مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

دراسة نموذج رصيف بحري من القشريات ذات الأقطار الكبيرة

ميثاء بلال*

(تاريخ الإيداع 14 / 4 / 2013. قُبِل للنشر في 26/ 11 / 2013)

∇ ملخّص ∇

إن التطور الهائل في جميع المجالات والتبادل التجاري بمختلف أنواعه وبشكل خاص البحري منه، نتيجة للتعاظم المستمر في حجم الحمولات المرافقة له، تبرز أهمية المرافئ بوصفها أهم المنشآت لرفد الاقتصاد الوطني وإنعاشه، لذلك كان لا بد من إعطائها أهمية كبيرة بالعمل على تطويرها وتحسين مواصفاتها الفنية (الأرصفة)، فالأرصفة منشآت معدة ومصممة لرسو السفن فيها، وتنوع الأرصفة المنفذة يتعلق بالمعطيات الجيوديزية والجيوتكنيكية، وبطبيعة المواد المستخدمة ، بالإضافة لطبيعة السفن التي تؤم هذه المرافئ وحجمها. وتصمم جدران الأرصفة لتكون مستقرة وثابتة، ولتحقق شروط الأمان المطلوبة لتأدية وظيفتها الخدمية دون إهمال للعامل الاقتصادي في أثناء عملية التصميم. في هذا البحث درست أنواع مختلفة من الأرصفة منفذة في دول مختلفة، وتمت الدراسة الإنشائية لأحد هذه النماذج (دراسة نموذج رصيف من القشريات ذات الأقطار الكبيرة) وفق الشروط والمعايير الخاصة بالجمهورية العربية السورية ممثلة بالمعطيات الجيوديزية والجيوتكنيكية المحلية، والحمولات الدائمة والمؤقتة المؤثرة، واستقرار النموذج المدروس وثباته وفق الشروط المحلية، وأجريت المقارنة اللازمة لنتائج الدراسة الإنشائية للنموذج المدروس مع بقية النماذج المدروسة بالطريقة نفسها بغية تحديد أهمية هذا النموذج.

الكلمات المفتاحية: الأرصفة، المرافئ البحرية، المعطيات الجيوديزية والجيوتكنيكية.

* مشرفة على الأعمال – عضو هيئة فنية – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (9) 2013
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (35) No. (9) 2013

Studying Maritime Scurfy with Big-Diameters Quay

Maithaa Belal*

(Received 14 / 4 / 2013. Accepted 26 / 11 / 2013)

∇ ABSTRACT ∇

As the huge development in all life fields especially the commercial exchange with its variable types, more specifically the maritime, due to the continuous increase in the size of the accompanying big cargos. Ports significance emerges as the most important establishments to support the national economy. So, it has to be highlighted by working to develop and improve its standard specifications, particularly quays that are used for anchoring ships. The variety of quays link by geodesic-geotechnical features, material quality used and available for constructing, quality and size of ships that are anchored at these ports. The quay walls are designed to be stable and fixed to actualize the enquired safety conditions so it can offer its service employment without neglecting the economic factor during design operation. In this research, we will study variable types of quays constructed in variables countries of the world, the structural study had been done for one of these types according to the Syrian Arab Republic conditions with its local geodesic-geotechnical features, permanent and temporary effected loads, also stability and fixity of the studying type (maritime scurfy quay type with big diameters) according to local conditions and codes, proceeding the necessary comparative for structural study results of considered type for determining the importance of this type.

Keywords :Quays; Coastal Ports; Geodesic-Geotechnical Features.

* **Work Supervisor; Department of Structural Engineering; Faculty of Civil Engineering; University of Tishreen; Lattakia: Syria.**

مقدمة:

الأرصفة البحرية منشآت خاصة مصممة لرسو السفن، تزداد أهميتها تبعاً للتعاظم المستمر لحجم التبادل التجاري البحري وللحمولات الكبيرة المرافقة على هذه المنشآت، فتصميم الرصيف وبناؤه يصبح أكثر أهميةً وتعقيداً يوماً بعد يوم لتحقيق الغاية المطلوبة بأقل التكاليف الاقتصادية. وتصمم جدران الأرصفة لتكون مستقرة وثابتة لتحقيق الأمان المطلوب ولتأدية وظيفتها دون إهمال العامل الاقتصادي. تعطينا المؤشرات المتاحة لهذا البحث أفكاراً ومقترحات وتوصياتٍ حول تصميم هذه الجدران واستقرارها على الزلازل والرياح. واستخدام الطرق التصميمية المتاحه منها الطريقة الستاتيكية، لتكون الأرصفة مقاومة لحمولات الزلازل والحمولات الإضافية الأخرى عن طريق وزن الحصى بحيث تحقق قوة توازن معينة. هذا الأسلوب يساهم في منح منشآت المرفأ أداءً فعالاً ملائماً للظواهر الزلزالية، خاصة عندما تكون حركات الزلزال أكثر أو أقل من المستوى المحدد خلال التصميم [1].

يتميز موقعنا الجغرافي بشاطئ طويل نسبياً ونشط زلزالياً، ممتد من خليج الإسكندرون حتى مشارف محافظة حمص، ويتوضع على هذا الشاطئ مرفآن تجاريان في اللاذقية وطرطوس الشكلان (1 – 2)، إضافة لمرافئ صغيرة في (بانياس – جبلة– طرطوس –وأرواد). فالبنية الإنشائية الأساسية لجدران المرفأين مؤلفة من الكتل البيتونية المتوضعة بعضها فوق بعض، ويدعى هذا بالنموذج الكتلي للأرصفة ذي المقطع العمودي. وهذان المرفآن المستثمران حالياً كافيان لتغطية عمليات النقل البحري، على الرغم من حجم التطور السريع الجاري عبر هذه الموانئ في حركة البضائع والركاب خلال الأعوام 2006–2009، حسب المرجع [2]، الذي بلغ حوالي 25% خلال هذه السنوات الأربع، الجدول (1)، فتزايد دور النقل البحري لتبادلنا التجاري مع بلدان العالم، يتطلّب توسيع المرافئ القائمة أو إنشاء مرافئ جديدة، لاستيعاب السفن الكبيرة بحمولتها المختلفة من خلال اختيار نماذج مناسبة للأرصفة المختلفة التي يلعب العامل الاقتصادي دوراً مهماً إضافة لقدرتها على مقاومة الأحمال المختلفة المؤثرة فيها من رياح وزلازل وغيرها.

