

ESTUDO DE BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS DE PAVIMENTOS OBTIDAS SEGUNDO A TEORIA DAS CAMADAS ELÁSTICAS

VILLAS BÔAS, Elisa Bittencourt¹; THEISEN, Klaus Machado²¹Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Engenharia Civil; ²Universidade Federal de Pelotas, Centro das Engenharias. elisa_boas@hotmail.com**1 INTRODUÇÃO**

A Teoria das camadas elásticas é empregada atualmente na obtenção de bacias de deflexões calculadas e na retroanálise de pavimentos flexíveis, porém tais operações não têm aplicação ampla no projeto de pavimentos flexíveis. Métodos numéricos ou mesmo métodos numéricos iterativos são utilizados para obtenção das deflexões ou módulos de resiliência das camadas, restringindo a aplicação dos resultados às condições de espessuras, ensaio e temperatura observadas em campo. Posto isto, o presente trabalho teve o objetivo de compreender o comportamento dos pavimentos sob a ótica da Teoria das Camadas elásticas, buscando obter modelos para obtenção da bacia de deflexões que possam gerar modelos para aplicações mais amplas dentro da engenharia de pavimentação.

2 METODOLOGIA

Basicamente, o trabalho consiste em duas etapas: obtenção do banco de dados e modelagens com os dados do banco obtido.

A) Obtenção do banco de dados: Para obtenção do banco de dados, utilizaram-se programas computacionais de simulação de estruturas de pavimento que se baseiam na teoria da elasticidade e das camadas elásticas. O programa escolhido para análises foi o EVERSTRESS 5.0®, desenvolvido pelo Washington State Department of Transportation (WSDOT, 2005). Com o programa, foi obtido um banco de dados de mais de 200 bacias, onde foi simulado um pavimento padrão de 4 camadas (revestimento, base, sub-base e subleito), com materiais de coeficientes de Poisson fixos e variando-se módulos de resiliência e espessura das camadas em intervalos que simulassem uma grande gama de condições de campo, conferindo maior validade ao modelo a ser encontrado. O banco de dados obtido é composto da bacia de deflexões para cada estrutura simulada, onde foram obtidas as deflexões, medidas a partir do centro do carregamento imposto no pavimento, a 0, 10, 20, 30, 45, 65, 90, 120 e 150 cm distantes do referido ponto. O carregamento empregado é o carregamento de eixo padrão, cujo eixo atua com 82 kN de carga, 560 kPa de pressão de inflação dos pneus distribuídos uniformemente e em duas rodas cujos centros do carregamento estão distantes 30 cm;

B) Modelagens com os dados do banco: Os dados das bacias de deflexões obtidas serão empregados de forma a deles se obter o modelo mais adequado para modelar seu comportamento em função dos dados da estrutura do pavimento. Os dados dos materiais que compõem o pavimento bem como a carga serão empregados como variáveis independentes de um modelo que pode obter como dado de saída parâmetros que modelem a bacia de deflexões em função dos dados da estrutura simulada. Um dos modelos mais consagrados e a empregado na pesquisa foi o modelo de Albernaz (1997), expresso pela equação 1:

$$\sigma(x) = \frac{P}{2k} \left(1 - \frac{x}{n} \right) \quad (1)$$

onde $\delta(0)$ é a deflexão obtida no centro geométrico do carregamento, x é a distancia considerada a partir do centro do carregamento e k, n são constantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estágio atual da pesquisa se encontra na análise do banco de dados obtidos das análises até então. Como existe a constante alimentação do banco de dados, tal etapa (análise) se encontra em constante aperfeiçoamento. Entretanto, Os resultados até então obtidos mostram que as bacias se ajustam bem ao modelo proposto por Albernaz (1997), onde é obtido um coeficiente de determinação sempre maior que 0,95, mostrando a eficiente deste modelo. Na grande maioria dos casos, k assume valores sempre na ordem de 10^{-3} a 10^{-2} , apresentando certa variabilidade no modelo. Porem para n , observou-se que este possui uma gama pequena de valores, variando entre 1 e 2 em todos os casos, frequentemente apresentando valor maior que 1,5. Os parâmetros do modelo de Albernaz ($\delta(0)$, k e n) se ajustam razoavelmente a uma regressão potencial, obtendo-se coeficientes de correlação maiores (1997), ou seja, δ_0 , k e n , se ajustam razoavelmente a uma regressão potencial, tal como mostrado nas equações 2, 3 e 4, respectivamente, obtendo-se coeficientes de correlação maiores que 0,90, onde os parâmetros de entrada são os módulos e as espessuras das camadas do pavimento.

$$\delta(0) = \delta_0 \cdot E_i \cdot e_i \quad (2)$$

$$k = k_0 \cdot E_i \cdot e_i \quad (3)$$

$$n = n_0 \cdot E_i \cdot e_i \quad (4)$$

onde os E_i são os módulos de resiliência das camadas do pavimento, e_i são as espessuras e os demais parâmetros constantes de ajuste.

