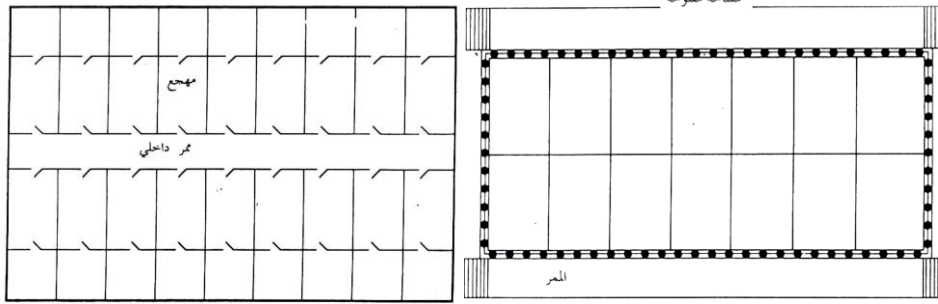


شكل(10): مسقط سجن دائري قام على نهج بينثام-[23]



شكل(9): سجن Joliet، إلينوي-[23]

وفي عام 1816م تمّ بناء سجن أوبورن؛ مع غرف إقامة متعددة تحتجز ما بين اثنين إلى عشرة سجناء ضمن أجنحة، وأصبح نظاماً متّبِعاً، شكل(11)، ومن ثمّ عدّل نظام سجن الدولة الشرقية، ليتم توزيع الخلايا على خمسة مستويات في وسط مبنى طويل، مما حجب الضوء الطبيعي وألغى التواصل مع الخارج وأثر سلباً على صحة السجناء[11].



المسقط الأفقي لسجن بنسلفانيا

المسقط الأفقي لسجن أوبورن نيويورك

شكل(11): تصميم خلايا الإقامة في سجون نظام أوبورن-[23]

يعتبر المهندس المعماري البريطاني وليام بلاكبيرن، الأب لخطة السجن الشعاعي، وقد بنى ثمانية عشر سجناً من 1785-1790م، وقد سمحت له هذه السجون بتصميم الفراغات بشكل متجانس مع صفيقات على شكل مراوح وقاعات مركزية ذات جناحين. ومن ثمّ أصبحت المسابقات العامة لتخطيط السجون شائعة من 1780-1840م. وكان

للخطة الإشعاعية في تصميم السجون الأفضل الثابتة. وفي نهاية القرن الـ19 دخلت عمارة السجون مرحلة ثبات وركود وظهر نظام قطب الهاتف المستوحى من نظام مشافي القرن الـ18، مؤلفاً من سلسلة من الخلايا على هيئة كبائن الهاتف متوازية ومتصلة بواسطة ممر متشابك. وكانت مرافق الخدمة والفعاليات الأخرى لكل من السجناء وموظفي السجون موزعة فيما بين كتل خلايا الإقامة. لم يصبح هذا النظام شائعاً مثل الأنماط الشعاعية أو نظام أوبرن، ولكنه كان مهماً لأنه أظهر تحولاً في سياسة السجون مرة أخرى [10].

هذا التصميم يسمح بتوسع السجون لاحتجاز المزيد من السجناء أكثر من غيره، فكان سجن فرسنيس الذي بُني في عام 1898م في فرنسا، يحتوي على ست كتل من الخلايا تحتوي على ألفي زنزانة قابلة للزيادة، شكل (12).



شكل (12): سجن فرسنيس - [23]

واستمرت سجون هوبكنز التي اعتمدت نظام قطب الهاتف في تحدي الأعراف المعمارية من خلال تصاميم على نمط السكن الجامعي في الثلاثينات من القرن الـ19. حلّ آخر كان شائعاً في ثلاثينيات وأربعينيات القرن الماضي كان عبارة عن سجن صندوقي بفناء، وكان مخططه يتكون من أربع كتل مختلفة من الخلايا بدلاً من التوزيع النموذجي للخلايا. في بدايات القرن الـ20 زادت المطالبة بتصاميم أكثر إنسانية، إصلاحية لا عقابية، وتمّ الخوض في عدة دراسات وتجارب لبناء سجون تأهيلية أقرب لنظام السكن [17] وكانت متعددة التصاميم المعمارية المطابقة للمعايير الإنسانية، ومن أشهرها

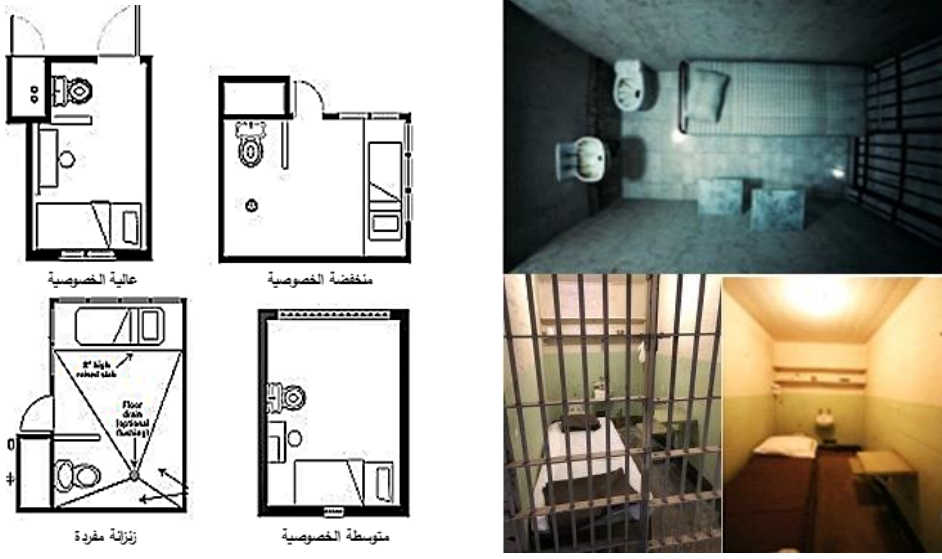
سجنّي هالدن وليوبين، شكل(13)، فغدت فراغات الإقامة تأهيلية بعد أن كانت عقابية. وقد شهد العالم ذات المراحل الانتقالية، حيث كانت غالبية السجون غير لائقة بالإنسان ومكتظة وغير منظمة والزنازين فيها أشبه بالكهوف؛ مظلمة سيئة التهوية والخدمات، مما تسبب بالعديد من الأمراض والأضرار الجسدية والنفسية للسجناء، ودفع بالاتجاه نحو الإصلاح وبناء سجون تتناسب مع فكرة التأهيل، وإعادة تأهيل وتحسين مواصفات سجون قائمة.



شكل(13):غرف الإقامة في مركز العدالة ليوبين في النمسا-[24]

ثانياً-أنواع غرف الإقامة في السجون ومستلزماتها: تعتبر غرف الإقامة أو خلايا النوم في السجن فراغات سكنية عقابية أو تأهيلية، وهي الزنازات والعنابر (المهاجع)، ولها عدة أنواع وأشكال وتصاميم تختلف حسب نمط السجن ونوعه.

1-2-الزنازات: هي فراغ يستوعب من نزيل إلى 4 نزلاء مساحته 2.5×3 م²، وتختلف أنواع الزنازات حسب الخصوصية: منخفضة ومتوسطة وعالية الخصوصية، شكل(15)، وتختلف حسب عدد المستخدمين ونوع الاستخدام؛ كزنازات الحبس الإفرادي أو العزل عند المخالفة والزنازات المعدّة لذوي الاحتياجات الخاصة والزنازات الجماعية، شكل(14+16).



شكل (15): مساقط أفقية للزنازلة وفق الخصوصية- [23]

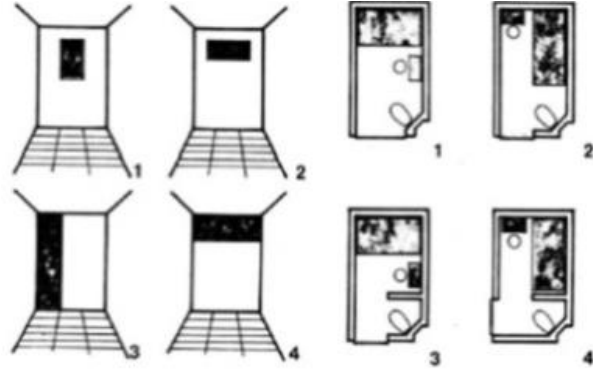
شكل (14): مسقط ومنظور زنازلة مفردة- [23]



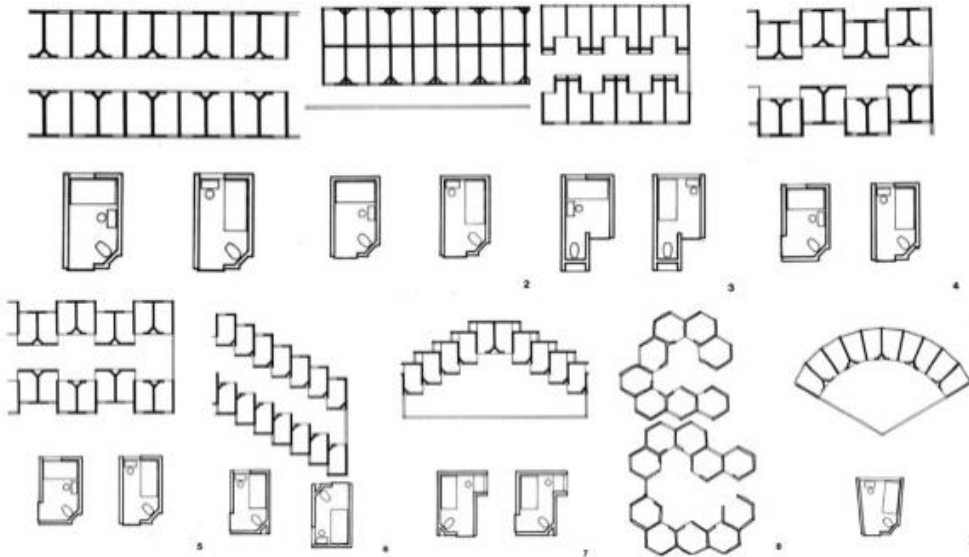
شكل (16): زنازين لشخص (حبس إفرادي) ولشخصين ولأربعة أشخاص- [23]

يجب أن تصمم غرف وزنازين السجناء كأماكن للمعيشة الانفرادية وبما يشابهه غرف السكن الجامعي بحيث يكون الأثاث قابلاً للتحريك والطي بأكثر عناصره لتوفير أكبر قدر من المساحة الحرة للحركة وقد تكون الأبواب مفصلية أو مروحية من الخشب أو المعدن المفرغ أو المعدن الصلب مع فتحة توصيل، وربما يكون للنزلاء مفاتيح خاصة يتحكمون من خلالها بالغلاق الداخلي مع الحرص على ألا تكون الأقفال من النوع الخطير والعصي الفتح فقد تتسبب بوفاة السجناء وعدم القدرة على إنقاذهم من الانتحار وفي حالات الطوارئ، وتكون الغرف مزودة بحمام خاص أو بحمام مشترك، وبنوافذ خارجية في بعض أجزائها ذات درجات متنوعة من الأمان، شكل (17+19)، كما يجب أن تجهز بجهاز

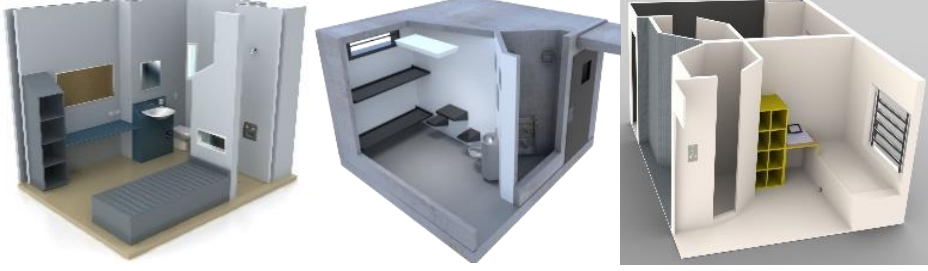
إنذار وإبلاغ وميكروفون إذاعة وأجهزة راديو وجهاز تنصت وكاميرا مراقبة وبالتجهيزات والتمديدات الكهربائية الضرورية، كما ويجب أن تكون مواد تشطيب الأسطح ذات مقاومة ومتانة وديمومة وسهلة الصيانة والتركييب [9]. وتكون الزينانات متجاوزة كصف واحد أو مع انزياحات أو متقابلة أو مجمعة حول صالة معيشة وخدمات مشتركة، شكل (18).



شكل (17): نماذج لطرق توزيع الفتحات والفرش- [23]



شكل (18): نماذج لتجميع الخلايا والزنازين الإفرادية ومساقطها الأفقية المتنوعة في السجون- [23]

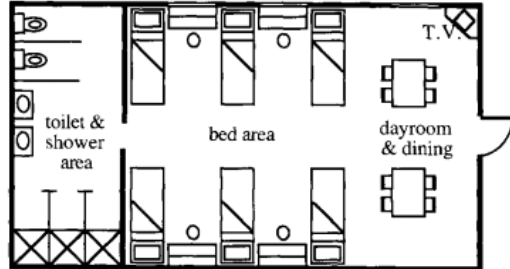


شكل(19): بعض نماذج لتصميم وتوزيع وفرش غرف الإقامة في السجون-[23]

2-2-العنبر: هو فراغ يستوعب عدد من النزلاء يختلف باختلاف مساحته وسعته وبحسب نمط الأسرة فيه مفردة كانت أم طابقية ولا يجوز أن تتعدى الثلاثة طوابق، ففي حال عنبر يستوعب 18 نزيل تكون مساحته $5,5 \times 11$ م²، شكل(20). ويجب أن يصمم بضمان راحة المراقبة البصرية وبراغي ذوي الاحتياجات الخاصة وبحيث يتم تجنب الأسرة ذات الأسطح المزدوجة ويكون لكل سجين خزانة صغيرة متصلة بالسرير أو ضمن تصميمه أو أسفله أو ضمن مجموعة خزن جدارية، ويفضل ترتيب الأسرة في مجموعات متخالفة أو متعاكسة بحيث تسمح بالمرور والحركة وتجنباً للنظام الشبكي القاسي الذي يؤثر سلباً على نفسية السجناء، وغالباً ما تخصص مساحة 5م² لكل سرير. يجب ألا تتخطى سعة العنبر الـ30 شخصاً ويفضل أن تكون تحت الـ20 شخصاً ضمناً للخصوصية، شكل(21)، وتثبت وحدات الإضاءة ضمن مجموعات حول مناطق النوم، ولحلّ مشكلة المراقبة تكون النهايات المفتوحة باتجاه منطقة التحكم، وتزوّد العنابر بالكراسي والطاولات خاصة في حال عدم وجود غرفة أنشطة يومية تابعة لقسم العنابر، كذلك يزود بعدد من دورات المياه والأدواش[9].



شكل(21): نموذج لفرش عنبر بأسرة مركبة-[24]



شكل(20): مسقط أفقي لفراغ عنبر يستوعب 8 نزيل-[23]

ثالثاً-معايير تصميم غرف الإقامة في السجون: تنص المبادئ والمعايير الدولية على التقيد بتوفير ظروف معيشية للسجناء تحفظ كرامتهم، ولا تؤدي لزيادة معاناتهم ولا تؤثر سلباً على صحتهم، لذا ينبغي مراعاة عدة شروط ومعايير للتصميم الداخلي للسجون وخاصة لغرف الإقامة وهي[5]:

3-1-المعايير البيئية: الاهتمام بالمعايير البيئية داخل فراغات الإقامة في السجون يُساعد على المحافظة على سلامة السجناء، ومن أهم هذه المعايير ما يأتي:
***التهوية:** يجب أن تكون نسبة التهوية 4% من المساحة الكلية للغرفة، ولا تشمل هذه النسبة مساحة الأبواب والمناطق المحمية بالقضبان، حيث توفر ما مقداره 0.1-1.4م³ من الهواء في الدقيقة للفرد.

***الإضاءة:** ينبغي توفير ضوء طبيعي كافٍ لغرف الإقامة حيث تكون نسبة الإضاءة 8% من المساحة الكلية للغرفة، وأن تصل الإضاءة لعمق يصل إلى ضعفي المسافة من الأرض إلى أعلى النافذة، وأن يكون ارتفاع النافذة يسمح للسجين بأن ينظر عبرها.

***الحرارة:** يمكن التحكم بالحرارة بصورة عامة عن طريق تظليل النوافذ، وتوجيه نوافذ غرف السجناء إلى جهة الشمال والجنوب لتقليل الحرارة الشمسية، إذ يجب أن تكون درجات الحرارة 15-25 درجة مئوية للمناخات المعتدلة، و 20-30 درجة مئوية للمناخات الدافئة. ولتحقيق حرارة معتدلة في المناطق المختلفة يجب الالتزام عند التصميم بما يلي:

1-المناطق الدافئة: وضع مواد عزل للسجن وخاصة غرف الإقامة، وزيادة نسبة منطقة التهوية من المساحة الكلية للغرفة.

2-المناطق الحارة: يجب تصميم السقف مرتفعاً لزيادة التهوية، ويمكن عمل فتحة في السقف أو تركيب حواجز حرارية مشعة داخل فراغ السطح.

3-المناطق الباردة: يجب عزل السجن جيداً لتقليل تكلفة التدفئة، ويُفضل استخدام أنظمة التدفئة عن طريق التدفئة الإشعاعية الأرضية أو من السقف، لأنها لا يمكن أن تُستخدم كأسلحة وأدوات تخريب.

3-2- المعايير التصميمية لفراغات الإقامة:

* **غرف السجناء (الخلايا):** وهي على نوعين؛ غرف سجن لشخص واحد والتي يجب أن تكون مساحتها 5.4م²، وغرف مزدوجة تكون مساحتها 3.4م² للشخص الواحد، أما المسافة بين جدران الغرف (الخلايا) فيجب ألا تقل عن 2.15م، وارتفاع 2.45م.

