

3-1-2022

The Finite Strip Method with Iteration Procedure in the Analysis of Plates on Elastic Foundation.

Youssef Agag

Assistant Professor, Structural Engineering Department, Faculty of Engineering, Mansoura University, Mansoura, Egypt., yagag@mans.edu.eg

Follow this and additional works at: <https://mej.researchcommons.org/home>

Recommended Citation

Agag, Youssef (2022) "The Finite Strip Method with Iteration Procedure in the Analysis of Plates on Elastic Foundation.," *Mansoura Engineering Journal*: Vol. 9 : Iss. 1 , Article 10.

Available at: <https://doi.org/10.21608/bfemu.1984.221886>

This Original Study is brought to you for free and open access by Mansoura Engineering Journal. It has been accepted for inclusion in Mansoura Engineering Journal by an authorized editor of Mansoura Engineering Journal. For more information, please contact mej@mans.edu.eg.

مقدمة

بعد الأردن من البلدان التي حققت شوطاً لافتاً للنظر في ميدان اللحاق بالدول المتقدمة ، وفي مختلف المجالات ، في ضوء القدرات الممكنة. حيث انظم الأردن إلى العديد من المنظمات العالمية وتبنى العديد من أنظمة المواصفات العالمية . وكان من أبرز هذه المواصفات نظام الأيزو حيث تهاقتت الشركات بكافة المجالات على تتبنى هذه المواصفة مما اقتضى طرح الأسئلة التالية: هل تبني مواصفة الأيزو له اثر على هذه الشركات أم انه مجرد شعار للدعاية؟ وبمعنى آخر هل له اثر إيجابي ، أم يعيق تقدم هذه الشركات لأنه يتطلب أعمالاً كتابية كثيرة؟ وهل بعض الشركات الصناعية ذات السلعة الرانجه مثل الفوسفات و البوتاس بحاجة الى الأيزو؟ . من هنا تأتي أهمية هذا البحث الذي ينحصر هدفه الرئيسي في الإجابة عن السؤال التالي: هل يؤثر تطبيق الأيزو على زيادة الربحية ، و السلامة المهنية ، و تطور الشركات الأردنية في القطاع الصناعي؟ وهل بنود الأيزو العشرين تحمل نفس الأهمية في زيادة الربحية ، و السلامة المهنية ، وفي تطوير الشركات الصناعية . ومن اجل ذلك صممت استبانته تقارن ما بين الحالة ما قبل تطبيق نظام الأيزو و بعد تطبيقه.

تتطلب اتفاقيات الأيزو أن تراجع المواصفات مرة كل خمس سنوات كأدنى حد لتحديد فيما إذا كان ينبغي أن تؤكد هذه المواصفات أو تراجع أو تسحب ، فقد بدأت عملية المراجعة لسلسلة الأيزو 9000 إصدار 1994 في العام 1996 من قبل اللجنة الفنية (TC-176) وتم صدور سلسلة منقحة لها في نهاية العام 2000 تحت عنوان سلسلة أيزو 9000 إصدار عام 2000 [2 & 1] . وإذا عدنا قليلاً إلى الوراء فلقد بدأ موضوع الجودة منذ عهد طويل ، يعود الى الحرب العالمية الاولى حين كان الجيش الأمريكي يجري عمليات إحصائية لمدى دقة الإصابة وفعالية الأسلحة ومن ثم عملية التطوير في هذه الاسلحة [3] . ثم أخذ موضوع الجودة أهمية خاصة من حيث إن العديد من الشركات في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة قد حصلت على شهادة الأيزو وهناك أيضاً العديد من الشركات التي تسعى للحصول على هذه الشهادة إذ يبين المسح الذي أجرته شركة موبيل البريطانية أن أكثر من 70,000 شركة ومؤسسة وهيئة قد حصلت على هذه الشهادة لغاية عام 1995 [4] أي بعد ظهور المواصفة بسنة واحدة فقط ، مما يدل على أهميتها .

إن هذه المواصفات تتعلق بأنظمة الجودة وضمانها و توكيدها في المنشآت. والاتجاه العالمي في وقتنا الحاضر يتجه نحو التشدد اتجاه الجودة وضمانها وتوكيدها ، حيث إن بعض العطاءات

تتطلب الحصول على شهادة الأيزو . ذلك لأن المستهلك في أي قطاع ، عندما تتاح له فرصة التعامل مع أكثر من جهة فيفضل التعامل مع المنشآت التي لديها نظم لضمان وتوكيد الجودة. ومن المتوقع في غضون السنوات القليلة القادمة أن تكون هذه هي الطريقة الوحيدة للدخول والبقاء في الأسواق الداخلية و الخارجية ، لهذا يجب أن نحرص جميعاً على تأسيس نظم لضمان الجودة في منشأتنا ، الذي سيعود علينا بفوائد كثيرة أهمها: تحسين الأداء والارتقاء بجودة السلع والمنتجات ، والخدمات وتقليل التكلفة ، وإعطاء ميزات نسبية في مواجهة المنافسات المترابطة مما يعظم المبيعات والأرباح [5] .

لقد تم تعبئة الاستبيانات من قبل مدراء الجودة في الشركات الصناعية الأردنية ذات الأثر الواضح على الاقتصاد الأردني و أيضاً تم إجراء مقابلات معمقة معهم و ذلك لتحقيق أهداف هذا البحث. و من الجدير بالذكر إن هذه المقابلات لها فوائد في مرونة اللقاء وخاصة أن موضوع الأيزو جديد بالنسبة إلى الشركات الأردنية ، ولابد من إعطاء الشخص المقابل بعض المرونة في توضيح بعض المفاهيم ، لذلك فقد تم تصميم واعداد اسئلة المقابلات لقياس مدى تأثير البنود العشرين من مواصفة الأيزو على زيادة الربح و السلامة المهنية وتطور الشركات. و قد ركز البحث على خمس شركات صناعية و هي الأفضل من حيث قدرتها و وضعها الفني والمالي وخبراتها السابقة. و لقد وجد أن شركة البوتاس العربية هي الأفضل من بين الشركات موضوع الدراسة لذلك سوف يبرز البحث عدداً من النتائج الخاصة لهذه الشركة لأنها تعطي تصور كاملاً عن ما إلى الأيزو وما عليه. ومن الجدير بالذكر ان هذه الشركة من أكبر الشركات الأردنية حسب رأس المال والعائد السنوي ، والتي عملت على اعتماد نظام الأيزو كنظام لضبط الجودة وحصلت على شهادته.

لقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الربح يزيد بشكل جوهري كلما زادت عوامل السلامة المهنية . وبالإضافة لذلك رغم من أن موضوع تطبيق نظام الأيزو جديد على الشركات الأردنية إلا أنه يحدث تغير جوهرياً في البنية الإدارية . و هذا التغير سيكون واضح بعد وقت ، و يجب أن يترك الوقت أمامه حتى ينمو النظام بشكل طبيعي و يساعد على تطوره التخلي عن بعض المفاهيم الخاطئة والموروث السيء من النظم الإدارية . ومن أجل ذلك تم تحليل ودراسة الاجابات حسب هيكلية الأسئلة التي تم طرحها . هذا وقد تم تقسيم الأداة المستخدمة أو الاستبانة لمجموعة أقسام حول فوائد تطبيق نظام الأيزو في الشركات الصناعية.

و قسّمت الأسنان الى ثلاث مجموعات ، وكل مجموعة تحوي العديد من الأسنان (أنظر الملحق).

السلامة المهنية

لقد أصبح تطور الصناعات و كافة العمليات الإنتاجية اللاحقة له من سمات الاقتصاد الأردني مما يستدعي الإسراع في وضع خطط للسلامة المهنية والحفاظ على البيئة ويمكن أن يسجل في هذا السياق على سبيل المثال ما قامت به شركة البوتاس من خطوات في تطبيق نظام (18001) OHSAS الخاص بأنظمة السلامة المهنية . و قطع الأردن مجالاً كبيراً في الرقابة على السلامة المهنية و البيئة إذ إن العديد من الأجهزة الرسمية التي تقوم بدور المراقب مثل: وزارتي العمل و الصحة ، مؤسسة التدريب المهني ، الدفاع المدني ، المؤسسة العامة لحماية البيئة ، مؤسسة المواصفات و المقاييس . و كان هذا نتيجة لشعار رفعة الملك الراحل هو " الإنسان أعلى ما نملك " . و لهذا تم إصدار عدد كبير من المواد و التعليمات و الأنظمة ضمن قانون العمل الاردني رقم 8 لسنة 1996 التي تعالج قضايا السلامة المهنية بشكل عملي و مفصل .

إن خطط السلامة المهنية لاتضمن السلامة للعاملين فقط بل تضمن بالوقت نفسه سلامة المعدات و المنشآت . ذلك لأن الانحراف عن خطط الانتاج والبعد عن المواصفات وطرق التشغيل (الموجودة بدليل الجودة - للشركات الحاصلة على الأيزو) يتسبب في اخطار على العاملين و المعدات .

وتتقسم المخاطر التي تواجه العاملين مثل الانفجارات ، الحرائق ، الغبار ، الحرارة العالية ، الضوضاء ، سوء الإضاءة ، الروائح السامة ، مواد خطرة او مشعة ، الصعقة الكهربائية ، ضربات الشمس. من خلال تحليل الحوادث التي تحصل في الشركات ، يتبين أنه يوجد خلل في نظام السلامة المهنية المتبع في المنشأة . و قد بين قدار [6] ان الأسباب التي تؤدي إلى وقوع الحوادث يمكن ان تلخص بأربعة عوامل:

- ١ . عمل شخصي غير آمن
- ٢ . اتباع طرق عمل غير آمنة
- ٣ . إخفاق شخصي في أداء العمل
- ٤ . أحوال تقنية أو مادية غير آمنة

وأخيراً يمكن القول ان الأمن و السلامة الصناعية كمنظومة متكاملة و كشرط للحصول على الأيزو يؤثر بزيادة الربح بشكل كبير ، ويرفع من سوية الشركات بشتى المجالات ، لأنه يحافظ على العاملين و المعدات معا . وبالتالي تبني نظام الجودة يكون محفزاً لتقدم الشركة . و أما إذا تم الحصول على شهادة الأيزو عن طريق الاستعانة بالمكاتب الاستشارية ، دون فهم دقيق لأهمية النظام وعدم تنفيذ ما هو وارد بالاجراءات في دليل الجودة ذلك لأن نظام الأيزو يصبح في ضوء هذا الفهم نظاماً لا فائدة منه ويزيد الأعباء المالية على الشركة . و لقد أوضح النايلسي [7] خطوات تطبيق نظام الأيزو 9002 في مصانع الإسمنت الأردنية و أبرز العديد من الفوائد التي عادت على المصانع من جراء تطبيق النظام ، لا مجال لنذكرها ولكن يرى البحث أن السبب الرئيسي بهذه الفوائد ان التطبيق كان جهد ذاتي .

النتائج و المناقشة

قسمت الأسئلة في كل استبيان إلى ثلاث مجموعات . المجموعة الأولى تحوي قسمين: يحتوي القسم الأول على أسئلة لجمع معلومات عامة عن الشخص المقابل ، أما القسم الثاني فيحتوي معلومات عن الشركة نفسها كي يعطي فكرة عن إمكانيات الشركة و زيادة مصداقية المعلومات . و المجموعة الثانية تحوي على مجموعة من الأسئلة عن نظام الجودة المعمول به في الشركة وكذلك عن فريق الأيزو الموجود بها ، و يعرض البنود العشرين لنظام الأيزو .

بشكل عام هذا الجزء من الدراسة سوف يجيب عن الاسئلة الرئيسية التالية

- هل هناك تأثير مباشر لتطبيق نظام الأيزو على ربحية الشركة.
- هل هناك تأثير مباشر لتطبيق نظام الأيزو على تطور الشركة الإداري.
- هل هناك تأثير مباشر لتطبيق نظام الأيزو على السلامة المهنية.

جدول رقم (1) أهمية بنود الأيزو العشرين على ربحية الشركات الصناعية

بنود الأيزو ذات التأثير الضعيف	بنود الأيزو ذات التأثير المتوسط	بنود الأيزو ذات التأثير القوي
مراجعة العقود	مسؤولية الإدارة	مراقبة و ضبط الوثائق
مراقبة و ضبط الوثائق	نظام الجودة	نظام شراء
نظام شراء	المحافظة على سجلات الجودة	مراقبة المواد الموردة من قبل العميل
مراقبة المواد الموردة من قبل العميل	التدقيق الداخلي على الجودة	الفحص و التفتيش
الفحص و التفتيش	التدريب	مراقبة و ضبط المنتجات غير المطابقة
مراقبة و ضبط المنتجات غير المطابقة	خدمات ما بعد البيع	الإجراءات الوثائقية و العلاجية
الإجراءات الوثائقية و العلاجية	الطرق و الأساليب الإحصائية	معالجة المواد و التخزين و التعبئة و التسليم

يبين الجدول رقم (1) تأثير تطبيق بنود نظام الأيزو العشرين على زيادة الربح في الشركات الصناعية حيث ان هنالك بنود لها تأثير قوي على الربح ، و بنود أخرى متوسطة التأثير ، و بنود ليس لها أهمية إطلاقاً . و من الجدير بالذكر أن البنود غير المهمة قد تشكل إعاقة لتقدم الشركة وأعمالها إضافية لذلك يجب الالتفات لهذه النقطة واعتماد النسخة المنقحة من نظام الأيزو 9000 إصدار 2000. ولقد تبين من خلال إجابات أفراد العينة على الاستبانة أن زيادة الربح تأتي بشكل طبيعي ومنظم وذلك عن طريق تقليل الأخطاء وأداء العمل بشكل أحسن. حيث إن زيادة الربحية تكون نتيجة الالتزام بالبنود ذات التأثير القوي. ومن الجدير بالذكر أن الإجراءات التي تفرسها الأيزو تؤدي إلى تقادي العديد من المشاكل التي قد تحتاج إلى صرف مبالغ مالية من أجل تقليل عدم المطابقة والسلامة المهنية للعاملين و الآلات. ويمكن إضافة عوامل أخرى إلى آثار تطبيق الأيزو تؤدي إلى زيادة الربح في الشركات مثل: الالتزام بالموصفات والتي هي نتيجة تطبيق نظام الرقابة و التدقيق الداخلي و طرق الاحصاء لمعرفة مدى رضى الزبون وبالتالي تحسين الخدمة لتقادي الاخطاء... الخ. كما أن زيادة خبرة العاملين تكون ثمرة التوثيق و تراكم الخبرات و الدورات التدريبية .

