

Aula 10 - Pavimentos de Concreto (Rígidos)

Objetivos da aula

- Compreender a teoria de placa sobre base elástica (Westergaard) e o papel do módulo de reação do subleito (k).
- Dimensionar elementos de pavimentos rígidos: espessura da placa, juntas e transferência de carga.
- Conhecer critérios de projeto e referências normativas do DNIT aplicáveis.

Conteúdo da aula (texto base)

1) Fundamentos: placa sobre base elástica (Winkler) – Westergaard

- Modelo: placa de concreto de espessura h , módulo E e coeficiente de Poisson ν , apoiada em fundação idealizada por molas independentes de rigidez k (módulo de reação do subleito).
- Raio de rigidez relativa (Westergaard):

$$\ell = \left(\frac{E h^3}{12 k (1 - \nu^2)} \right)^{1/4}$$

- Tensões máximas dependem da posição da carga (interior, borda, quina) e governam o dimensionamento à fadiga/ruptura por flexão. Em geral, borda/quina são casos críticos.

2) Dimensionamento – espessura, juntas e transferência de carga

- Espessura h : selecionada para que tensões de flexão de projeto (considerando repetições de tráfego) não excedam a resistência à tração na flexão (módulo de ruptura) do concreto, com verificação de fadiga e segurança contra bombeamento/erosão.
- Juntas: controlar retração e variações térmicas. Definir espaçamento típico (ordem de 4-6 m, ajustar conforme clima, base e armadura), largura de abertura, selante e selagem.
- Transferência de carga:
 - Barras de transferência (dowels) em juntas transversais: aumentam a eficiência de transferência (LTE), reduzem desnível (faulting). Dimensionar diâmetro, comprimento, espaçamento e cobrimento.
 - Barras de costura (tie bars) em juntas longitudinais: manter placas solidárias ao tráfego.
- Camadas de base/sub-base: melhorar suporte (k), reduzir bombeamento e erosão; considerar drenagem.

3) Normas DNIT e critérios de projeto

- Referências DNIT para pavimentos rígidos: especificações e manuais com diretrizes para seleção de materiais, espessuras, juntas, detalhes construtivos e controle tecnológico.
- Critérios usuais:
 - Verificação de tensões (interior/borda/quina) x módulo de ruptura (com fadiga).
 - Verificação de LTE/transferência de carga e limite de desnível (faulting).
 - Controle de abertura de juntas, retração e gradientes térmicos.
 - Requisitos de base/sub-base (resistência, drenagem) e k de projeto.

4) Exemplo orientado (esboço)

- Dados: tráfego equivalente (eixos), k do subleito, E , ν e módulo de ruptura do concreto, condições ambientais e de base. Selecionar h , definir juntas (espaçamento/largura), especificar barras de transferência/costura e checar tensões críticas com margens de fadiga.



Figure 1: Pavimento de concreto em serviço (exemplo)

Atividade prática

- Dimensione um pavimento rígido para tráfego pesado (via industrial):
 - Estime k do subleito (ou adote valor normativo) e defina materiais da base.
 - Escolha h atendendo tensões críticas e fadiga; proponha espaçamento de juntas.
 - Diminua barras de transferência e de costura (diâmetro, comprimento, espaçamento) e descreva requisitos de execução/controle.

Links suplementares da Aula 10

- Concrete pavement (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Road_surface#Concrete
- Highway engineering - concrete pavements (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Highway_engineering
- Winkler foundation (Wikipedia): <https://en.wikipedia.org/wiki/Winkler.foundation.model>
- Harold M. Westergaard (Wikipedia): https://en.wikipedia.org/wiki/Harold_M._Westergaard

Pontos-chave

- Westergaard/Winkler: dimensionamento por tensões críticas e fadiga.
- Juntas bem detalhadas e dowels elevam LTE e reduzem faulting.
- Base/sub-base adequada aumenta suporte (k) e durabilidade.
- Integração tráfego-clima-materiais-execução é essencial ao desempenho.