

## الخلاصة

تقدم هذه الرسالة دراسة تأثير المركبات الثقيلة نوع قاطرة ومقطورة على سمك التبليط الخرساني في الميول الصاعدة. لهذا الغرض تم إجراء مسحين، المسح الاول أجري على مقاطع طرق مختلفة في اربع محافظات هي السليمانية، أربيل، دهوك وكربلاء. المسح الثاني كان للحمل المحوري وشمل 254 مركبة نوع قاطرة ومقطورة في سبعة محطات وزن ثابتة في كل من بغداد، كربلاء والحلة خلال الفترة من أيار 2005 ولغاية شباط 2007 شاملا جميع أنواع المركبات نوع قاطرة ومقطورة.

من المسح المحوري، تم إيجاد وزن كل من المحور الامامي والخلفي لكل من القاطرة والمقطورة هذا بالإضافة الى الوزن الكلي لكل من القاطرة والمقطورة. أثناء عملية المسح المحوري تم قياس بعض الأبعاد الخاصة بالمركبات والمتمثلة بالمسافة بين مراكز الاطارات الامامية والخلفية لكل من القاطرة والمقطورة و قياس الارتفاعات ايضاً لكل من القاطرة والمقطورة لغرض الحصول على تخمين لنسبة مركز ثقل المركبة الى المسافة بين مراكز الاطارات الامامية والخلفية. كذلك تم إيجاد ارتفاع المحور الرابط بين كل من القاطرة والمقطورة و سطح التبليط.

باستخدام مقاييس الانفعال، تم قياس قوة السحب في الوصلة الرابطة بين القاطرة والمقطورة لكل المركبات المسوحة المتحركة بطيئاً على التبليط الخرساني لساحات المحطات الثابتة للوزن المستخدمة لغرض المسح.

نتيجة لإعادة توزيع الحمل المحوري على الميول الصاعدة، تم حساب الحمولات المحورية للمركبات نوع قاطرة ومقطورة على هذه الميول بفرض حركة منتظمة و أخذين بالحساب تأثير العزم الذي تولده مركبة وزن كل من القاطرة والمقطورة الموازية للميل الصاعد والمارة في مركز ثقل كل من القاطرة والمقطورة. لقد تم الحصول على ارتباط خطي قوي بين مقاومة الدرجة والوزن الكلي للمقطورة للتوصل الى قوة السحب في الوصلة الرابطة بين القاطرة والمقطورة حين الحركة على التبليط للميل الصاعد.

باستعمال هذه الأحمال المحورية على الطرق الخرسانية للميول الصاعدة، تم حساب معاملات أشنو المكافئة باستخدام برنامج حاسبة سمي (FEFU):

### (Full-Trailer Equivalency Factors on Upgrades)

طُوِّر لهذا الغرض وكتب بلغة (Quick BASIC) آخذاً بالحساب سمك التبليط، مقدار الميل الصاعد، قوة السحب بين القاطرة والمقطورة، الوزن الكلي للقاطرة والمقطورة، مستوى الخدمة النهائي، نسبة إرتفاع مركز الثقل الى المسافة بين الاطارات و نسبة إرتفاع المحور الرابط بين القاطرة والمقطورة الى المسافة بين الاطارات.

طُوِّرَت مخططات تصميمية للمعاملات المكافئة للمركبات نوع قاطرة ومقطورة على الميول الصاعدة لمستوى خدمة 2.5. كل مخطط خُصِّصَ لسمك تبليط خرساني معين ويعطي المعامل المكافئ مقابل الوزن الكلي للقاطرة والمقطورة لميل صاعد 0، 6، 12 و 18% كذلك لقيمة معينة لنسبة إرتفاع مركز الثقل الى المسافة بين الاطارات. خمسة قيم لسمك التبليط الخرساني تم اخذها بنظر الاعتبار وهي 6، 8، 10، 12 و 14 إنج (15.2، 20.3، 25.4، 30.5 و 35.6 سم على التوالي) بالاضافة الى خمسة قيم لنسبة إرتفاع مركز ثقل المركبة الى المسافة بين مراكز المحاور الامامية والخلفية وهي 0.2، 0.4، 0.6، 0.8 و 1.0.

