ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE TENSÕES ENTRE UM TABULEIRO DE PONTE COM SEÇÃO RETA E UM COM CURVATURA TRANSVERSAL

Aléxia Brandão Ribeiro[1]; Marina Maria Cabette[2]; Isaías Vizotto[3];

[1] Mestranda em Eng. Civil na Universidade Estadual de Campinas
[2] Graduanda no curso de Eng. Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
[3] Doutor, Professor e Chefe do Departamento de Estruturas na Universidade Estadual de Campinas
E-mail do Autor: a.brandao.ribeiro@gmail.com

PETCivil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR

Palavras – chave
Autodesk Robot Structural Analysis Professional ®; Curvatura Transversal; Ponte

Introdução

Para rodovias é de extrema importância que a água da chuva seja drenada rapidamente da superfície de rolagem de veículos, pois com água acumulada no asfalto corre-se o risco de acidentes ocasionados por aquaplanagem, além de ocasionar patologias no pavimento. Segundo manual do DNER (1999), altas declividades transversais são vantajosas para acelerar o escoamento das águas pluviais.

De modo geral, os tabuleiros das pontes são construídos sem declividade transversal, no entanto, as pontes rodoviárias devem manter a mesma inclinação transversal adotada para a pista. Para isso, o pavimento asfáltico tem uma variação em sua espessura para gerar a declividade transversal. Isso pode ocasionar espessuras consideravelmente superiores às convencionais nas regiões centrais do tabuleiro, e, como o asfalto é um material de alta densidade isso gera um aumento considerável no peso próprio da ponte.

Uma alternativa para esse problema poderia ser a adoção de um tabuleiro curvo em sua seção transversal que proveria a inclinação necessária. Com essa adaptação, o tabuleiro mudaria seu comportamento estrutural de placa (mais usualmente estudada) para comportamento de casca, necessitando um estudo mais complexo para determinação de tensões.

Objetivos

O objetivo desse trabalho é avaliar a mudança de comportamento estrutural comparando as tensões máximas em uma ponte com tabuleiro reto e outra um com seção transversal curva com 20 m de vão.

Metodologia

Fez-se a modelagem no software Autodesk Robot Structural Analysis Professional ® considerando os dois diferentes tabuleiros de ponte com suas respectivas solicitações permanentes e acidentais. Então, foram plotados os mapas de tensão dos objetos estudados através do cálculo pelo Método dos Elementos Finitos.

Solicitações: Carregamento Permanente

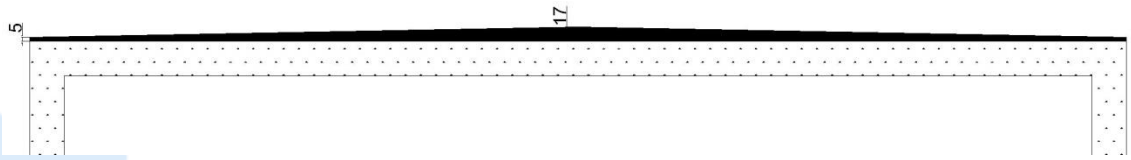
O carregamento permanente considerado neste trabalho será o peso próprio do tabuleiro, acrescentado a carga devido ao pavimento betuminoso.

O tabuleiro será de concreto C30, com 40 cm de espessura para ambas as pontes e o peso próprio calculado automaticamente pelo software através da massa específica do concreto utilizado de $2500\ kg/m^3$ considerada para as características do material.

Segundo manual do DNIT (2006), a espessura mínima a se adotar para pavimentos betuminosos ainda é um tema em aberto na engenharia rodoviária, quer seja para proteger as partes adjacentes, quer seja para evitar a ruptura do próprio revestimento devida aos esforços repetitivos de tração na flexão. No entanto, o manual apresenta uma tabela onde especifica espessuras mínimas de 5 cm a 12,5 cm, dependendo entre outros fatores do volume total de tráfego. Por se tratar de uma ponte genérica, adotaremos para calcular o peso próprio a espessura mínima de 5 cm.

