

Aula 13 - Interação Estrutura-Pavimento

Objetivos da aula

- Entender a interação entre pilares/estrutura, fundações e pavimentos de piso em obras industriais
- Compreender a transmissão de cargas e movimentos: estrutura → fundação → pavimento, e implicações no desempenho
- Detalhar juntas (serradas, de dilatação/movimentação) e soluções de interface (chumbadores, chapas de base)

Conteúdo da aula (texto base)

1. Introdução: Obras Industriais e suas Complexidades Em **obras industriais**, a interação entre estrutura e pavimento representa um dos aspectos mais críticos do projeto. Diferentemente de edificações convencionais, os pavimentos industriais devem suportar cargas elevadas, tráfego intenso de equipamentos e integrar-se harmoniosamente com os sistemas estruturais.

Esta aula aborda os principais desafios de **compatibilização entre pilares, fundações e pavimentos de piso**, focando em soluções práticas para minimizar problemas de desempenho e durabilidade.

2. Características dos Pavimentos Industriais

2.1. Piso Industrial: Conceitos Fundamentais Definição e Função:

- **Laje sobre o terreno** (slab-on-grade)
- Suporte direto para operações industriais
- Interface crítica entre estrutura e solo

Solicitações Típicas:

- Tráfego de **empilhadeiras** e equipamentos pesados
- **Cargas estáticas** de prateleiras e estocagem
- **Cargas concentradas** de máquinas e equipamentos
- **Cargas dinâmicas** de pontes rolantes

2.2. Sistema Estrutural Integrado Componentes Principais:

- **Pilares** (aço ou concreto armado)
- **Fundações** (sapatas, blocos ou estacas)
- **Pavimento de piso** em concreto armado
- **Interfaces críticas** entre elementos

3. Transmissão de Cargas: Fluxo Estrutural



Figure 1: Esquema de transmissão de cargas em estruturas industriais

3.1. Sequência de Transmissão de Esforços Fluxo Principal:

1. Ações na superestrutura

- Peso próprio da estrutura
- Equipamentos e instalações
- Pontes rolantes e sistemas de movimentação
- Cargas acidentais

2. Transmissão pelos pilares

- Esforços axiais (compressão/tração)
- Momentos fletores
- Esforços cortantes

3. Fundações como elemento de transição

- Distribuição de esforços no solo
- Compatibilização de recalques
- Interface com pavimento adjacente

3.2. Efeitos no Pavimento Adjacente Problemas Potenciais:

- **Acomodações diferenciais** entre estrutura e pavimento
- **Recalques diferenciados** nas bordas livres
- **Concentração de tensões** próximo às bases dos pilares
- **Fissuração por incompatibilidade** de movimentos

Soluções de Compatibilização:

- Especificação adequada do **módulo de reação do subleito (k)**
- Camadas granulares de **regularização e distribuição**
- **Reforço localizado** em zonas críticas:
 - Faixas sob rodas de equipamentos
 - Corredores de tráfego intenso
 - Perímetros de bases de pilares

4. Sistema de Juntas: Controle e Movimentação

4.1. Tipos de Juntas Juntas Serradas (Controle de Fissuração):

- **Função:** Induzir fissuração controlada
- **Profundidade:** $h/4$ a $h/3$ da espessura
- **Espaçamento:** 24 a 30 vezes a espessura da laje
- **Execução:** Serra diamantada nas primeiras 24h

Juntas de Dilatação:

- **Função:** Acomodar movimentos térmicos e de retração
- **Características:** Descontinuidade total da laje
- **Localização:** Interfaces críticas e grandes vãos
- **Selagem:** Material flexível e impermeável

4.2. Diretrizes de Posicionamento Critérios de Layout:

- **Relação com pilares:**
 - Evitar juntas passando por bases de pilares
 - Manter distância mínima de 600 mm do centro do pilar
 - Considerar influência de cargas concentradas
- **Continuidade funcional:**
 - Preservar rotas de tráfego
 - Minimizar impacto em operações

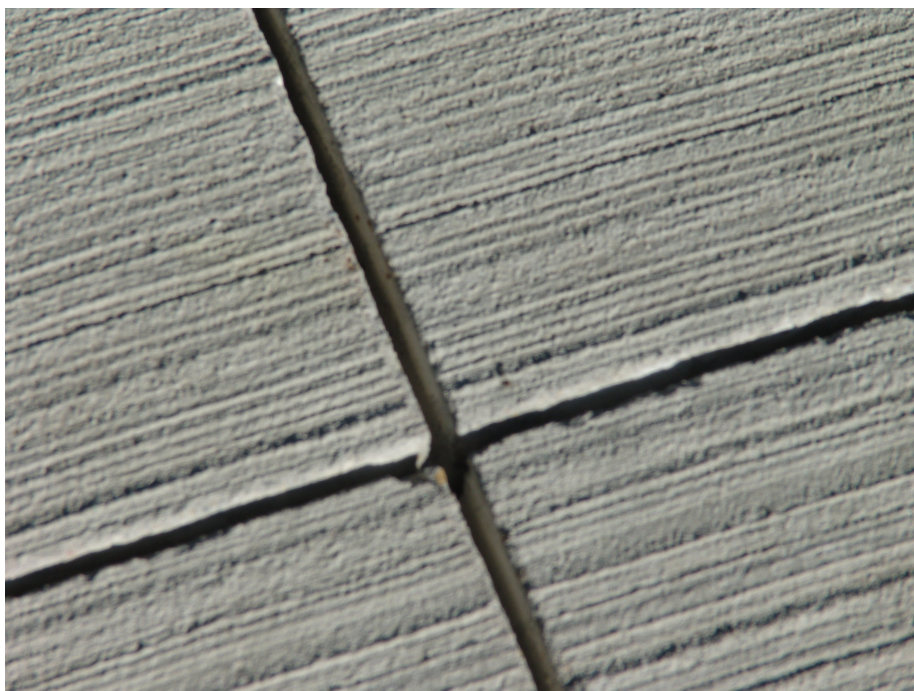


Figure 2: Junta serrada (controle) em concreto

- Facilitar manutenção e limpeza
- **Transferência de carga:**
 - Uso de **dowels/pinos** quando necessário
 - Barras de transferência em juntas de construção
 - Reforço adicional em bordas livres

