

Republic of Iraq
Ministry of Higher
Education and Scientific Research
University of Technology
Building and Construction Engineering Department
Highway and Bridge Engineering Branch



Behavior of Improved Railway Ballast Overlying Clay Using Geogrid

A Thesis

**Submitted to the Building and Construction Engineering
Department in the University of Technology
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Doctorate of Philosophy in Geotechnical Engineering**

By

Mohammed Faeq Aswad

(M.Sc., Geotechnical Engineering, 1989)

Supervised By

Prof. Dr. Mohammed Y. Fattah

Asst. Prof. Dr. Mahmood R. Mahmood

June- 2016

Ramadan - 1437

ABSTRACT

Railway ballast forms a major component of a conventional rail track and is used to distribute the load to the subgrade, providing a smooth running surface for the train. It plays a significant role in providing support for the rail track base and distributing the load to the underneath weaker layer. Ballast also helps with drainage, which is an important factor for any type of transportation structure, including railroads. Over time ballast deforms and degrades progressively under dynamic loading and loses its strength.

Geosynthetics have been increasingly used in railroads to provide reinforcement and confinement pressure to the layer of ballast. However, the interaction mechanism and behavior of the geosynthetics and ballast at their interface are not well understood.

In this research, extensive laboratory tests were conducted to investigate the effect of load amplitude, load frequency, geogrid position, and number of geogrid layers, thickness of ballast layer, clay stiffness, sand drains installation in the clay layer on the behavior of reinforced ballast layer and induced strains in geogrid.

A half full-scale railway was constructed for carrying out the tests, which consists of two rails 800 mm in length with three wooden sleepers (900 mm x 100 mm x 100 mm). Three ballast thicknesses of 200, 300 and 400 mm were used in the tests. The ballast was overlying 500 mm thickness clay in two states, soft and stiff state. The tests were carried out with and without geogrid reinforcement; the tests were performed in a well tied steel box of 1.5 m length × 1 m width × 1 m height. A series of 73 laboratory tests were conducted to investigate the response of the ballast and the clay layers where the ballast was reinforced by a geogrid. Settlement in ballast and clay, soil pressure and pore water pressure induced in the clay were measured in reinforced and unreinforced ballast cases.

In addition to the laboratory tests, the application of numerical analysis was made using the finite element program PLAXIS 3D 2013. A full scale

railway track simulations to study the influences of track speed, clay stiffness, and reinforcement of ballast layer were investigated.

It was concluded that the initial settlement ratio S/T [settlement ratio is the cumulative settlement (S) divided by ballast thickness (T)], for 2-ton amplitude varied between 1-2 % while for 0.5 and 1 ton amplitude, it varied between 0.5-1 percent, this observation includes reinforced and unreinforced ballast. There was little difference in the effect of load amplitude on the settlement ratio between reinforced and unreinforced ballast with stiff clay at the beginning of the test especially at low load amplitude. While at 500 cycles and more of the test especially at high load amplitude, the settlement ratio was lower for unreinforced ballast than the reinforced. There is a little difference between the performance of placing the geogrid at the middle of the ballast layer or placing two geogrid layers than placing one geogrid layer in the bottom of the ballast layer. Almost the best geogrid position h/T is 0.25 (h is the position of geogrid layer in ballast layer from the upper surface of the clay layer and T is ballast layer thickness for soft clay tests) when the ballast layer is lying on soft clay but it is not the case in stiff clay. The values of soil pressure and pore water pressure in case of 20 cm ballast thickness are higher than those of 30 cm and 40 cm. This means that the ballast attenuates the induced waves. The soil pressures as well as pore water pressure for reinforced and unreinforced ballast are higher in stiff clay than in soft clay.

The finite element analysis showed that for unreinforced models with soft clay layer, at low train speed (30 km/hr), about 100 % of the total settlement appears in the clay layer, after this speed, the percentage in settlement is leveled out by about 80 % at the clay layer and 20 % at the ballast layer. For reinforced models, the percentage of settlement for soft clay layer is about 80 % which is constant at all the speeds, while in ballast, the settlement percentage is about 20 %.

