Evaluation of the Stability of the Berths (7-8-9) in Latakia port

Dr. Amal Haidar*
Ali Fawaz Ghanem **

(Received 8 / 1 / 2025. Accepted 27 / 3 / 2025)

□ ABSTRACT □

Block quay walls are the most common type of port berths, and the stability of the block quay is a top priority due to its importance in providing all services at maximum capacity.
In this research, the stability of berths (7-8-9) was evaluated and the maximum load that can be carried with a safety factor greater than one was determined.
The process was carried out through four loading stages using a quay model within the Plaxis – 2d V.8.6 program. In the first stage, the modeling was done without external loads and the results were 43.68 mm for displacement and 1.3 for the safety factor. In the second stage, the modeling was done in the current state of the quay with a load of 40 Kn/m^2 and the results were 57.13 mm for displacement and 1.14 for the safety factor. In the third stage, the modeling was done to determine the collapse load of the facility and the ultimate load. The collapse occurred at a load of 105 Kn/m^2. When modeling the pavement, we noticed that the ultimate load is 80 Kn/m^2 with results of 83.98 mm for displacement and 1.03 for safety factor, but this is an unsafe load for the structure. In the fourth stage, the safe load on the structure was modeled, which is 60 Kn/m^2, and the results were 68.68 mm for displacement and 1.08 for safety factor.

Keywords: Quay wall – Port – Stability – PLAXIS**.**

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Associate Professor, Department of Water and Irrigation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Latakia University, Latakia, Syria. amalhaidar11@gmail.com
**Postgraduate Student (Master) – Department of Water and Irrigation Engineering – Faculty of Civil Engineering – Latakia University – Latakia – Syria. alifawazghanem@gmail.com

تقييم استقرار الأرصفة (٧-٨-٩) ضمن مرفأ اللاذقية

د. امال حيدر *

علي فواز غانم **

(تاريخ الإيداع ٨ / ١ / ٢٠٢٥. قُبِل للنشر في ٢٧/ ٣ / ٢٠٢٥)

□ ملخّص □

تعد جدران الأرصفة الكتلية أكثر أنواع أرصفة الموانئ شيوعاً، ويعتبر استقرار رصيف الكتل أولوية قصوى نظراً لأهميته في تقديم جميع الخدمات بأقصى سعة.

تم في هذا البحث تقييم ثبات الأرصفة (٧-٨-٩) وتحديد الحمولة القصوى التي يمكن أن تتحملها بمعامل أمان أكبر من واحد.

تمت العملية من خلال أربع مراحل تحميل باستخدام نموذج للرصيف ضمن برنامج Plaxis – 2d V.8.6 في المرحلة الأولى تم النمذجة بدون أحمال خارجية وكانت النتائج 43.68 ملم للإزاحة و١,٣ لعامل الأمان. وفي المرحلة الثانية تم عمل النمذجة بالوضع الحالي للرصيف بحمل ٤٠ كيلو نيوتن/م^{٢} وكانت النتائج 57.13 ملم للإزاحة و١,١٤ لعامل الأمان. وفي المرحلة الثالثة تم عمل النمذجة لتحديد حمل الانهيار للمنشأة والحمل الحدي، حدث الانهيار عند حمل ١٠٥ كيلو نيوتن/م^{٢}. عند نمذجة الرصيف لاحظنا أن الحمولة الحدية هي ٨٠ كيلو نيوتن/م^{٢} بنتائج 83.98 ملم للإزاحة و١,٠٣ لعامل الأمان، ولكنها حمولة غير آمنة للمنشأة. وفي المرحلة الرابعة تم نمذجة الحمل الآمن على المنشأة وهي ٦٠ كيلو نيوتن/م^{٢} وكانت النتائج 68.68 ملم للإزاحة و١,٠٨ لعامل الأمان.

الكلمات المفتاحية: جدار الرصيف – الميناء – الاستقرار – PLAXIS.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA ٠٤

* استاذ مساعد – قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية.
amalhaidar11@gmail.com

** طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم الهندسة المائية والري – كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية.
alifawazghanem@gmail.com

مقدمة:

تمثل الموانئ أهميةً قصوى للدول واقتصادها، وأمنها الوطني والاجتماعي، فهي المحرك الأول للصادرات والواردات التي من خلالها تتحول الدول إلى قلاع اقتصادية عملاقة، تتحكم في مسيرة الاقتصاد العالمي، حيث دولاً عديدة تعتمد في مدخولها على الموانئ والتجارة البحرية كـ الصين واليابان.

تعرضت المرافئ إلى العديد من المخاطر، نظراً لمواقع بنائها وطبيعة المواد المستخدمة في إنشائها والترب التي أسست عليها، وتبقى هذه المرافئ عرضة للزلازل أو موجات المد (تسونامي) أو انزلاقات التربة، والتي لها أثار خطيرة على المنشآت الساحلية الأخرى كالمصافي ومعامل التكرير النفطية والبتروكيماوية [1].

الأرصفة عبارة عن منشآت مصممة لرسو السفن عندها، وتبعاً للحاجات الملحّة التي يفرضها التزايد المستمر لحجم التبادل التجاري البحري والحمولات الكبيرة المرافقة له على هذه المنشآت، فتصميم وبناء الرصيف يصبح أكثر أهميةً وتعقيداً يوماً بعد يوم لتحقيق الغاية المطلوبة بأقل التكاليف الاقتصادية.

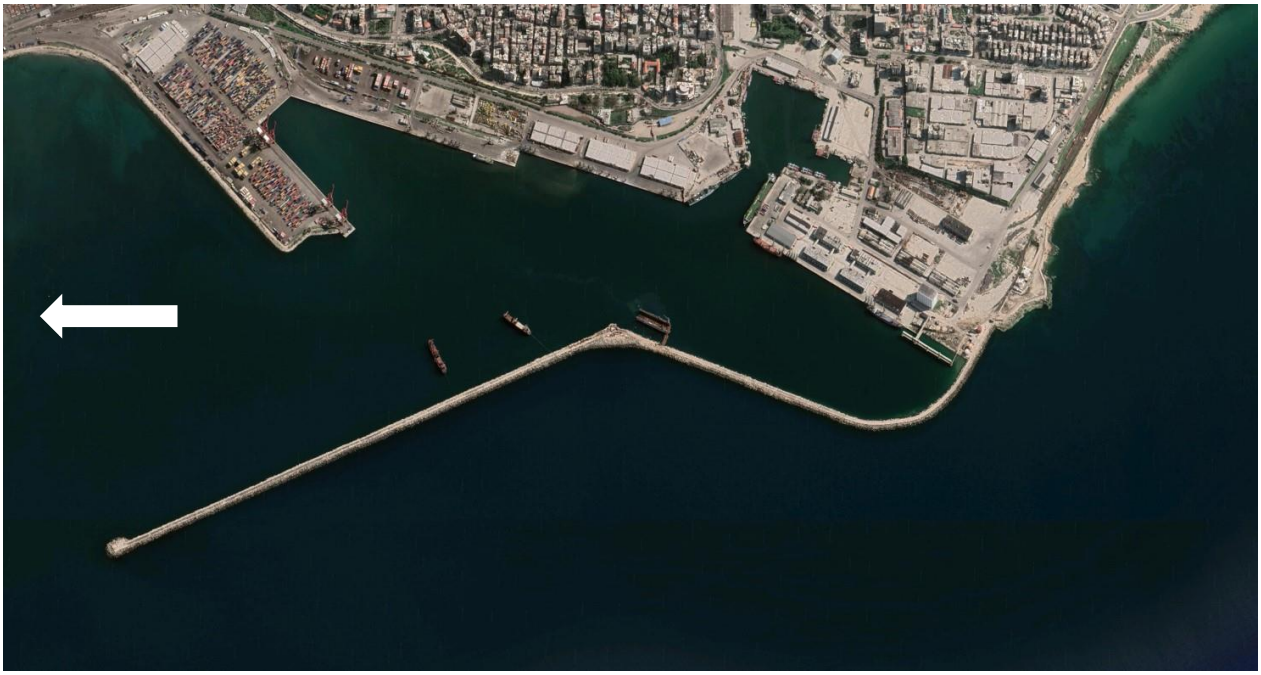
على مدى العقد الماضي، تم تحقيق تطورات مهمة في العديد من برامج الكمبيوتر التجارية التي تستخدم تحليل الحمولات الديناميكية للمنشآت، ويمكن أيضاً استخدام بعض هذه البرامج لتحليل جدران الرصيف من النوع الثقلي، تعتمد هذه البرامج على تقنيات النمذجة العددية وهي تحليل العناصر المنتهية وتحليل الفروق المحدودة، والتي باستخدامها من الممكن تحليل المشكلات المعقدة للغاية، مثل نمذجة سلوك جدران الرصيف من النوع الثقلي، وفهم آلية تفاعل التربة والمنشأة والماء، وحساب الإزاحة على جدران الرصيف من النوع الثقلي والحصول على قيم التصميم للحمولات الديناميكية [5].