5. Interface Pilar-Pavimento: Detalhamento Crítico

5.1. Bases Metálicas e Chumbadores Componentes do Sistema:

- **Chapa de base** em aço estrutural
- **Chumbadores** (barras roscadas ou parafusos)
- **Graute de alta resistência** para regularização
- **Arruelas de pressão** para distribuição

Considerações de Projeto:

- **Folgas de montagem:**
 - Permitir ajustes durante instalação
 - Evitar imposição de esforços indesejados ao pavimento
 - Prever tolerâncias executivas
- **Isolamento estrutural:**
 - Juntas perimetrais ao redor das bases
 - Separação entre movimentos da estrutura e do pavimento
 - Material compressível de preenchimento

5.2. Reforços Localizados Estratégias de Reforço:

- **Aumento da espessura** na região da base
- **Armadura adicional de distribuição**
- **Fibras de aço** ou poliméricas no concreto
- **Camadas de regularização** com concreto de alta resistência

Detalhes Construtivos:

- Transição gradual entre espessuras
- Ancoragem adequada da armadura adicional
- Controle de fissuração por retração
- Drenagem superficial adequada

6. Exemplo Numérico: Verificação de Rigidez

6.1. Dados do Problema Considere um corredor de tráfego junto à base de um pilar com as seguintes características:

Parâmetros do Sistema:

- Módulo de reação do subleito: $k = 40 \text{ MN/m}^3$
- Carga de roda: $P = 25 \text{ kN}$
- Espessura do piso: $h = 200 \text{ mm}$
- Módulo de elasticidade do concreto: $E = 30 \text{ GPa}$
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0,2$

6.2. Cálculo do Raio de Rigidez Relativa O raio de rigidez relativa caracteriza a distribuição de tensões na laje:

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

Substituindo os valores:

$$\ell = \left(\frac{30 \times 10^9 \times (0,2)^3}{12 \times 40 \times 10^6 \times (1 - 0,2^2)} \right)^{1/4}$$

$$\ell = \left(\frac{30 \times 10^9 \times 0,008}{12 \times 40 \times 10^6 \times 0,96} \right)^{1/4}$$

$$\ell = \left(\frac{240 \times 10^6}{460,8 \times 10^6} \right)^{1/4} = (0,521)^{1/4} = 0,85 \text{ m}$$

6.3. Interpretação dos Resultados Significado Físico:

- Área de influência de cargas concentradas
- Raio de **0,85 m** indica distribuição localizada
- Necessidade de reforço em área de aproximadamente **2,3 m²** ao redor da carga

7. Atividade Prática: Layout Industrial

7.1. Desenvolvimento do Projeto Tarefa: Desenvolva o plano de juntas para uma nave industrial simplificada

Dados da Estrutura:

- Dimensões: $40 \text{ m} \times 60 \text{ m}$
- Pilares: malha $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$
- Pavimento: espessura 200 mm
- Tráfego: empilhadeiras de 3 t

Etapas do Desenvolvimento:

1. **Análise da geometria**
 - Identificar eixos principais da estrutura
 - Mapear rotas de tráfego prioritárias
 - Localizar equipamentos fixos
2. **Definição das juntas serradas**
 - Espaçamento: 5 a 6 metros ($25 \text{ a } 30 \times \text{ espessura}$)
 - Alinhamento com malha estrutural
 - Evitar interferência com bases de pilares
3. **Posicionamento das juntas de dilatação**
 - Divisão da laje em painéis máximos de $25 \times 25 \text{ m}$
 - Interfaces com diferentes estruturas
 - Juntas perimetrais junto a pilares
4. **Especificação dos reforços**
 - Faixas de tráfego: armadura adicional
 - Perímetro de pilares: espessura majorada
 - Juntas: detalhes de selagem e transferência

7.2. Notas de Manutenção Inspeção Periódica:

- Verificação de selantes nas juntas
- Monitoramento de fissuração
- Limpeza de detritos em juntas

Manutenção Preventiva:

- Renovação de selantes a cada 2-3 anos
- Reparo de pequenas fissuras
- Limpeza e proteção superficial

8. Pontos-Chave da Aula

1. **Integração sistêmica:** A interação estrutura-pavimento requer visão integrada do comportamento conjunto
2. **Transmissão de esforços:** O fluxo de cargas estrutura \rightarrow fundação \rightarrow pavimento deve ser cuidadosamente analisado
3. **Sistema de juntas:** Juntas serradas e de dilatação são essenciais para controle de fissuração e acomodação de movimentos
4. **Interface crítica:** A região de base dos pilares exige detalhamento especial e reforços localizados
5. **Manutenção preventiva:** Inspeção e manutenção adequadas garantem desempenho a longo prazo

9. Preparação para a Próxima Aula Na próxima aula, abordaremos “Métodos Construtivos e Tecnologias Inovadoras”, explo-

rando técnicas avançadas de execução, uso de aditivos especiais e tecnologias emergentes em pavimentação industrial.

Links suplementares da Aula 13

- Concrete slab (Wikipedia)
- Expansion joint (Wikipedia)
- Anchor bolt (Wikipedia)
- Industrial flooring (Wikipedia)