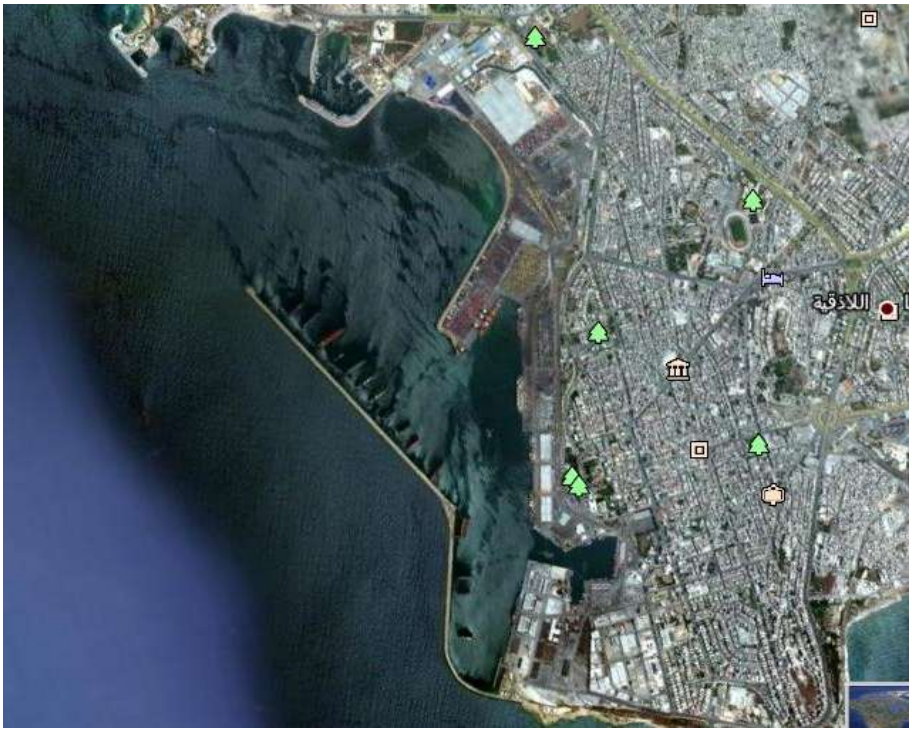
أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى:

- اختيار نموذج الرصيف المناسب للمرافئ السورية اعتماداً على الظروف المحلية .
- تحليل السلوك الإنشائي والكلفة الاقتصادية لهذه النماذج.
- إمكانية إضافة عناصر إنشائية جديدة يمكن أن تحسّن المواصفات الفنية لهذه الأرصفة وتطور آلية عملها.

وتأتي أهمية البحث في:

- زيادة حجم السفن لاستيعاب حجم أكبر من الحاويات.
- تحديث المنشآت وتجهيزاتها داخل المرفأ وخارجه.
- تطوير الأرصفة الموجودة حالياً وبناء أرصفة جديدة تناسب الحجوم الكبيرة للسفن الحديثة.
- تطوير المواصفات الفنية للمنشآت وتحسينها، وخاصة الأرصفة ليتم اختيار الأمثل منها.



الشكل (1) مرفأ اللاذقية

الشكل (2) مرفأ طرطوس

الجدول (1) تطور حركة البضائع والركاب الداخلين والخارجين عن طريق الموانئ السورية 2006 – 2009

الحركة		عدد البواخر		البضائع بالألف طن		الركاب	
الموانئ	السنة	الداخلة	الخارجة	المفرغة	المحملة	القادمين	المغادرين
اللاذقية	2006	1785	1733	7178	918	9114	8671
بانياس		–	–	–	–	–	–
طرطوس		2627	2546	9708	2428	–	–
أرواد		82	83	–	–	–	–
المجموع		4494	4362	16886	3346	9114	8671
اللاذقية	2007	1381	1390	6402	1660	4480	4217
بانياس		–	–	–	–	–	–
طرطوس		2764	2640	9772	2965	–	–
أرواد		80	82	–	–	–	–
المجموع		4225	4112	16174	4625	4480	4217
اللاذقية	2008	1369	1347	6989	1067	9489	9047
بانياس		–	–	–	–	–	–
طرطوس		2751	2500	10832	1890	–	–
أرواد		101	100	–	–	–	–
المجموع		4221	3947	17821	2957	9489	9047
اللاذقية	2009	1681	1688	8167	1415	6366	6379
بانياس		–	–	–	–	–	–
طرطوس		2900	2847	12971	1476	–	–
أرواد		49	50	–	–	–	–
المجموع		4630	4585	21138	2891	6366	6379

وظيفة الجدران:

الجدران منشأة بحرية تحتجز التربة وراءها، وتصمم بأشكال مختلفة. تؤدي مهمة تأمين الرسو للسفن واحتجاز التربة وراءها، والقدرة على تحمل حمولات الروافع والبضائع، إضافة لمهمتها باحتجاز الماء أحياناً.

أهمية الجدران ودور الأرصفة:

من متطلبات الجدران تلبية الاستخدامات الأساسية للرصيف، ومنها:

1.توفير مساحة تخزينية كبيرة، وقدرة على تحمل البضائع وتخزينها، وتحقيق عمق كافٍ لاستيعاب الجزء الغاطس من السفن الكبيرة.

2.جودة التصميم والبناء، وكلفة اقتصادية مقبولة، مع متطلبات صيانة قليلة وفترة خدمة مديدة.

3.أن تكون المنطقة مرتفعة بشكل كاف بحيث تبقى جافة خلال فترة المد البحري العالي. والأخذ بالحسبان مستويات المياه، والآثار المتعلقة بالمد البحري، وخواص التربة، والظروف المناخية المختلفة من مكان لآخر.