وتعد طريقة العناصر المنتهية النهج الأكثر شمولاً لتحليل أداء هياكل التربة ولها بعض المزايا في النظر إلى آليات الانهيار الطبيعي والتفاعل بين المنشأة ونظام التربة [6].

يعتبر مرفأ اللاذقية أقصر بوابة عبور ترانزيت بين أوروبا ودول الشرق، ولديه تاريخياً كميات استيراد وتصدير متزايدة مع بطئ بمراحل تطوره متأثراً بالظروف الاقتصادية للبلد، وبسبب الحاجة لاستخدام ارصفة المرفأ في مرحلة إعادة الاعمار برزت الحاجة للاستفادة من استطاعة الأرصفة الحالية بالطاقة القصوى ريثما يتم استكمال اعمال تطوير المرفأ، لذلك تم هذا البحث للتحقق من قدرة الأرصفة (٧-٨-٩) على تحمل زيادة الأحمال مع بقائها مستقرة.

موقع منطقة البحث

يقع المرفأ المراد دراسته عند الشاطئ الغربي لمدينة اللاذقية-سورية (الشكل ١)، تحديداً الأرصفة رقم ٧-٨-٩ وهو رصيف بضائع، عمقه التصميمي 10.8 m وطوله 546 m وهو من نوع الأرصفة الكتلية (الشكل ٢).



الشكل (١) مرفأ اللاذقية – سورية

الشكل (٢) الأرصفة ٧-٨-٩ المدروسة في مرفأ اللاذقية

أهمية البحث وأهدافه:

يعد مرفأ اللاذقية من اهم المنشآت الاقتصادية في سورية لكن تأخر عملية تطويره خلال السنوات الأخيرة أدى إلى تراجعه عن مواكبة مرافئ البحر المتوسط لذلك وجب تقييم استقراره لغرض زيادة تحميل الأرصفة في وضعها الحالي.

يهدف البحث إلى تقييم استقرار الأرصفة ذات الهيكل التصميمي الواحد ٧-٨-٩ عن طريق برنامج **PLAXIS 2D** والتحقق من قدرتها على تحمل زيادة الحمولات المطبقة عليها.

طرائق البحث ومواده:

جدار الرصيف عبارة عن منشأة بحرية تحتجز التربة وراءها، ويتم تصميمها بأشكال مختلفة. تؤدي هذه المنشآت، بأشكالها المتعددة، الوظيفة نفسها، من تأمين مكان لرسو السفن واحتجاز التربة وراءها، وقدرة على تحمل حمولات الروافع والبضائع، بالإضافة إلى مهمتها في احتجاز الماء أحياناً.

- **منشآت الأرصفة الثقلية**

تُصنع جدرانها من كتل بيتونية مفرّغة أو صمّاء، مقاومة لأملاح البحر وغير نفوذة للماء، حيث يتم نقلها وتركيبها في الموقع المطلوب.

يُحافظ على ثبات واستقرار هذه الكتل من خلال ثقلها الكبير واحتكاك سطح استناد كل كتلة على الكتلة الواقعة تحتها وهكذا حتى سطح استناد القاعدة الحجرية على تربة القاع.

يكون استخدام جدران أرصفة الميناء الثقلية مناسباً في الحالات التالية:

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

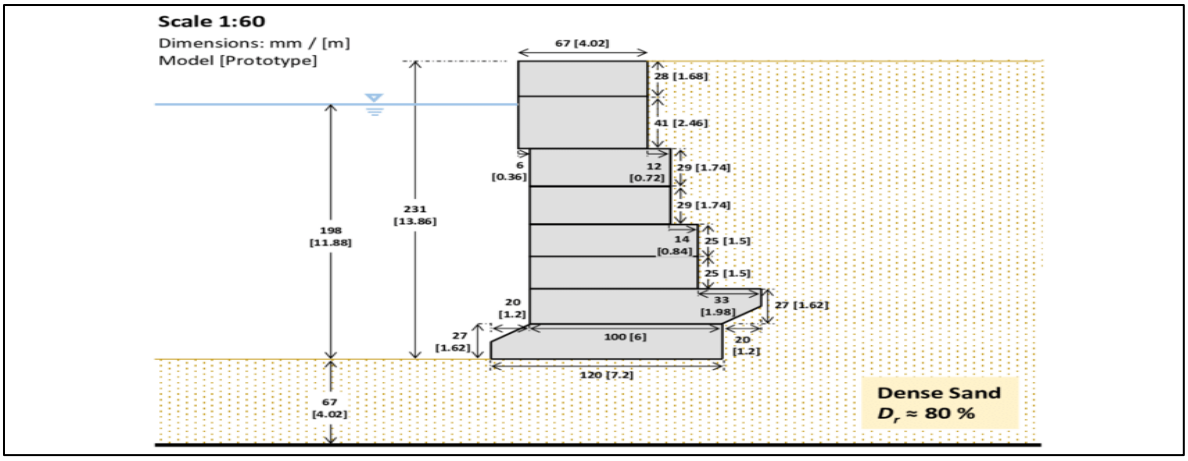
ويُستخدم القسم العلوي من المنشأة لتأمين رسو السفن في الميناء عبر مرابط التثبيت [7].

- **جدران الأرصفة الكتلية**

يمثل هذا النمط أبسط أنماط الجدران الثقلية (الشكل ٣)، والتي تتألف من كتل مصنوعة من مواد صلبة من البيتون أو الحجر الطبيعي، حيث توضع فوق بعضها بعض مستندة في القاع على وسادة مؤلفة من طبقة من الحصى أو الحجارة. وتشكل هذه الكتل بعد توضّعها جدار الرصيف المطلوب الثابت والمستقر، إذ يتم تأمين هذا الثبات والاستقرار للجدار من خلال احتكاك كتله مع بعضها من جهة واحتكاك الكتلة السفلية مع قاع البحر من جهة أخرى.