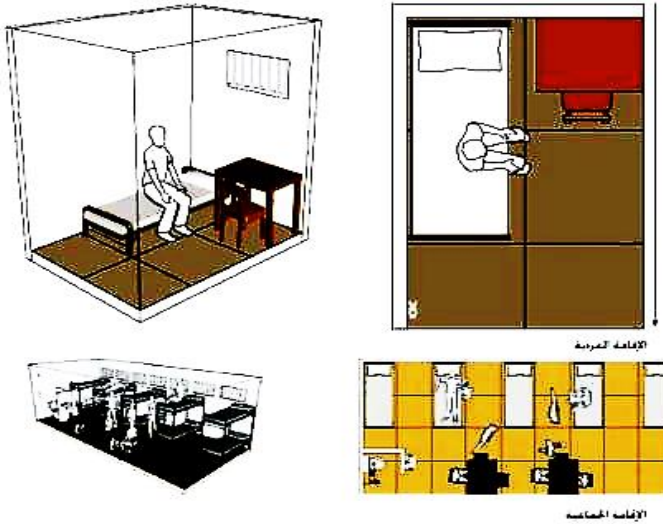
* **غرف المهاجع (العنابر):** هي غرف تضم مجموعة من السجناء، وعادةً ما يُستخدم فيها الأسرة الطابقية. ينبغي أن توفر مساحة 3.4م² للشخص الواحد في حالة استخدام الأسرة المفردة، ومساحة 2.6م² للشخص الواحد في حالة استخدام الأسرة الطابقية المزدوجة، ومساحة 2.3م² للشخص الواحد عند استخدام الأسرة الطابقية الثلاثية. أما ارتفاع العنبر فيجب ألا يقل عن 2.45م.

* **المرافق الصحية:** يُفضل عمل مرحاض لكل خلية في السجن، أما إذا كان ذلك صعباً فيجب توفير حمام واحد على الأقل لكل 25 سجين. أما مرافق الاستحمام فتكون خارج الزنازين، ويجب توفير مرفق استحمام على الأقل لكل 50 سجين.

3-3- معايير أخرى تتعلق بالمقاييس والمواد: مثلاً: نوع النوافذ التي يتم تركيبها، حيث لا تقل منطقة النافذة عن 10% من مساحة أرضية الغرفة، وتكون تلك النوافذ أعلى جدار الغرف، ويمكن رؤيتها من أبراج المراقبة وتسمح ببعض التواصل مع الخارج، وهناك مقاييس تتعلق بالأبواب فلا تكون قابلة للخلع أو الكسر، ومعايير تخص الأرضيات والجدران، حيث يتم الاهتمام بحقوق السجن من الناحية الإنسانية، فلا يتم عقابه إلا بحجز حرته، وليس بتركه يقضي مدة عقوبته في بيئة لا تصلح للعيش الآدمي، فيجب الاهتمام بالعزل وبالتمديدات الصحية وبيوماد الإكساء ونوعيتها وممانتها فلا ترشح المياه من الأسقف والجدران في الشتاء ولا تملأ القوارض والحشرات غرف الإقامة بسبب سوء شبكة الصرف الصحي وغيرها، بالإضافة إلى وجوب تشييد وتركيب كلّ المكملات والمتعلقات بالتصميم الداخلي والأثاث في فراغات الإقامة، مع لخط ألا تكون قابلة للاستخدام لأعمال العنف داخل السجن وإلحاق الأذى بالسجناء الآخرين، أو لجوء السجن إلى الانتحار بواسطتها.

3-4- معايير الإقامة ونسبة الإشغال للفرد في فراغات الإقامة في السجون [7]:

يقيم السجناء في بيئات متباينة، فمنهم من يقيم في زنزانة فردية ومنهم من يقيم في زنزين مزدوجة، وآخرون في غرف مع بضعة محتجزين، وينزل غيرهم في عنابر تضم أعداداً كبيرة. وتتوفر في بعض السجون مساحات ملائمة للمحتجزين، إلا أن الاكتظاظ الشديد للأسف هو السمة الشائعة في غالبية السجون. وتحسب متطلبات المساحة المخصصة للفرد بناء على مساحة السجن الكلية التي يسمح للمحتجزين عادة بالوصول إليها، وتتراوح المساحة الكلية التي حددتها اللجنة الدولية للفرد الواحد ما بين 20 و 30م² بدون مراحيض، ففي بعض السجون هناك زنزين وعنابر خالية من التجهيزات، حيث يفترش المحتجزون الحصى وغيرها، وتعد المساحة الأرضية المتاحة غير كافية في كثير من هذه السجون لاستلقاء جميع السجناء في وقت واحد، وتكون المضاجع في حال توفيرها بمستوى واحد أو عدة مستويات على شكل أسرة متراكبة من طابقين أو ثلاثة. ومن ناحية أخرى، هناك سجون يقيم فيها المحتجزون سواء في زنزين فردية تحتوي على سرير ورفوف، ومرحاض ودُش؛ أو في خلايا وعنابر مخصصة لإيواء فردين أو أكثر وفيها أسرة ورفوف، ومنطقة منفصلة للمرحاض ووحدة للاغتسال وذلك داخل محيط مكان الإقامة، الشكل (22).



شكل (22): الزنزانات وعنابر الإقامة الجماعية- [23]

تحدد بعض السجون لكلّ فئة من المحتجزين معايير مختلفة للإقامة، كما وتقوم عدة بلدان بوضع معايير وطنية في ظلّ غياب المعايير العالمية، وقد حسبت اللجنة الدولية المساحة المطلوبة للنوم على سرير بـ 1,6م² ومساحة المراوض ومنطقة الدُش بـ 1,2م² وتوصي اللجنة الدولية بالموصفات التالية باعتبارها المساحة الدنيا المطلوبة ليتمكن المحتجز من النوم دون إزعاج، وتخزين أغراضه الشخصية، والتحرك دون عائق، ففي حال الإقامة بعنبر يتسع لـ 10 محتجزين تعطى مساحة 3,4م² للمحتجز من المساحة الكلية، فيما ينبغي أن تكون مساحة الزنزانة المعدة لأربعة أسرة فردية 13,6م² أي (3,4م² لكل محتجز×4)، أما إذا وضعت فيها أسرة متراكبة ذات مستويين تكون مساحة الزنزانة 10,4م² ويتم حساب ذلك بطرح مساحة سريرين فرديين 1,6م²×2 وهي المساحة التي وفرها وجود أسرة متراكبة ذات مستويين، من المساحة الكلية التي يحتاجها أربعة أفراد ينامون على أسرة فردية حيث تشغل الأسرة المتراكبة مكاناً أقل من المساحة الكلية للزنزانة، إلا أنه في كلتا الحالتين تظل المساحة المفتوحة المتاحة لأربعة أشخاص، باستثناء مساحة السرير، هي ذاتها، أي 7,2م². أما مدى ملاءمة المواصفات التي توصي بها اللجنة الدولية في حالة ما، فيتوقف على عدّة عوامل أخرى تتضمن مايلي: الاحتياجات الشخصية الخاصة والصحية للسجناء- الحالة المادية لمباني السجن- مقدار الوقت الذي يمضيه المحتجز في فراغ الإقامة- الأنشطة التي تُمارس داخل فراغ الإقامة- عدد الأشخاص داخل فراغ الإقامة الواحد- أعمار المحتجزين والمسائل المتعلقة بنوع الجنس- مقدار الضوء الطبيعي ومدى ملاءمة التهوية؛ سائر الخدمات المتاحة- مدى الإشراف. وينبغي أن توجد المراحيض داخل فراغات الإقامة أو بالقرب منهما، وأن تكون صالحة للعمل ونظيفة دائماً. وبما أن الضوء الطبيعي ضروري للحفاظ على الصحة البدنية والعقلية؛ ينبغي أن تكون النوافذ بحجم يُمكن المحتجزين من مشاهدة جزء من البيئة الخارجية، فضلاً عن تحسين التهوية والإنارة مما يحدّ من التوتر والإجهاد، ويخفف من الآثار السلبية لشدة وطأة التجاور في الحبس، ويجب أن تصمم فتحات التهوية على نحو يُلائم المناخ، ويمكن فتحها وغلقها من قبل

السجناء والموظفون، ويجب أن تكون فتحات التهوية والقضبان مصنوعة من مواد قوية وينبغي تثبيتها بحيث لا يمكن إزالتها، شكل(23).



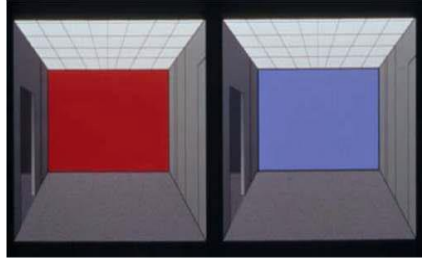
شكل(23): النوافذ المحمية في غرف الإقامة-[23]

رابعاً-عناصر التصميم الداخلي لغرف الإقامة في السجون وأثرها على السجناء: إن قضايا التصميم الداخلي ومشكلاته في السجون تأخذ حيزاً كبيراً في معظم الأبحاث والاستبيانات كونها تنعكس على الصحة والحياة، حيث يمكن القول بأن معادلة الضوء الطبيعي في مقابل الظلام هي بالنسبة للسجين توازي معادلة الحرية مقابل الأسر. كما أن معظم المشاكل تنشأ من نقص النوافذ والإطلالات والإضاءة السيئة ونقص التهوية والألوان العاتمة المستخدمة والأثاث المتهاك. وهناك شروط عامة تكشف عن الاتجاهات الحديثة في تصميم غرف الإقامة، فينتعين أن توفر للسجناء مستوى إنسانياً يبتعد عن مظاهر الإذلال والكآبة. فقد تم مؤخراً إدراك أهمية عناصر التصميم؛ وأخذ بعين الاعتبار حقّ السجناء بالوصول إلى الضوء الطبيعي وتحقيق الراحة الحرارية وشروط التهوية الصحية في فراغ الإقامة. من الواضح أن النوافذ تلعب دوراً مهماً في تعظيم قدرة السجناء على العمل حيث أنها توفر له ضوءاً طبيعياً واتصالاً بالعالم الخارجي ومصدراً للمعلومات حول المكان، مما يؤثر على سلوكه ومزاجه، وبسبب تكلفة تركيبها وارتباطها بالقضايا الأمنية والعقابية، يجب وضع تصميم متوازن لها بما يضمن راحة النزلاء وأمن السجن معاً[8]، شكل(24).



شكل(24):إضاءة غرف الإقامة في سجون إصلاحية-[24]

كما أن اللون يلعب دوراً أساسياً في التصميم الداخلي لأنه يُدرك على الفور وبإحساس بصري مباشر؛ فتعمل الألوان على تحديد الأشكال والمساحات وتلعب دوراً في إعطاء اتزان بين الكتلة والفراغ، وتعطي الفرد شعوراً بالفراغ المحيط على غير حقيقته؛ فاستخدام الألوان الفاتحة والباردة يُعطي شعوراً باتساع الفراغ وبالتالي تتكون عواطف مثل الهدوء والاسترخاء والسكون، واستخدام الألوان الداكنة والدافئة يعطي شعوراً بضيق الفراغ فتتكون عواطف التوتر والضغط والانزعاج. كما يوضح الشكل(25)، ولألوان دور مهم في تعزيز العواطف داخل الفراغ والتأثير النفسي المنعكس على السلوك البشري، ومثلها الخطوط والأشكال؛ فكل لون يمثل مزاجاً معيناً ويرتبط ببيئة معينة تقابل توقعات ومشاعر، وعليه يجب تهيئة فراغات الإقامة في السجن باستخدام ألوان محفزة إيجابياً سواء للجدران أو الأرضيات أو مواد الإكساء أو الأثاث، توحى بالاتساع وتبعث على الشعور بالراحة والاستقرار، وتمنح شعوراً بالدفء في المناطق الباردة وبالعكس، مع وجوب الابتعاد عن استخدام الألوان القاتمة والماصة للطاقة، والاهتمام باختيار الخامات والأشكال ذات السطوح الملساء والابتعاد عن الأشكال الحادة والزوايا والانتباه للون الإضاءة المستخدمة في فراغ النوم وتجانسها مع ألوان العناصر[6].



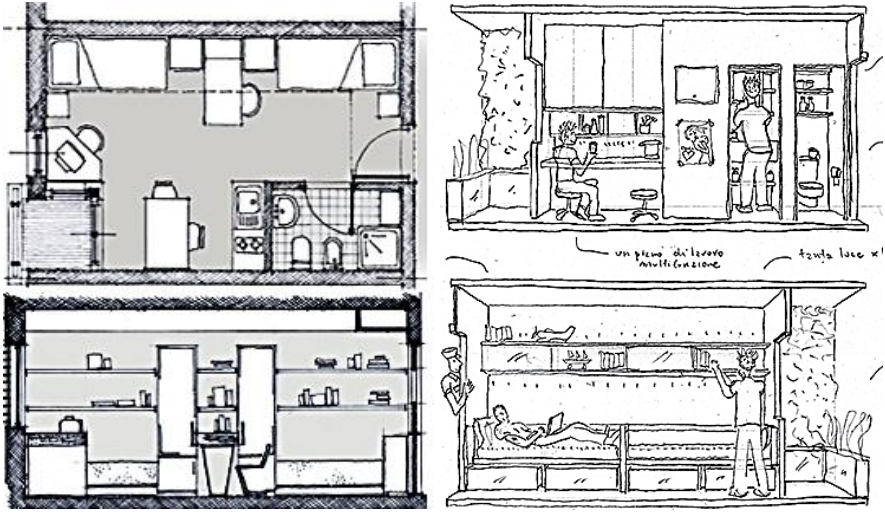
شكل(25): تأثير اللون في حل مشكلة الفراغ-[4]

وعليه فإنّ العديد من عناصر التصميم الداخلي المختلفة المستخدمة في السجون تحفز مستويات مختلفة من الطاقة تؤثر على سلوك السجناء، وتساعد على فهم العلاقة بين كلّ عنصر تصميم ومزاج النزول وسلوك الفراغ واستنباط قوة القيمة الملموسة وغير الملموسة للمساحة. فمثلاً وجود حاجز فصل يضمن الخصوصية في المساحة المتاحة للسجين ضمن مناطق الإقامة وفي الزنزانات يعد سبباً في إلغاء فكرة التسلط والتمييز ويسلط الضوء على فكرة العدالة والمساواة في الحقوق ويخفف من تجاوزات بعض السجناء ويعلمهم على الالتزام والنظام، كذلك استخدام أثاث وفرش بسيط وعملي ومتشابه ومريح- وبأسطح مستوية تتيح تعدد الاستخدامات والتوظيفات-يؤثر إيجاباً على نفسية وسلوك السجناء، خاصة في حال كانت المواد المصنوع منها متينة وذات ألوان فاتحة تمنح الشعور بالسعة والنظافة والإشراق والشبه بغرف النوم في المنازل، حيث يمكن استبدال المعدن بالخشب، أو ترك متنفس للسجين من خلال اختيار غطاء السرير المناسب له، مع تأمين خزانة بجرار خاص يقفل لحفظ أغراضه الشخصية وهذا يعزز الشعور بالخصوصية[21]، شكل(26).



شكل(26):غرف إقامة نموذجية في سجون تأهيلية-[23]

وبما أن التصميم والنظام العام المتبع في أيّ فراغ له تأثير على مزاج الساكن أو المستخدم؛ فهذا يؤكد أن الخلايا الضيقة والقائمة ذات القضبان الفولاذية لا يمكن أن تحفز أي طاقة إيجابية في الفراغ بل على العكس تماماً فهي تشجع على الاكتئاب والتوتر. ولربما كان النموذج المتبع في السكن الجامعي وسكن الموظفين الجماعي نموذجاً جيداً لتعميمه في السجون في فراغات الإقامة على وجه الخصوص، الشكل(27)، وهذا ما اعتمده السجون التأهيلية في تصاميمها منذ بداية القرن الـ20.



شكل(27): تصميم لخلية على نمط السكن الداخلي-[23]

ومن هنا يتضح وجوب أن تكون المساحات مدروسة حسب سعة السجن، والتأكيد على وجود خلايا فردية ومزدوجة وجماعية واسعة ونظيفة ومضاءة وذات تهوية جيدة ومؤمنة بالتجهيزات الصحية ومجهزة بأثاث بسيط مع ألوان مريحة والابتعاد عن استخدام المعدات والأدوات والزوايا الحادة خاصة في غرف إقامة النساء والأحداث، شكل(28)، كما يجب لخط ألا تكون الأسقف عالية جداً ولا منخفضة جداً وأن تكون مواد البناء والإكساء متينة ومقاومة وسهلة التنظيف والصيانة وذات عزل[8].



شكل(28): نموذج لغرفة سجين مثالية وأهم محتوياتها-[23]

وقد تركز الاهتمام على عناصر غرفة الإقامة، حيث إنها الأكثر تأثيراً على السجين إذ يقضي جُلّ وقته فيها، لذلك اهتم الباحثون والمصممون بدراستها وجعلها محور التصميم داخل السجون الإصلاحية ووضعو لها مواصفات خارجية وداخلية خاصة. فقد وضع جي فارستن (Jay Farbstein) مواصفات خاصة لغرفة السجين من أهمها [1]:

أ- أن يستخدم السجين حمام الغرفة مدة 24 ساعة بدون مساعدة المسؤولين، وأن يحتوي الحمام على مغسلة وصنبور مياه حارة وباردة، إضافة إلى المراض.

ب- أن تحتوي الغرفة على سرير مرتفع عن الأرض وطاولة للقراءة وكرسي للجلوس.

ت- أن تدخل الإضاءة الطبيعية إلى الغرفة.

ث- ألا تقل مساحة الغرفة المخصصة للشخص الواحد عن 6,5 م²

ج- أن تكون شدة الإضاءة 20 شمعة على الأقل وذلك على مستوى طاولة القراءة.

ح- أن تكون كمية الهواء التي تدخل إلى الغرفة على الأقل 0,57 متر مكعب/الدقيقة.

خ- أن تكون درجة الحرارة في الشتاء والصيف في معدل نطاق الراحة.

د- ألا يتعدى مستوى الضجيج 70 ديسبل في النهار، و45 ديسبل في الليل.