4.إبداع التصميم وبراعة التنفيذ للوصول إلى اختيار نموذج مثالي لجدران الأرصفة البحرية [4]، [5].

التصنيف الرئيس لمنشآت الأرصفة:

تصنّف هذه المنشآت تصميمياً في مجموعتين رئيستين هما:

1. المنشآت الثقلية.
2. المنشآت (الوتدية).

1. المنشآت الثقلية:

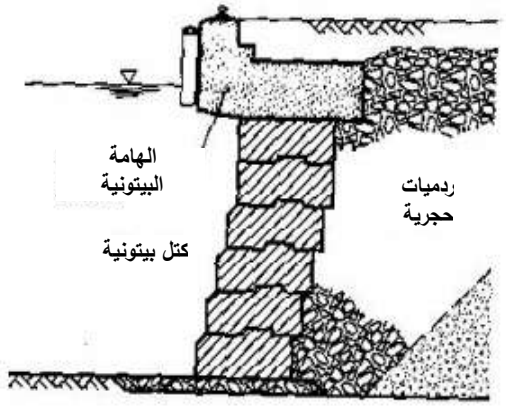
تُتألف جدرانها من كتل بيتونية مفرّغة أو صمّاء، مقاومة للأملاح وكتيمة، يتم نقلها وتركيبها في الموقع، فمن خلال ثقلها الكبير تُحافظ على ثبات الكتل واستقرارها، واستناد سطح كل كتلة إلى الكتلة الواقعة تحتها، وهكذا حتى سطح استناد القاعدة الحجرية إلى تربة القاع. وتستخدم هذه الجدران في الحالات التالية:

- تربة التأسيس مكونة من صخور أو رمال صلبة وقاسية جداً.
- عندما يكون لتربة التأسيس قدرة تحمّل كافية.

ويُستخدم القسم العلوي من المنشأة لتأمين الرسو عبر مرابط التثبيت، وتوضع مخمدات من المطاط أو الخشب على الواجهة الأمامية للرصيف لحماية السفن والرصيف، ويجب حمايتها من التآكل والتعرية، والسعي لتصريف مياه الجهة الخلفية من الجدار لتقليل الضغط الأفقي الناجم عن زيادة ضغط الماء المسامي المتشكل وراء المنشأة [6]، [7].

الجدران الكتلية:

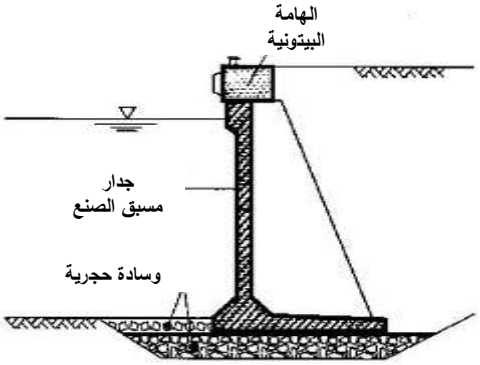
وهو أبسط أنماط الجدران الثقلية، وتتألّف من كتل (بيتونية– الحجر الطبيعي)، تتوضع بعضها فوق بعض مستندة في القاع على وسادة مؤلفة من طبقة من الحصى أو الحجارة، وتشكل الكتل بعد توضّعها جدار الرصيف المطلوب، و يتم تأمين الثبات والاستقرار للجدار من احتكاك الكتلة بعضها مع بعض من جهة، واحتكاك الكتلة السفلية مع قاع البحر من جهة أخرى. والتصميم الأمثل لهذه الأرصفة يمكّننا من الوصول لإجهادات أكثر توزعاً وانتظاماً على القاعدة . ولتلافي جرف الرمال عبر مسامات الموشور الحجري ووصلاته الشاقولية بين الكتل تتم حماية المنحدر الرملي الحصوي بردم الموشور الحجري بالمرشح الحصوي، الذي يسمى مرشحاً عكسياً، الشكل (3) وتبدو مظاهر الضعف في هذه الأرصفة عند تأثير الزلازل عليها، و يرافق ذلك انزياح في الكتل وميلانها [6]، [7].



الشكل (3) مقطع نموذجي لجدار رصيف من النمط الكتلي

جدران الأرصفة الزاوية:

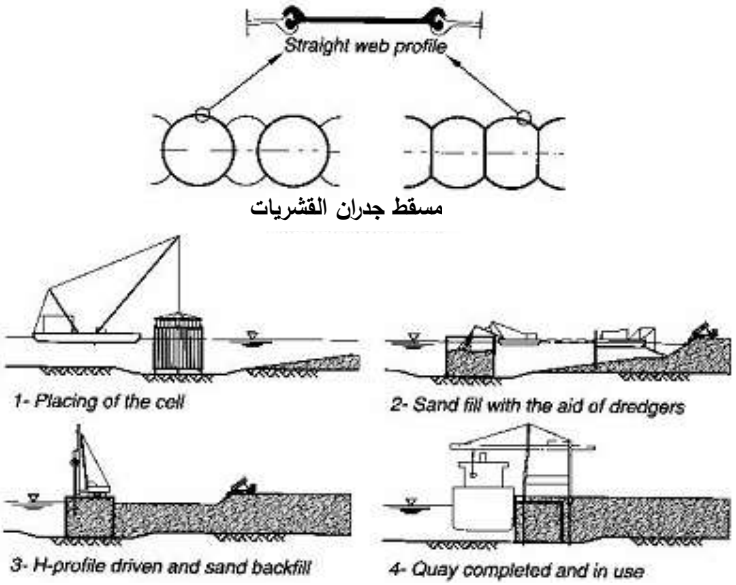
يتم استقرار هذا النوع وثباته من خلال وزن المنشأ ووزن التربة التي يحتجزها. وتُستخدم طريقة الإنشاء هذه عندما تكون قدرة التحمل للتربة غير كافية لإنشاء جدار الرصيف من النوع الكتلي أو للتوفير في كلفة الإنشاء. يبين الشكل (4) مقطعاً لجدار رصيف زاوي [1].