التصميم الأمثل لمنشآت الأرصفة من الكتل الضخمة ذات المقطع السهل المتدرج حيث يمكن الوصول إلى إجهادات أكثر توزعاً وانتظاماً على القاعدة عند تأمين الاستقرار الكامل للمنشأة بأكملها.

ولتلافي عمليات جرف الرمال عبر مسامات الموشور الحجري والوصلات الشاقولية بين الكتل الضخمة تتم حماية المنحدر الرملي الحصوي بردم الموشور الحجري بالمرشح الحصوي، والذي يسمى مرشحاً عكسياً. تبدو مظاهر الضعف الأساسية في هذه الأرصفة عند التأثير الزلزالي عليها، حيث يمكن أن يرافق ذلك انزياح هذه الكتل وميلانها [7].



الشكل (٣) شكل تصميمي لمنشأة رصيف ثقلي كتلي

- **إن تصميم الأرصفة يتطلب توفر مجموعة من المعطيات الأساسية وتشمل:**

- منسوب سطح المنشأة.
- طول المنشأة.
- عمق القاع أمام المنشأة.
- نوع البضائع التي سيتم شحنها من خلال المنشأة ونوعيات معدات الشحن والتفريغ والأحمال التي تنتج عنها.
- منسوب الصفر البحري في منطقة الإنشاء.
- مدى المد في المنطقة (المد الجزر).
- حمولات السفن الراسية وسرعات الاقتراب من المنشأة.
- المناسيب الحقيقية لكل من الأرض وقاع البحر في منطقة الإنشاء وذلك قبل الإنشاء.
- نوعية وخواص مواد الردم.
- خواص تربة الموقع التي ستقام فوقها المنشأة.
- النشاط الزلزالي في منطقة الإنشاء.
- الحمولات الاستثمارية والوزن الذاتي للمنشأة وللأبنية الثابتة المتوضعة في حدود المنطقة والتي تظهر تأثيراً على المنشأة.
- ضغط التربة والأمواج والجليد والحمولات المتشكلة عند التأثير المتبادل بين السفن ومنشآت الأرصفة [7].

- **الحمولات الخارجية المؤثرة على الرصيف**

تقسم الحمولات الخارجية لحمولات دائمة وحمولات مؤقتة.

١. الحمولات الدائمة: هي الحمولات التي تؤثر على المنشأة طيلة فترة الاستثمار، ومنها الوزن الذاتي للعناصر، ووزن الردميات خلف جدار الرصيف وضغط التربة.

٢. الحمولات المؤقتة: هي الحمولات المؤثرة على المنشأة لفترة مؤقتة، كحمولات البضائع المخزنة فوق الرصيف والحمولات الناتجة عن حركة الآليات وحمولات الروافع الجسرية على الرصيف بالإضافة إلى ضغط الماء خلف الرصيف.

تم اعداد نموذج باستخدام برنامج PLAXIS 2D V 8.6 وهو من البرامج المعتمدة على طريقة العناصر المنتهية [2] وتمت المعايرة للرصيف بمقارنة الانتقالات الأفقية مع بحث في ميناء روتردام هولندا من خلال القياسات الميدانية وضمن البرنامج بحسب [8]، ومقارنة الاجهادات المسموحة بحب [1].

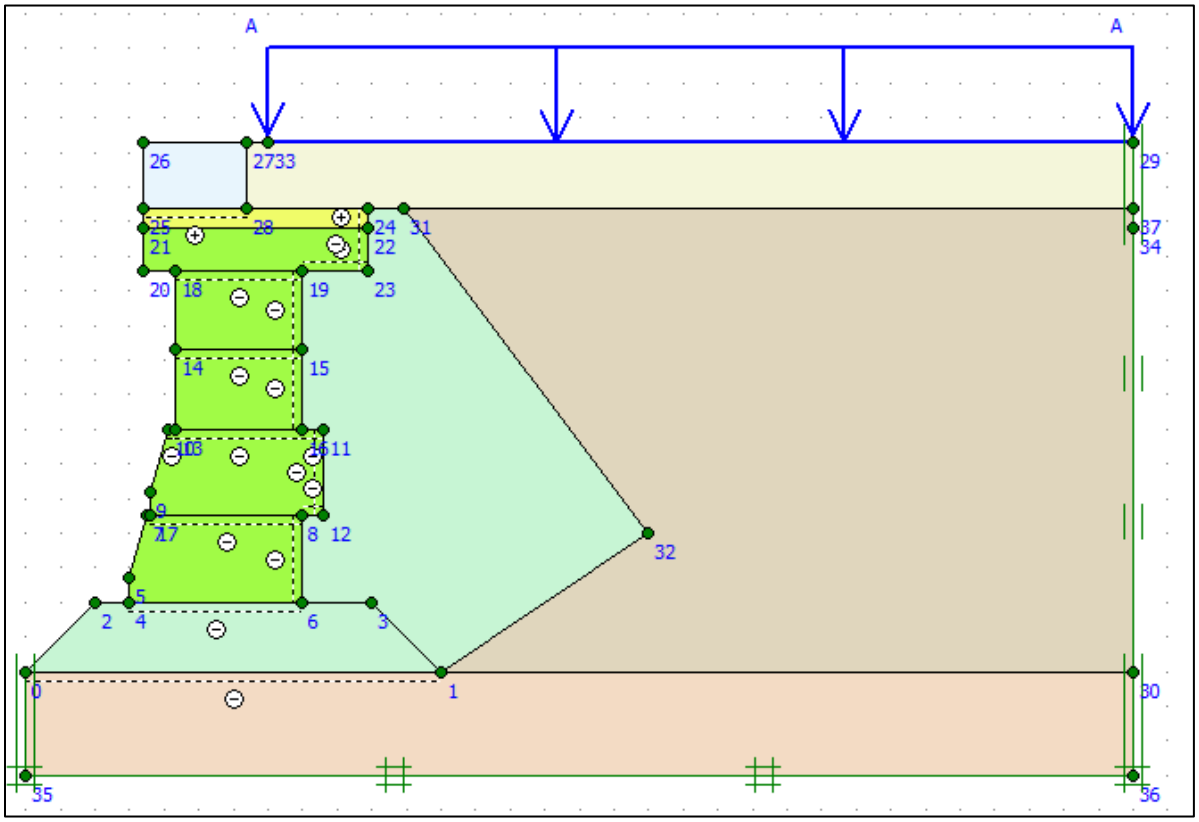
ويبين الجدول (١) بارامترات التربة والبيتون المستخدم، والشكل (٤) شكل نموذج الرصيف ضمن البرنامج، موضح عليه الحمولة A حسب قيمتها بكل مرحلة وأرقام العقد والشروط الطرفية والاحتكاك بين المنشأة والتربة وبين الكتل.