يبين هذا البحث التأثير المهم لقيمة الميل الصاعد وكذلك لنسبة إرتفاع مركز ثقل المركبة الى المسافة بين المحاور الامامية والخلفية على المعامل المكافئ للمركبة نوع قاطرة ومقطورة. المعاملات المكافئة للمركبات الثقيلة نوع قاطرة ومقطورة تزداد بشكل لاخطي مع زيادة وزن المركبة، نسبة إرتفاع مركز ثقل المركبة الى المسافة بين مراكز المحاور و مقدار الميل الصاعد. هذه الزيادة مهمة جداً للقيم العالية للميل الصاعد، لنسبة إرتفاع مركز ثقل المركبة الى المسافة بين مراكز المحاور وكذلك سمك التبليط.

تبين الاطروحة بأن المركبة الحرجة نوع قاطرة ومقطورة هي تلك التي تملك وزن كلي يتجاوز حوالي (400 kN) والتي بعدها يصبح معدل زيادة المعاملات المكافئة أعلى. كما تبين الاطروحة بان الزيادة في سمك التبليط تزداد مع زيادة الميل الصاعد وخاصة في

## ABSTRACT

Presented in this thesis is a study of the effect of full-trailer trucks on uphill concrete pavement thickness. For this purpose, two surveys were carried out. The first survey was carried out on different road segments in four governorates namely Sulaimaniya, Erbil, Dohouk and Kerbala. The second survey was an axle load survey covering 254 full-trailers at seven permanent weighing stations in Baghdad, Kerbala & Hilla during the period June 2005 to February 2007 including all types of full-trailers.

From the axle load survey, the front and rear axle loads of the tractor, the front and rear axle loads of the trailer and the total weight for each of the tractor and trailer unit were obtained. During the axle load survey some geometrical characteristics of the trucks were measured namely the wheel base and the height of the tractor as well as the wheel base and the height of the trailer unit in addition to the height of the connecting rod between the tractor and the trailer unit above the pavement in order to find the  $H/B$  ratio (where  $H$  refers to the height of center of gravity and  $B$  to the wheel base of the tractor or trailer unit) and  $E/B$  ratio (where  $E$  refers to the height of the connecting rod).

Using strain gauges the pull force in the connecting rod between the tractor and trailer unit was measured for all vehicles surveyed moving slowly on rigid pavements of the yards of the permanent weighing stations used.

Due to axle load redistribution on upgrades, the axle loads for the full-trailers were calculated assuming uniform motion and taking into account the effect of the moment of the component of the weight of the tractor and trailer unit parallel to the upgrade and acting at the center of gravity of each unit. A strong linear correlation between the rolling resistance and total weight of the trailer unit was obtained to

A computer program called FEFU (Full-Trailer Equivalency Factors on Upgrades) was written in Quick BASIC taking into account pavement slab thickness, upgrade magnitude, pull force between the tractor and trailer unit, full-trailer weight, terminal level of serviceability, H/B and E/B ratios. Using the axle loads on uphill rigid pavements, the AASHTO truck equivalency factors were calculated with the aid of the developed program.

Design charts for truck equivalence factors on upgrades were developed for a terminal level of serviceability  $p_t=2.5$ . Each chart is devoted to a certain rigid pavement slab thickness giving the truck equivalence factor versus the total weight of the full-trailer for an uphill gradient of 0, 6, 12 and 18% as well as a certain ratio H/B. Five values for slab thickness were considered namely  $D = 6, 8, 10, 12, \text{ and } 14$  inches (15.2, 20.3, 25.4, 30.5, 35.6 cm respectively) and five values for H/B ratio of 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, and 1.0 were used.

This thesis reveals the significant effect of the upgrade magnitude as well as of the H/B ratio on the truck equivalence factor. The truck equivalence factors increase non-linearly with increasing truck weight, H/B ratio and upgrade magnitude. This increase is quite significant for the higher values of upgrade, H/B ratio as well as the slab thickness. The critical full-trailer is that having a total weight exceeding about 400 kN beyond which the corresponding equivalency factor introduce higher rate of increase.

The thesis reveals also that the pavement thickness increases with increasing uphill slope especially for the case of 1.2+2.2 and 1.2+2.22 full-trailers.