Outra constatação da pesquisa foi a relação dos parâmetros k e n com a forma da bacia deflectométrica. Tais parâmetros, quando tentem a 0 a ∞ (infinito) no caso de k e $-\infty$ e ∞ no caso de n , representam as seguintes condições extremas:

i) Quando $k = 0$ e/ou $n = -\infty$, trata-se de uma condição de camada de revestimento rígida, no qual as tensões são uniformemente distribuídas na camada seguinte e as deflexões tem valor constante $\delta(0)$;

ii) Quando $k = \infty$ e/ou $n = \infty$, trata-se de uma condição de camada de revestimento sem rigidez, onde as tensões são concentradas nas camadas inferiores e a bacia de deflexões possui raio de curvatura tendendo a 0.

Em outras palavras, k e n estão associados às condições do pavimento estudado. Se os mesmos são expressos conforme as equações 2 e 3, respectivamente, é possível ter uma noção da condição das camadas do pavimento e saber em qual camada atuar para que haja uma melhor distribuição de tensões na estrutura do pavimento.

Embora a pesquisa ainda esteja em estágio inicial, já é possível enxergar as potencialidades da mesma. Os resultados da pesquisa podem ter grande impacto no processo de retroanálise de pavimentos flexíveis. Os modelos obtidos até então podem ser aprimorados de forma a que se obtenham soluções analíticas para determinação dos módulos de resiliência das camadas do pavimento. Tal fato evita o processo iterativo comum empregado em softwares de retroanálise, diminuindo drasticamente o esforço computacional empregado para o cálculo e dando uma maior agilidade e entendimento do processo aos projetistas. Isso também evita o uso de softwares comerciais, que nem sempre são economicamente viáveis de se obter. Outra potencialidade é o desenvolvimento de procedimentos matemáticos de forma a obter um método de retroanálise onde seja considerado o comportamento viscoelástico do material do revestimento, através da aplicação do Princípio da Correspondência Elasto-viscoelástica. Desta forma, ter-se-á a solução analítica para criação de um processo de retroanálise para obtenção dos módulos de resiliência das camadas inferiores e da curva de fluência da mistura asfáltica, eliminando a dependência do parâmetro constitutivo obtido do revestimento em função do método empregado para obtenção de dados experimentais, ou seja, eliminando a dependência da velocidade de aplicação da carga.

4 CONCLUSÕES E SEQUÊNCIA DA PESQUISA

No estágio atual da pesquisa, concluiu-se que entre os modelos testados para ajuste das bacias de deflexões, o modelo de Albernaz (1997) foi o que gerou melhores resultados. Outros modelos foram testados, mas a vantagem do modelo referido está no fato de que com poucos parâmetros é possível um bom ajuste dos dados das bacias deflectométricas.

Também se concluiu que as constantes k e n têm boa correlação com as condições estruturais dos pavimentos, no qual representam uma melhor condição e/ou dimensionamento quanto menor forem seus valores. Também foi verificado que os parâmetros do modelo de Albernaz são possíveis de serem ajustados por funções potenciais cujos argumentos de entrada são os dados da estrutura do pavimento, onde assim é possível ter-se uma noção das condições das camadas para dados valores de k e n .

Os próximos passos da pesquisa incluem a alimentação continua do banco de dados, o estudo mais aprofundado das bacias de forma a se obter modelos de ajuste que facilitem sua manipulação algébrica visando obter soluções de fácil aplicação para criação de métodos de retroanálise e aplicação do Princípio da Correspondência Elasto-viscoelástica.

5 REFERÊNCIAS

ALBERNAZ, C.A.V. Método Simplificado de Retroanálise de Módulos de Resiliência de Pavimentos Flexíveis a Partir da Bacia de Deflexão. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.

WASHINGTON STATE DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *EVERSERIES® USER'S GUIDE. Pavement Analysis Computer Software and Case Studies*. Environmental and Engineering Programs Materials Laboratory - Pavements Division, Washington, DC, 2005.