الجدول (١) بارامترات المنشأة والتربة والخرسانة. [4-3]

النوع	القيمة
الوزن الحجمي لتربة الردم الرملية (ton/m^3)	١,٧
زاوية الاحتكاك الداخلية لتربة الردم الرملية (درجة)	٣١
الوزن الحجمي للردم الحجري والسرير الحجري (ton/m^3)	١,١
زاوية الاحتكاك الداخلية للردم الحجري والسرير الحجري (درجة)	٤٢
الوزن الحجمي طبقة الأساس الكلسية (ton/m^3)	١,٩
عمق الرصيف (m)	١٠,٨
الوزن الحجمي للخرسانة المسلحة (الهامة) (ton/m^3)	٢,٥

الوزن الحجمي الجاف للخرسانة العادية (ton/m^3)	٢,٤
الوزن الحجمي المغمور للخرسانة العادية (ton/m^3)	١,٤
معامل الاحتكاك بين طبقات الخرسانة	٠,٥٥
معامل الاحتكاك بين السرير الحجري والمنشاة	٠,٥
الحمولة الحية الحالية (Kn/m^2)	٤٠

الشكل (٤) نموذج كتلة الأرصفة (٧-٨-٩)



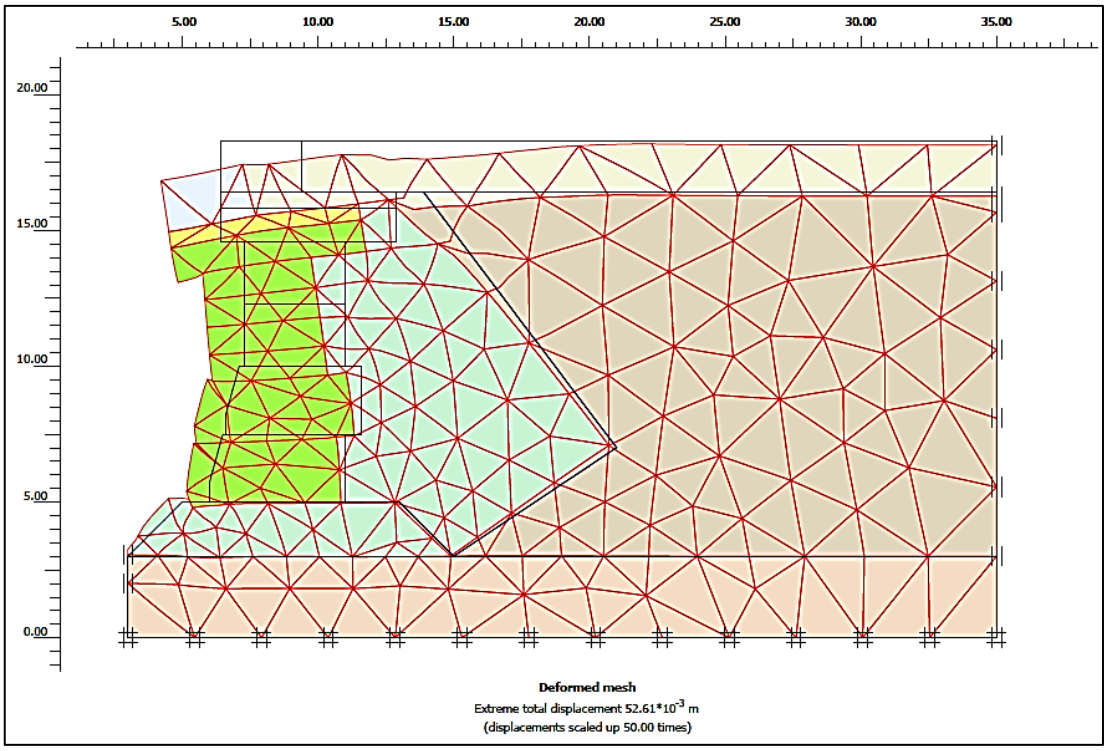
النتائج والمناقشة:

سيتم تقسيم عملية النمذجة لعدة مراحل كما التالي:

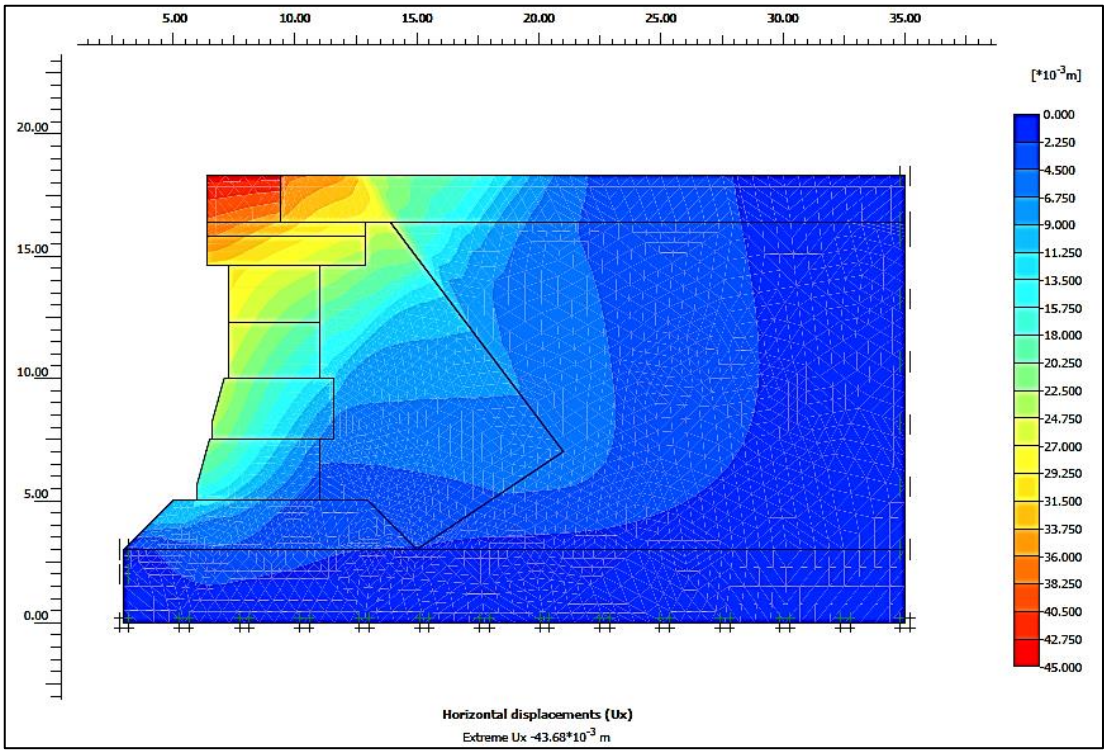
المرحلة الأولى المنشأة بدون حمولة خارجية مؤثرة على الرصيف:

في هذه المرحلة تم حساب النموذج فقط بوزن التربة خلف الجدار ووزن الكتل الخرسانية، يبين الشكل (٥) والشكل (٦) مخطط انتقالات شبكة العناصر المنتهية والانتقالات الأفقية، ويبين الشكل (٧) اجهادات التربة.