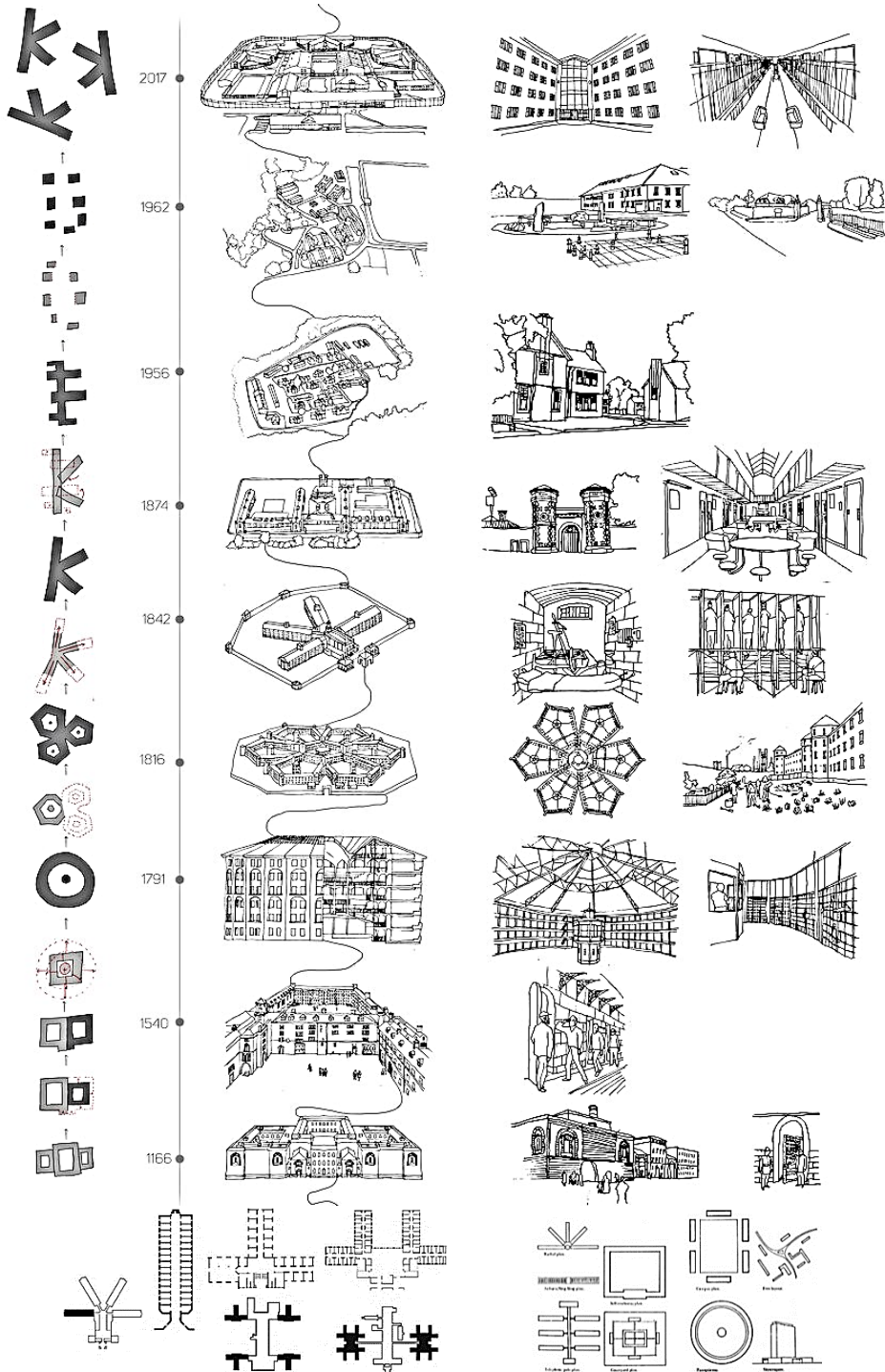
ذ- ألا تقل أماكن الاستحمام عن وحدة لكل ثمانية نزلاء وأن تزود بالمياه الحارة والباردة.

خامساً-دراسة تطور فراغات الإقامة معمارياً ومدى تلبيتها لاحتياجات السجناء:

قديمًا في المباني التي تمّ تكييفها كسجن مثل الأقبية والأديرة والقصور والقلاع أو المباني التراثية؛ كانت فراغات الإقامة عبارة عن غرفة معزولة أو عدّة فراغات وغرف تتوزع في محيط فناء وغالباً لم تحظَ بفرش وخدمات، ومن ثمّ بدأ تصنيف السجون حسب أنماط تتبع تكوينها وتوزيع فراغات الإقامة فيها وغدت هذه الأنماط والأنظمة نماذجاً متبّعة وقابلة للتكرار والتعديل مع مرور الزمن، شكل(29)، وهي تباعاً كالتالي: النمط الصندوق

ويعود لما قبل عام 1890م- نمط البانوبتيكون أو نظام بينثام والذي ظهر في القرن الـ18 واستمر حتى القرن الـ20- النمط الشعاعي وقد ظهر في الفترة التي سبقت عام 1890م ومازال مستخدماً حتى الآن- نمط قطب الهاتف وقد عُرف بالقرن الـ19 وتمّ تشييد سجونته بكثافة في منتصف 1940م وأدخلت عليه تطويرات وتعديلات في القرن الـ20 واستمر حتى الآن- النمط التدريجي أو الخطي وظهر عام 1889م- النمط الهجين ظهر في ثمانينات القرن الـ20 حيث تمّ تنقيح العديد من التصميمات الأصلية للسجون، مما أدى إلى قلب قدرتها التصميمية والاستيعابية ودمج عدّة أنماط في سجن واحد- نمط الإسكان الجامعي وظهر في القرن الـ20 تلبية للمناشدات المُطالبه بنماذج تأهيلية إنسانية وضمت عدّة أنماط تصميمية ضمن مجمّع أقرب مايكون لقرى مصغّرة أو لنظام مجمّع الحرم الجامعي[4]، وبالاستناد إلى ماسبق ذكره في الدراسة النظرية، ستتمّ دراسة فراغات الإقامة في نموذج لسجن من كلّ نمط وبيان مدى تلبية احتياجات السجناء، ومن ثمّ بيان التطورات التي طرأت على عناصر التصميم الداخلي من القديم وحتى الآن.

تطور فراغات إقامة السجناء في السجون، ومدى ملاءمتها لاحتياجاتهم



شكل (29): التطور النمطي لتصميم وتوزيع خلايا الإقامة في سجون أوروبا والعالم-[23]

5-1- فراغ الإقامة في سجن مامرتين القديم جداً: وهو أشهر السجون الرومانية وما زال موجوداً حتى اليوم، بُني في 640 ق.م وتمّ توسيعه فيما بعد حيث ظهر بناؤه على شكل زنزانة بطابقين تقع تحت نظام الصرف الصحي الرئيسي في روما؛ فهو عبارة عن غرفتين دون فرش تعلو إحداهما الأخرى؛ الغرفة العليا ذات أبعاد $6,71 \times 9,15$ م وهي واسعة نسبياً مقارنة بسجون اليوم، ويتدفق الضوء إليها من خلال فتحة في السقف الذي بلغ ارتفاعه 4,88م، أما الغرفة السفلى فهي أصغر مقوسة بقطر 6,096م مظلمة ويتم الوصول إليها من الغرفة التي تعلوها عبر حفرة، وهما بلا فرش وخدمات [2]، شكل (30).

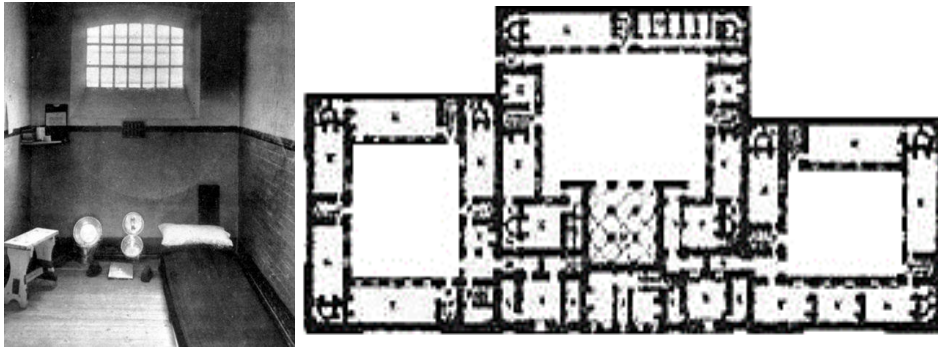


شكل (30): سجن مامرتين في روما - [24]

جدول (1): يوضح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
سجن مامرتين	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	زنزانة طابقية	سيئة	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سلبي
شكل الفراغ	مستطيل ومقوس	وسط	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سلبي
مواد البناء	حجر قاتم رطب	سيء	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سلبي
مواد الإكساء	-	-	-	-	سلبي
الإضاءة	من فتحة في السقف	سيئة	غير مطابقة	على الصحة والسلوك	سلبي
التهوية	من فتحة في السقف	سيئة	غير مطابقة	على الصحة والسلوك	سلبي
الألوان	معتمة	سيئة	غير مطابقة	على السلوك والمزاج	سلبي
الفرش	-	-	-	-	-
الخدمات	-	-	-	-	-
يلبي إحتياجات السجناء	نعم	لا	✓	نوعاً ما	سلبي

5-2-مجمعات السجون على النمط الصندوقي: وهي مبانٍ بمساقط مربعة ومستطيلة ذات فناء (courtyard)، فراغات الإقامة فيها تتوزع ضمن أشرطة متلاصقة ومتقابلة بعضها مفروش بسرير وطاولة وبعضها لا، وأغلبها يفتقر للخدمات والشروط الصحية إلا الحديث منها، ولها نوافذ وأبواب معدنية أو خشبية مزودة بفتحات تخديم، قديماً كانت مخيفة وسيئة، ويعتبر هذا النمط مع تطوير مناسباً لبيئتنا، وكذلك في حال كانت فراغات الإقامة جماعية.

النموذج المدروس: فراغ الإقامة في سجن نيوغيت القديم والعقابي: كانت الخلايا صغيرة من الحجر ذات ألوان معتمة، لها نافذة عالية محمية وباب خشبي وسقف مقبب منخفض، مخدّمة بمرحاض ومفروشة بمدة للنوم وكرسي صغير ورفّ ووحدة تدفئة، شكل(31).

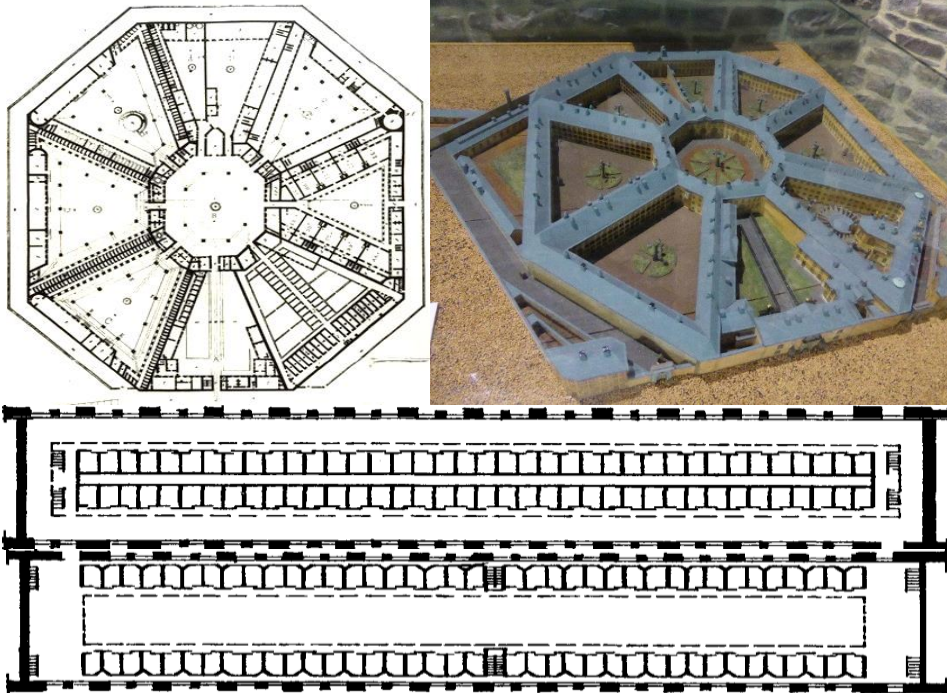


شكل(31): مسقط وخلايا سجن نيوغيت المشهور بقسوة الإقامة فيه-[23]

جدول(2): يوضح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
سجن نيوغيت	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	زنزانة فردية ضيقة	سيئة	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
شكل الفراغ	مستطيل	وسط	مطابق جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
مواد البناء	حجر متين وقاتم	وسط	مطابق جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
مواد الإكساء	طلاء رمادي علوي	سيء	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
الإضاءة	من نافذة علوية	جيدة	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيد
التهوية	من فتحة تهوية	وسط	مطابقة جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
الألوان	قائمة وكئيبة	سيئة	غير مطابقة	على السلوك والمزاج	سيء
الفرش	بسيط وفقير	متوسطة	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
الخدمات	مرحاض مكشوف	سيء	غير مطابق	على الصحة العامة	سيء
يلبي إحتياجات السجناء					
	نعم	لا	✓	نوعاً ما	سيء

5-3- مجمعات السجون على نظام بينثام: الدائرية والنصف دائرية والمضلعة، ذات غرف إقامة عبارة عن خلايا متلاصقة ضمن طابق أو عدّة طوابق تتجمع على المحيط حول برج مراقبة مركزي، بعضها بلا فرش وخدمات وبعضها مزود بسرير معدني وطاولة مثبّة بالجدار ومرحاض، ذات قضبان معدنية أو بأبواب خشبية ومعدنية، حسب زمن البناء ومكانه.

النموذج المدروس: فراغ الإقامة في بيت التصحيح غنت في بلجيكا: بُني عام 1772م
ويعتبر أول سجن يستخدم العمارة بالترادف مع فلسفة التصحيح، فمخطط السجن عبارة عن مثنى كبير (مضلع) يتوزع على أطراف وحدته المركزية وحدات منفصلة على شكل شبه منحرف مؤلفة من أربعة طوابق، شكل (32)، وتمّ فصل كلّ وحدة عن الأخريات للفصل بين السجناء، وكانت كلّ وحدة مستقلة ومليئة بخلايا النوم مع مرحاض وقد جُهزت لاحقاً بفرش بسيط، وكان هذا خروجاً عن المألوف، سمح بجمع الرجال والنساء والأطفال بشكل منفصل في سجن واحد وساعد على تقليل العنف ومنع إفساد الشباب تحت المراقبة [14].



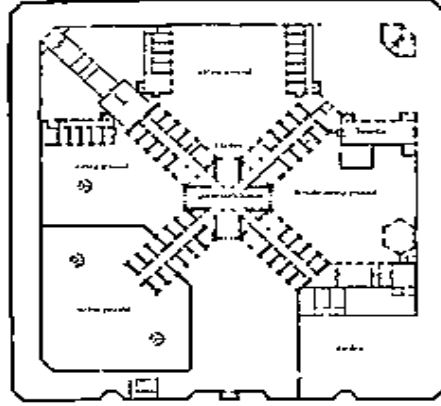
شكل (32): مسقط وتوزيع خلايا بيت التصحيح غنت في بلجيكا- [23]

وقد كان توزيع الخلايا في كل وحدة شريطياً متصلاً ومستمراً ضمن نظام مغلق أو مفتوح ومطلّ على فناء يضمّ وحدة مراقبة من جهة واحدة بما يضمن للخلايا الإنارة والتهوية من فتحات النوافذ في الممر المحيطي وفي الخلايا حسب التوزيع المتبع، ورغم أن هذا اعتبر تحسناً في نظام السجون، إلا أنّ الخلايا لم تكن تحتوي على تدفئة ولا زجاج في النوافذ، حتى أن بعض السجون من هذا النمط لم يكن لديها شبكات صرف صحي أو مياه أو أسرة؛ مما أدى لانتشار الكثير من الأمراض بين السجناء وموتهم بسببها.

جدول(3): يوضح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
سجن غنت	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	خلايا متلاصقة	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
شكل الفراغ	شبه مستطيل	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد البناء	حجر متنوع	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد الإكساء	طلاء	وسط	مطابقة جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
الإضاءة	عبر نوافذ وفناء	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
التهوية	عبر نوافذ وفناء	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
الألوان	أبيض ورمادي	وسط	مطابقة جزئياً	على السلوك والمزاج	وسط
الفرش	بسيط إن وجد	سيء	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
الخدمات	مرحاض	وسط	غير مطابق	على الصحة العامة	سيء
يلبي إحتياجات السجناء		نعم	لا	نوعاً ما ✓	وسط

4-5- مجمعات السجون من النمط الشعاعي (Radial): المحدد على أنه نصف قطري بسيط أو متعدد، حسب ترتيب أجنحة الاحتجاز فيها على هيئة توزيع مركزية ويضمّ كلّ جناح عدداً من فراغات الإقامة الموزعة على جهتين متقابلتين بينهما ممر بعضها بأبواب معدنية أو خشبية وبعضها يواجه من القضبان المعدنية، بعضها مخدّم ويضمّ مرحاض ومغسلة وسرير خشبي أو معدني وطاولة مثبتة بالجدار وبعضها لا حسب عام بناء السجن ونوعه. فبنية السجون الشعاعية قبل القرن الـ20 متشابهة؛ ذات خلايا صغيرة الحجم مع نافذة علوية صغيرة مؤمنة بقضبان معدنية، بلا خدمات وأبواب خشبية مع فتحات مراقبة صغيرة، والجدران من الحجارة المطلية أحياناً، والخلايا ذات أسقف مقببة، مجهزة بسرير، وأفران التدفئة في المستويات الدنيا من المبنى أو في الممرات [10].

النموذج المدروس: فراغ الإقامة في سجن مقاطعة سوفولك في بلاكيرن: شكل (33)،
أول سجن في بريطانيا يسمح بالاتصال البصري على جميع الممرات من نقطة مركزية واحدة. تمّ فيه فصل معظم الفعاليات عن كتل خلايا الإقامة [10] علاوة على ذلك، وضع بلاكيرن جداراً في وسط الأجنحة الشعاعية مما سمح بتجزئة كلّ كتلة إلى النصف، وبفضل وجود خمسة عشر جناحاً، تمّ إنشاء ثلاثين قسماً مختلفاً للسجناء في منشأة واحدة، مما سمح بمرونة أكبر لتجميع السجناء معاً حسب الجنس أو العمر أو شدة الجريمة، الخلايا من الحجر ومطلية ويسقف مقبب مطلي ونافذة علوية غيرية وباب خشبي ومجهزة بسرير خشبي بسيط وطاولة مثبتة بالجدار ومرحاض.