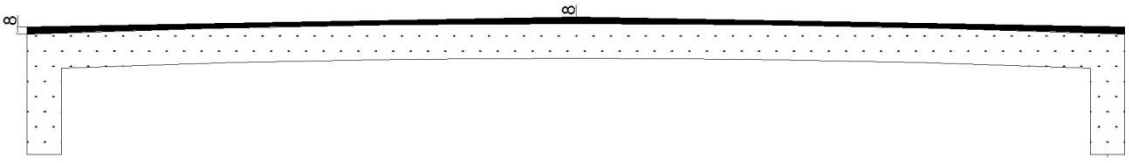
A fim de fornecer a inclinação necessária e garantir a mínima espessura, o pavimento betuminoso será executado diferentemente para as duas seções transversais de ponte (Figura 1 e 2).

Figura 1: Pavimento betuminoso na seção reta



Fonte: autoria própria

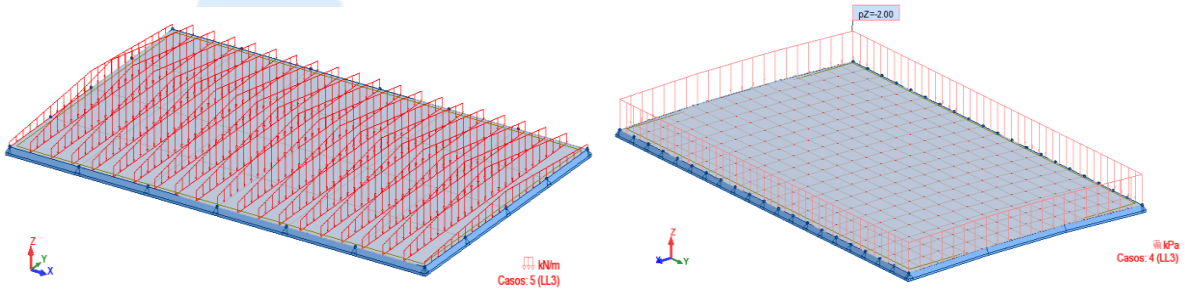
Figura 2: Pavimento betuminoso na seção curva



Fonte: autoria própria

O material utilizado será um pavimento betuminoso com massa específica de 2550 kg/m³. Para a seção reta, adotou-se um carregamento triangular com o valor de 1,25 kN/m² na borda e 4,25 kN/m² no centro (Figura 3(a)). Para a seção curva adotou-se, por simplicidade, um carregamento distribuído constante de 2 kN/m² (Figura 3(b)).

Figura 3: (a) Peso Próprio devido ao pavimento betuminoso seção reta (b) Peso Próprio devido ao pavimento betuminoso seção curva

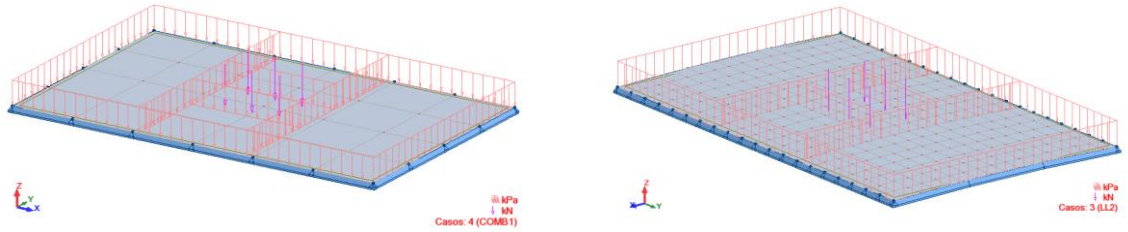


Fonte: autoria própria através do software ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS®

Solicitações: Carregamento Acidental

Para o veículo-tipo TB-450, proposto pela NBR 7188 (ABNT, 2013), fazendo as considerações específicas para esse projeto, as cargas a serem consideradas serão: $P = 120\ kN$ e $p = 8\ kN/m^2$. O posicionamento do veículo tipo será no meio do vão da ponte conforme ilustra a planta (Figura 4).