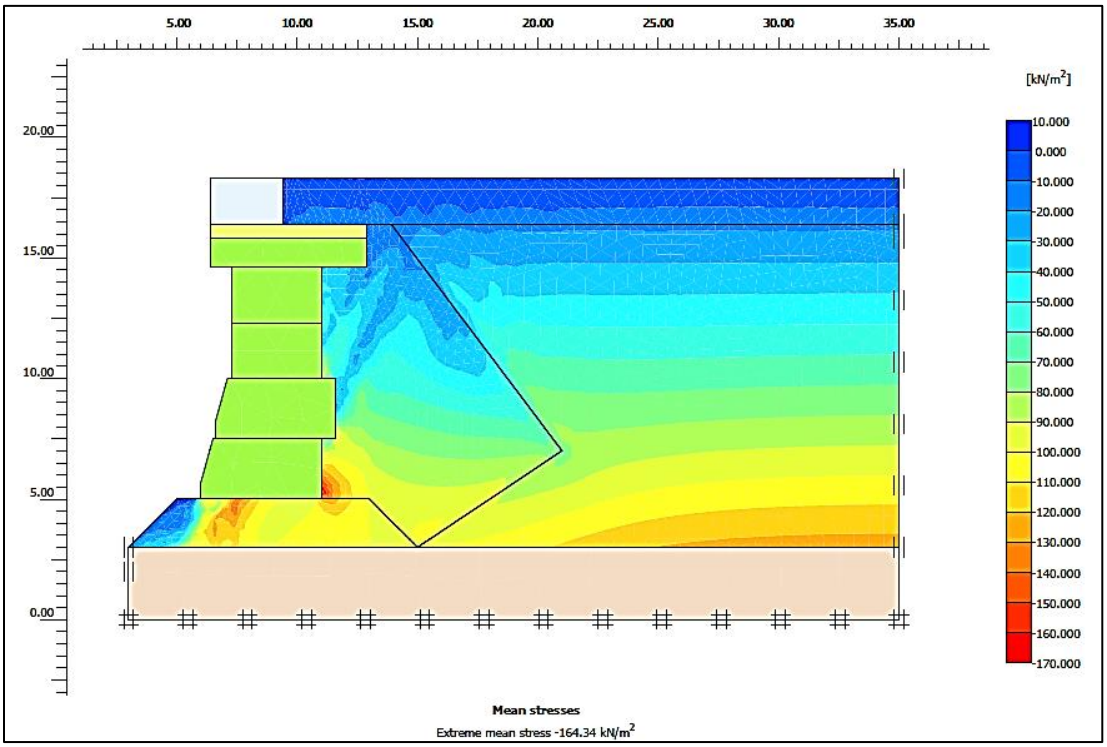
بحسب هذه الاشكال نلاحظ ان اكبر قيمة للانتقالات الأفقية عند رأس المنشأة بقيمة 43.68 mm وعند قعر المنشأة يصل الانتقال إلى الصفر وأن قيمة معامل الأمان Msf=1.3 اكبر من الواحد والمنشأة مستقرة، واعظم قيمة للاجهادات هي $164.34\ Kn/m^2$ وهي اقل من القيم المسموحة [1].