الخلاصة

تشكل مادة الحجر مكونا رئيسيا من مكونات السكك الحديدية الشائعة حيث يستعمل لتوزيع الحمل الى طبقة التربة التحتية وتوفير مسار سطحي سلس لعربات القطار. ويلعب الحجر دورا مهما في توفير مسند لقاعدة العربة وتوزيع الحمل على الطبقات الأضعف التي تحته. كما يساهم الحجر في تصريف الماء وهذا عامل مهم لأي منشأ نقل ومنها طرق القطارات. بمرور الوقت ينشوه الحجر ويتكسر بشكل متعاقب تحت تأثير الأحمال الديناميكية ويفقد قوته.

استعملت المشبكات الصناعية بشكل متزايد في طرق السكك الحديدية لتوفير تسليح وضغط حاصر لطبقة الحجر. وعلى اية حال, ان الية التداخل وسلوك المشبكات والحجر عند سطوح الالتقاء بينهما لم تفهم بشكل جيد لحد الآن.

في هذا البحث, أجريت دراسة مختبرية مستفيضة لتحري تأثير القيمة القصوى للحمل وتردده وموضع شبكة التسليح وعدد طبقات التسليح وسمك طبقة الحجر وصلادة الطين وانشاء المبازل الرملية في طبقة الطين على تصرف الحجر المسلح والأنفعال المتولد في شبكة التسليح.

أنشئت سكة حديدية بنصف المقياس الحقيقي لأجراء الفحوصات حيث تتكون من سكتين بطول 80 سم مع ثلاثة عوارض خشبية بأبعاد (900 ملم × 100 ملم × 100 ملم). اسند الحجر على طبقة من الطين بسمك 500 ملم تم تحضيرها بحالتين رخو وصلد. وقد أجريت الفحوصات بوجود وعدم وجود طبقة تسليح للحجر في صندوق حديدي ابعاده 1.5 متر طولاً و 1.0 متر عرضاً وبارتفاع 1.0 متر. وتم اجراء سلسلة من الفحوصات بعدد 73 فحصاً لدراسة استجابة طبقة الحجر وطبقة الطين حيث تم تسليح الحجر بالمشبكات الصناعية. وقد قيس هبوط طبقة الحجر والطين وضغط التربة وضغط ماء المسام في طبقة الطين في حالة طبقة الحجر المسلحة وغير المسلحة.

بالإضافة الى الفحوصات المختبرية اجري تحليل عددي باستخدام برنامج التحليل بطريقة العناصر المحددة PLAXIS 3D 2013 . وتم دراسة محاكاة عربات قطار بقياس حقيقي ودراسة تأثير سرعة العربة وصلادة طبقة الطين وتسلح طبقة الحجر.

وقد تم التوصل الى ان نسبة الهبوط (يعرف الابتدائي) لحالة حمل أقصى مقداره 2 طن تراوحت بين (1-2) % , بينما لحالة حمل أقصى مقداره 0.5 طن و 1 طن تراوحت النسبة بين (0.5-1)%. ان هذه المشاهدات تضمنت حالات طبقة حجر مسلحة وغير مسلحة وكان هناك فرق قليل في تأثير القيمة القصوى للحمل على نسبة الهبوط بين طبقة الحجر المسلحة عن غير المسلحة مستندة على طبقة طين صلد في بداية الفحص وخاصة عند قيم واطنة من الحمل الأقصى, بينما عند الدورة 500 وما بعدها تكون قيمة نسبة الهبوط في الطبقة المسلحة أقل منها للطبقة غير المسلحة وخاصة عند قيم عالية للحمل الأقصى



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والإنشاءات
فرع هندسة الطرق والجسور

تصرف طبقة الحجر المحسن بالمشبكات الصناعية في السكك الحديدية والمستندة على طين

أطروحة مقدمة
إلى قسم هندسة البناء والإنشاءات في الجامعة التكنولوجية
وهي جزء من متطلبات نيل درجة دكتوراه فلسفة في
علوم الهندسة الجيوتكنيكية

من قبل
محمد فائق اسود
ماجستير هندسة جيوتكنيكية 1989

بإشراف

الاستاذ المساعد الدكتور
محمود رشيد محمود

الاستاذ الدكتور
محمد يوسف فتاح

حزيران - 2016

رمضان - 1437