Figura 4: Carregamento Acidental



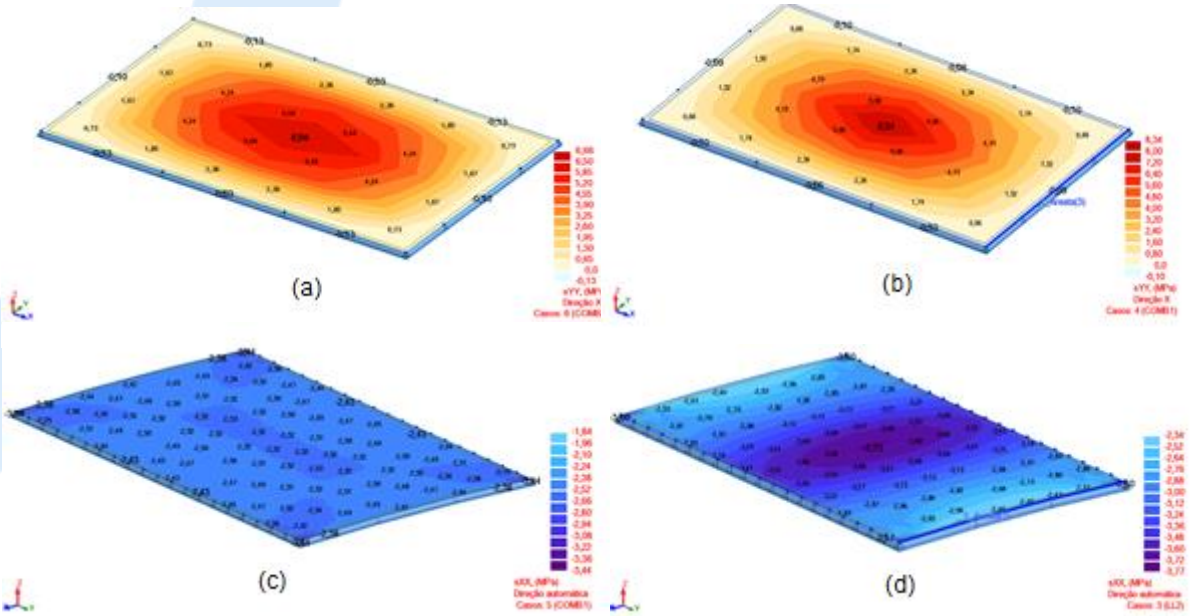
Fonte: autoria própria através do software ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS®

O carregamento considerado é uma força distribuída de 8 kN/m² na parte hachurada da placa, além de seis forças concentradas de 120 kN no centro dos retângulos (Figura 4).

Resultados e Discussão

Os mapas de tensões devido ao peso próprio e devido ao carregamento acidental aplicado são apresentados na Figura 5, sendo adotado o plano yy para a placa com seção reta, que é perpendicular à direção longitudinal da ponte (x), onde se observa as tensões mais críticas para o tabuleiro. Para o tabuleiro com seção curva foi adotado o plano xx, seguindo os mesmos critérios.

Figura 5: (a) Mapa de tensões para peso próprio seção reta (b) Mapa de tensões para carregamento acidental seção reta (c) Mapa de tensões para peso próprio seção curva (d) Mapa de tensões para carregamento acidental seção curva



Fonte: autoria própria através do software ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS®

A Tabela 1 resume os resultados obtidos através da simulação dos dois tabuleiros de ponte por meio do software Robot Structural Analysis®.

Tabela 1. Tensões Máximas

	Tensão máxima devido ao peso próprio (MPa)	Tensão máxima devido ao carregamento acidental (MPa)
Tabuleiro com seção Reta	6,59	8,34
Tabuleiro com seção Curva	3,44	3,73

Fonte: Autoria própria

Conclusão

Pode-se observar claramente pelos mapas da Figura 5 que as tensões no tabuleiro com seção transversal curva são muito inferiores em relação ao tabuleiro reto. Isso se deve ao fato da geometria de arco apresentar um comportamento estrutural mais eficiente do que o reto em termos de distribuição de tensões, além de, no caso do peso próprio, a seção em arco permitir a diminuição da utilização do revestimento betuminoso em decorrência de sua geometria.

Observa-se também que a execução do tabuleiro com curvatura transversal é mais complicada e menos intuitiva do que a seção reta, e que podem ser adicionados custos devido a essa execução mais complexa. Porém, conclui-se que é válida a escolha de tabuleiro com a seção transversal curva a fim de prover a inclinação necessária além de diminuir as tensões provocadas pelos carregamentos com os ganhos de redução de seção transversal e menor consumo de materiais.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER 706/20: Manual de projeto geométrico de rodovias rurais. Rio de Janeiro, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT IPR-719: Manual de pavimentação. Rio de Janeiro, 2006.