الشكل (٥) انتقالات شبكة العناصر المرحلة الأولى

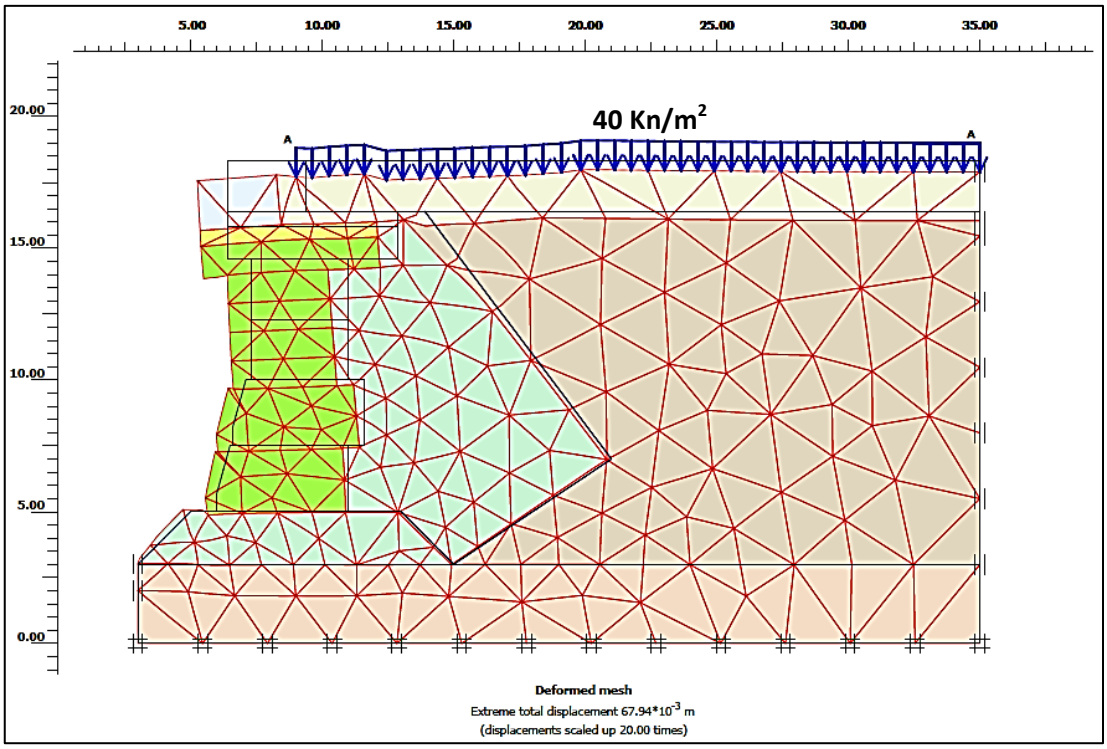


الشكل (٦) الانتقالات الأفقية المرحلة الأولى

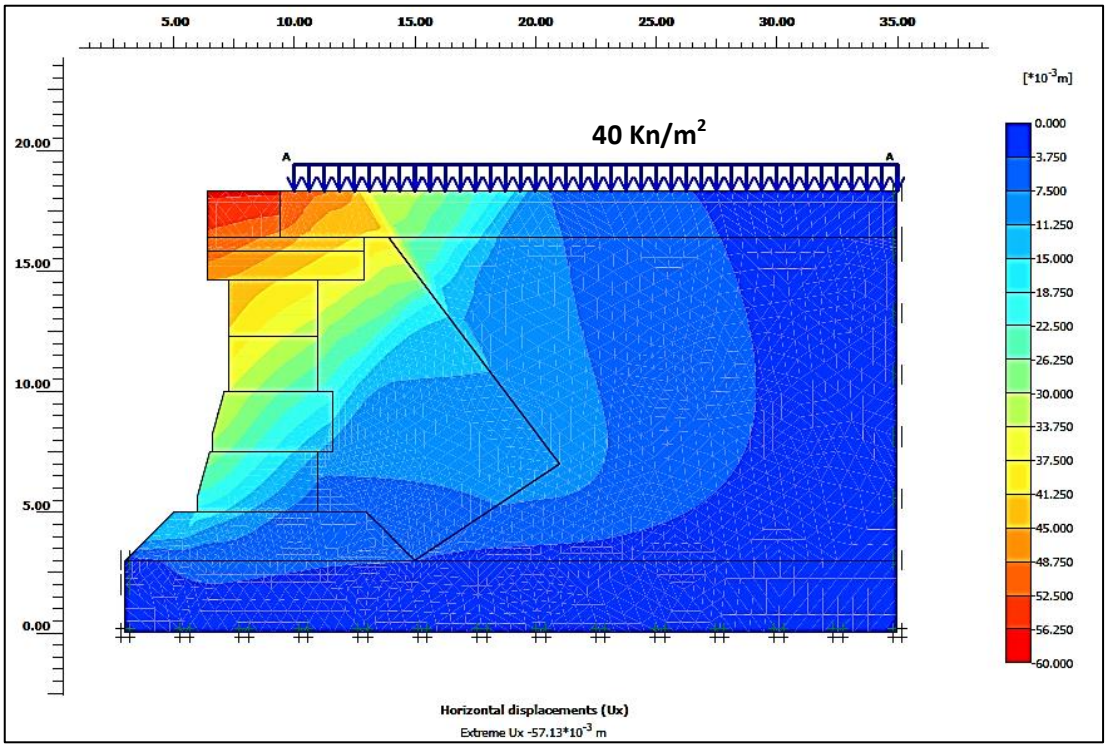


الشكل (٧) اجهادات التربة المرحلة الاولى

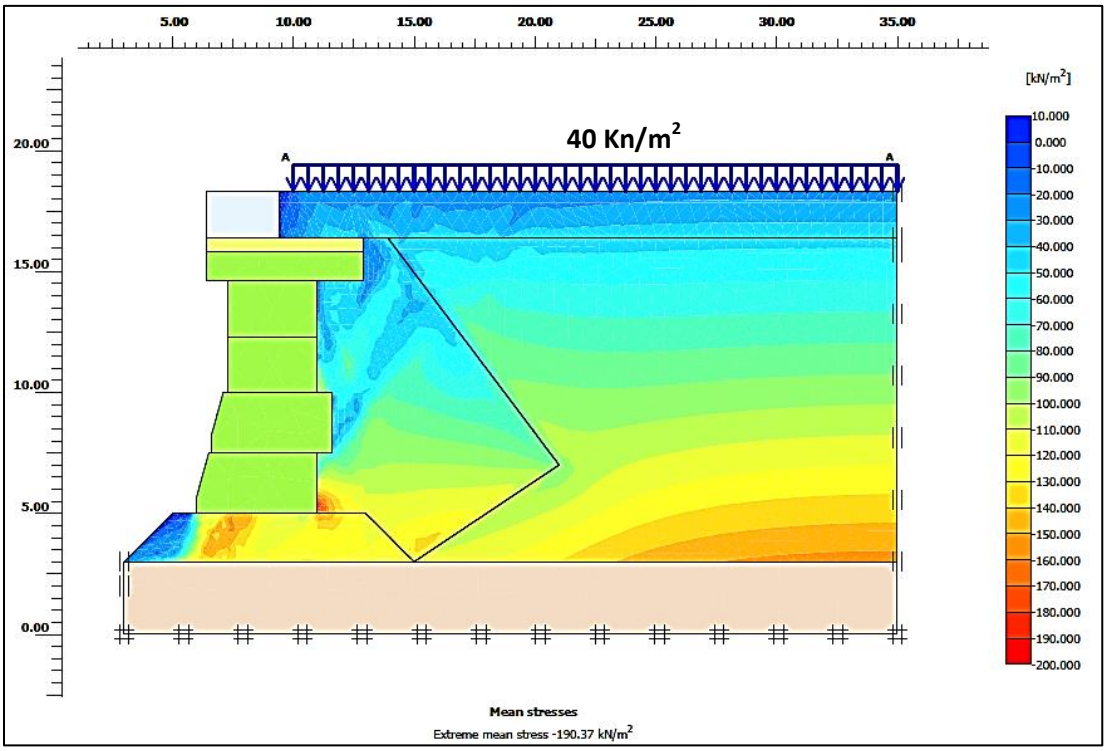
المرحلة الثانية المنشأة مع حمولة خارجية مؤثرة على الرصيف قيمتها $40\ Kn/m^2$ وهي الحمولة المطبقة حالياً على الرصيف:
في هذه المرحلة تم حساب النموذج بحمولة خارجية تؤثر حالياً على الرصيف قيمتها $40\ Kn/m^2$ بحسب مديرية الانشاءات البحرية ضمن شركة مرفأ اللاذقية (المشروع الفني لتوسيع مرفأ اللاذقية.، ١٩٧٥)، يبين الشكل (٨) والشكل (٩) مخطط انتقالات شبكة العناصر المنتهية والانتقالات الأفقية، ويبين الشكل (١٠) اجهادات التربة.
بحسب هذه الأشكال نلاحظ أن أكبر قيمة للانتقالات الأفقية عند رأس المنشأة بقيمة 57.13 mm وعند قعر المنشأة الانتقال يصل إلى الصفر وأن قيمة معامل الأمان Msf=1.14 اكبر من الواحد والمنشأة مستقرة، وأكبر قيمة للاجهادات هي $190.37\ Kn/m^2$ وهي أقل من القيم المسموحة [1].



الشكل (٨) انتقالات شبكة العناصر المرحلة الثانية



الشكل (٩) الانتقالات الأفقية المرحلة الثانية



الشكل (١٠) اجهادات التربة المرحلة الثانية

المرحلة الثالثة تحديد الحمولة التي تنهار عندها المنشأة:

في هذه المرحلة تم زيادة التحميل على درجات حتى الوصول إلى القيمة التي تنهار عندها المنشأة، عند وصول قيمة الحمولة إلى 105 Kn/m^2 حدث الإنهيار، بعدها تمت دراسة الحمولات الآمنة للرصيف مع مراقبة قيم الانتقالات الأفقية.

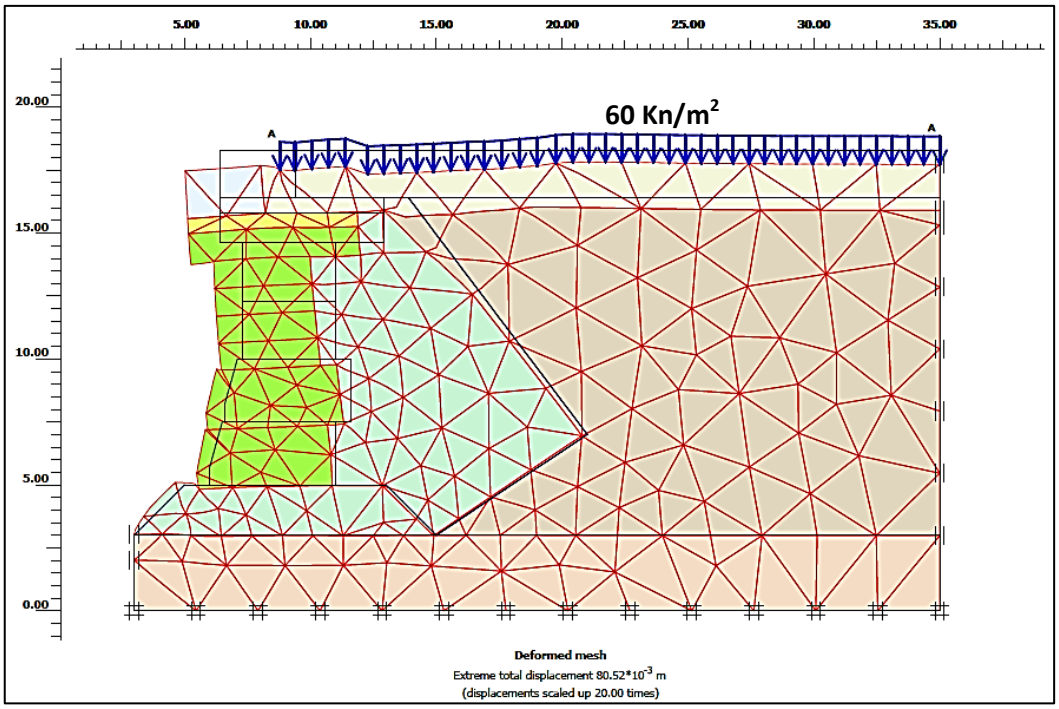
تحقق الحمولة 80 Kn/m^2 قيمة معامل امان قريبة من الواحد وانتقال أفقي قيمته 83.98 mm مع عدم انهيار المنشأة من البرنامج لكن لا يمكن اعتبار هذه الحمولة آمنة على المنشأة لصغر معامل الآمان وكبر قيمة الانتقال الأفقي.