شكل(33): خلايا سجن سوفولك - [23]

جدول (4): يوضح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
سجن سوفوك	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	خلايا متجاورة	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
شكل الفراغ	مستطيل	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد البناء	حجر فاتح متين	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد الإكساء	طلاء أبيض	وسط	مطابقة جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
الإضاءة	من نافذة علوية	سيء	غير مطابقة	على الصحة والسلوك	سيء
التهوية	من نافذة علوية	سيء	غير مطابقة	على الصحة والسلوك	سيء
الألوان	أبيض	جيد	مطابق	على السلوك والمزاج	جيد
الفرش	بسيط وفقير	سيء	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
الخدمات	مرحاض مكشوف	سيء	غير مطابق	على الصحة العامة	سيء
يلبي إحتياجات السجناء		نعم	لا	نوعاً ما ✓	وسط

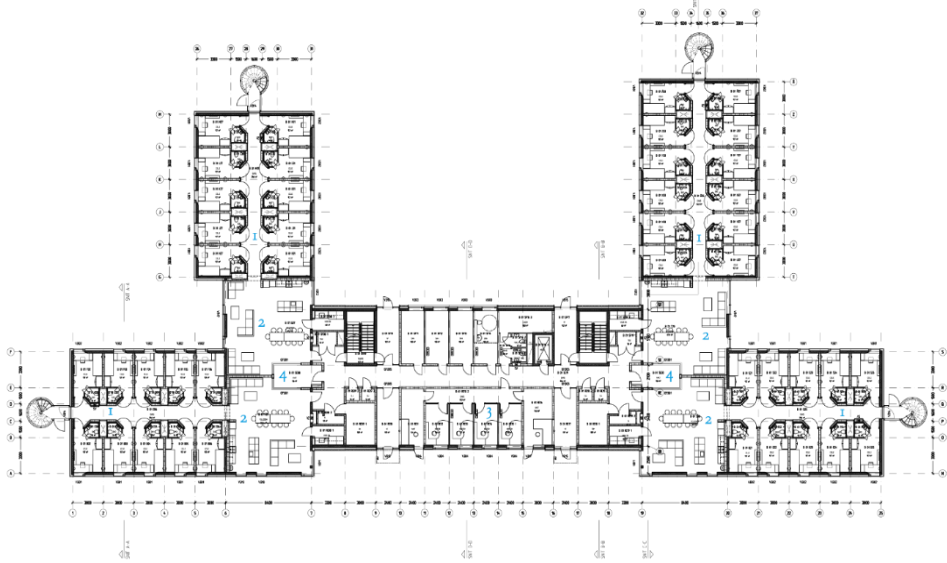
5-5-المجمعات من نمط قطب الهاتف (Telephone pole): كانت خلايا الإقامة فيها عبارة عن كبائن متلاصقة موزعة شريطياً ومخدّمة ومزودة بسرير وطاولة ومرحاض وهي ذات نوافذ وأبواب معدنية أو واجهة من القضبان المعدنية. والنوع المطوّر لنمط قطب الهاتف، بخلايا إقامة أصغر مخدّمة ومفروشة مفصولة عن باقي الفراغات في جناح خاص.

النموذج المدروس: غرف الإقامة في سجن هالدين التأهيلي في النرويج: تتضمن كل زنزانة وسائل الراحة مثل جهاز تليفزيون وثلاجة صغيرة ومكتب وطاولة وكروسي وسرير خشبي ورفوف مكتبية وخزانة ملابس ومصباحي إنارة في السقف وفوق السرير ومقابس وفتحة تهوية، وحمّام خاص به دُش ومرحاض ومغسلة، شكل (34)، ولها باب معدني إلكتروني مطلي وله فتحة علوية وقفل ونافذة كبيرة بدون قضبان وشبك تسمح بدخول ضوء جيد وبالتهوية مع ستارة، وتطل على الكثير من الخضار والمناظر الرائعة، والفرش عملي ومتصل ومريح ومناسب وماص للصوت وبألوان زاهية ومريحة ومتنوعة ومناسبة، وارتفاع السقف مناسب ولا توجد قضبان على النوافذ مطلقاً، وتتوزع الخلايا على شكل

كبائن وغرف متجاورة ومتقابلة وموزعة في مجموعات مخدمّة بمطبخ ومعيشة ملحقين،
شكل (35).



شكل (34): الزنزانات في سجن هالدين وفرشها ونوافذها وأبوابها- [23]



شكل (35): المسقط الأفقي للطابق الأرضي لمجمع كتل الإقامة الأول- [23]

جدول (5): بوضوح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
سجن هالدن	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	كباثن متجاورة	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
شكل الفراغ	مستطيل	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد البناء	القرميد الأحمر	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد الإكساء	خشب وطلاء	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
الإضاءة	طبيعية ومصابيح	جيدة جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
التهوية	مركزية+طبيعية	جيدة جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
الألوان	فاتحة وجذابة	جيدة جداً	مطابق	على السلوك والمزاج	جيد جداً
الفرش	متل ومريح ومتين	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
الخدمات	حمام كامل ملحق	جيدة جداً	مطابق	على الصحة العامة	جيد جداً
يلبي إحتياجات السجناء		نعم ✓	لا	نوعاً ما	جيد جداً

5-6-مجمعات على النمط الخطي (Linear) أو التدريجي: تتميز بنظام خلوي لإنشاء مبنى ذي مخطط أرضي مستمر، مرتب في هياكل متوازية مرتبطة بممر مركزي، وبالتالي تشكّل ساحات مغلقة أو مفتوحة على جانب واحد لجلب الهواء والضوء للمناطق الداخلية.

النموذج المدروس: غرف الإقامة في سجن ألكتراز في أمريكا: استخدم سجن ألكتراز العقابي بخليج سان فرانسيسكو المخصص للمجرمين الخطيرين في القرن الـ20 بكثرة وغداً مكتظاً، عُرف بخلاياه الانفرادية الشريطية المعزولة عن بعضها ولا تسمح بالاتصال بين السجناء، والمتكررة على عدّة طوابق، وتحوي سرير معدني وطاولة معدنية مع مقعد مدمج مثبتين بالجدار ورفوف وفتحة تهوية ومرحاض ومغسلة ضمن الفراغ بلا حاجز فصل، مع واجهة من قضبان معدنية دون خصوصية، ارتفاع السقف جيد مع مصباح إنارة وسطي، والجدران مطلية باللونين الأبيض والأخضر الفاتح، بلا نوافذ، شكل (36).



شكل(36): مسقط قسم الإقامة في سجن ألكتراز وغرف الإقامة فيه الشريطية التوزيع-[23]

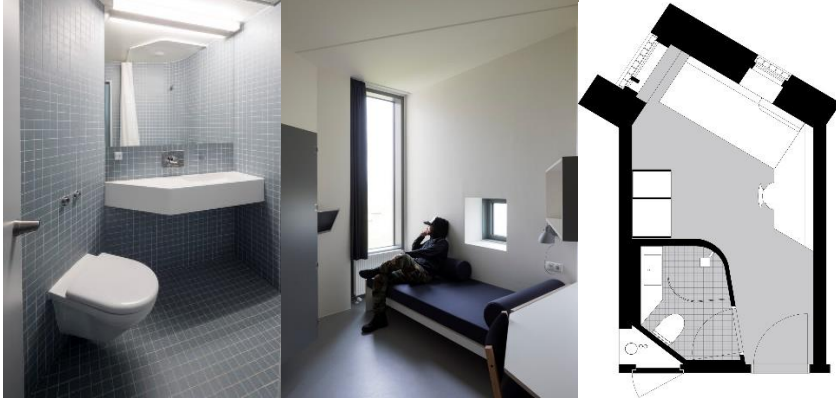
جدول(6): يوضح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة

سجن ألكتراز	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	خلايا عزل مفردة	سيء	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
شكل الفراغ	مستطيل ضيق	سيء	غير مطابق	على الصحة والسلوك	سيء
مواد البناء	بلوك	وسط	مطابقة جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
مواد الإكساء	طلاء	وسط	مطابقة جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
الإضاءة	مصباح صناعي	سيئة	غير مطابقة	على الصحة والسلوك	سيئة
التهوية	فتحة تهوية	سيئة	غير مطابقة	على الصحة والسلوك	سيئة
الألوان	فاتحة	جيدة	مطابقة	على السلوك والمزاج	جيد
الفرش	بسيط ومدمج	وسط	مطابق جزئياً	على الصحة والسلوك	وسط
الخدمات	مرحاض ومغسلة	وسط	مطابق جزئياً	على الصحة العامة	وسط
يلبي إحتياجات السجناء					نعم
			لا	نوعاً ما	سيء

5-7- مجمعات السجون المدمجة أي ذات نظام هجين (Hybrid): بأنماط خلايا إقامة متعددة منها الشريطية المتلاصقة والمتقابلة في صفين على طرفي ممر والمجمعة في جناح حول فناء أو حول قاعة الطعام والخطية، وفيها خلايا فردية ومزدوجة وعنابر.

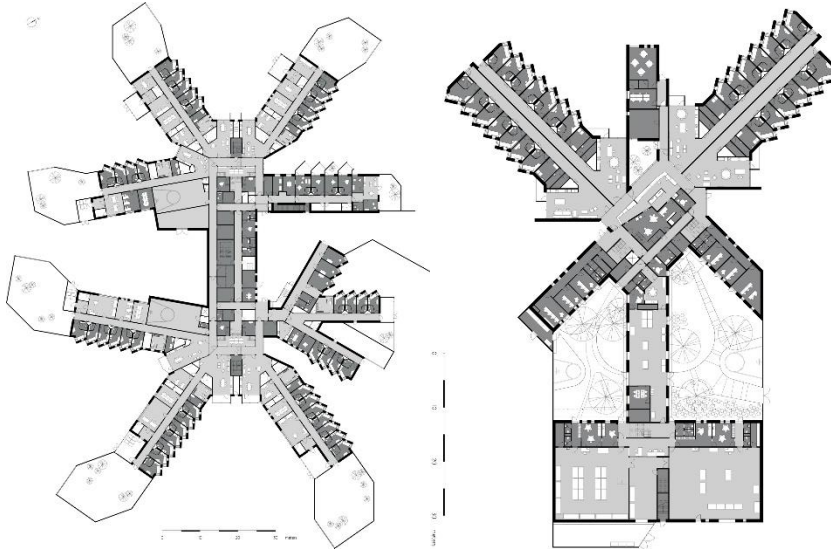
النموذج المدروس: غرف الإقامة في سجن ستورسترويم دانيش التاهيلي: وهي ذات تصميم خاص بجدار منكسر ونافذة طولية ذات إطلالة مميزة مع نافذة أخرى صغيرة فوق السرير الذي يمكن استخدامه ك صوفا للجلوس والمدمج بطاولة مكتب وكرسي يعلوها شاشة تلفاز متحركة وإنارة قراءة، ومقابل الطاولة خزانة ويراد غير، مخدّمة بحمام كامل خاص ملحق بها بجوار الباب المعدني، والأرضية مع أجزاء من الجدران مغطاة بالفينيل

العازل للرطوبة والصوت، الجدران باللون الأبيض والسقف مرتفع مع إنارة سقفية، شكل(37).



شكل(37): مسقط وتصميم الزنزانة في سجن ستورسترويم من النوع الهجين وحمامها-[23]

الزنازين تتوزع ضمن مصفوفات على عدة أنماط منها الخطي والشعاعي وقطب الهاتف، ضمن كتل متنوعة، وهي ذات إطالة مميزة واتال مع الخارج، شكل(38).



شكل(38): توزع خلايا الإقامة ضمن مساطب سجن ستورسترويم التأهيلي-[23]

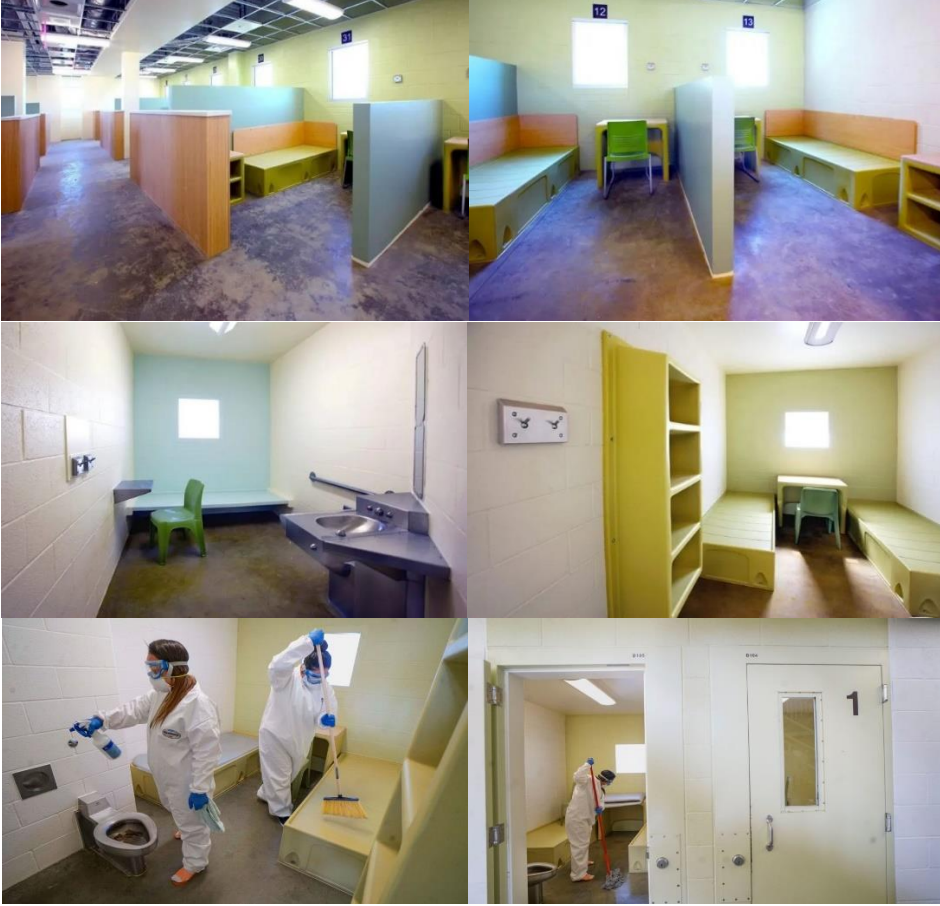
جدول (7): بوضوح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
ستورسترويم	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	زنزانة مفردة	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
شكل الفراغ	شبه مستطيل	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
مواد البناء	بلوك	جيد	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد
مواد الإكساء	طلاء وفنييل	جيدة	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيدة
الإضاءة	طبيعية وناعية	جيدة جداً	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيدة جداً
التهوية	مركزية وطبيعية	جيدة جداً	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيدة جداً
الألوان	فاتحة وهادئة	جيدة	مطابقة	على السلوك والمزاج	جيدة
الفرش	مريح وعملي	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
الخدمات	حمام كامل	جيد جداً	مطابقة	على الصحة العامة	جيد جداً
يلبي إحتياجات السجناء		نعم ✓	لا	نوعاً ما	جيد جداً

5-8- مجمعات السجون من نمط السكن الجامعي (Campus): اختلف المهندسون المعماريون حول قضية تصميم السجون وفراغات الإقامة فيها؛ حاولت الانعكاسات التنظيمية والوظيفية والتركيبية على المباني السكنية العثور على إسقاط تطبيق مناسب في بناء السجون ونفذت عدّة تصاميم تأهيلية على نمط الحرم الجامعي على صيد كامل السجن وعلى صعيد وحدات الإسكان المتنوعة والتي تمتعت بنظام أفنية مفتوحة وإطلالات مميزة ومعايير تصميمية وإنسانية عالية في كافة الجوانب، فتمّ الاهتمام بشكل خاص بالإضاءة واللون والمواد والقوام وجودة الهواء والصوتيات والاتصال مع الطبيعة في الخارج.

النموذج المدروس: غرف الإقامة في مرفق الاحتجاز في لاس كولينا في كاليفورنيا:

وهو أول منشأة في الولايات المتحدة تستخدم علم النفس البيئي والسلوكي لخلق تجربة أكثر متعة للسجناء؛ وكان الوصول إلى الطبيعة عاملاً مهماً، فالطبيعة تساعد على تحسين الصحة العقلية والبدنية. كانت خطة لاس كولينا مستوحاة من السكن الجامعي بدلاً من مرافق السجون المعتادة. تم تصميم البيئة الداخلية بحيث يتم التحكم فيها لتحقيق

التوازن بين السلامة والأمن مع التركيز على الاستقلال وخطوط واضحة لجهة تسهيل الإشراف، وفق 6 نماذج لوحات الإسكان المتمركزة حول فناء عام، استخدمت الألوان الفاتحة والمواد الناعمة والخفيفة والمتنوعة (بما في ذلك الخشب والزجاج واللدائن المقواة والجلد والقماش) مع عزل جيد وضوء طبيعي وافر، فالنوافذ الكبيرة تسمح للضوء بالوصول إلى الداخل والاتصال مع الخارج؛ جميعها أثبتت أن لها تأثيراً إيجابياً على الحالات العاطفية الأكثر شيوعاً بين السجناء؛ مثل الغضب والإجهاد والقلق والحزن والاكتئاب؛ حيث تضيء هذه الجوانب المعمارية شعوراً بالانفتاح والود، وتعزز الشفاء وإعادة التأهيل بدلاً من العقاب، تصميم الزنازين المفردة والثنائية والخاصة والعنابر مريح وجميل وعملي، شكل(39)، الجدران ذات طلاء فاتح بألوان هي الأبيض والأخضر والأزرق الفاتحين، مجهزين بنوافذ كبيرة مؤمنة بقضبان وأسقف مستعارة ووحدات إنارة نموذجية وفواصل خشبية عريضة مع تغطيات خشبية في محيط الأسرة المصممة من اللدائن المضغوطة المقواة والمثبتة بالأرضيات الاسمنتية المعالجة والمغطاة بمواد عزل (الفينيل)، وطاولات وكراسي وخرن ورفوف مكتبية من اللدائن، ومرحاض جانبي من الستانلس مثبت إلى الجدار ومغسلة، مع باب خارجي خشبي أو معدني ملون-مزود بنافذة مستطيلة وسطية وقفل- ويختلف الفرش حسب تصنيف السجناء فيها وتهمهم، ويوجد في العنابر جدران تقسيم قصيرة لضمان الخصوصية عن بقية الفراغ والمراقبة معاً، وتمتاز الغرف بوسائل لتمثيل خصوصية الموجودين بداخلها؛ مثل الإشارة والباب المطلي، فهي أفضل من التصميم المعتاد لخلايا السجن وقد ألهمت المهندسين المعماريين تصاميماً جديدة للدراسة والتحسين [10].



