

ARTIGOS ABRASFE

Efeitos da Protensão no Escoramento *Crêterios de Dimensionamento de Acordo com o ACI 347.2R*

Breno Santos

Resumo

Escoras, reescoras e reescoras parciais precisam ser analisadas para a redistribuição de carga que ocorre quando lajes e vigas são pós-tensionadas. Esta análise deve incluir também os elementos estruturais do pavimento do nível de pós-tensão, porque as cargas do escoramento aliviado dos membros pós-tensionados são transferidas para os membros de apoio. O engenheiro é o responsável final pela estrutura, e uma estreita coordenação entre este engenheiro e o engenheiro de fôrma / contratante é recomendada para estimar a magnitude e a localização das cargas de construção quando os membros são pós-tensionados. A compreensão deve ser alcançada entre os engenheiros a respeito de quem é responsável pela determinação da sequência de pós-tensionamento e a posterior análise da redistribuição das cargas construtivas.

Cargas Construtivas no Escoramento

A redistribuição de cargas ocorre durante a aplicação do pós tensionamento para vários elementos estruturais, tais como as lajes e as vigas. Dependendo do nível da protensão, o escoramento que suporta esses elementos pode ser totalmente ou parcialmente aliviado da carga, devendo ser levado em consideração no dimensionamento que as cargas dos elementos estruturais pós tensionados são transferidos para elementos de apoio e, por conseguinte, para o escoramento ou reescoramento que suporta esses membros. Se não for cuidadosamente avaliada, a redistribuição de carga devido ao pós-tensionamento pode sobrecarregar o escoramento ou as reescoras, bem como os elementos de concreto. Portanto, é necessário analisar a distribuição da carga construtiva no escoramento e no reescoramento de estruturas pós-tensionados em duas etapas:

- Durante a Concretagem
- Durante a Pós-tensão

A determinação das cargas de construção durante a concretagem é semelhante as metodologias descritas em normas, usualmente já verificadas no dimensionamento do escoramento. A redistribuição de carga depende da sequência da construção e da magnitude da tensão em cada fase de pós-tensão. Quando uma laje é pós-tensionada, uma porção da carga é transferida para as vigas de apoio. Se estas vigas de apoio estão escoradas, o escoramento precisa ser capaz de suportar esta redistribuição de carga (e consequente acréscimo de carga construtiva). Quando as vigas são pós-tensionadas, uma parte da carga é transferida para os pilares ou para vigas de apoio, onde o escoramento ou reescoramento destas também deve estar dimensionado para este acréscimo de carga.

A máxima condição de carga de construção para o escoramento ocorre quando primeiramente as lajes são totalmente pós-tensionadas, seguido pelas vigas e, em seguida, por eventuais vigas de apoio. Neste caso, uma análise cuidadosa da transferência de carga ao escoramento/reescoramento das vigas e das vigas de apoio é necessária. No caso da sequência de tensionamento ser invertida, a redistribuição da carga será diferente e provavelmente irá resultar em menores cargas no escoramento/reescoramento.

Exemplo Teórico

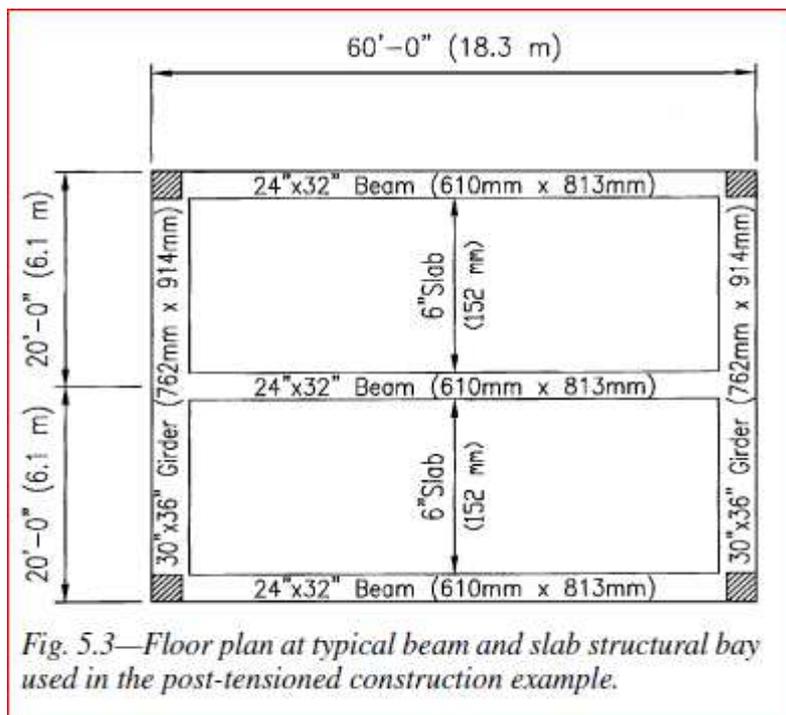
Sequência de Pós-tensionamento: As lajes, vigas e vigas de apoio serão pós-tensionadas de acordo com a seguinte sequência:



1. Cabos da Laje 100%
2. Cabos das Vigas 100%
3. Cabos das Vigas de Apoio 100%

Esta sequência representa a pior condição possível para o cálculo das cargas no escoramento/reescoramento, devendo ser a sequência assumida, a menos que seja informada sequência diferente de pós-tensionamento dos elementos estruturais.

Na figura abaixo é demonstrado a vista típica em planta da estrutura, apresentando as lajes, vigas, vigas de apoio e pilares.

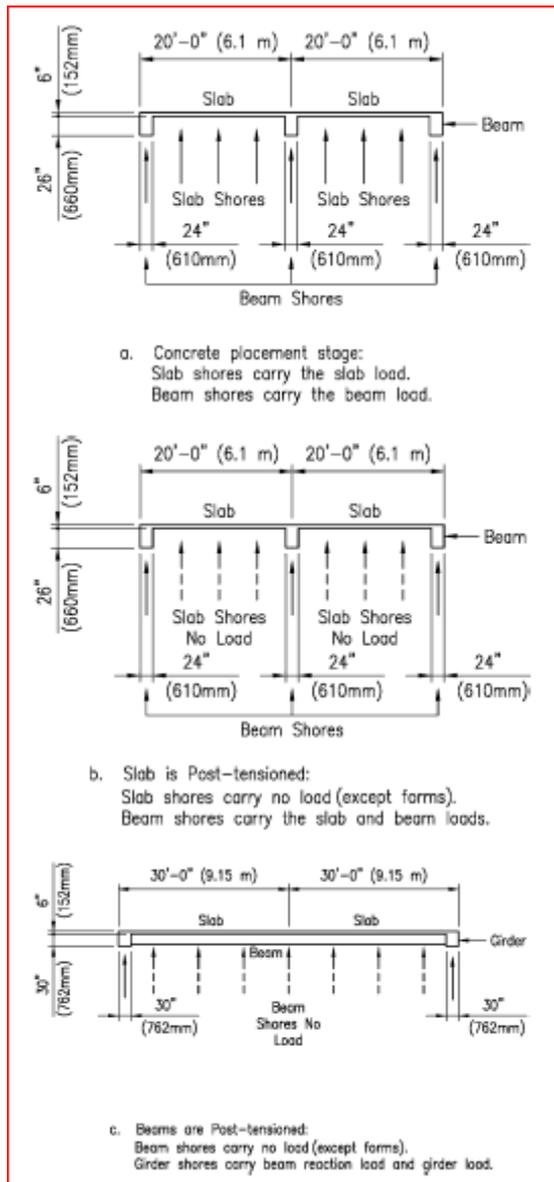


Distribuição das cargas construtivas: A distribuição das cargas durante a fase construtiva deve ser calculada correspondente as duas fases de construção. A primeira fase é da concretagem do nível, sendo a segunda fase da análise durante/após o pós-tensionamento:

1. Fase de concretagem: O ACI 347.2R apresenta o modelo de cálculo para o exemplo em questão. Neste artigo serão apresentados os valores finais resultantes, para comparação final com as cargas pós-tensionamento:
 - Carga Máxima nas escoras da Laje: 6,23 kN/m²
 - Carga Máxima nas escoras da Viga: 13,42 kN/m
 - Carga Máxima nas escoras da Viga de Apoio: 18,52 kN/m
2. Fase de Pós-tensionamento: O pós-tensionamento de lajes, vigas, e das vigas suporte ocasiona um movimento ascendente destes membros para que eles carreguem seu peso próprio e eventuais cargas adicionais. Assim, usualmente as escoras de apoio do membro pós-tensionado, uma vez sob pressão, estão isentos de algumas ou todas as cargas (a depender do nível de protensão utilizado no dimensionamento). As cargas destas escoras aliviadas são