لذلك سنعتمد الحمولة 60 Kn/m^2 هي الحمولة الآمن زيادتها على المنشأة دون حدوث مشاكل والمحافظة على استقرار آمن وذلك ضمن المرحلة الرابعة.

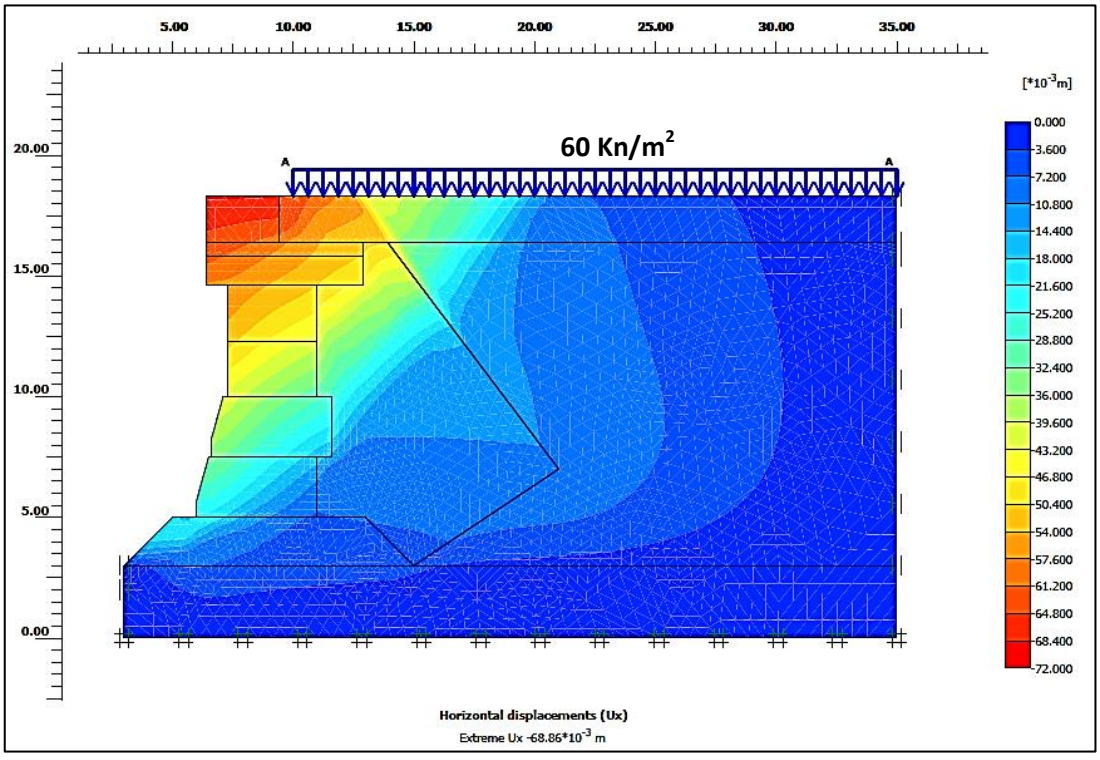
المرحلة الرابعة الحمولة الامنة للزيادة حيث تم اعتمادها كحمولة آمنة بحسب قيم الانتقالات الافقية ومعامل الأمان والاجهادات الموافقة لها والتي تعطي قيم مستقرة للمنشأة.

في هذه المرحلة تم حساب النموذج بحمولة خارجية تؤثر على الرصيف قيمتها 60 Kn/m^2 يبين الشكل (١١) والشكل (١٢) مخطط انتقالات شبكة العناصر المنتهية والانتقالات الأفقية ويبين الشكل (١٣) اجهادات التربة.

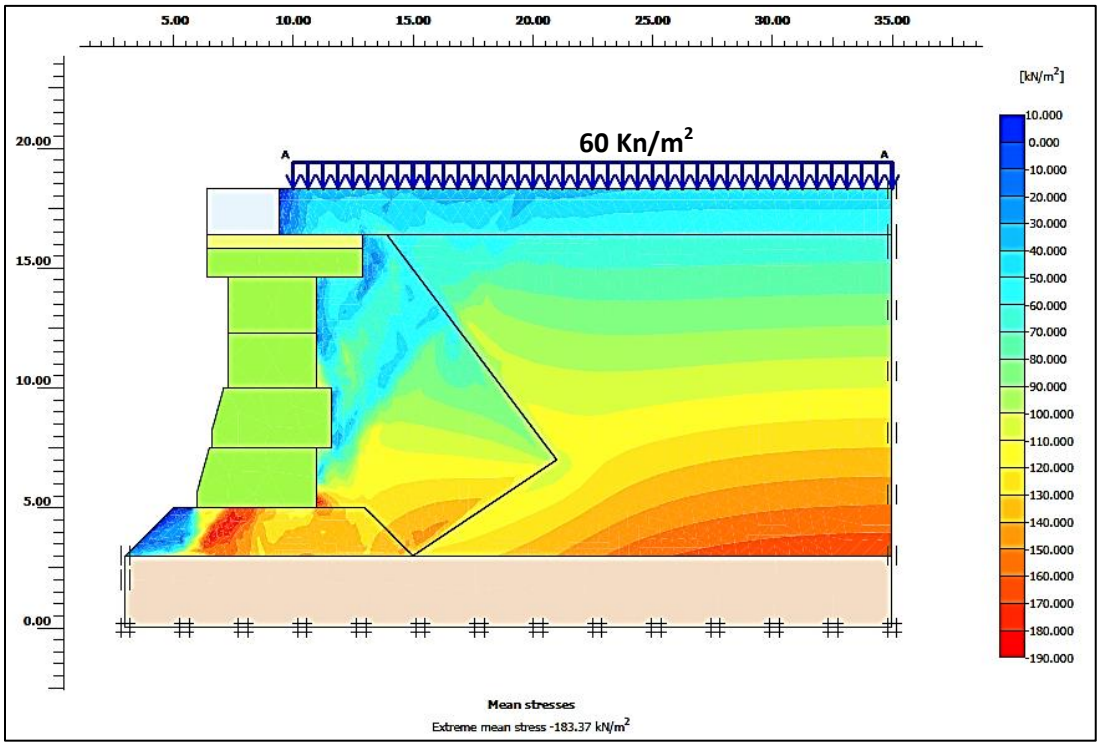
وبحسب هذه الأشكال نلاحظ أن أكبر قيمة للانتقالات الأفقية عند رأس المنشأة بقيمة 68.86 mm وعند قعر المنشأة الانتقال يصل إلى الصفر وأن قيمة معامل الأمان Msf=1.08 اكبر من الواحد والمنشأة مستقرة، وأكبر قيمة للاجهادات هي 183.37 Kn/m^2 وهي أقل من القيم المسموحة [1].