شكل(39):غرف الإقامة في مرفق الاحتجاز في لاس كولينااس-[23]

جدول (8): يوضح مدى مطابقة غرف الإقامة في سجن للمعايير وتلبيتها لإحتياجات السجناء-الباحثة					
لاس كوليناس	وصفه	جودته	مطابقته للمعايير	تأثيره	التقييم
نوع الفراغ	زنازين وعنابر	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
شكل الفراغ	مستطيل كبير	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
مواد البناء	حجر + بلوك مسبق صنع	جيد	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيد
مواد الإكساء	خشب وطلاء وفينيل	جيد جداً	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيد جداً
الإضاءة	نوافذ ومصابيح كهربائية	جيد جداً	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيد جداً
التهوية	مركزية وطبيعية	جيد جداً	مطابقة	على الصحة والسلوك	جيد جداً
الألوان	فاتحة وهادئة	جيد جداً	مطابقة	على السلوك والمزاج	جيد جداً
الفرش	مريح وعملي ومتين	جيد جداً	مطابق	على الصحة والسلوك	جيد جداً
الخدمات	مرحاض ومغسلة	جيد	مطابقة	على الصحة العامة	جيد
يلبي إحتياجات السجناء					
	نعم ✓	لا	نوعاً ما		جيد جداً

5-9- نتائج الدراسة:

1- يختلف شكل فراغات الإقامة وتجميعها وترتيبها من نمط معماري لآخر، كما تختلف عملية توزيع العناصر الداخلية، إلا أن الألوان والمواد والخامات المستخدمة والفرش اختلفوا باختلاف المراحل الزمنية ومدى توفرهم والاستراتيجيات السائدة (عقابي أم تأهيلي)، ولم يختص نمط دون غيره بمواد وخامات معينة غير مستخدمة في نمطٍ سواه.

2- لقد طرأت تغييرات وتطورات على فراغات الإقامة في السجون من حيث التصميم الخارجي والداخلي والتوزيع وأساليب الفرش، وانتقلت من فراغات احتجاز وتقييد ضمن مبانٍ غير مخصصة إلى فراغات في مبانٍ مخصصة، شكل (40)، وتتنوعت بين فراغات حبس إفرادية وعزل وزنانات وعنابر وغرف مخصصة لذوي الإحتياجات الخاصة، وبعض السجون تضمّ في مبانيها جميع هذه الفراغات على تنوعها وبعضها تكفي بنوع واحد أو اثنين.



شكل(40):خلايا في سجون قديمة غير مخصصة وأخرى في سجون حديثة-[24]

3- كانت فراغات الإقامة قديماً بلا نوافذ ومن ثم بدأت تحظى بفتحات إنارة صغيرة علوية شريطية أو سقفية ومن ثم كبرت الفتحات مع بقاء تغطية الشبك والقضبان المعدنية لأسباب أمنية. هذا وقد كانت غرف الإقامة قديماً بلا أبواب في سراديب مظلمة ومن ثم حظيت بأبواب خشبية مجنزرة أو عوارض خشبية وبعدها أصبحت بأبواب من القضبان المعدنية وأخرى من قضبان وشبك ومن ثم زوّدت بأبواب معدنية بعضها بكوات علوية صغيرة ذات إقفال محكم، ومن ثم استخدم الخشب كما في المنازل مع قفل محكم في بعض السجون وكذلك استخدمت الأبواب الإلكترونية المتطورة في السجون التأهيلية، شكل(41).



شكل(41): خلايا بأبواب خشبية وأخرى من قضبان وأخرى معدنية وإلكترونية متطورة-[24]

4-تتوعد مواد بناء غرف الإقامة حسب العصر والمكان والتطور الإنساني والتقني؛ قديماً كانت من الحجر والخشب والقرميد وانتقلت إلى الحديد والبيتون المسلح والعديد من المواد الحديثة في السجون التأهيلية، كما تتوعد أسقف غرف الإقامة بين مستوية ومنحنية ومائلة وأغلب أرضيات وأسقف وجدران غرف الإقامة احتفظت بلون مادة البناء وكانت في السابق معتمة وباهتة ومن ثم بدأ استخدام الطلاء ومواد الإكساء، شكل(42+43).



شكل(42): مواد بناء وإكساء خلايا سجون قديمة مع فرشها وتبدو ألوان الفراغات القاتمة-[23]



شكل(43): مواد بناء وإكساء خلايا متنوعة مع الفرش بتعدد خاماته وتصاميمه والإنارة-[24]

5- كانت الإنارة والتهوية في فراغات الإقامة طبيعية من النوافذ حتى ظهور الإنارة الصناعية والمصابيح بأنواعها والمراوح وأنظمة التهوية والتدفئة المركزية، وقديماً كانت الخلايا معتمة بلا إنارة ومن ثم تمت إنارتها بمشاعل خارجية وقناديل وبرغم التطور ظلت العديد من السجون تعتمد الإنارة والتهوية الطبيعية فقط. وقد احتوت بعض فراغات الإقامة على خدمات كانت عبارة عن حفرة جانبية ودلو مياه ومن ثم زوّدت بمرحاض وصنوبر ماء وبعدها زوّدت بمرحاض ومغسلة وبعدها بحمام يضمّ مرحاض ومغسلة ودوش، وبعض فراغات الإقامة لم تكن مخدّمة أبداً وبعضها لها فراغ خدمة تابع ومجاور، شكل(44)، وهناك بعض السجون اعتمدت نظام مجمّع خدمات لكلّ عدد من غرف الإقامة، شكل(40).

6- انتقلت فراغات الإقامة من حجرة فارغة إلى فراغ مفروش بعناصر بسيطة ومن ثم إلى فراغ مفروش ومخدّم وصولاً إلى فراغ تأهيلي يشبه فراغ النوم في المنازل العادية، شكل(44).



شكل(44): عدّة نماذج لغرف إقامة إفرادية في سجون قديمة بعضها مفروش ومخدّم وبعضها لا- [24]

وتتّوع فرش فراغات الإقامة من فراغات ببسط وفرشات على الأرض إلى فراغات مزودة بأسرّة معدنية مفردة وطابقية ذات قوائم أو معدنية وخشبية مثبتة على الجدار ومعلّقة ومشدودة بسلاسل، أو أسرّة حجرية منها ما يشبه المسطبات ومنها الملاصقة والمرتفعة والمثبّتة على الجدار وتكون رفيعة وترتبط بدعائم وأساسات الغرفة، أو خشبية بقوائم مفردة وطابقية أو قماشية مشدودة بحبال إلى حلقات مثبتة بالجدار أو مشدودة على إطار

معدني بقوائم أو مثبتت على جدار أو إسمنتية مشابهة للحجرية، انتقالاتاً إلى فراغات مزودة بأسرة وطاولات وكراسي ورفوف وخزن حسب المساحة المتاحة ونمط السجن، بعض الفرش كان متصل مع بعضه أو متعدد الاستخدام أو متحرك وقابل للطي ومن لدائن مقواه ومعالجة وصولاً لفراغ مجهز ببراد وتلفاز وحاسوب يشبه فراغات الإقامة الفخمة، شكل(45+46).



شكل(45): عدة نماذج لتصميم وفرش خلايا الإقامة في السجون الشعاعية وقطب الهاتف-[23]



شكل(46): فرش فراغات إقامة في سجون حديثة تاهيلية-[24]

7-فراغات الإقامة الصغيرة والمنعزلة والضيقة والمكتظة وغير المخدّمة وبدون عزل، ذات الألوان القاتمة والأسقف المنخفضة والنوافذ الصغيرة والخامات القاسية والخطوط الحادة، والتي لا تحظى بإنارة وتهوية وتدفئة (طبيعية وصناعية) كافية ومناسبة وفرش مريح ومتين، لا تلبي احتياجات ومتطلبات السجناء وظيفياً وإنسانياً.

الخلاصة:

خلايا السجن كفراغات إقامة لاستخدام طويل الأمد يتطلب من المصممين الانتباه لكافة المعايير والأسس المعمارية وتفصيلها ولاسيما الداخلية منها، وجودة البيئة الداخلية والخامات وماهيتها وكيفية استخدامها، والمعرفة الخاصة بالأثاث المناسب ومقاييسه وأساليب توزيعه في فضاء غرف الإقامة حسب الغرض منه وكيفية استعماله ووضعها في المكان المناسب، بما يضمن سلامة وراحة السجناء ويلبي احتياجاتهم وظيفياً وإنسانياً.

سادساً-نتائج وتوصيات

6-1-النتائج العامة:

1-تلعب غرف الإقامة في السجن كفراغ معماري وداخلي، دوراً كبيراً في التأثير على سلوك وأداء وصحة الأفراد المقيمين فيه والمستخدمين له.

2- لَبَّت مراعاة المتطلبات الفراغية والمعايير التصميمية والشروط الصحية في تصميم غرف الإقامة في السجون التأهيلية؛ الكثير من احتياجات السجناء وراعى حقوقهم الإنسانية.

3- يسهم منح السجناء قدرأً من الخصوصية على المستوى الشخصي في تصميم فراغات الإقامة في إصلاحهم وتلبية أهم احتياجاتهم.

4-يضمن الفصل بين السجناء حسب المعايير التصميمية والإنسانية الموصى بها؛ التخفيف من الاكتظاظ وراحة السجناء ونظافة وكفاءة أداء غرف الإقامة.

5- أُنر تنظيم وإعادة تهيئة غرف الإقامة في السجن ومفرداتها وعناصرها، عبر مراحل تطورها إيجاباً على السجناء وصحتهم ونفسياتهم وسلوكهم.

6- ساهم الاعتماد على نظام السكن الجامعي عند تصميم غرف الإقامة الحديثة، في تلبية العديد من احتياجات السجناء وضمان راحتهم.

7- يضمن الاهتمام بموضع الفتحات الآمنة وزيادة المساحة المخصصة لها عند تصميم غرف الإقامة؛ تهوية وإنارة وتواصل بصري متناسبين مع الشروط الصحية والإنسانية.

8- انعكس تطوّر مصادر الإنارة والتهوية والتدفئة الصناعية واستخدامها في السجن بما يطابق المعايير الصحية؛ بصورة إيجابية على أداء فراغات الإقامة وسلوك وصحة السجناء.

9- انعكس استخدام مواد بناء وإكساء حديثة متينة ذات ألوان فاتحة؛ إيجاباً على سلوك فراغات الإقامة والمقيمين فيها، وعليه يجب استخدام ألوان محفزة إيجابياً مريحة للأعصاب سواء للجدران أو الأرضيات.

10- لبي تطوّر عناصر الفرش واستخدام الفرش المتعدد الاستعمال والمعاد تدويره والبسيط والمريح والمتين، والابتعاد عن استخدام الأثاث بخاماته وأشكاله الحادة في غرف الإقامة بالسجون؛ العديد من احتياجات السجناء النفسية والجسدية.

6-2- التوصيات:

1- من المهم إصدار دليل موحد خاص بمعايير تصميم غرف الإقامة بما يضمن الحقوق الإنسانية للسجناء، وعدم الاكتفاء بكتيبات الإرشادات الصادرة عن لجان الأمم المتحدة ومراكز حقوق الإنسان الدولية الخاصة بالسجون والسجناء والمختلفة من بلدٍ لآخر.

2- يُوصي البحث الجهات المسؤولة بإصدار كُتيب إرشادي خاص بالسجون السورية؛ يتضمن المعايير والقياسات والشروط السليمة الواجب مراعاتها تصميمياً وفيزيولوجياً واجتماعياً وعلى كافة الصعد، وخاصة بما يخص غرف الإقامة.

المراجع:

1-Al-Fawzan, Saad bin Khalid, the design criteria for the role of social observation and its role in crime prevention, recidivism and its applications in the Kingdom of Saudi Arabia, a master's thesis in criminal justice, Naif Arab University for Security Sciences, 2014, p. 212..(Arabic)

2-Al-Jeriwi, Muhammad bin Abdullah, Imprisonment and its Obligations in Islamic Sharia, Part One, Printing and Publishing the Department of Culture at Imam Muhammad bin Saud Islamic University, Ministry of Higher Education, Kingdom of Saudi Arabia, 1990. p. 174-160..(Arabic)

3-Al-Tamimi, Ayman Suleiman: Prisons in the Abbasid Era, University of Jordan - Jordan, 1992., p. 63-64..(Arabic)

4-Elisabeth Fransson, Francesca Giofrè and Berit Johnsen (Eds.):”Prison, Architecture and Humans”, Sweden, 2018,p.109-110

5-Gordon Nuttall, Nieves Clement ,Pedja Jurisic and others (2015), Technical Guidance for Prison Planning, Denmark: UNOPS, Page 84,87-91,96,97,101. Edited.

6-Hindi, M. Amani Mashhour-Zahra, M. Nihal Nabil - The role of interior design in promoting positive emotions inside the home, research published in the International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 vol. 24 Issue 1 August 2018, pp. 147-161..(Arabic)

7-International Committee of the Red Cross: “Water and sanitation facilities, public health and accommodation conditions in prisons”, Supplementary Guidance Manual, Geneva, Sweden, 2012, pp.31-32-33-34.

8-Jangda, Irtiqa: What is the relationship between Prison Design and the Psychology of Inmates?, Indus Valley School of Art and Architecture, Karachi, Pakistan 2014.

9-Khulousi, M. Muhammad Majid: "Buildings for Courts, Police, Corrections and Prisons", Dar Gabes for Printing and Publishing, 1st Edition, Beirut, 1999..(Arabic)

10-Maraganore,Adam, Designing for an Unoppressive Prison Architecture, Master of Architecture, University of Cincinnati, April 2017,p.3-4-6-7-8-9-10

11-Sutter, John. "Welcome to the World's Nicest Prison." CNN. January 1, 1970

12-Amer, Dr. Adel: "A historical overview of prisons", an article published on research on disposition on websites <https://www.startimes.com/>..(Arabic)

13-Erekat, Basma Al-Abdullah / Prison Architecture: Between the Reform Machine and Factory 27-Deviation <http://uraiqat.blogspot.com/2011/03/blog-post.html>..(Arabic)

14-Foss, Adam. A prosecutor's vision for a better justice system. February, 2016. https://www.ted.com/talks/adam_foss_a_prosecutor_s_vision_for_a_better_justice_system.

15-HOW PRISON ARCHITECTURE CAN TRANSFORM INMATES' LIVES-<https://psmag.com/news/jail-prison-architecture-inmates-crime-design-82968>

16-<https://www.crimemuseum.org/crime-library/famous-prisons-incarceration/history-of-imprisonment/>

17-<http://www.prisonhistory.net/prison-history/history-of-prisons/>

18-<https://www.sasapost.com/what-is-the-first-prison-in-the-world-what-you-dont-know-about-the-evolution-of-prisons-during-history> / ميرهان فؤاد

19- <https://www.fastcoexist.com/3044758/how-to-design-a-prison-that-actually-com-forts-and-rehabilitates-inmates>.

20-“Leaving Prison: How an Inmate Spent Her First Day Free.”
20/20. ABC News, 28 February 2015.

21-Kruger, James, “How to design a prison that effectively comforted and rehabilitated prisoners”,2015,
<https://www.fastcompany.com/90594015/history-of-parler>

22-Madanipour, Ali. Public and private spaces of the city. London: Routledge, 2005

23-<https://www.pinterest.co.uk/>

24-www.googleimage.com

دراسة سلوكية الجوائز البيتونية المسلحة بقضبان الفايبر تحت تأثير عزوم الإنعطاف

هاني رزق الله حداد (1) عصام ملحم (2)

الملخص :

تم في هذا البحث اختبار 12 جائزة بيتونياً مسلحاً بسيط الاستناد على حمولة ستاتيكية مع استبدال التسليح الفولاذي بقضبان GFRP في بعض هذه الجوائز، وتم استنتاج منحنيات حمولة-انتقال لتفسير السلوك الانعطافي. كما تمت محاولة بناء نموذج تحليل عددي باستخدام طريقة العناصر المحدودة على برنامج *Abaqus* والاستفادة من نتائج النمذجة العددية.

أظهرت النتائج أن قضبان البوليمير المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRP) تزيد بشكل عام قدرة تحمل الجوائز البيتونية المسلحة على الانعطاف بنسبة حوالي 38%. أيضاً تزداد السهوم بأكثر من 3 أضعاف ويصبح الانهيار قصيفاً بسبب سلوك القضبان ومقاومتها العالية على الشد حيث تفصل طبقة التغطية ويحدث الانهيار في منطقة الضغط.

مقاومة الشد المرتفعة لقضبان GFRP تؤدي إلى انهيار منطقة الضغط في البيتون. مما يجعل من غير الفعال استخدام قضبان البوليميرات المقواة بالألياف الزجاجية (GFRP) في الجوائز بسيطة الاستناد التي تتخفف فيها نسبياً المقاومة المميزة للبيتون على الضغط، ولا بد من وجود معايير خاصة.

كلمات مفتاحية: الجوائز البيتونية المسلحة - البوليميرات المسلحة بالألياف الزجاجية (GFRP) - الاستبدال الجزئي للتسليح - مقاومة الانعطاف .

(1) طالب ماجستير في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

(2) أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية في كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

Studying behavior of reinforced concrete beams with Fiber-Reinforced Polymer (F.R.P) bars under the influence of bending moment

Hani Haddad ⁽¹⁾

Issam Melhem ⁽²⁾

Abstract:

In this research, 12 simply supported reinforced concrete beams were experimented on static loading with replacement of steel reinforcement by GFRP bars in some of these beams, and *load-deflection* curves have been concluded for explaining the *bending behaviour*. Also, a trying for building an analytical numerical model using finite element method on *Abaqus* software was done and utilizing from numerical models results.