جدول رقم (2): تأثير بنود الأيزو العشرين التي أدت الى تطور الشركة

بنود الأيزو ذات التأثير القوي	بنود الأيزو ذات التأثير المتوسط	بنود الأيزو ذات التأثير الضعيف
نظام الجودة	مسؤولية الإدارة	مراجعة العقود
تعريف المنتج و مباعته	مراقبة و ضبط الوثائق	مراقبة و ضبط التصميم
التحكم و ضبط العمليات الإنتاجية	نظام الشراء	مراقبة المواد الموردة من قبل العميل
مراقبة و ضبط المنتجات غير المطابقة	ضبط أجهزة القياس	الفحص و التفتيش
الإجراءات الوقائية و العلاجية	بيان نتيجة الفحص و التفتيش	
المحافظة على سجلات الجودة	منفولة للمواد و التخزين و تعبئة و التسليم	
التدقيق الداخلي على الجودة		
التدريب		
خدمات ما بعد البيع		
الطرق و الأساليب الإحصائية		

يبين الجدول رقم (2) تأثير تطبيق بنود نظام الأيزو العشرين على تطور الشركات الصناعية حيث ان هنالك بنود لها تأثير قوي على الربح و بنود أخرى متوسطة التأثير و بنود ليس لها أهمية إطلاقاً . وأيضاً إن البنود غير المهمة قد تشكل إعاقة لتقدم الشركة . إن نظام الأيزو يحدث تطور في الشركات الصناعية وذلك نتيجة العوامل التالية:

١. وضوح سياسة الشركة و اهدافها ورفض هذه السياسة إلى المفاهيم السيئة مثل:
التأخير ، والعيوب ، والعمل السيئ .
٢. الحيلولة دون حدوث عدم المطابقة كنتيجة للتدقيق
٣. التدريب الذي يرفع كفاءة العاملين
٤. نقل الخبرات نتيجة التوثيق

جدول رقم (3): تأثير بنود الأيزو العشرين على السلامة المهنية في الشركة

بنود الأيزو ذات التأثير الضعيف	بنود الأيزو ذات التأثير المتوسط	بنود الأيزو ذات التأثير القوي
مراجعة العقود	مراقبة و ضبط الوثائق	مسؤولية الإدارة
مراقبة و ضبط تصميم	مراقبة للمواد الموردة من قبل الموريد	نظام الجودة
نظام الشراء	مراقبة و ضبط المنتجات غير المطابقة	التحكم و ضبط العمليات الإنتاجية
تعريف المنتج و متابعته	مناولة المواد و تخزين و لتعبئة و التسليم	الفحص و التفتيش
خدمات ما بعد البيع		ضبط أجهزة القياس
الطرق و الأساليب الإحصائية		بيان نتيجة الفحص و التفتيش
		الإجراءات الوقائية و العلاجية
		احفظ على سجلات الجودة
		التدقيق الداخلي على الجودة
		التدريب

يبين الجدول رقم (3) تأثير تطبيق بنود نظام الأيزو العشرين على السلامة المهنية في الشركات الصناعية حيث إن هنالك بنود لها تأثير قوي على الربح و بنود أخرى متوسطة التأثير و بنود ليس لها أهمية إطلاقاً . من خلال إجابة أفراد العينة تبين أن ازدياد الاهتمام بالسلامة المهنية قد جاء بشكل ملحوظ نتيجة عقد الدورات الخاصة بهذا المجال وضرورة الالتزام بالقوانين و الأنظمة بشكل أكبر. و أخيراً يظهر هذا البحث أن المحافظة على البيئة و السلامة المهنية تكون بفعل الإجراءات الوقائية و الفحص و ضبط أجهزة القياس . ولقد أرتأ الباحثون أن هذا العامل يلعب دوراً كبيراً للغاية في تطور الشركات و يزيد ربحها و يدخلها في مجال المنافسة بشكل أكبر .

من النتائج المعروضة في الجداول (1 و 2 و 3) يمكن الاستنتاج بأن البنود الأكثر أهمية هي بنود أيزو 9000 إصدار 2000 و التي تضمنت سجلات الجودة و توثيق الإجراءات و ضبط الوثائق و المراجعة الإدارية و الإجراءات العلاجية و الوقائية و ضبط المنتجات غير المطابقة و التدقيق الداخلي ، لذلك فإن هذا البحث يرى ان قرار الشركات الصناعية في تبني نظام أيزو 9000 إصدار 2000 كان حكيماً. وفعلاً كانت شركتنا البوتاس و الفوسفات من الشركات

عمر نواف المعاينة ، حسام ضامن الحمايده C. 80

السابقة لتبني هذا النظام. وتسعى شركة البوتاس لتطبيق (OHSAS 18001) وهو نظام خاص للسلامة المهنية وهذا أيضا قرار صائب من أجل زيادة الربح والحفاظ على العاملين ويساهم بتطور الشركة ، وفائدته لا حصر لها. ونوصي بكتابة سلسلة الأيزو 2000 و 14001 للبيئة، و (OHSAS 18001) للسلامة المهنية، بمصطلحات عامة لتساعد كل صناعة في أي قطاع بما في ذلك الصناعات الخدمية، وعموميتها تمكن من تطبيقها على جميع المؤسسات والأعمال والأنشطة داخل المؤسسات و خارجها، وتتضمن لإرشادات لإدارة الجودة ومتطلبات لتوكيد الجودة، وتهتم بالنتائج التي يتعين تحقيقها في الأعمال والأنشطة العديدة في إطار نظام شامل للجودة.