الشكل (4) مقطع نموذجي لجدار رصيف زاوي

جدران الأرصفة القشرية بأقطار كبيرة:

تركب الخلايا بالماء أو على اليابسة وتملأ بالرمل أو أية مادة أخرى. وتتألف من تربة مغلّفة بحلقاتٍ فولاذية مقاومة لإجهاد الشد فقط. وتتطلب المنشآت القشرية موادَّ قليلة نسبياً تؤدي لانخفاض الكلفة، وهذه الجدران القليلة السماكة يمكن أن تتعرض للأذى من جرّاء الصدمات المحتملة. يبين الشكل (5) مقطعاً لجدار من القشريات [1].



مسقط جدران القشريات

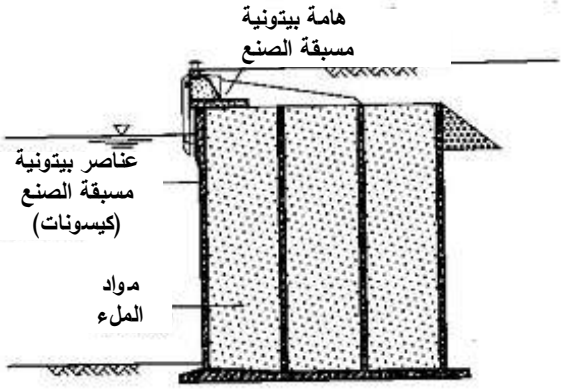
الشكل (5) مقطع نموذجي لجدار رصيف من القشريات

جدران الأرصفة من عناصر بيتونية مفرغة (كيسونات):

وهي عبارة عن عناصر بيتونية مسلحة مفرغة بشكل صناديق رقيقة. يتم تركيبها في حوض على لوح عائم أو على مصاعد، ثم تسحب لتوضع بأماكنها، وتعبأ بالرمل أو الحجارة لتأمين الثبات والاستقرار، و يجب استبدال الطبقات الضعيفة من تربة الأساس بتربة ذات قدرة تحمل عالية. يبين الشكل (6) مقطعاً لجدار من عناصر بيتونية مفرغة [1].

2. منشآت الأرصفة المغروزة (الوتدية):

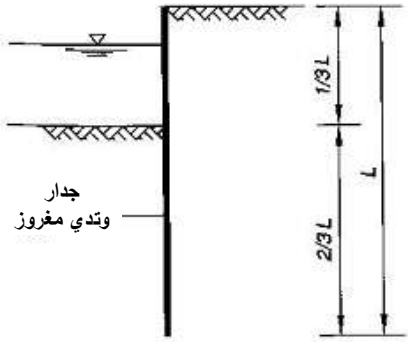
تقام هذه المنشآت عن طريق غرزها ضمن التربة، وخصوصاً عندما تكون قدرة تحمل التربة ضعيفة، وتقوم هذه المنشآت بمهمة احتجاز التربة من خلال قدرتها الكبيرة على الثبات فيها.



الشكل (6) مقطع نموذجي لجدار رصيف من عناصر بيتونية مفرغة

منشآت مغروزة بدون شدادات:

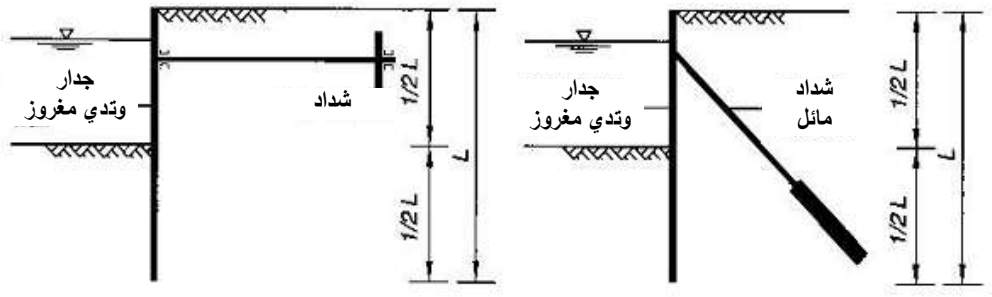
تعتبر من أبسط الأنواع من حيث تركيبها وإنشاؤها، وهي عبارة عن صف من الأوتاد المغروزة في التربة، متصلة بعضها ببعض في قسمها العلوي بواسطة غطاء، ويمكن أن تكون الأوتاد (خشبية– معدنية–بيتونية)، يظهر الشكل (7) مقطعاً لجدار وتدي بدون شدادات.وبزيادة عمق الرصيف يزداد عزم التحنيب مؤدياً لزيادة انزياح الجزء العلوي من الوتد (القسم الحر غير المقيد) لذلك يستخدم هذا النوع من المنشآت عند الأعماق الصغيرة للأرصفة التي لا تتجاوز 8 م [1]، [6].



الشكل (7) مقطع نموذجي لجدار رصيف وتدي بدون شدادات

منشآت مثبتة بشدادات:

تصمم هذه المنشآت بواسطة شدادات، عندما يكون ارتفاع الجدار فوق منسوب القاع كبيراً، ويثبت الجزء العلوي من الجدار بعناصر تثبيت مؤلفه من شدادات وركائز مثبتة (صفائح مثبتة). ويمكن أن تقع الشدادات المثبتة بشكل أفقي أو مائل كما في الشكل (8) [1]، [6].



الشكل (8) مقطع نموذجي لجدار رصيف وتدي مثبت بواسطة شداد

متطلبات التصميم والحساب للأرصفة:

عند التصميم لابد من توفر مجموعة من متطلبات أساسية، حسب المراجع [8]، [9]، [10] وتشمل:

– منسوب سطح المنشأة. وعمق القاع أمام المنشأة، وعرض الواجهة وميلها خلف حافة المنشأة من جهة الماء، وطول المنشأة، ونوع البضائع ومعدات الشحن والتفريغ والحمولات الناتجة. وحمولات السفن وسرعة الاقتراب من المنشأة.

– منسوب الصفر البحري، وحركة المد – الجزر، والنشاط الزلزالي في منطقة الإنشاء، وكذلك المناسيب الحقيقية لكل من الأرض وقاع البحر في منطقة الإنشاء وذلك قبل الإنشاء.