الشكل (١١) انتقالات شبكة العناصر المرحلة الرابعة

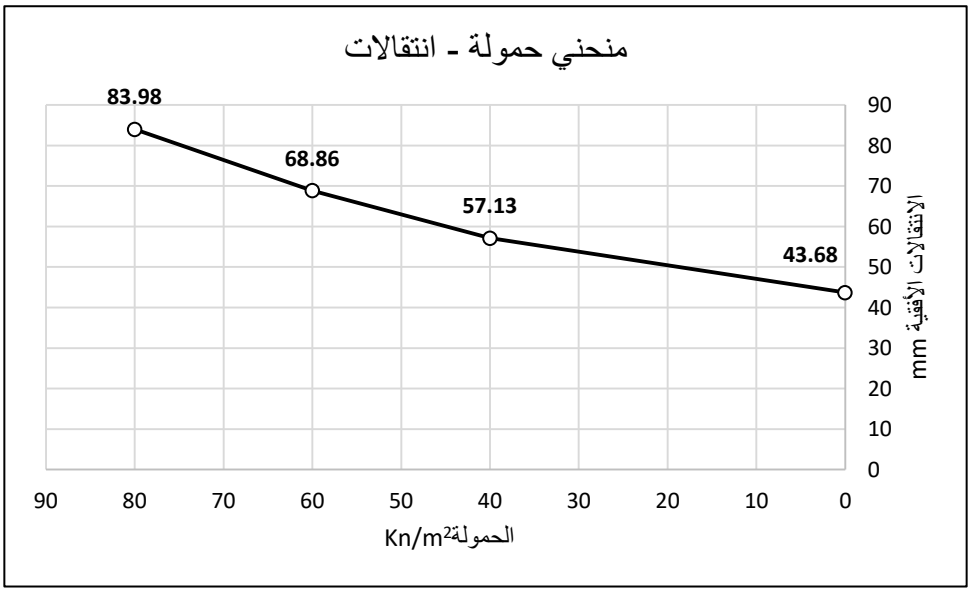


الشكل (١٢) الانتقالات الأفقية المرحلة الرابعة

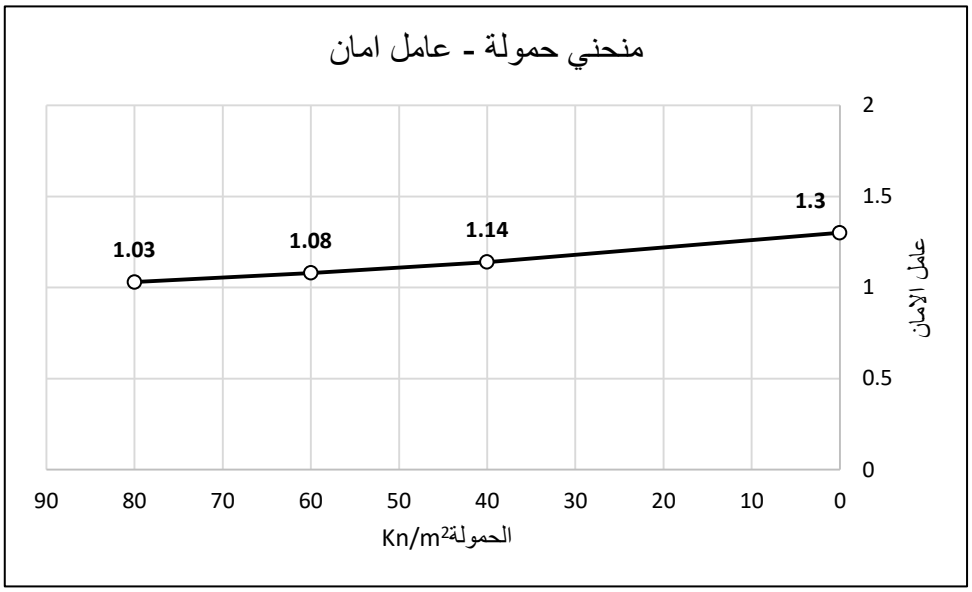


الشكل (١٣) اجهادات التربة المرحلة الرابعة

يبين الشكل (١٤) والشكل (١٥) منحنيات الحمولة – الانتقالات والحمولة – عامل امان المطبقة بحسب المراحل الأربعة السابقة لنلاحظ ازدياد الانتقالات مع زيادة الحمولة ونقصان معامل الأمان مع ازدياد الحمولة.



الشكل (١٤) منحني الحمولة – الانتقالات



الشكل (١٥) منحني الحمولة – عامل امان

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- تنهار المنشأة عند الحمولة $105\ Kn/m^2$.
- الحمولة المثلى للمنشأة كـ قيم انتقالات وقيمة معامل امان هي $60\ Kn/m^2$.

التوصيات:

- يمكن استثمار المنشأة بقيمة حمولات خلف الرصيف بين $60\ Kn/m^2$ و $90\ Kn/m^2$ والأفضل عدم الزيادة عن $80\ Kn/m^2$ بسبب نقصان قيمة معامل الأمان على الاستقرار.
- يمكن الاستفادة من منحني الحمولة – انتقالات والحمولة – معامل امان لتحديد قيم لحمولات لم تتم نمذجتها.
- توزيع حساسات لقياس قيم الانتقالات على الرصيف للمراقبة دورياً.

References:

[1] M. Belal, in Arabic, contribution for determining the optimal coastal quay type for Syrian marine ports, Master thesis, Tishreen University, Faculty of civil engineering, 2011.
[2] R., Shabib. in Arabic, *PLAXIS Reference Manual*. Damascus Printing House, 2004.
[3] The technical project for expanding the port of Lattakia, Volume No. (2), Survey and Excavation Works, Book No. (6), Theoretical Tests and Model Tests, Russian Kaspmomii Proekt Institute, affiliated with the Soviet Union Mission to Implement the Technical Project for Expanding the Port of Latakia between the years (1974-1975).
[4] The Technical Project for the Expansion of the Port of Lattakia, Volume No. (2), Survey and Excavation Works, Book No. (3), Geological Exploration, the Russian Kaspmomii Proekt Institute, affiliated with the Soviet Union Mission to Implement the Technical Project for the Expansion of the Port of Latakia between the years (1974-1975).

[5] H, Karakuş. Experimental and numerical studies on block type quay walls under dynamic loading (Doctoral dissertation, MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY), 2013.
[6] X, Li., Y, Wu., & S, He. Seismic stability analysis of gravity retaining walls. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 30(10), 875-878, 2010.
[7] H, Karakuş. New seismic design approaches for block type quay walls (Master's thesis, Middle East Technical University), 2007.
[8] R, Ehab., A, Sherif., G, Elsayed., S, Ezzat., K, Mohammad. Comparative Analyses of Quay Wall Case Study Using Plaxis 3D. IJASR, 3(2), 129-146, 2020.