جدول رقم (4) : مقارنة بين حالة الشركات قبل تطبيق نظام الأيزو لمدة ثلاث سنوات و بعد تطبيق نظام الأيزو لمدة ثلاث سنوات

رمز الشركة	السنوات السابقة لتطبيق النظام					السنوات اللاحقة لتطبيق النظام				
	E	D	C	B	A	E	D	C	B	A
هل ازداد ربح الشركة						نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
هل يوجد تطور ملحوظ بالشركة						نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
هل يوجد للشركة مكتب خارجية	لا	لا	لا	نعم	نعم	لا	لا	نعم	نعم	نعم
إصابات العمل	ازدياد	ازدياد	ازدياد	ازدياد	ازدياد	تناقص	تناقص	تناقص	تناقص	تناقص
هل تغيرت اختصاصات الشركة	لا	لا	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	لا	لا
وجود نظام مطبوع خاص للسلامة	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
برنامج خاص لتدريب	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
هل تؤمن الشركة على العاملين لديها	لا	لا	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	لا	لا
هل تؤمن الشركة على الممتلكات	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	لا	نعم	نعم	نعم
نظام خاص لتوثيق الإجراءات	لا	لا	لا	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم

الجدول رقم (4) يلخص أثر تطبيق نظام الأيزو على الشركات الصناعية و يمكن ملاحظة مايلي بعد تطبيق النظام بثلاث سنوات

1. ازدياد الربح كلما تعمق مفهوم النظام بالشركات
2. يوجد تطور ملحوظ على كافة مناحي الشركات
3. وجود نظام خاص لتوثيق الإجراءات مما يزيد من تطور الشركة
4. إصابات العمل بالشركات متناقصة مع تعمق النظام بالشركات مما يزيد من ربحية الشركة بسبب هبوط مستوى التعويضات و عدد أيام العطل عند العاملين ويؤدي ذلك الى تطور الشركة وتحسين سمعتها
5. قلة عدد الحوادث أو إصابات العمل نتيجة نظام السلامة وزيادة عدد الدورات التدريبية
6. وجود نظام تأمين الشركة على المشاريع

جدول (5) مقارنة بين أعداد إصابات العمل في شركة البوتاس العربية

السنة	عدد الإصابات الكلي	ملاحظات
1998	221	
1999	202	(19) اصابة انخفاض مقارنة مع العام الماضي
2000	149	(53) اصابة انخفاض مقارنة مع العام الماضي
2001	126	(23) اصابة انخفاض مقارنة مع العام الماضي
2002	111	(15) اصابة انخفاض مقارنة مع العام الماضي

تم اخذ شركة البوتاس العربية كعينة لاثبات تأثير تطبيق النظام بها حيث يبين الجدول (5) انخفاض عدد الإصابات منذ عام 1999 في هذه الشركة . و السبب الرئيسي هو تطبيق تعليمات و أنظمة السلامة أي تعليمات الأيزو والإشراف المباشر من المسؤولين و فائدة التدقيق الداخلي. و كذلك تحسين ظروف العمل غير الأمانة ومراقبة تقيد العاملين بأمر السلامة وبالزامهم بها.

Column dimensions 30 x 30 cm

Modulus of elasticity E_c

$$E_c = 200 \text{ t/cm}^2$$

Subgrade reaction k_s

$$k_s = 10 \text{ kg/cm}^3$$

Column load P

$$P = 50 \text{ ton}$$

Poisson's ratio ν

$$\nu = \frac{1}{6}$$

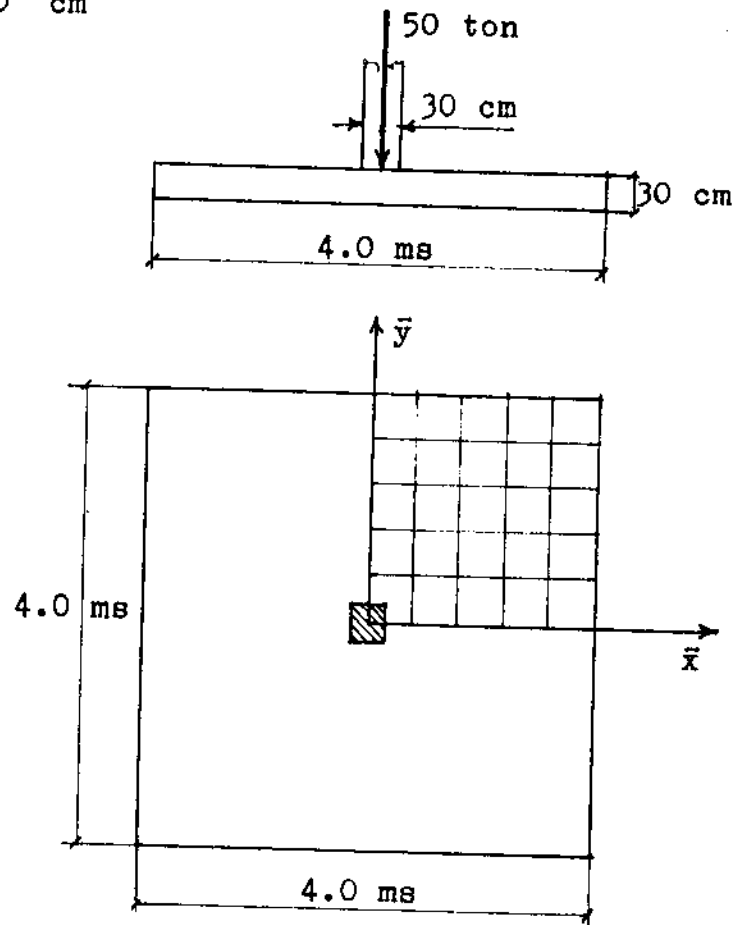


Fig. 3

Due to the displacement representation within the strip (polynomial in the short direction and series in the longitudinal direction), slightly unsymmetrical values with respect to moments M_x and M_y for a square plate are expected as shown in tables 4 and 5. A greater number of strips are required to achieve a close symmetry of the moment values M_x and M_y . The results of the fourth iterative solution for displacement w and moments M_x and M_y are illustrated in Figs. 4, 5 and 6 for different sections in the \bar{y} direction.

As a check, the summation of the soil pressure under the plate gave a close coincidence with the applied load as follows

$$\sum k_s w = 49.176 \text{ ton}$$

C. 83 YOUSSEF AGAG

Table 3. Study of convergence. Square plate on elastic foundation subjected to central column load = 50 ton Fig. 3., $t = 30$ cm, all edges free
 NO of terms = 6 , $k_s = 10$ kg/cm³ , $\nu = 1/6$