The results showed that *Glass Fiber Reinforced Polymers (GFRP)* Bars generally increase the bending carrying capacity of reinforced concrete beams by about 38%. Also, the deflections increase more than three times and the failure become brittle due to the behaviour of GFRP bars and its high resistance to tension which lead to concrete fracture and compression zone failing.

High tension strength of GFRP bars leads to compression zone failure in concrete. For that it is not effective to use Glass Fiber Reinforced Polymers (GFRP) bars in simply supported beams which the characteristic strength of concrete in compression is relatively low and there should be special criteria.

Keywords: Reinforced concrete beams - Glass Fiber Reinforced Polymers (GFRP) - partial replacement of reinforcement - bending capacity

⁽¹⁾ Master Student at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Al Baath University.

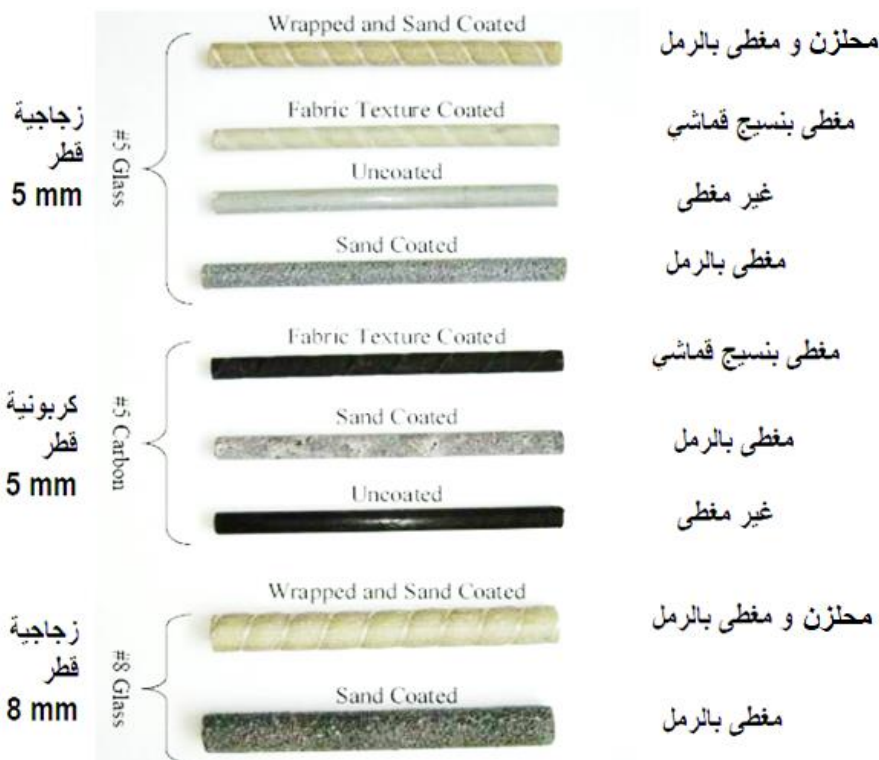
⁽²⁾ Professor at Structural Department in Faculty of Civil Engineering – Al Baath University.

1. مقدمة Introduction

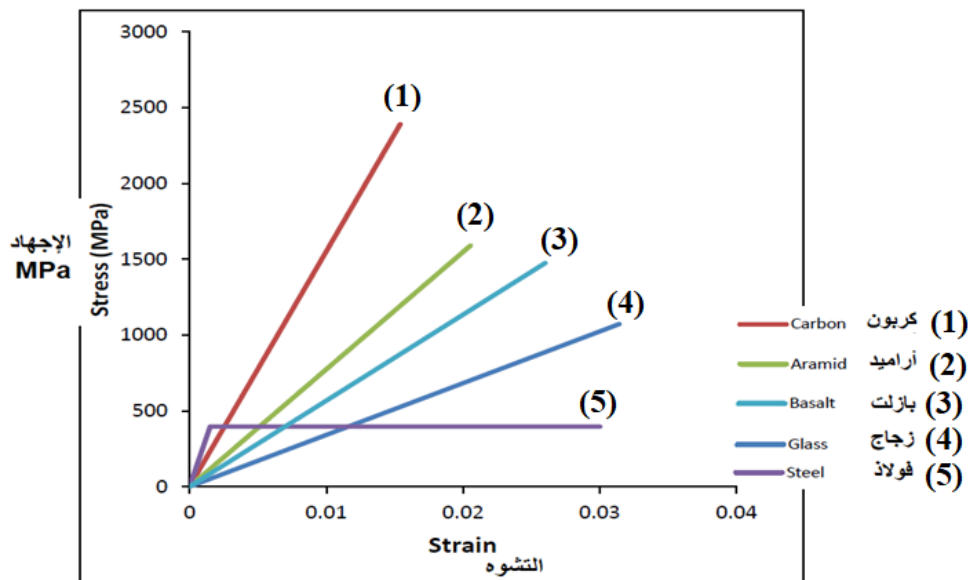
اعتمد المهندسون المدنيون المواد البوليميرية المسلحة بالألياف (FRP) لتعزيز سلوك العناصر الإنشائية المعرضة لحمولات ستاتيكية وديناميكية. غير أنه توجد بعض الحدود التصميمية الناجمة من عدم التأكد من سلوك مثل هذه العناصر المقواة.

والألياف الأكثر انتشاراً واستخداماً في الهندسة المدنية هي : الكربون - الزجاج - الأراميد، وتتصف الأنواع الثلاثة بخصائص مختلفة بما فيها الكلفة والتي تميز إحداها عن الأخرى، لكن الأنواع الثلاثة للألياف تتمتع بمقاومة على الشد أعلى بكثير من مقاومة فولاذ التسليح العادي، وهي مادة مرنة تسلك سلوكاً خطياً حتى الانهيار.

ويوضح الشكل (1) نماذجاً من عينات تسليح FRP. كما يظهر في الشكل (2) منحنيات الإجهاد-التشوه لقبضان تسليح نموذجية مقواة بأنواع مختلفة من الألياف.

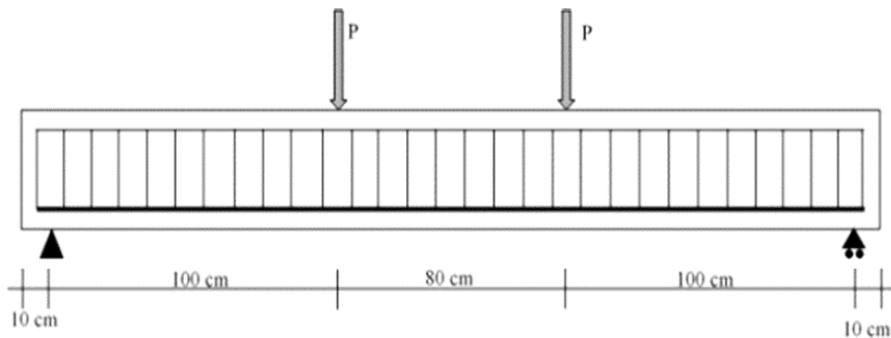


الشكل (1) : عينات تسليح FRP [9]



الشكل (2) : منحنيات الإجهاد-التشوه لقضبان تسليح نموذجية [9]

قام الباحثون **Rafani et al, 2020** [8] بدراسة إدخال قضبان GFRP في الجوائز البيتونية المسلحة، بشكلٍ محددٍ بمعايير حساب السهم النظري بناءً على معادلاتٍ مقترحةٍ من قبل عدة باحثين وكودات تصميمية. واستنتجوا أن استخدام قضبان البوليمير المسلح بالألياف الزجاجية كمادة مبنكرة لاستبدال القضبان الفولاذية في المنشآت البيتونية المسلحة له فوائد كثيرة كعدم التآكل والوزن الخفيف ومقاومة الشد العالية لكن له صلابة منخفضة ونمط انهيار قصيف. وزيادة نسبة التسليح ستخفض السهم. ويظهر في الشكل (3) شكل الجائز المدروس.



الشكل (3) : تفاصيل اختبار الجوائز [8]

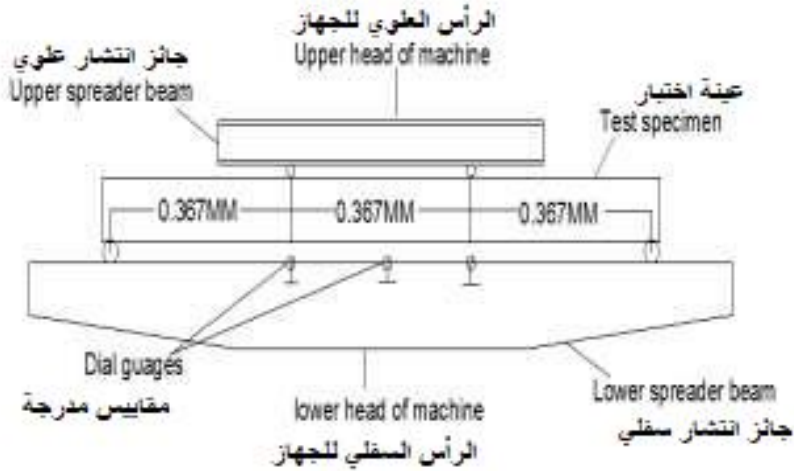
الجوائز المدروسة بطول (280) cm بين المساند ومحملة بقوتين مركزيين مركزيين التباعد بينهما (80) cm. وتختلف الدراسة الحالية بتحميل قوة مركزة واحدة في المنتصف لجائز بطول (120) cm بين المساند، كما ندخل أثر الاستبدال الكلي للتسليح الفولاذي بتسليح GFRP وليس فقط الاستبدال الجزئي.

أوضح الباحث **Patil, 2014 [7]** إمكانية تسليح منشآت البيتون المسلح بمواد مختلفة عن الفولاذ كالبوليميرات المقواة بألياف الكربون أو الزجاج ودرس سلوك جوائز بيتونية مسلحة على الانعطاف عند استبدال فولاذ التسليح بـ GFRP حيث استنتج أن الجوائز أظهرت سلوكاً أفضل على الجانب المشدود في ساعات قدرة تحمل الانعطاف وسمحت القضبان المصممة من GFRP للجوائز بسهم أكبر مع حمولات أعلى بالمقارنة مع فولاذ التسليح فقط، وأيضاً ساعات قص جيدة وعزوم انعطاف.

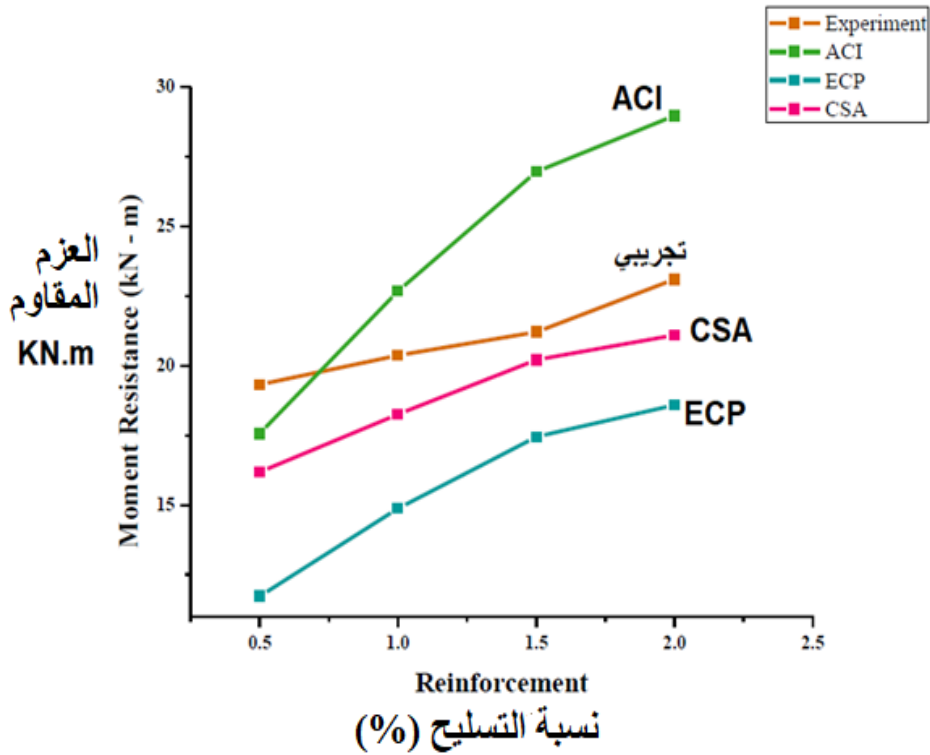
قدم الباحثان **Chidananda & Khadiranaikar, 2019 [3]** نتائج اختبار 12 جائز بيتوني مسلح طولياً بقضبان (GFRP) معرضة لنظام تحميل بأربع نقاط. وأظهرت النتائج أن عرض الشقوق والسهم في وسط المجاز تنخفض بشكلٍ معتبرٍ بزيادة نسبة التسليح. وأن زيادة درجة البيتون ونسبة التسليح تؤدي لزيادة مقاومة الانعطاف للجوائز المسلحة بـ GFRP.

كل الجوائز حصل لها انهيار نتيجة تمزق البيتون في منطقة الضغط. بدأ الانهيار بشق شاقولي عند المجاز الوسطي حيث يمتد إلى منطقة الضغط للجائز وينتشر أفقياً مما يؤدي إلى انهيار الارتباط بين البيتون العلوي وتسليح الضغط. وقد أُجري البرنامج البحثي لاستقصاء السلوك الانعطافي لجوائز بيتونية مسلحة بقضبان GFRP طولية (في الأعلى والأسفل).

وتظهر في الشكل (4) تفاصيل التحميل من أجل اختبار الانعطاف. كما يوضح الشكل (5) مقارنة مخطط العزم المقاوم مقابل التسليح التجريبي مع بعض الكودات التصميمية.



الشكل (4) : التحميل من أجل اختبار الانعطاف [3]



الشكل (5) : مقارنة مخطط العزم المقاوم مقابل التسليح التجريبي مع بعض الكودات التصميمية [3]

2. هدف البحث Objectives

يهدف هذا البحث إلى:

- محاولة معرفة أيهما أفضل من الناحية الإنشائية: وضع القضبان الزجاجية في طبقة واحدة من التسليح أو على طبقتين.
- محاولة معرفة سلوك العناصر البيتونية المسلحة بقضبان الفايبر لمساعدة المهندسين المصممين في فهم كيفية عمل هذه العناصر وخصوصيتها.
- دراسة تأثير مكان توضع القضبان الزجاجية ونسبة التسليح الزجاجية على قدرات التحمل وأشكال الانهيار في الجوائز البيتونية المسلحة.

- إجراء مقارنة لقيم السهوم والتشوهات في وسط المجاز لمعرفة فاعلية هذا النوع من التسليح.

3. مواد و طرق البحث Materials and Methodology

أجري هذا البحث تجريبياً مع محاكاةٍ عديدةٍ بنموذجٍ حاسوبيٍ على برنامج *Abaqus* . 6.14

تم صب 12 جائزاً.

تسليح الجائز:

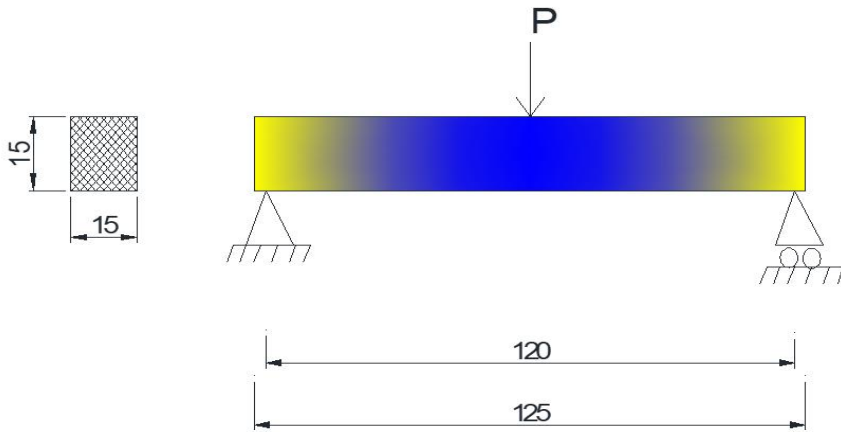
➤ تسليح طولي (قضبان زجاجية أو فولاذية) 2T10 علوي و 2T10 سفلي أو 2T8 علوي و 2T8 سفلي .

➤ تسليح عرضي: أساور كل cm (20) بالتلثين الأول والثالث فقط (ثلاث أساور في كل تلث) ، من الفولاذ بقطر mm (6) .

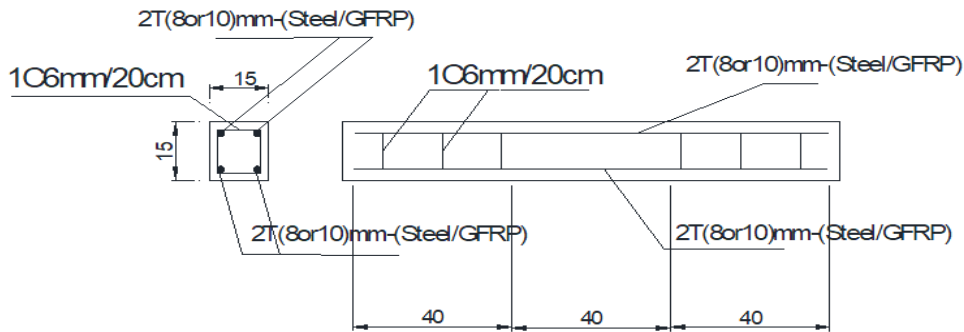
تشمل المتغيرات مقاومة البيتون ونسبة التسليح .

تم وضع حساسات رقمية مرتبطة إلكترونياً بالجهاز لقياس الانتقالات.

ويبين الشكلان (6) و (7) مخطط الجوائز المختبرة تجريبياً وأبعادها وتفصيل التسليح.