– نوع الردميات وخواصها، وخواص تربة الموقع التي ستقام فوقها المنشأة.

إن توفر هذه المعطيات يساعدنا على التحديد الدقيق للقوى والحمولات في مرحلتي التشييد والاستثمار، والذي ينجم عنه سلامة التصميم المطلوبودقته، إذ تشتمل هذه القوى والحمولات على:

– الحمولات الاستثمارية والوزن الذاتي للمنشأة وللأبنية الثابتة في حدود المنطقة.

– ضغط التربة والأمواج والجليد والحمولات المتشكلة عند التأثير المتبادل بين السفن ومنشآت الأرصفة.

– حمولات النشاط الزلزالي.

المعطيات الجيوديزية والجيوتكنيكية للساحل السوري:

إن اختيار نموذج الرصيف المناسب يتأثر تأثراً كبيراً بالظروف الجيولوجية وحركة تأرجح الماء والأمواج وظروف الإنشاء وتوفر مواد البناء المحلية ومواصفاتها، وعوامل أخرى إضافية.وتتعلق عملية التصميم بمواصفات البناء والاستثمار، وتوضّع المنشأة الحاملة تحت الماء، وتأثير حمولات الاستثمار الكبيرة، ووجود ترب التأسيس الضعيفة في كثير من الحالات، وتأثير الحت في مادة المنشأة وعوامل طبيعية أخرى.

المخطط الجيوديزي للشاطئ:

- المنسوب الحسابي للماء: +0.5m
- منسوب خط الرصيف: +2.5m
- منسوب القاع في منطقة بناء الرصيف: -14m

المخطط الجيوتكنيكي للشاطئ (مواصفات طبقات التربة):

1. الردميات: تردم الجهة الخلفية للجدار بتربة رملية بحبيبات متوسطة الحجم بخواصها التالية:
   - زاوية الاحتكاك الداخلي: $\varphi_1 = \varphi_2 = 32°$
   - الكثافة الوسطية فوق مستوى الماء: $\gamma_1 = 1.8t/m^3$
   - الكثافة الوسطية للتربة تحت الماء: $\gamma_2 = 1.1t/m^3$
2. تربة القاع: توضع تربة رملية ذات حبيبات صغيرة الحجم تتميز بالخواص التالية:
   - زاوية الاحتكاك الداخلي: $\varphi_3 = 28°$
   - الكثافة الوسطية: $\gamma_3 = 1t/m^3$
3. الموشور الحجري:
   - زاوية الاحتكاك الداخلي: $\varphi_4 = 45°$
   - الكثافة الوسطية: $\gamma_4 = 1.2t/m^3$

الحمولات الخارجية المؤثرة في الرصيف:

تقسم الحمولات الخارجية لحمولات دائمة وحمولات مؤقتة.

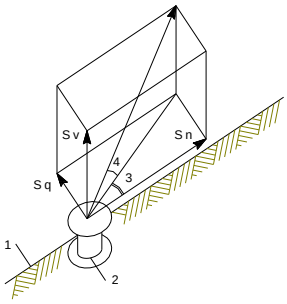
1. الحمولات الدائمة: هي الحمولات التي تؤثر في المنشأة طيلة فترة الاستثمار، (الوزن الذاتي للعناصر– ووزن الردميات خلف الجدار – ضغط التربة – ضغط الماء المدي (الموجي)) عليه.

2. الحمولات المؤقتة: هي الحمولات المؤثرة على المنشأة لفترة مؤقتة، (حمولات البضائع المخزنة فوق الرصيف–حمولات حركة الآليات –حمولات الروافع – ضغط الماء خلف الرصيف). وتتوزع الحمولات المؤقتة بانتظام على سطح الرصيف بقيمة تساوي $q= 6\ t/m^2/m'$. ويجب الانطلاق عند الحساب من التوضع الأخطر للحمولة الموزعة q مما يساعد على زيادة استقرار جدار الرصيف.

حمولات الشد في المرابط:

تربط السفينة إلى الرصيف بحبال الربط المثبتة بالمربط على جسم الرصيف. وتؤثر الرياح والتيارات المائية في الحوض مسببة قوة S في حبل السفينة تسمى بقوة الإرساء.وتحلل هذه القوة حسب المرجع [11]، إلى المركبات التالية:

1. S_q المركبة الأفقية المتعامدة مع جبهة الرصيف.
2. S_n المركبة الأفقية الطولانية المؤثرة في طول الرصيف.
3. S_v المركبة الشاقولية الموازية لجبهة الرصيف. يظهر الشكل (9) مخطط توزيع القوى على المربط من تأثير قوة الإرساء.



الشكل (9) مخطط توزيع القوى على المربط من تأثير قوة الإرساء

1- طول الرصيف 2- مربط الإرساء 3- الزاوية α 4- الزاوية β

تعتبر القوى S_q , S_n , S_v متوضعة على الرصيف عند منسوب حامل المربط الذي يقع على ارتفاع $0.3m$ من سطح الرصيف. فإذا اعتبرنا أن قوة الإرساء الكلية المنقولة على المربط $S = 100\ t$ ، حيث المربط في مقدمة الرصيف والسفينة فارغة عندئذ تحسب المركبة الأفقية العمودية على الجبهة S_q المؤثرة في مربط واحد من العلاقة:

$$Sq = S \times \sin \alpha \times \cos \beta$$

حيث α, β زوايا تُحدد بناء على موقع المربط وتؤخذ من جداول خاصة وفق المرجع [11]. فإذا كان المربط قريباً من الرصيف (α=30° ، β=20° السفينة محملة ، β=40° السفينة فارغة). وإذا كان بعيدا" عن الرصيف (α=40° ، β=20° السفينة محملة ، β=40° السفينة فارغة). وبما أن المربط قريب من خط الرصيف والسفينة فارغة ينتج أن: α=30°, β=40°

$$Sq = 100 \times \sin 30 \times \cos 40 = 38.3t$$

وتحدد المسافة بين مربطين متتاليين L حسب طول السفينة فالسَّفينة طولها 250m فإن L=40m وفق المرجع [11]. وعندئذ تساوي قوة الربط من أجل متر طولي واحد من الجدار:

$$T_w = \frac{S_q \times 2}{L} = \frac{38.3 \times 2}{40} = 1.92\ t$$

وسيتم هنا دراسة نوع من جدران الأرصفة البحرية منفذ بكثرة في العديد من الشواطئ العالمية وغير معروف في بلدنا، وهو:

أرصفة القشريات بأقطار كبيرة:

يحدد قطر القشرية D_H والمسافة بين صفوفها حسابياً من شرط استقرار المنشأة بالكامل.ففي حالة توضع القشريات في صف واحد نعتبر مبدئياً D_H مساوياً لـ $D_H = (0.8 - 1)d_f$

d_f : يمثل البعد الشاقولي من سطح الماء حتى أعلى القاعدة الحجرية.وتؤخذ سماكة جدران القشريات في حدود $0.2 - 0.4m$.ويظهر الشكل (10) مقطعاً نموذجياً لرصيف القشريات ذات الأقطار الكبيرة.

النتائج والمناقشة:

حساب المركبات الأفقية للضغط الفعال:

تتضمن هذه المركبات ضغط التربة الفعّال وضغط الحمولة المؤقتة الموزعة بانتظام وضغط الماء على الجدار (نتيجة المد والجزر)، ونوجز فيما يلي العلاقات الحسابية اللازمة بحسب المرجعين [12]، [13].

يتم حساب ضغط التربة الفعال من العلاقة:

$$e_i = (q + \gamma.h).\lambda_{ai}$$

حيث يمثل λ_a ثابت الضغط الجانبي للتربة (ثابت الضغط الفعّال)، ويتم تحديده من العلاقة:

$$\lambda_a = tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

يتم حساب ضغط الحمولة المؤقتة الموزعة بانتظام من العلاقة:

$$e'_i = q.\lambda_{ai}$$

ويتم حساب ضغط المد على الجدار من العلاقة:

$$e''_i = \gamma_\omega.h_\omega$$

بحساب مساحة الأقسام المستقلة للمخططات نحصل على القوى الموافقة E_i ونطبقها في مركز ثقل هذه الأقسام.

نجمع بالتوافق قيم الضغط الجانبي من تأثير التربة والحمولة الموزعة q وضغط المد لنحصل على مخطط الضغط الجانبي النهائي المؤثر في الجدار وفق العلاقة:

$$E = \sum_{i=1}^{i=n} E_i$$

يبين الشكل (11–a) تخطيطياً قيم الضغط الجانبي للتربة على الجدار، ويبين الشكل (11–b) قيم ضغط الحمولة الموزعة q، ويبين الشكل (11–c) قيم ضغط الماء (المد والجزر)،.وبالجمع التوافقي لقيم الضغط الجانبي نحصل على مخطط الضغط الجانبي النهائي المؤثر في الجدار كما هو موضح في الشكل (11–d)، وتعطي مساحات مخططات الضغط الجانبي على أقسام الجدار محصلة الضغط على هذه الأقسام، التي يبينها الشكل (11–e) مع مراكز تأثيرها بالنسبة لقاعدة الجدار.

حساب الحمولات الشاقولية المؤثرة في جدار الرصيف:

وتتضمن الوزن الذاتي للمنشأة والترب الواقعة فوقها، والتي تعمل على تثبيت الجدار، إذ نحسب أولاً حجم الأقسام المستقلة، ومن ثم بضرب الناتج بالكثافة الوسطية للحصول على وزن كل قسم gi، ثم نحصل على الوزن الكلي من العلاقة:

$$G = \sum_{i=1}^{i=n} g_i$$

شروط الاستقرار وتحمل التربة:

يجري حساب الاستقرار والتشوه ومتانة القاعدة (الأساس) وذلك على 1م من طول الجدار، ويتم تأمين الاستقرار على الانزلاق (الإزاحة) بتحقيق العلاقة المعطاة في المرجعين [14]، [15]، وهي:

$$K_C = \frac{G \cdot f}{E + T_w} > 1.2$$

- G: الوزن الكلي للمنشأة.
- f: ثابت الاحتكاك ويساوي من أجل القاعدة الحجرية (0.55–0.6) ومن أجل القاعدة الرملية (0.4–0.45).
- E: محصلة الضغط الجانبي المؤثرة في شريحة بعرض متر طولي من جدار الرصيف.

- T_w: قوة الربط من أجل متر طولي من جدار الرصيف.
- K_c: عامل الأمان ضد الانزلاق ويساوي عادة (1.2).

ويتم تأمين الاستقرار على الانقلاب بتحقيق العلاقة المعطاة في المرجعين [14]، [15]، وهي:

$$K_{on} = \frac{M_y}{M_{on}} > 1.5$$

- M_y: عزم التثبيت الناتج من القوى الشاقولية.
- M_{on}: عزم الدوران حول الضلع الأمامي الناتج من القوى الأفقية.
- K_{on}: عامل الأمان ضد الانقلاب الذي يجب أن لا يقل عن (1.5−1.6).

توزع الإجهادات عند قاعدة الجدار:

يتم حساب الإجهاد الأعظمي والأصغري عند قاعدة الجدار وفق المرجعين [14]، [15]، كما يلي:

الإجهاد الأعظمي:

$$\sigma_{max} = \frac{G}{B}\left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

- B: عرض قاعدة الجدار.
- e: اللامركزية وهي المسافة من منتصف قاعدة الجدار إلى نقطة تأثير القوة G.

الإجهاد الأصغري:

$$\sigma_{min} = \frac{G}{B}\left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

وبهذا يكون مخطط الإجهادات على شكل شبه منحرف، وتكون القاعدة متينة عندما تتحقق المتراجحة:

$$\sigma_{max} \le R^H$$

- R^H: الإجهاد المعياري الذي يحدد حسب الخصائص الفيزيائية – الميكانيكية للترب، ويمكن اختياره من أجل القاعدة الحجرية في الحدود kg/cm^2 (5−6).

يبين الشكل (12) مخطط توزيع الإجهادات أسفل المنشأة.