Iteration order	\bar{y}	Deflection w mm					
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
1st Iter.	1.0	0.078	0.062	0.010	-0.071	-0.176	-0.299
2nd "		0.103	0.084	0.029	-0.052	-0.153	-0.269
3 ^d "		0.095	0.077	0.025	-0.052	-0.151	-0.261
4th "		<u>0.096</u>	<u>0.078</u>	<u>0.026</u>	<u>-0.052</u>	<u>-0.152</u>	<u>-0.265</u>
1st Iter.	0.8	0.279	0.252	0.177	0.071	-0.054	-0.190
2nd "		0.272	0.247	0.179	0.082	-0.031	-0.153
3 ^d "		0.270	0.245	0.178	0.082	-0.031	-0.152
4th "		<u>0.270</u>	<u>0.245</u>	<u>0.178</u>	<u>0.082</u>	<u>-0.031</u>	<u>-0.151</u>
1st Iter.	0.6	0.482	0.444	0.344	0.211	0.065	-0.084
2nd "		0.461	0.427	0.337	0.215	0.083	-0.051
3 ^d "		0.462	0.428	0.337	0.215	0.081	-0.053
4th "		<u>0.461</u>	<u>0.427</u>	<u>0.337</u>	<u>0.215</u>	<u>0.082</u>	<u>-0.052</u>
1st Iter.	0.4	0.692	0.637	0.504	0.341	0.173	0.009
2nd "		0.670	0.619	0.492	0.337	0.180	0.030
3 ^d "		0.674	0.622	0.494	0.337	0.178	0.026
4th "		<u>0.673</u>	<u>0.621</u>	<u>0.494</u>	<u>0.337</u>	<u>0.179</u>	<u>0.027</u>
1st iter.	0.2	0.892	0.809	0.634	0.438	0.251	0.076
2nd "		0.879	0.796	0.620	0.428	0.249	0.085
3 ^d "		0.885	0.801	0.622	0.427	0.245	0.078
4th "		<u>0.885</u>	<u>0.800</u>	<u>0.622</u>	<u>0.427</u>	<u>0.246</u>	<u>0.079</u>
1st Iter.	0.0	1.000	0.889	0.686	0.476	0.280	0.101
2nd "		0.993	0.878	0.672	0.462	0.273	0.104
3 ^d "		1.000	0.883	0.674	0.462	0.270	0.097
4th "		<u>1.000</u>	<u>0.883</u>	<u>0.674</u>	<u>0.462</u>	<u>0.270</u>	<u>0.098</u>

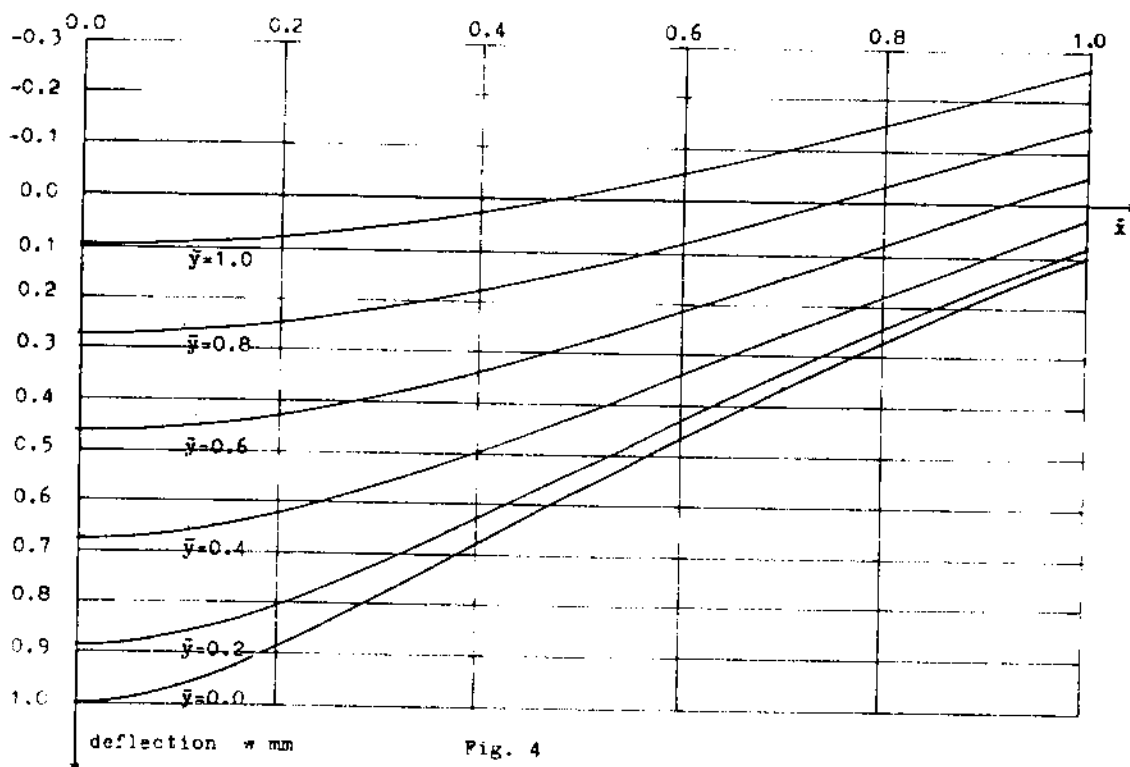


Fig. 4

Table 4. Study of convergence. Square plate on elastic foundation subjected to central column load = 50 ton Fig. 3., $t = 30$ cm, all edges free
 N_0 of terms = 6 , $k_s = 10$ kg/cm³ , $\nu = 1/6$

Iteration order	\bar{y}	Moment M_x t.m/m					
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
1st Iter.	1.0	0.907	1.045	0.863	0.679	0.588	0.000
2nd "		1.107	1.058	0.750	0.542	0.499	0.000
3 ^d "		0.997	1.018	0.772	0.555	0.384	0.000
4th "		<u>1.020</u>	<u>1.023</u>	<u>0.762</u>	<u>0.559</u>	<u>0.464</u>	<u>0.000</u>
1st Iter.	0.8	1.676	1.356	0.899	0.538	0.377	0.012
2nd "		1.373	1.164	0.815	0.485	0.254	0.086
3 ^d "		1.386	1.165	0.812	0.482	0.256	0.059
4th "		<u>1.375</u>	<u>1.161</u>	<u>0.815</u>	<u>0.486</u>	<u>0.250</u>	<u>0.077</u>
1st Iter.	0.6	2.275	1.796	0.934	0.391	0.204	0.054
2nd "		1.910	1.594	0.881	0.359	0.112	0.085
3 ^d "		1.917	1.606	0.894	0.367	0.106	0.089
4th "		<u>1.905</u>	<u>1.599</u>	<u>0.893</u>	<u>0.366</u>	<u>0.105</u>	<u>0.090</u>
1st Iter.	0.4	3.423	2.367	0.958	0.224	0.018	0.129
2nd "		3.157	2.252	0.898	0.153	-0.106	0.136
3 ^d "		3.187	2.282	0.914	0.158	-0.098	0.131
4th "		<u>3.176</u>	<u>2.276</u>	<u>0.913</u>	<u>0.157</u>	<u>-0.103</u>	<u>0.135</u>
1st Iter.	0.2	5.860	2.979	0.843	0.020	-0.163	0.209
2nd "		5.953	2.980	0.725	-0.123	-0.319	0.167
3 ^d "		6.018	3.025	0.735	-0.123	-0.314	0.165
4th "		<u>6.016</u>	<u>3.022</u>	<u>0.732</u>	<u>-0.125</u>	<u>-0.310</u>	<u>0.162</u>
1st Iter.	0.0	9.411	2.881	0.771	-0.040	-0.254	0.244
2nd "		9.801	2.866	0.604	-0.215	-0.435	0.197
3 ^d "		9.909	2.915	0.605	-0.221	-0.420	0.184
4th "		<u>9.909</u>	<u>2.914</u>	<u>0.603</u>	<u>-0.223</u>	<u>-0.420</u>	<u>0.184</u>