transferidas pelo elemento estrutural pós-tendido diretamente para os membros de apoio, que por sua vez transferem essas cargas para as escoras que os apoiam. Por exemplo, a pós-tensão da laje libera a carga de construção das escoras da laje e transfere para as vigas. O escoramento das vigas é então solicitado para transportar a carga adicional das lajes. Quando as vigas são pós-tensionadas, as escoras da viga são aliviadas da carga e a carga é transferida para as vigas de apoio e pilares. A Figura abaixo ilustra a transferência da carga construtiva devido a pós-tensão. Seguindo a sequência de pós-tensão prescrita, as cargas nas escoras são estimadas a seguir:



ABRASFE

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS
DE FÓRMAS, ESCORAMENTOS E ACESSO

11 2276-7994
contato@abrasfe.org.br

Av. Jabaquara, 2049 - Sala 101
São Paulo/SP - CEP 04045-003

www.abrasfe.org.br

2.1 Após o Pós-tensionamento da Laje:

- **Carga Máxima nas Escoras da Laje:** Apenas 0,24 kN/m² devido ao peso próprio da fôrma. Todas as demais cargas são transferidas para as vigas que apoiam estas lajes.
- **Carga Máxima Escoras na Viga (Viga Central):** 37,50 kN/m, devido ao acréscimo das cargas da laje que são transferidas para a viga.
- **Carga Máxima Escoras na Viga de Apoio:** 17,43 kN/m. A redução é devida a redução da sobrecarga, visto que o processo de concretagem já foi concluído.

2.2 Após o Pós-tensionamento da Viga:

- **Carga Máxima nas Escoras da Laje:** Sem alteração desde a etapa anterior.
- **Carga Máxima nas Escoras da Viga (Viga Central):** Suporta apenas 0,29 kN/m devido ao peso próprio da fôrma. Todas as demais cargas são transferidas para as vigas de apoio.
- **Carga Máxima nas Escoras da Viga de Apoio:** 17,43 kN/m. Carga concentrada no meio do vão (reação da viga central): 311,93 kN

2.3 Após o Pós-tensionamento da Viga de Apoio:

- O pós-tensionamento das vigas de apoio vai liberar a carga transferida ao escoramento, sendo estas cargas construtivas transferidas aos pilares.

A tabela abaixo indica os valores máximos obtidos em cada uma das fases necessárias da análise.

Elemento/Fase	Durante a Concretagem	Durante o Pós-Tensionamento
Lajes	6,23 kN/m ²	0,24 kN/m ²
Vigas	13,42 kN/m	37,50 kN/m
Vigas de Apoio	18,52 kN/m	17,43 kN/m (Distribuída) + 311,93 kN (Concentrada)

Baseado na análise do escoramento durante as duas etapas (concretagem e pós-tensionamento), e na tabela resumo acima, as cargas máximas para o dimensionamento são:

- **Escoramento das Lajes:** 6,23 kN/m², durante a fase de concretagem
- **Escoramento das Vigas:** 37,50 kN/m durante o pós-tensionamento da laje
- **Escoramento das Vigas de Apoio:** 17,53kN/m (carga distribuída) e 311,93 (carga concentrada), durante o pós-tensionamento das vigas.

Este exemplo mostra que as cargas máximas no escoramento podem ocorrer durante o processo de protensão. As cargas de dimensionamento na fase de pós-tensão



usualmente são muito maiores do que as cargas existentes no escoramento durante a concretagem.

É importante salientar que a redistribuição de carga no escoramento é muito afetada pela sequência e pelo nível do pós-tensionamento dos elementos estruturais. Por exemplo, se a sequência de pós-tensionamento for invertida, com vigas de apoio, vigas e lajes, as cargas nas escoras podem ser bem menores que as exemplificadas acima.

Referências

ACI 347.2R-05 Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings



ABRASFE
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS
DE FÔRMAS, ESCORAMENTOS E ACESSO

11 2276-7994
contato@abrasfe.org.br

Av. Jabaquara, 2049 – Sala 101
São Paulo/SP - CEP 04045-003

www.abrasfe.org.br