الاستقرار العام

يتم تأمين الاستقرار العام لمنشآت الأرصفة بتحقيق العلاقة المعطاة في المرجع [16]، وهي:

$$K_{yet} = \frac{\sum P_i \cdot tg\,\varphi_i \cdot \cos\alpha_i}{\sum P_i \cdot \sin\alpha_i} > 1$$

- P_i: وزن شريحة من التربة فوق سطح الانزلاق بسماكة bi وطول 1م.
- φ: زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة.
- K_{yet}: ثابت الاستقرار العام الذي يجب أن يكون أكبر من الواحد لتحقيق أمان المنشأة.

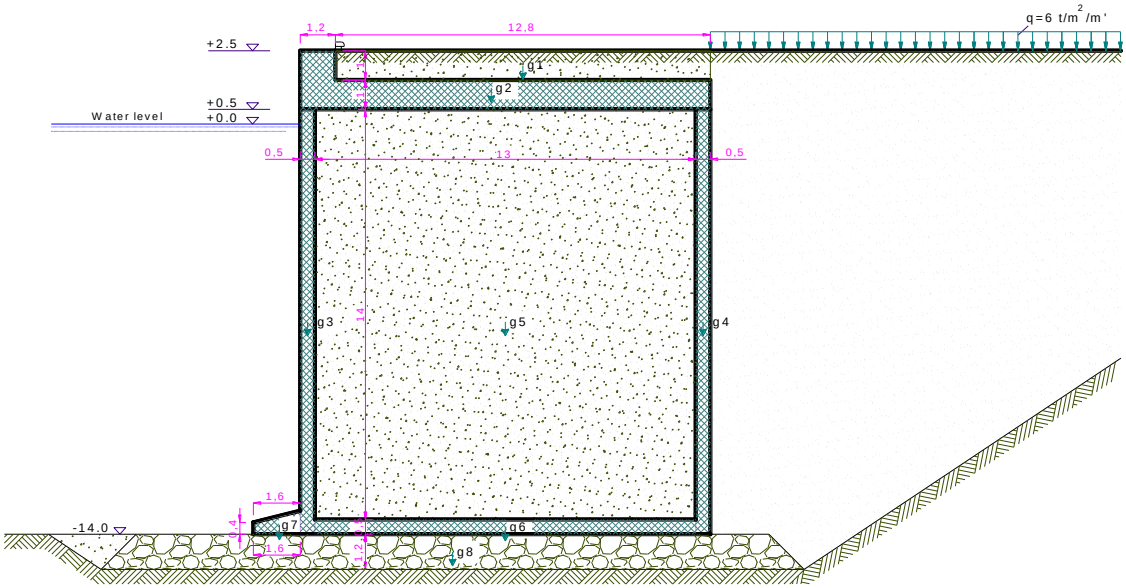
الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

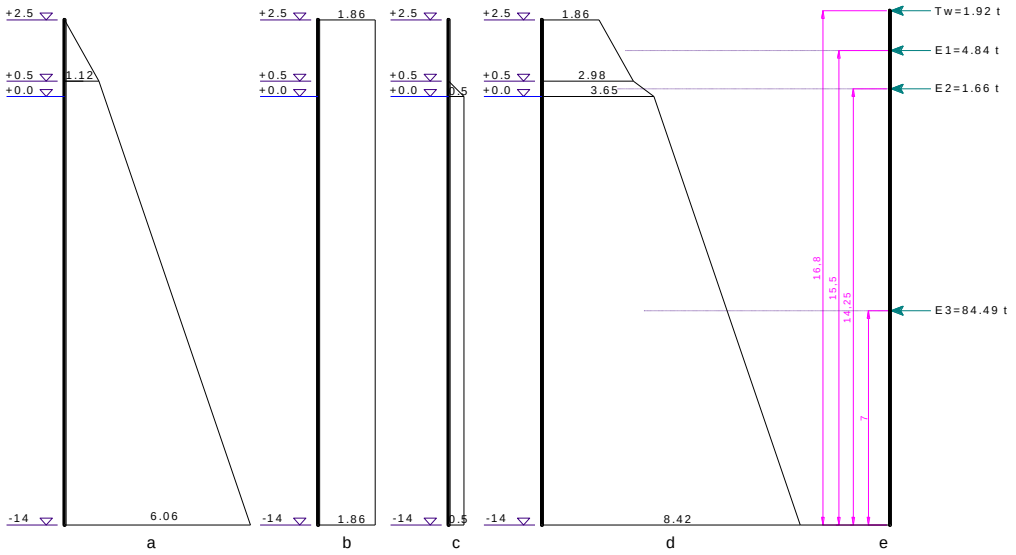
أجريت الدراسة السابقة نفسها على مجموعة من نماذج الأرصفة المذكورة في البحث، وقد وجد أن عوامل الاستقرار على الانزلاق والانقلاب والاستقرار العام محققة جميعها، ولخصت نتائج هذه الدراسة في الجدول (2)، ويلاحظ من هذا الجدول ما يلي:

1. نتيجة للدراسة الإنشائية فالنماذج المدروسة جميعها ضمن الحدود المسموح بها لعوامل الأمان المعتمدة، والفروقات صغيرة، والجدران البيتونية المفرغة والقشرية أكثر توافقاً لتحقيق شروط الاستقرار وإجهادات الضغط المطبقة على التربة.

2. جدار الرصيف الكتلي أكثر استقراراً على الانزلاق، إلا أنه متوسط الاستقرار تقريباً على الانقلاب والاستقرار العام، ويحتاج إلى تربة بمقاومة عالية على الضغط نسبة إلى احتياجات النماذج الأخرى، وإن الجدار الزاوي المثبت بشداد أقل استقراراً على الانزلاق والانقلاب والاستقرار من النماذج الأخرى، لكنه يطبق أقل الإجهادات على تربة التأسيس.