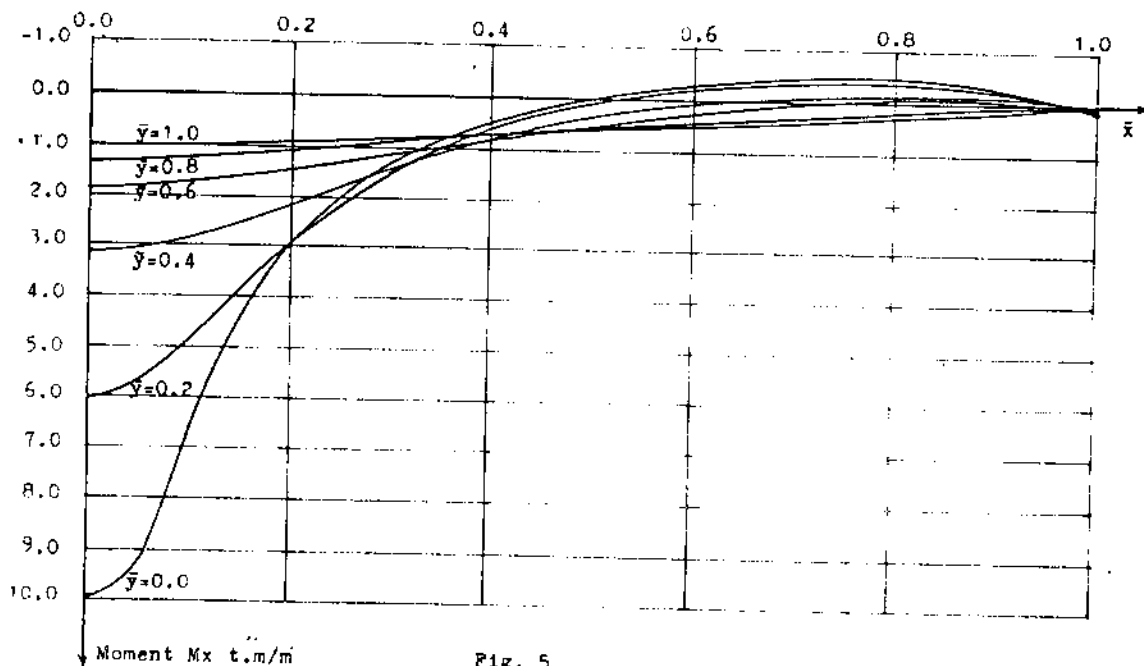
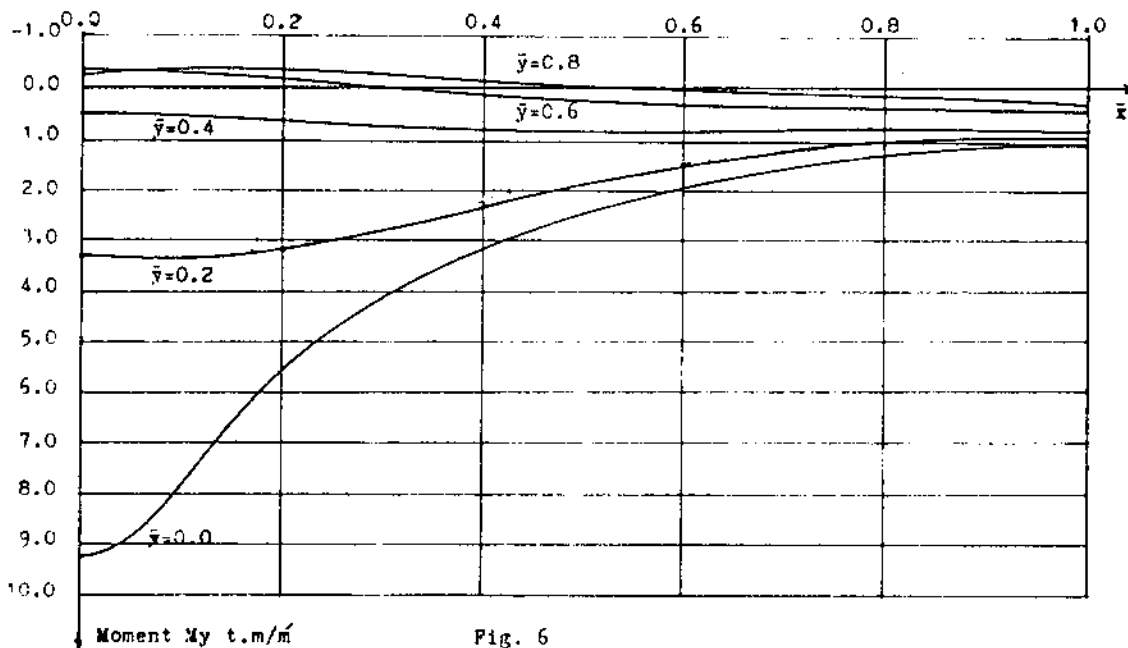


Table 5. Study of convergence. Square plate on elastic foundation subjected to central column load = 50 ton Fig. 3., $t = 30$ cm, all edges free
 N_0 of terms = 6 , $k_s = 10$ kg/cm³ , $\nu = 1/6$