الشكل (6) : مخطط تحميل الجائز (الأبعاد بالـ cm)



الشكل (7) : مقطع طولي وعرضي في الجوائز المختبرة

طبقت حمولة مركزة في المنتصف وقيست الانتقالات (أسفل الجائز وسط المجاز) باستخدام حساسات رقمية مرتبطة بجهاز الاختبار. أماكن توضع الحساسات: أسفل الجائز وسط المجاز (حساس للانتقال الشاقولي) - أفقي علوي (منطقة الضغط) - أفقي سفلي (منطقة الشد). يبعد طرف الجائز عن المسند cm (2.5). مقطع الجائز cm (15*15) وطوله cm (125). يظهر في الشكل (10) الجائز المختبر وعليه الحساسات.

أجريت التجارب على الجوائز في مخبر البيتون بكلية الهندسة المدنية في جامعة البعث باستخدام جهاز تحميل هيدروليكي بحمولة قصوى $t(13)$.

ويوضح الشكل (8) صورة تحضير فولاذ التسليح لجوائز الاختبار، كما يبين الشكل (9) عملية صب الجوائز.

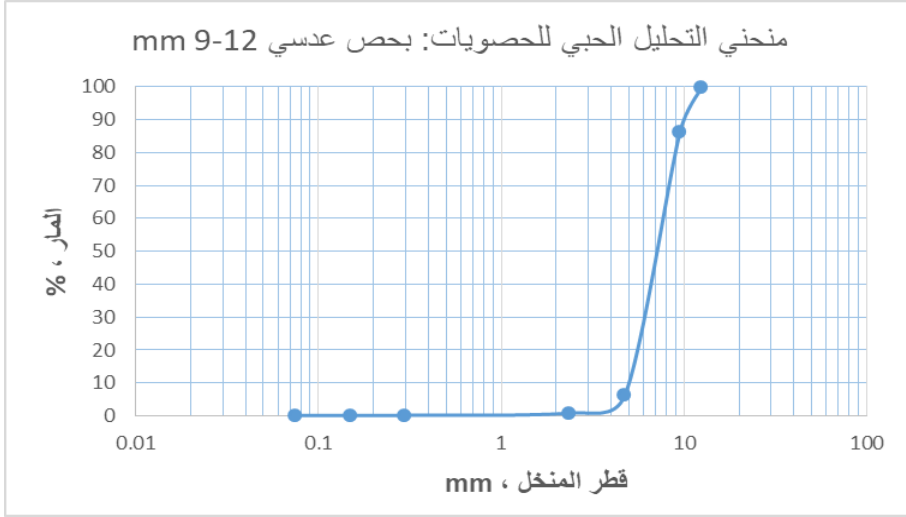


الشكل (8) : تحضير فولاذ التسليح لجوائز الاختبار الشكل (9) : صب الجوائز البيتونية

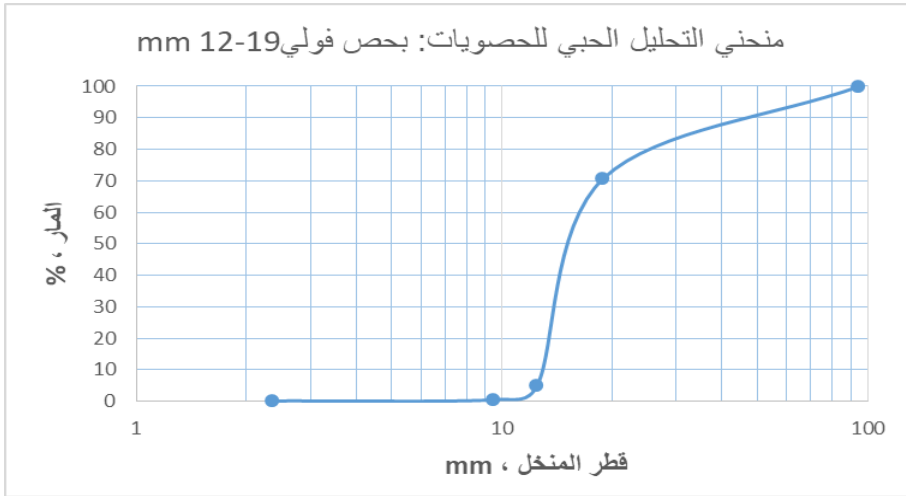


الشكل (10) : الجائز موضح عليه الحساسات، وجهاز التحميل (مخبر البيتون المسلح-كلية الهندسة المدنية-جامعة البعث)

أجريت اختبارات على المواد المكونة للخلطة البيتونية. و لتأمين تدرج حبي مستمر للحصويات استخدمنا نوعين من البحص مختلفين بتدرجهما الحبي، النوع الأول بحص عدسي تتراوح أقطاره بين (6-12) mm والثاني بحص فولي تتراوح أقطاره بين (12-19) mm مصدره مدينة حسياء في محافظة حمص. تم إجراء تجربة التحليل الحبي لكل نوع وذلك لتحديد نسبة الخلط (المزج) للنوعين حيث تبين المخططات التالية التحليل الحبي لكل نوع على حدا. ويبين الشكلان (11) و(12) منحني التحليل الحبي لهذه الحصويات.

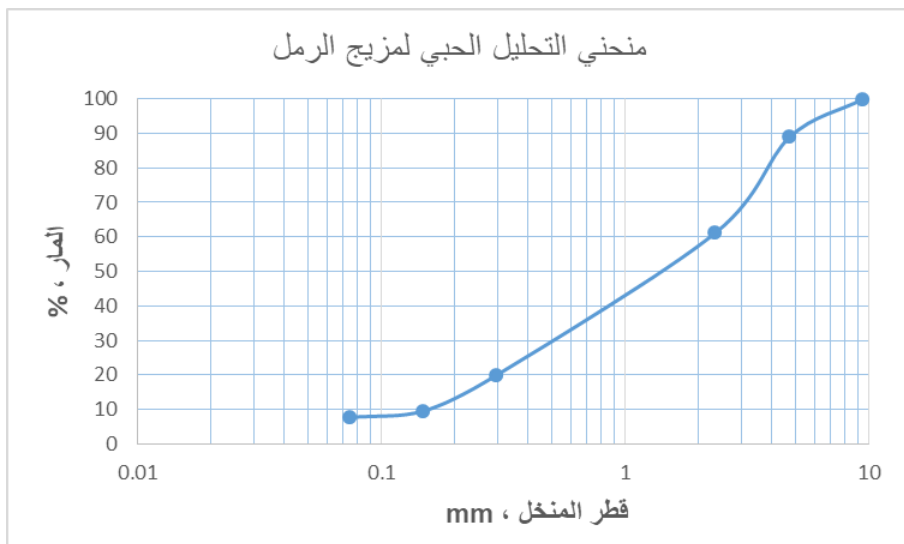


الشكل (11) : منحني التحليل الحبي للحصويات: بحص عدسي (9-12) mm



الشكل (12) : منحني التحليل الحبي للحصويات: بحص فولي (12-19) mm

أما الرمل المستخدم فكان نوعين أيضاً، رمل بحري معادلته الرملي 86.4 % والثاني رمل حسوني معادلته الرملي 76.4 % حيث تم مزجهما بنسبة 75 % حسوني و 25 % بحري حيث يظهر في الشكل (13) منحني التحليل الحبي لمزيج الرمل.



الشكل (13) : منحني التحليل الحبي لمزيج الرمل المستخدم

تم استخدام القضبان البوليميرية المقواة بالألياف الزجاجية والتي تتمتع بالموصفات المبينة في الجدول (1). كما يظهر الشكل (14) بعض أقطار القضبان الزجاجية.

الجدول 1 : مواصفات القضبان البوليميرية المقواة بالألياف الزجاجية

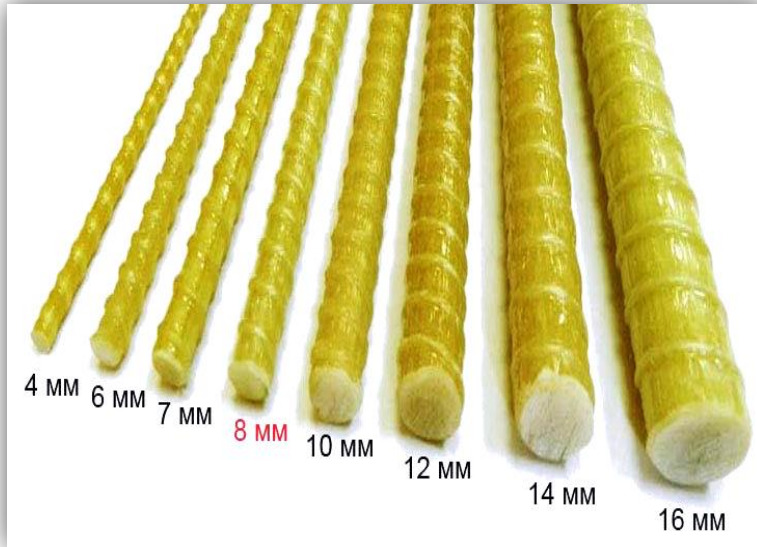
الخاصية	قضبان التسليح البوليميرية (GFRP)
الكثافة (كغ/م ³)	2100-1250
معامل المرونة (غيغا باسكال)	45-39
إجهاد الشد (ميغا باسكال)	1600-483
الاستطالة القصوى %	3.1-1.2

أجريت الاختبارات على القضبان البوليميرية في المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء (مصر) لعدم توفر أجهزة اختبار محلية، وذلك بإجراء اختبار الشد للقضبان واختبار التماسك مع البيتون واختبارات كيميائية. ملخص النتائج التي تهتمنا في بحثنا موضحة في الجدول (2).

الجدول 2 : نتائج اختبارات قضبان التسليح الزجاجية GFRP

بوليميرات مسلحة بألياف زجاجية GFRP	نوع الألياف
6 , 8 , 10 , 12	القطر الاسمي mm
0.66	وزن المتر الطولي kg/m
1075	مقاومة الشد الوسطية للعينات MPa
لا يوجد	تآكل العينة في الأملاح والقلويات والأحماض
84	إجهاد التماسك الوسطي مع البيتون MPa (سحب عينة قطر 14 mm من اسطوانة بيتونية 15*30 cm)

يظهر الشكل (14) بعض أقطار قضبان الفايبر الزجاجية.



الشكل (14) : بعض أقطار قضبان الفايبر الزجاجية

استخدمت قضبان فولاذية طولية بأقطار (8-10) mm وتسليح عرضي (حسب الحاجة) بأقطار (6-8) mm ومواصفات القضبان الفولاذية حسب المتوفرة محلياً.

وكانت نتائج الاختبار كما مبين في الجدول (3).

الجدول 3 : نتائج اختبارات القضبان الفولاذية على الشد

التطاول النسبي الوسطي %	التطاول النسبي %	إجهاد الخضوع الوسطي MPa	إجهاد الخضوع MPa	القطر الفعلي الوسطي mm	القطر الفعلي mm	الوزن g	الطول mm	القطر الاسمي mm
25	24.6	325	323.3	6.61	6.63	205	755	6
	23.0		371.6		6.59	196	730	6
	27.4		278.0		6.61	202	750	6
20	20.0	525	492.6	10.22	10.21	336	523	10
	22.0		516.6		10.23	338	524	10
	20.0		574.0		10.23	336	521	10

إجهاد الخضوع الوسطي لفولاذ التسليح قطر mm (6) : 325 MPa

إجهاد الخضوع الوسطي لفولاذ التسليح قطر mm (10) : 525 MPa

يؤخذ إجهاد الخضوع الوسطي لفولاذ التسليح قطر mm (8) : 525 MPa

4. النتائج و مناقشتها Results and Discussion

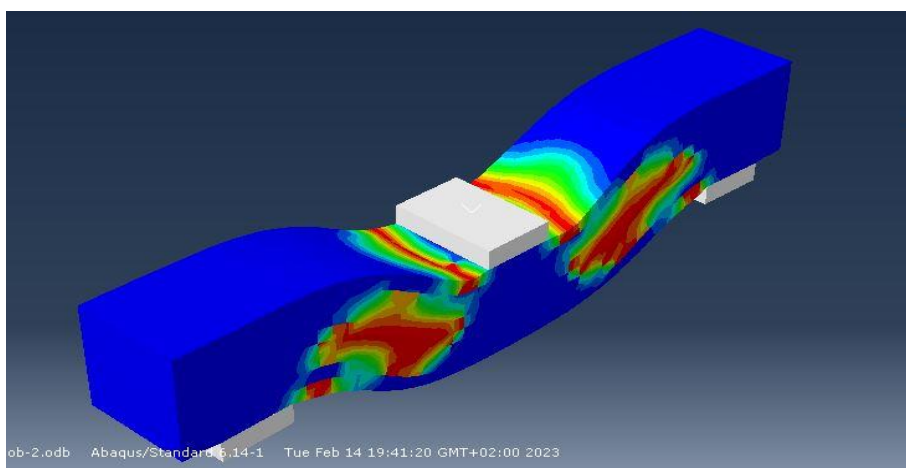
1.4 دراسة عددية باستخدام طريقة العناصر المحدودة Numerical Modeling by

:Finite Element Method

تم استخدام برنامج التحليل الإنشائي [ABAQUS, V6.14-3] واعتماد طريقة العناصر المحدودة (FEM). تمت عملية بناء النموذج العددي بعدة خطوات بدأت من اختيار أبعاد مقاطع النموذج، واختيار العناصر المحدودة المناسبة له، ومن ثم

اختيار الطرق المناسبة لنمذجة سلوك المواد المكونة للنموذج، ثم ربط العناصر المختلفة لتأمين الترابط والعمل المشترك بينها، وبعدها تم اختيار الشروط المحيطة المناسبة لمحاكاة النموذج التجريبي وإجراء عملية التحليل وذلك من أجل التحقق من دقة النمذجة واستخراج النتائج. واخيراً تمت معايرة النتائج بين النموذجين.

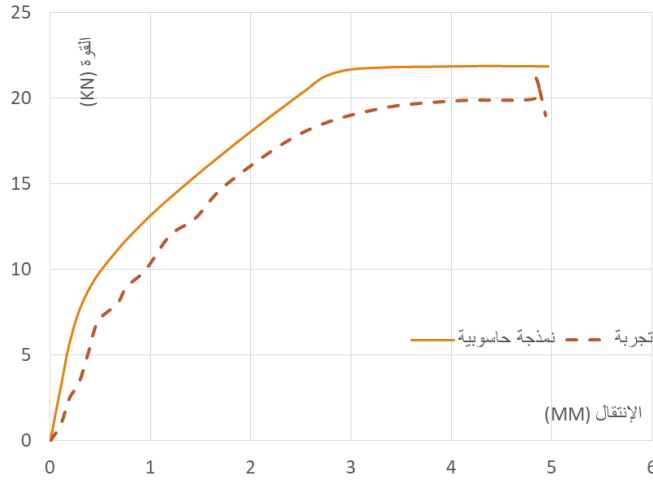
تمت محاكاة نموذج عددي على برنامج Abaqus 6.14 كما يظهر في الشكل (15). وتمت مقارنة مخطط الحمولة-السهم (الانتقال وسط المجاز) لنموذج الجائز بحيث يقترب من التجربة (بفارق لا يتجاوز 15%)، مما يجعل النمذجة مقبولة كدراسة بحثية، نقوم بإدخال المتغيرات تبعاً إلى البرنامج للحصول على النتائج اللازمة.



الشكل (15) : نموذج محاكاة التجربة على برنامج Abaqus

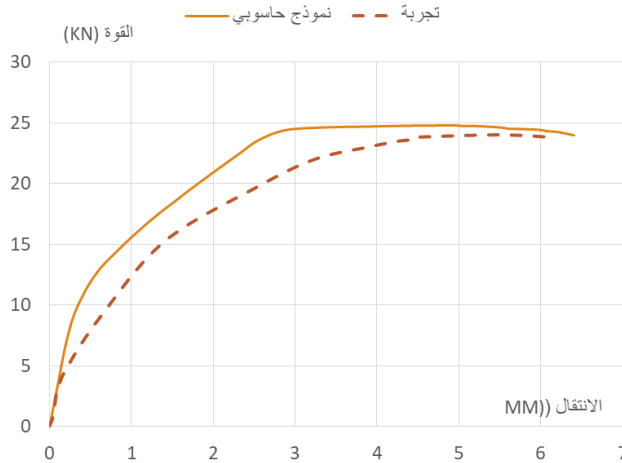
2.4 الدراسة التجريبية Experimental Study:

يوضح الشكلان (16) و (17) مخططات حمولة-انتقال للجوائز المختبرة. يظهر الشكل (16) مخطط الحمولة-السهم (الانتقال الشاقولي أسفل المجاز الوسطي) للجائز B1، وهو جائز بسيط الاستناد مسلح بأربعة قضبان فولاذية قطر 8 mm (إجهاد الخضوع للفولاذ قطر 8, 10 mm متشابه). المقاومة المميزة للبيتون $f_c' = 21 \text{ MPa}$.



الشكل (16) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائز B1

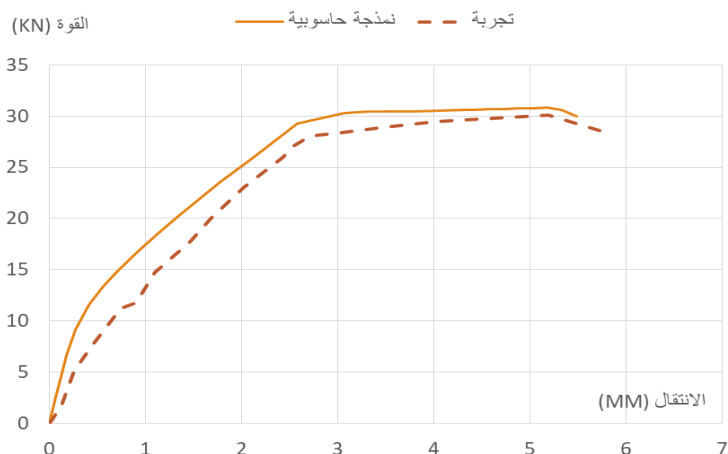
يظهر الشكل (17) مخطط الحمولة-السهم (الانتقال الشاقولي أسفل المجاز الوسطي) للجائز B5، وهو جائز بسيط الاستناد مسلح بأربعة قضبان فولاذية قطر (8) mm . المقاومة المميزة للبيتون $f_c' = 25 MPa$.