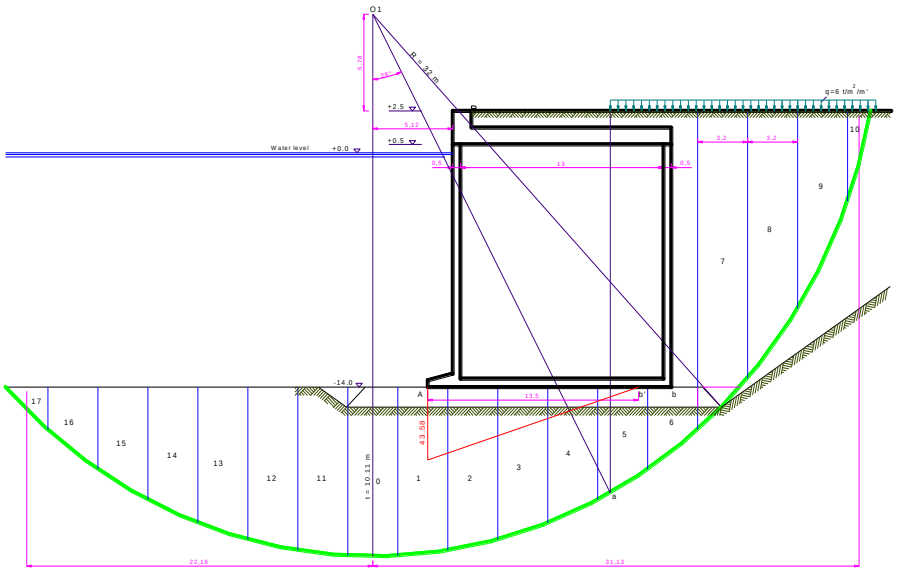


الشكل (10) مقطع نموذجي لجدار رصيف بحري من القشريات ذات الأقطار الكبيرة



الشكل (11) مخططات الضغط الجانبي الفعّال

a) مخطط ضغط التربة الموجب b) مخطط ضغط الحمولة المؤقتة c) مخطط ضغط المد d) مخطط الضغط الجانبي النهائي e) محصلة الضغط الجانبي النهائي



الشكل (12) مخطط التوازن العام للرصيف من القشريات

الجدول (2) إجهادات الضغط وعوامل الاستقرار على الانزلاق والانقلاب والاستقرار العام لنماذج الأرصفة المدروسة

نوع الجدار	الاستقرار على الانزلاق $K_c > 1.2$		الاستقرار على الانقلاب	إجهادات الضغط الأعظمية	الاستقرار العام
	عند مستوى أسفل المنشأة مع القاعدة	عند مستوى القاعدة مع سطح التربة	$K_{on} > 1.5$	$\sigma_{all} = 60\ t/m^2$	$K_{yet} > 1$
جدار كتلي	2.00	1.83	2.15	52.82	1.20
جدار من القشريات	1.74	1.58	2.83	43.58	1.33
جدار زاوي مثبت بشداد	1.32	1.28	1.90	18.48	1.10
جدار بيتوني مفرغ (فراغ واحد)	1.68	1.55	2.24	38.72	1.33
جدار بيتوني مفرغ (فراغان)	1.69	1.56	2.26	38.72	1.33

التوصيات:

استناداً إلى النتائج السابقة من خلال الدراسة التي أجريت على نماذج الجدران المختلفة، نوصي عند الحاجة إلى توسيع مرافئنا بالآتي:

1. السعي ما أمكن إلى استخدام جدران الأرصفة البيتونية من القشريات الملائمة بسلوكها الإنشائي وتكلفتها الاقتصادية، بحسب المعطيات الجيوبحرية المتوفرة في شواطئنا.
2. العمل ما أمكن على استبعاد استخدام الجدران الكتلية بسبب تكاليفها الاقتصادية الكبيرة نسبة إلى النماذج الأخرى.
3. تزويد خلايا الجدران المفرغة بأخاديد وأسافين لمنع حركة الخلايا فيما بينها، وبالتالي تأمين تماسك وثبات أكبر.

المراجع:

1. New Seismic Design Approaches For Block Type Quay Walls (Karaku, Hülya, M.S., Department of Civil Engineering), July 2007, 173 pages.
2. المجموعة الإحصائية السورية، المكتب المركزي للإحصاء، رئاسة مجلس الوزراء 2010 الرابط على الانترنت http://www.cbssyr.org/yearbook/2010/chapter7-AR.htm
3. Meijer E., (2006), "Comparative Analysis of Design Recommendations for Quay Walls", M.Sc. Thesis, TU Delft, 151 pages.
4. Port Engineering: planning, construction, maintenance, and security. by Gregory P. Tsinker 2004, 881 pages.
5. Roads, Railways, Bridges, Tunnels and Harbour Dock Engineering. by B. L. Gupta, Amit Gupta 2003, part 5. 126 pages.
6. الهندسة البحرية: د.آمال حيدر، د. عدنان ابراهيم، جامعة تشرين، كلية الهندسة المدنية 2002-2003، 347 صفحة.
7. حجازي، عميد حسين. الموانئ والمرافئ القديمة في ساحل القطر العربي السوري. دار أماني للطباعة والنشر والتوزيع، 2004. 386 صفحة.
8. Asian Journal Of Civil Engineering (Building And Housing) Vol. 4, Nos 2-4 (2003) Pages 163-171.
9. Lee C.J., (2005), "Centrifuge Modeling of The Behavior of Caisson-Type Quay Walls During Earthquakes", Soil Dynamics and Earthquake Engineering 25 (2005) Pages 117–131.
10. Port Works Design Manual Part 2 (Guide To Design Of Piers And Dolphins) Civil Engineering Office, Civil Engineering Department, The Government Of The Hong Kong Special Administrative Region, 64 pages.
11. Г. н. Б. ф. Горюнов Е. В. Курпович Порты и. портовые сооружения Москва 1983. С.606.
12. port And Harbor Engineering, Hiroyasu Kawai, China 2001-2002.369 pages.
13. Руководство по проектированию морских причальных сооружения Москва 1989. С.399.
14. Б. Ф. горюнов, Ф, М. шихиев Морские порты и портовые сооружения Москва 1981. С.445
15. Портовые гидротехнические сооружения Ю. А. фортученко Москва 1995. С.320.
16. Морские гидротехнические сооружения свайнои конструкции (причальные и оградительные), Р. В. лубенов Ф, М. шихиев Москва 1981. С.145.