Iteration order	$\bar{y} \backslash \bar{x}$	Moment M_y t.m/m'					
		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
1st Iter.	1.0	0.151	0.174	0.144	0.113	0.093	0.000
2nd "		0.184	0.176	0.125	0.090	0.083	0.000
3rd "		0.166	0.170	0.129	0.092	0.064	0.000
4th "		<u>0.170</u>	<u>0.170</u>	<u>0.127</u>	<u>0.093</u>	<u>0.077</u>	<u>0.000</u>
1st Iter.	0.8	0.303	0.171	0.137	0.127	0.125	0.069
2nd "		-0.360	-0.333	-0.096	0.114	0.261	0.517
3rd "		-0.242	-0.260	-0.082	0.105	0.242	0.351
4th "		<u>-0.271</u>	<u>-0.278</u>	<u>-0.086</u>	<u>0.107</u>	<u>0.252</u>	<u>0.465</u>
1st Iter.	0.6	0.091	0.218	0.297	0.341	0.358	0.327
2nd "		-0.352	-0.123	0.150	0.355	0.477	0.509
3rd "		-0.349	-0.111	0.170	0.367	0.469	0.532
4th "		<u>-0.364</u>	<u>-0.124</u>	<u>0.164</u>	<u>0.370</u>	<u>0.486</u>	<u>0.542</u>
1st Iter.	0.4	0.784	0.871	0.969	0.912	0.828	0.774
2nd "		0.460	0.657	0.877	0.875	0.806	0.818
3rd "		0.478	0.677	0.896	0.885	0.810	0.785
4th "		<u>0.467</u>	<u>0.670</u>	<u>0.895</u>	<u>0.887</u>	<u>0.812</u>	<u>0.808</u>
1st Iter.	0.2	3.126	3.005	2.311	1.724	1.382	1.256
2nd "		3.260	3.105	2.281	1.593	1.186	1.003
3rd "		3.291	3.135	2.295	1.590	1.169	0.992
4th "		<u>3.296</u>	<u>3.137</u>	<u>2.295</u>	<u>1.588</u>	<u>1.167</u>	<u>0.969</u>
1st Iter.	0.0	8.747	5.472	3.294	2.187	1.636	1.462
2nd "		9.157	5.606	3.196	1.977	1.360	1.181
3rd "		9.251	5.659	3.204	1.963	1.336	1.107
4th "		<u>9.257</u>	<u>5.663</u>	<u>3.204</u>	<u>1.960</u>	<u>1.329</u>	<u>1.108</u>



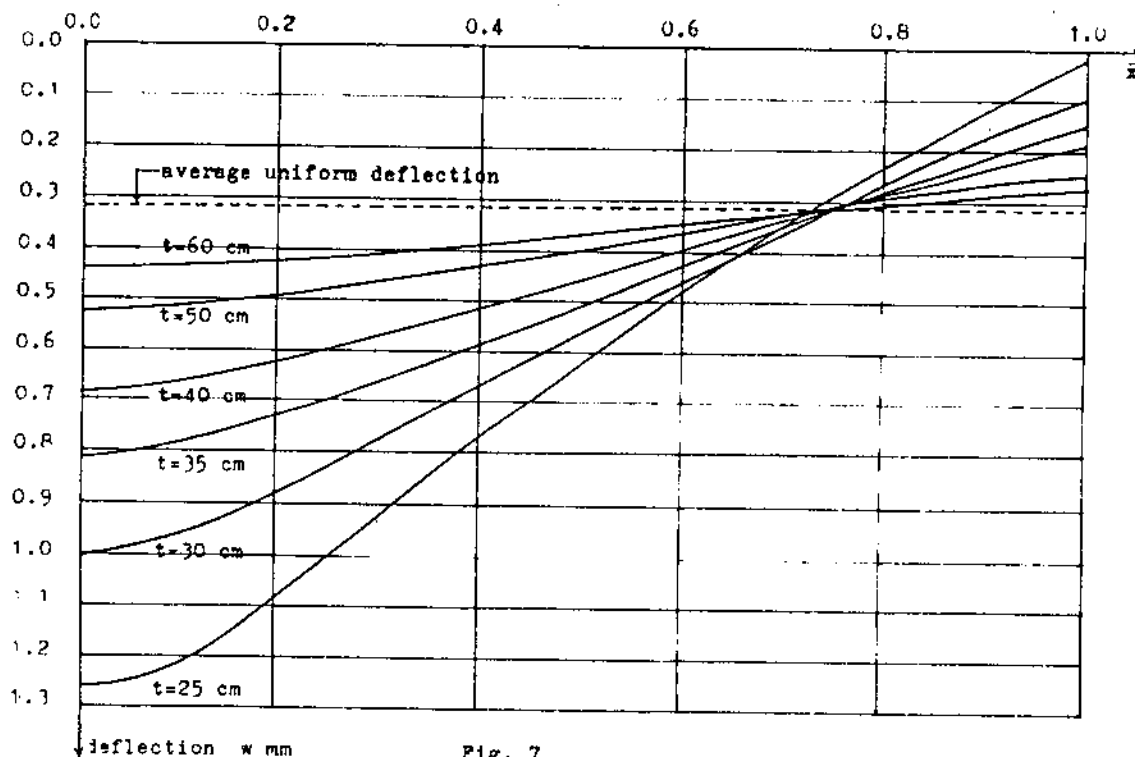


Fig. 7

It is interesting to notice that all the deflection curves for different plate thicknesses, Fig. 7, have a common point nearly coinciding with the average uniform deflection line. In fact the geometry of the above common point is a contour line which results from intersection of the average plane of deflection with the deflection surfaces.

CONCLUSION

The finite strip method has been shown to be a simple and efficient tool for the analysis of rectangular plates. The method is especially advantageous for plates with two opposite simply supported edges, since in such a case the trigonometric series is uncoupled and storage requirement and computer execution time are reduced even further. With other edge conditions, other basic functions must be used, which lack the orthogonality of the trigonometric functions and result in a large increase in the number of equations and their half band width. In order to overcome the coupling property of the static equilibrium equations in the case of basic functions other than trigonometric series, a simplified iteration procedure has been developed. This procedure emphasises the role of the dominant diagonal submatrices of the stiffness matrix of the strip. The application of the procedure in the case of basic function for free-free edge condition presented here demonstrates a rapid convergence and high accuracy.

APPENDIX I

1- Numerical values of the nondimensional variables $\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3, \bar{I}_4$ and \bar{I}_5 for the different values of m and n

$$\bar{I}_1 = \begin{bmatrix} \underline{1.000000} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{0.333333} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{1.035936} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{0.998447} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{1.000067} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{0.999997} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{1.000000} \end{bmatrix}$$

$$\bar{I}_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{518.5343} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{3797.622} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{14620.70} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{39943.62} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \underline{89135.23} \end{bmatrix}$$

$$\bar{I}_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{4.000000} & 0 & -7.993760 & 0 & -8.000240 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{51.25833} & 0 & 36.00866 & 0 & 37.25917 \\ 0 & -7.993760 & 0 & \underline{108.7554} & 0 & 57.54397 & 0 \\ 0 & 0 & 36.00866 & 0 & \underline{186.8902} & 0 & 78.10584 \\ 0 & -8.000240 & 0 & 57.54397 & 0 & \underline{284.6821} & 0 \\ 0 & 0 & 37.25917 & 0 & 78.10584 & 0 & \underline{402.2277} \end{bmatrix}$$

