

Optimització dels assaigs de fatiga en mescles bituminoses

Assaigs realitzats per tracció indirecte segons la norma EN 12697-24 Annex E

Autora: Cristina Mollet Torrella

Tutor: Professor Enric Vazquez Ramonich

L'estabilitat del ferm d'una carretera és vital per garantir la seguretat d'aquesta i una conducció agradable i còmode. La gran majoria dels deterioraments apreciats en els paviments asfàltics tenen a veure, directament o indirecta, amb la **fatiga** del ferm. Aquesta és definida per la norma europea EN 12967-24 com *la pèrdua de les propietats inicials degut a la repetició de càrrega i descàrrega* a la qual es veu sotmès el paviment al pas dels vehicles pesats. És per això, que la resistència a la fatiga és una de les propietats de les **mescles bituminoses** més estudiades.

Aquest treball exposa breument els constituents, tipus i utilitzats de les mescles bituminoses; així com el fenomen de la fatiga i els paràmetres que l'influencien. Posteriorment, parla de la simulació d'aquesta al laboratori; per a la qual, la norma europea citada anteriorment proposa cinc possibilitats d'assaig. Val a dir que, actualment, aquest assaigs són costosos i llargs i no tots els laboratoris poden permetre-se'ls.

La tesina que teniu entre les mans analitza l'assaig que sembla ser el menys costós – l'assaig per **tracció indirecte** en provetes cilíndriques –, per tal d'optimitzar-ne la durada i obtenir així un assaig eficaç que permeti traçar una corba de fatiga ràpidament. Així doncs, hem realitzat els assaig per tracció indirecte amb la presa COOPER NU-14. Hem avaluat diferents tipus de mescles bituminoses (graves bituminoses, mescles bituminoses a mòdul elevat i a mòdul molt elevat) i proposem la possibilitat de reduir el nombre de provetes estudiades, i per tant, **disminuir la durada** total de l'assaig – pràcticament a la meitat –. Observem amb els resultats obtinguts que, amb aquesta reducció temporal obtenim unes corbes de fatiga igualment òptimes - pel que fa a la regressió -, repetibles i reproduïbles.

Un dels inconvenients més importants de l'assaig en tracció indirecte, és que, per una mateixa mescla bituminosa, la corba de fatiga obtinguda dona resultats inferiors als demanats per les especificacions de cada tipus de mescla bituminosa; és a dir, obtenim corbes de fatiga amb durades de vida més curtes. Aquesta corba de fatiga relaciona el nombre de cicles a la ruptura de la proveta amb la **deformació inicial** d'aquesta. Hem analitzat doncs, els criteris de traçat de la corba; i més precisament, la formula de la deformació inicial. Aquesta és calculada, segons l'annex E de la norma, com la diferencia entre el màxim al cap de 100 cicles de càrrega i descàrrega i el mínim als 60 cicles - per tal de deixar 60 cicles d'aclimatació de la proveta -. Hem estudiat aquesta formula empírica de dues maneres diferents; d'una banda, estimant la deformació inicial que s'obtindria si no hi hagués un període d'aclimatació de la proveta; i, d'altra banda, optimitzant de l'elecció de la quantitat de cicles abans d'arribar a l'estabilització de la proveta. Estudiant diferents tipus de mescles bituminoses, sembla ser, que una millora del càlcul de la deformació inicial permet aproximar-nos als resultats obtinguts amb altres assaigs i a les especificacions requerides per a cada tipus de mescla bituminosa. D'aquesta manera, podríem establir una base de comparació entre els diferents assaigs de la norma.

Concloent, cal verificar el que els resultats d'aquesta recerca deixen entreveure, ampliant els tipus de mescles bituminoses estudiats i analitzant, possiblement, altres mètodes de càlcul. Però, els resultats obtinguts en aquesta tesina evidencien, d'una banda, un coeficient de determinació més que satisfactori ($R^2 > 0.94$); i d'altra banda, una resistència a la fatiga més pròxima als resultats demanats per les especificacions. Així doncs, som optimistes pel que fa a l'obtenció d'un assaig econòmic que ens permeti calcular la corba de fatiga abans de que s'acabi l'obra mentre esperem els resultats obtinguts mitjançant l'assaig per flexió dos punts en provetes trapezoidals - assaig a realitzar per norma a les obres franceses i que sol arribar un cop l'obra acabada -.

Optimisation of the fatigue tests in bituminous mixtures

These tests were performed in accordance with the norm EN 12967-24 Annex E

Author: Cristina Mollet Torrella

Tutor: Professor Enric Vazquez

The aim of a road is to provide a pleasant and safe driving to the users. The vast majority of the damages observed on asphalt pavements are, directly or indirectly, linked to the **fatigue** of the road. This is defined by the European Norm EN 12967-24 as the loss of initial mechanical properties due to repeated loading and unloading when heavy vehicles are driving. Therefore, the fatigue resistance is one of the most studied properties of **bituminous mixtures**.

First of all, this thesis explains briefly the components, type and use of bituminous mixtures, as well as the phenomenon of fatigue and parameters that influences it. After that, it explains the simulation of fatigue in the laboratory; for that, the European Norm cited above gives five possible tests. Currently, the fatigue tests conducted in the laboratory are costly and lengthy and not all the laboratories can afford them.

The thesis you are about to read studies the fatigue test that seems to be less expensive - the **indirect tensile test** in cylindrical specimens- in order to **optimize the length** and, this way, to obtain an effective test enabling a quick fatigue curve drawing. To carry on our study, we have used the COOPER NU-14 press to make our test by indirect tens. By evaluating different types of bituminous mixtures we suggested the reduction of the number of specimens studied, and thus to reduce the total length of the trial - almost half -. With this hypothesis, the fatigue curves are equally optimal - in terms of regression -, repeatable and reproducible.

One of the main disadvantages of the indirect tensile test is that, for some bituminous mixtures, the fatigue curves obtained give shorter life than with the other tests proposed by the European Norm and don't reach the specifications for bituminous mixtures. This curve shows the number of fatigue cycles at break related to the **initial deformation** of the specimen. Therefore, we have analyzed the criteria of this curve; more precisely, the formula of the initial deformation. According to Annex E of the Norm, this is calculated as the difference between the maximum after 100 cycles and the minimum at 60 - letting the specimen 60 cycles to reach stability-. We have studied this empirical formula in two ways; firstly, by estimating the initial deformation that would result if there was not a stabilisation period and secondly, by optimizing the choice of the quantity of cycles needed to reach stability. After analyzing different types of bituminous mixtures it seems that a temporary optimization, allow us to approach the other types of tests. This way, we can compare bituminous mixtures even if they have been tested differently.

As a conclusion, we should say that, in order to verify the results obtained in this research, we still need to study other types of bituminous mixtures; and, possibly, other methods of calculating the initial deformation. However, the results obtained in this thesis show, a satisfactory coefficient of determination ($R^2 > 0.94$), and a fatigue resistance closer to the results demanded by the specifications. So, we are optimistic about the possibility to find a calculation method that allows drawing quickly a fatigue curve comparable to the fatigue curves obtained with the other possible fatigue test. We can obtain a test that enables calculate the curve of fatigue before construction ending; while waiting the results of the two point's test - which are compulsory for French-works and which usually arrive when the road's construction is finished.