الشكل (17) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائز B5

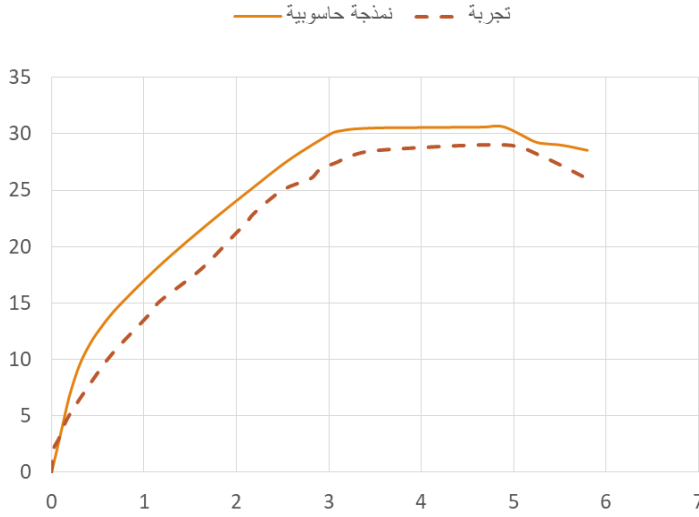
يظهر من المخططات التجريبية مرحلة أولية مرنة، وسلوك مرن-لدن حتى الانهيار.

يظهر الشكل (18) مخطط الحمولة-السهم (الانتقال الشاقولي أسفل المجاز الوسطي) للجائز B4، وهو جائز بسيط الاستناد مسلح بأربعة قضبان فولاذية قطر (10) mm المقاومة المميزة للبيتون $f_c' = 23 \text{ MPa}$.



الشكل (18) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائز B4

يظهر الشكل (19) مخطط الحمولة-السهم (الانتقال الشاقولي أسفل المجاز الوسطي) للجائز B6، وهو جائز بسيط الاستناد مسلح بأربعة قضبان فولاذية قطر (10) mm المقاومة المميزة للبيتون $f_c' = 25 \text{ MPa}$.



الشكل (19) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائز B6

3.4 العلاقات النظرية لحساب قدرة تحمل عزم الانعطاف

Bending Moment

تحسب مقاومة عزم الانعطاف للجوائز المسلحة بقضبان الفايبر بالمعادلة

التالية: [2]

$$M_n = \rho_f f_f \left(1 - 0.59 \frac{\rho_f f_f}{f_c'} \right) b d^2 \quad (1)$$

حيث:

– ρ_f نسبة تسليح FRP

– f_f الإجهاد على الشد في تسليح FRP (MPa)

– f_c' مقاومة الضغط المخصصة للبيتون (MPa)

– b عرض المقطع العرضي المستطيل (mm)

– d المسافة من الليف المضغوط الأبعد إلى مركز تسليح الشد (mm)

العلاقة الواردة في الكود السوري [13] والمستخدمه من أجل فولاذ التسليح مشابهة من حيث الشكل مع اختلاف الرموز، حيث يكون العزم الخارجي مساوياً إلى أو أقل من:

$$M_{ur} = \Omega \left[1 - 0.59 \frac{A_s}{b \cdot d} \cdot \frac{f_y}{f_c'} \right] \cdot A_s \cdot f_y \cdot d \quad (2)$$

حيث:

– Ω معامل خفض المقاومة، و يؤخذ 0.9 في حالة العناصر المعرضة للانعطاف

– A_s مساحة التسليح الطولي على الشد، (mm^2)

– b عرض الجائز، (mm)

– d العمق الفعال، (mm)

– f_c' المقاومة الاسطوانية للبيتون، (MPa)

– f_y مقاومة الخضوع لفولاذ التسليح عالي المقاومة، (MPa)

يوضح الجدول (4) مقارنة بين القيم المختبرة والنمذجة الحاسوبية والعلاقات الحسابية من الكود العربي السوري [13] لقدرة تحمل الجوائز المختبرة.

الجدول 4 : مقارنة بين القيم المختبرة والنمذجة الحاسوبية والعلاقات الحسابية لقدرة تحمل الجوائز المسلحة بالفولاذ

نسبة الاختلاف بين الحملتين التجريبية والنظرية %	نسبة الاختلاف بين الحملتين التجريبية والعددية %	قدرة التحمل النظرية (Kn)	قدرة التحمل العددية (Kn)	قدرة التحمل التجريبية (Kn)	مقاومة البيتون المميزة على الضغط (Mpa)	قطر التسليح (mm)	رقم الجائز
2.9	5	20.61	22.42	21.21	21	8	B1
6.1	4	21	23.35	22.30	23	8	B3
10.3	4.4	21.58	24.87	23.81	25	8	B5
7	5.2	31.33	30.72	29.18	23	10	B4
6	2.4	31.88	31	30.27	25	10	B6

4.4 حساب السهم النظري :Calculation of Theoretical Deflection

يحسب السهم النظري بالعلاقة [2]:

$$\Delta = \frac{5Ml^2}{48E_c I_e}$$

حيث:

- M العزم الاستثنائي، (kN.m, N.mm)
- l مجاز الجائز، (m, mm)
- E_c معامل مرونة البيتون
- I_e عزم العطالة الفعال

يوضح الجدول (5) مقارنة بين القيم المختبرة والنمذجة الحاسوبية والعلاقات الحسابية اليدوية [2] للانتقالات في وسط المجاز عند حمولة الانهيار للجوائز المختبرة.

الجدول 5 : مقارنة قيم السهوم للجوائز المسلحة بالفولاذ

نسبة الاختلاف بين السهم التجريبي والنظري %	نسبة الاختلاف بين السهم التجريبي والعددي %	السهم النظري (mm)	السهم العددي (mm)	السهم التجريبي (mm)	مقاومة البيتون المميزة على الضغط (Mpa)	قطر التسليح (mm)	رقم الجائز
14.8	20	4.43	4.3	5.2	21	8	B1
7.6	28.3	4.62	4.2	5	23	8	B3
2.2	28.3	4.89	4.2	5	25	8	B5
13.8	6.9	4.24	4.6	4.92	23	10	B4
7.4	12	4.35	4.2	4.7	25	10	B6

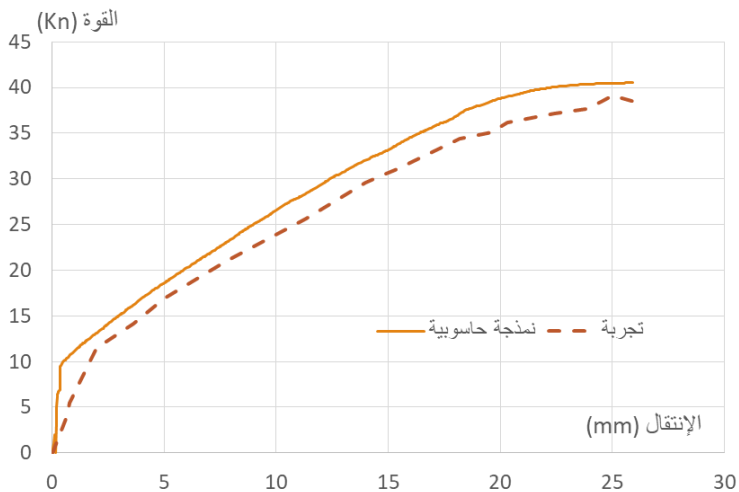
توضح الأشكال التالية مخططات حمولة-انتقال للجوائز المختبرة المسلحة بقضبان الفايبر GFRP في منطقة الشد و قضبان فولاذية في منطقة الضغط، حيث تم اجراء نمذجة حاسوبية للتجارب لإجراء عملية معايرة و مقارنة للنتائج.

يبين الشكل (20) مخطط الحمولة-السهم (الانتقال الشاقولي أسفل المجاز الوسطي) للجائز B7، وهو جائز بسيط الاستناد مسلح بقضيبين فولاذ في الأعلى وقضيبين GFRP في الأسفل قطر mm (8) المقاومة المميزة للبيتون $f'_c = 21$.MPa



الشكل (20) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائز B7

يبين الشكل (21) مخطط الحمولة-السهم (الانتقال الشاقولي أسفل المجاز الوسطي) للجائز B12، وهو جائز بسيط الاستناد مسلح بقضيبين فولاذ في الأعلى وقضيبين GFRP في الأسفل قطر 10 mm المقاومة المميزة للبيتون $f'_c = 25$ MPa.



الشكل (21) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائز B12

يوضح الجدول (6) مقارنة بين القيم المختبرة والنمذجة الحاسوبية والعلاقات الحسابية اليدوية لحمولة الانهيار للجوائز المختبرة.

الجدول 6 : مقارنة بين القيم المختبرة والنمذجة الحاسوبية والعلاقات الحسابية لقدرة

تحمل الجوائز المسلحة بقضبان GFRP

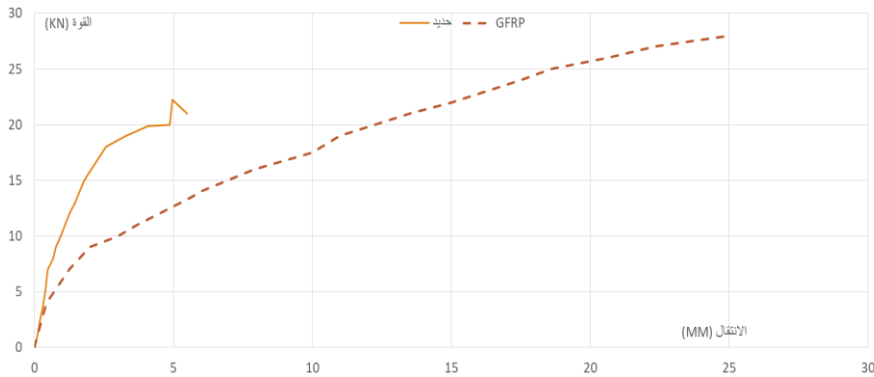
نسبة الاختلاف بين الحملتين التجريبية والنظرية %	نسبة الاختلاف بين الحملتين التجريبية والعديدية %	قدرة التحمل النظرية (Kn)	قدرة التحمل العدديية (Kn)	قدرة التحمل التجريبية (Kn)	مقاومة البيتون المميزة على الضغط (Mpa)	قطر التسليح (mm)	رقم الجائز
9.6	3.9	32.23	30.4	29.24	21	8	B7
9	9.3	32.7	32.8	30	23	8	B9
7.5	6.8	33.84	33.66	31.5	25	8	B11
17.7	11.02	43.30	40.22	36.77	23	10	B10
16.1	10.2	44.30	41.98	38.15	25	10	B12

يوضح الجدول (7) مقارنة بين القيم المختبرة والنمذجة الحاسوبية والعلاقات الحسابية اليدوية [2] للانتقالات في وسط المجاز عند حمولة الانهيار للجوائز المختبرة.

الجدول 7 : مقارنة قيم السهوم للجوائز المسلحة بفضبان GFRP

نسبة الاختلاف بين السهم التجريبي والنظري %	نسبة الاختلاف بين السهم التجريبي والعددي %	السهم النظري (mm)	السهم العددي (mm)	السهم التجريبي (mm)	مقاومة البيتون المميزة على الضغط (Mpa)	قطر التسليح (mm)	رقم الجائز
7.4	9.3	27.87	23.6	25.8	21	8	B7
0.4	10.4	28.49	31.6	28.61	23	8	B9
1.4	11.1	29.86	33.66	30.30	25	8	B11
11.1	3.6	23.50	27.4	26.44	23	10	B10
2.8	9	24.29	27.25	25	25	10	B12

يبين الشكل (22) مخططي حمولة-انتقال للمقارنة بين جائزين مختلفين مسلحين بالفولاذ و GFRP (تجريبياً).



الشكل (22) : مخطط الحمولة-السهم وسط المجاز للجائزين B1 (فولاذ) و B7 (GFRP) تجريبياً يظهر من الشكل (22) ازدياد قدرة تحمل الجائز حوالي (38%) عند استبدال الفضبان الفولاذية في منطقة الشد بفضبان GFRP. كما نلاحظ ازدياد السهم عند الانهيار لأكثر من ثلاثة أضعاف بالمقارنة مع حالة التسليح الفولاذي فقط.

و تبين الأشكال من (23) حتى (25) صور بعض الجوائز المختبرة بعد الانهيار.



الشكل (23) : انهيار الجائز B1 بالانعطاف (تسليح 2T8 فولاذ)



الشكل (24) : نمط انهيار الجائز B11 المسلح بقضبان فولاذية قطر mm (10)



الشكل (25) : نمط انهيار الجائز B7 المسلح طولياً بقضبان GFRP قطر mm (10)

يظهر انفصال البيتون في الجوائز بقضبان الفايبر فقط. كما يظهر انهيار بعض الجوائز بالقص (شقوق قص قطرية مائلة).

5.4 مقارنة السهوم للجوائز عند نفس الحمولة Comparing Deflections at the Same

:Load

بالعودة إلى الشكل (22)، تظهر في الجدول (8) مقارنة السهوم أسفل الجائز عند نفس الحمولة. الجائز B1 مسلح بالفولاذ قطر (8 mm)، والجائز B7 مسلح بقضبان GFRP قطر (8 mm) في منطقة الشد، المقاومة المميزة للبيتون على الضغط ($f_c' = 21 \text{ MPa}$).

الجدول 7 : مقارنة السهوم عند نفس الحمولة للجائزين B1 و B7

نسبة الاختلاف %	السهوم mm	الحمولة KN	تسليح الجائز	الجائز
----	5	20	جائز بسيط مع أساور على كامل طول الجائز تسليح طولي 4 قضبان فولاذ قطر (8 mm)	B1
+150%	12.5	20	جائز بسيط مع أساور على كامل طول الجائز تسليح طولي قضبان فولاذ و قضبان GFRP (استبدال جزئي) قطر (8 mm)	B7
----	2	15	جائز بسيط مع أساور على كامل طول الجائز تسليح طولي 4 قضبان فولاذ قطر (8 mm)	B1
+250%	7	15	جائز بسيط مع أساور على كامل طول الجائز تسليح طولي قضبان فولاذ و قضبان GFRP (استبدال جزئي) قطر (8 mm)	B7

5. الاستنتاجات و التوصيات Conclusions and Recommendations

يمكن استخلاص النتائج التالية:

1-) الاستبدال الجزئي لقضبان التسليح الفولاذية بقضبان GFRP على الجانب المشدود لجائز بيتوني بسيط الاستناد يظهر نتائجاً أفضل في قدرة التحمل بالمقارنة مع التسليح بقضبان فولاذية فقط حيث ازدادت قدرة التحمل حوالي (38 %) . وأدى استخدام تسليح GFRP إلى تحسن السعة العزمية بغض النظر عن مقاومة البيتون.

2-) تزداد السهوم عند الانهيار للجوائز المسلحة بقضبان GFRP بأكثر من ثلاثة أضعاف بالمقارنة مع الجوائز المسلحة بالفولاذ.

3-) يحصل التشقق بشكلٍ مبكرٍ بالنسبة للجوائز المسلحة بقضبان GFRP مقارنةً مع الجوائز المسلحة بالفولاذ، وذلك في حال استخدام نفس مساحة التسليح العرضي. ومن أجل نفس الحمولة يكون سهم الجوائز المسلحة بقضبان GFRP أعلى من سهم الجوائز المسلحة بالفولاذ، حيث يعود ذلك إلى انخفاض قيمة معامل مرونة GFRP بكثيرٍ عن الفولاذ.

4-) مقاومة الشد المرتفعة لقضبان GFRP تؤدي إلى انهيار منطقة الضغط في البيتون، وفي حالة الجائز البسيط تنهار الألياف المضغوطة في الأعلى وينتشر الانهيار إلى وسط الجائز. مما يجعل من غير الفعال استخدام قضبان البوليميرات المقواة بالألياف الزجاجية (GFRP) في الجوائز بسيطة الاستناد التي تتخفف فيها نسبياً المقاومة المميزة للبيتون على الضغط، ولا بد من وجود معايير خاصة.

6. المراجع References

- 1-) **ABAQUS** (2015), version 6.14-3 . Dassault systems simulia Grop, USA .
- 2-) **ACI 440.1R-06** – Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars – 88p – American Concrete Institute.
- 3-) Chidananda, S & Khadiranaikar, R (2017) – **Flexural Behaviour of Concrete Beams Reinforced With GFRP Rebars** – 10p – International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology.
- 4-) Jabbar, S & Farid, S (2018) – **Replacement of steel rebars by GFRP rebars in the concrete structures** – 12p – karbala-international-journal-of-modern-science.
- 5-) Matthys, S (2000) – **Structural Behaviour and Design of Concrete Members Strengthened with Externally Bonded FRP Reinforcement** – 367p – Ghent University, Faculty of Engineering.
- 6-) OBAIDAT, Y (2011) – **Structural Retrofitting Of Concrete Beams Using FRP, Debonding Issues** – 185p – Division of Structural Mechanics, LTH, Lund University.
- 7-) Patil, V (2014) – **Experimental Study of Behavior of RCC Beam by Replacing Steel Bars with Glass Fibre Reinforced Polymer and Carbon Reinforced Fibre Polymer** – 5p – International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering.
- 8-) Rafani, M et al (2020) – **A Theoretical Study of GFRP RC Beams Deflection** – 6p – Journal of Physics.

- 9-) Salh, L (2014) – **Analysis and Behaviour of Structural Concrete Reinforced with Sustainable Materials** – 108p – University of Liverpool.
- 10-) Sajjad et al (2018) – **Analytical Study of Reinforced Concrete Beams Strengthened by FRP Bars Subjected to Impact Loading Conditions** – 19p – American Journal of Engineering and Applied Sciences.
(In Arabic)
- 11-) Jahjah, G et al (2014) – **Studying the Influence of the Distribution of Carbon Rods in the Sections of Reinforced Concrete Beams with Hybrid Reinforcement on their Flexural Behavior** – 20p – Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies.
- 12-) **Syrian Code for Designing and Implementing Structures, Addition No.18** : Fiber Reinforced Polymer Bars (2018) – 102p – Syrian Engineers Syndicate.
- 13-) **Syrian Arab Code** for design and implementation of structures with reinforced concrete (2012). Syrian Engineer Candidate, 404p.