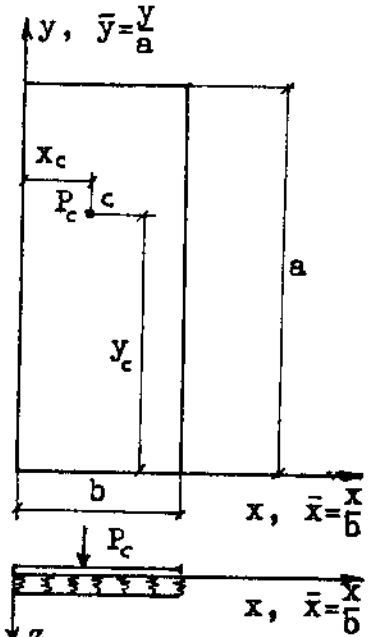
$$\bar{I}_4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -18.92000 & 0 & -43.98400 & 0 & -69.11500 \\ 0 & 0 & 0 & -23.41904 & 0 & -48.54872 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{-12.74442} & 0 & 53.52600 & 0 & 103.4326 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{-45.97855} & 0 & 55.46547 & 0 \\ 0 & 0 & 1.832612 & 0 & \underline{-98.91928} & 0 & 60.12879 \\ 0 & 0 & 0 & 5.281541 & 0 & \underline{-171.5850} & 0 \\ 0 & 0 & 0.580835 & 0 & 9.862162 & 0 & \underline{-263.9977} \end{bmatrix}$$

$$\bar{I}_5 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -18.92000 & 0 & \underline{-12.74442} & 0 & 1.832612 & 0 & 0.580835 \\ 0 & -23.41904 & 0 & \underline{-45.97855} & 0 & 5.281541 & 0 \\ -43.98400 & 0 & 53.52600 & 0 & \underline{-98.91928} & 0 & 9.862162 \\ 0 & -48.54872 & 0 & 55.46547 & 0 & \underline{-171.5850} & 0 \\ -69.11500 & 0 & 103.4326 & 0 & 60.12879 & 0 & \underline{-263.9977} \end{bmatrix}$$

3- Consistant original load vector

a- Concentrated load P_c t ($\bar{x}_c = \frac{x_c}{b}$, $\bar{y}_c = \frac{y_c}{a}$)

$$\{\bar{F}\}_m = \begin{Bmatrix} 1 - 35\bar{x}_c^4 + 84\bar{x}_c^5 - 70\bar{x}_c^6 + 20\bar{x}_c^7 \\ \bar{x}_c - 20\bar{x}_c^4 + 45\bar{x}_c^5 - 36\bar{x}_c^6 + 10\bar{x}_c^7 \\ \bar{x}_c^2 - 10\bar{x}_c^4 + 20\bar{x}_c^5 - 15\bar{x}_c^6 + 4\bar{x}_c^7 \\ \bar{x}_c^3 - 4\bar{x}_c^4 + 6\bar{x}_c^5 - 4\bar{x}_c^6 + \bar{x}_c^7 \\ 35\bar{x}_c^4 - 84\bar{x}_c^5 + 70\bar{x}_c^6 - 20\bar{x}_c^7 \\ -15\bar{x}_c^4 + 39\bar{x}_c^5 - 34\bar{x}_c^6 + 10\bar{x}_c^7 \\ 5\bar{x}_c^4 - 14\bar{x}_c^5 + 13\bar{x}_c^6 - 4\bar{x}_c^7 \\ -\bar{x}_c^4 + 3\bar{x}_c^5 - 3\bar{x}_c^6 + \bar{x}_c^7 \end{Bmatrix} P_c Y_m(y_c)$$



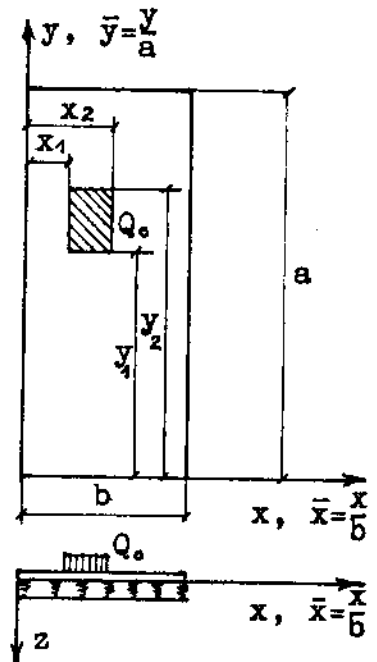
where

$$Y_1(y_c) = 1 \quad , \quad Y_2(y_c) = 1 - 2\bar{y}_c$$

$$Y_m(y_c) = \sin \mu_m \bar{y}_c + \sinh \mu_m \bar{y}_c - \alpha_m (\cos \mu_m \bar{y}_c + \cosh \mu_m \bar{y}_c)$$

b- Patch load Q_0 t/ms²

$$\{\bar{F}\}_m = ab \begin{Bmatrix} \bar{x}_0 - 7\bar{x}_0^5 + 14\bar{x}_0^6 - 10\bar{x}_0^7 + \frac{5}{2}\bar{x}_0^8 \\ \frac{1}{2}\bar{x}_0^2 - 4\bar{x}_0^5 + \frac{15}{2}\bar{x}_0^6 - \frac{36}{7}\bar{x}_0^7 + \frac{5}{4}\bar{x}_0^8 \\ \frac{1}{3}\bar{x}_0^3 - 2\bar{x}_0^5 + \frac{10}{3}\bar{x}_0^6 - \frac{15}{7}\bar{x}_0^7 + \frac{1}{2}\bar{x}_0^8 \\ \frac{1}{4}\bar{x}_0^4 - \frac{4}{5}\bar{x}_0^5 + \bar{x}_0^6 - \frac{4}{7}\bar{x}_0^7 + \frac{1}{8}\bar{x}_0^8 \\ 7\bar{x}_0^5 - 14\bar{x}_0^6 + 10\bar{x}_0^7 - \frac{5}{2}\bar{x}_0^8 \\ -3\bar{x}_0^5 + \frac{13}{2}\bar{x}_0^6 - \frac{34}{7}\bar{x}_0^7 + \frac{5}{4}\bar{x}_0^8 \\ \bar{x}_0^5 - \frac{7}{3}\bar{x}_0^6 + \frac{13}{7}\bar{x}_0^7 - \frac{1}{2}\bar{x}_0^8 \\ -\frac{1}{5}\bar{x}_0^5 + \frac{1}{2}\bar{x}_0^6 - \frac{3}{7}\bar{x}_0^7 + \frac{1}{8}\bar{x}_0^8 \end{Bmatrix} Q_0 \beta_m$$



where $\bar{x}_0^n = \bar{x}_2^n - \bar{x}_1^n$, $\bar{y}_0^n = \bar{y}_2^n - \bar{y}_1^n$ and

$$\beta_1 = \bar{y}_0 \quad , \quad \beta_2 = \bar{y}_0 - \bar{y}_0^2$$

$$\beta_m = \frac{1}{\mu_m} [-(\cos \mu_m \bar{y}_2 - \cos \mu_m \bar{y}_1) + (\cosh \mu_m \bar{y}_2 - \cosh \mu_m \bar{y}_1) + \alpha_m \{ (\sin \mu_m \bar{y}_2 - \sin \mu_m \bar{y}_1) + (\sinh \mu_m \bar{y}_2 - \sinh \mu_m \bar{y}_1) \}]$$

m = 3, 4, 5, 6, , r