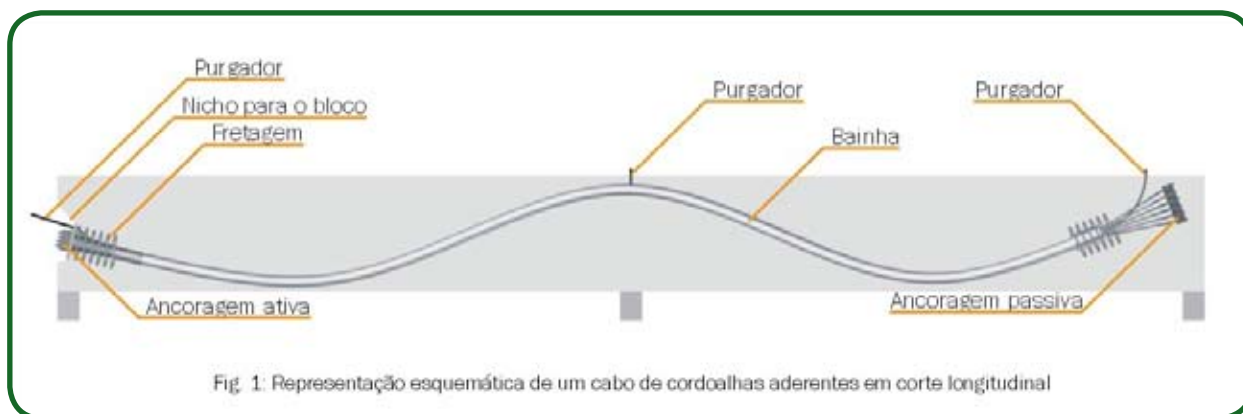


Por que protender uma estrutura de concreto?

Eng. Maria Regina Leoni Schmid
Rudloff Sistema de Protensão Ltda.



RUDLOFF SISTEMA DE PROTENSÃO LTDA.

Fig. 1 – Representação esquemática de um cabo de cordoalhas aderentes em corte longitudinal

Protender uma estrutura de concreto é fazer uso de uma tecnologia inteligente, eficaz e duradoura. Inteligente, pois permite que se aproveite ao máximo a resistência mecânica dos seus principais materiais constituintes, o concreto e o aço, reduzindo assim suas quantidades; eficaz, devido à sua superioridade técnica sobre soluções convencionais, proporcionando estruturas seguras e confortáveis; duradoura, porque possibilita longa vida útil aos seus elementos. Só estas características já justificariam o uso da protensão em estruturas. Mas além disso tudo, uma das principais vantagens das soluções em concreto protendido é o fato delas possibilitarem ótimas relações custo-benefício. A protensão pode resultar, em muitos casos, em estruturas com baixa ou nenhuma necessidade de manutenção ao longo de sua vida útil, além de permitir outras características como:

- ◆ grandes vãos
- ◆ controle e redução de deformações e da fissuração
- ◆ possibilidade de uso em ambientes agressivos
- ◆ projetos arquitetônicos ousados
- ◆ aplicação em peças pré-fabricadas
- ◆ recuperação e reforço de estruturas
- ◆ lajes mais esbeltas do que as equivalentes em concreto armado: isso pode reduzir tanto a altura total de um edifício, como o seu peso e, conseqüentemente, o carregamento das fundações.

As vantagens da tecnologia são diversas e justificam o seu emprego mundialmente, para a execução de projetos arquitetônicos convencionais e arrojados, em obras de pequeno, médio e grande porte.

Por que se usar a protensão aderente?

PRINCÍPIOS BÁSICOS DO SISTEMA

Protensão aderente é o sistema de protensão no qual a injeção de nata de cimento nas bainhas garante a aderência mecânica da armadura de protensão ao concreto em todo o comprimento do cabo, além de assegurar a proteção das cordoalhas contra a corrosão.

O cabo de protensão é composto basicamente por uma ou mais cordoalhas de aço, ancoragens, bainha metálica e purgadores (ver Fig. 1). As cordoalhas ficam inicialmente soltas dentro da bainha, o que permite a sua movimentação na ocasião da protensão. Após a concretagem da estrutura e a cura do concreto, os cabos são protendidos e é injetada nata de cimento no interior das bainhas.

As cordoalhas mais utilizadas neste sistema de protensão são compostas de sete fios e têm diâmetro de 12,7 mm ou 15,2 mm. São produzidas sempre na condição de relaxação baixa e fabricadas com seis fios de mesmo diâmetro nominal encordoados em torno de um fio central de diâmetro ligeiramente maior do que os demais.



Fig. 2 – Execução de laje com protensão aderente; no detalhe, seção transversal de um corpo de prova de ensaio de aderência

As bainhas usadas neste tipo de protensão têm como principais funções possibilitar a movimentação das cordoalhas durante a operação de protensão e receber a nata de cimento, na operação de injeção. Devem ser resistentes para suportar o peso dos respectivos cabos e garantir sua fixação e posicionamento, com flexibilidade longitudinal e rigidez transversal.

RAZÕES DE USO DA PROTENSÃO ADERENTE

Quando a protensão é aplicada nas cordoalhas, são criadas tensões internas na estrutura, para combater esforços resultantes dos carregamentos e melhorar o desempenho do conjunto. As cordoalhas ficam constantemente esticadas, durante toda a vida útil da estrutura. As tensões elevadas necessárias para esticar as cordoalhas devem ser absorvidas pelo sistema de protensão, de forma a proteger as estruturas e seus usuários.

A protensão aderente é um dos recursos capazes de oferecer esta proteção, pois permite que a armadura de protensão e o concreto trabalhem em conjunto, de forma integrada. Isso significa que se, eventualmente, um cabo for cortado ou se romper, a estrutura absorverá as tensões resultantes do rompimento. Nestes casos, a perda de força será localizada, pois a aderência permite que o comprimento remanescente do cabo conserve a protensão. A protensão aderente possibilita, assim, estruturas

mais seguras. A etapa de injeção das bainhas pode ser realizada simultaneamente ao cronograma da obra, sem interferir em outras etapas da mesma.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PROTENSÃO ADERENTE

- ◆ O aço de protensão pode ser considerado no cálculo do estado limite último, pois está solidificado com o concreto. Isso permite redução expressiva na quantidade de armadura passiva necessária à estrutura.
- ◆ A aderência possibilita a execução de eventuais

furos e colocação de chumbadores nas peças concretadas, após a devida aprovação do projetista a este respeito.

- ◆ A injeção de nata de cimento oferece maior proteção ao cabo contra a corrosão.
- ◆ As cordoalhas podem ser colocadas nas bainhas antes ou depois da concretagem. Isso permite, por exemplo, que elementos pré-fabricados sejam unidos por meio da protensão.
- ◆ As estruturas com protensão aderente apresentam maior capacidade de resistência ao fogo em caso de incêndio. O sistema apresenta variada gama de ancoragens passivas, ativas, intermediárias e de emenda, possibilitando soluções construtivas diversas à protensão do concreto.

Por que se usar a protensão não-aderente?

PRINCÍPIOS BÁSICOS DO SISTEMA

É o sistema de protensão no qual não existe aderência entre o aço de protensão e a estrutura de concreto. Os cabos são compostos basicamente por uma ancoragem em cada extremidade e uma cordoalha de aço envolta com graxa e capa de polietileno de alta densidade. (Fig. 3). A graxa possibilita a movi-

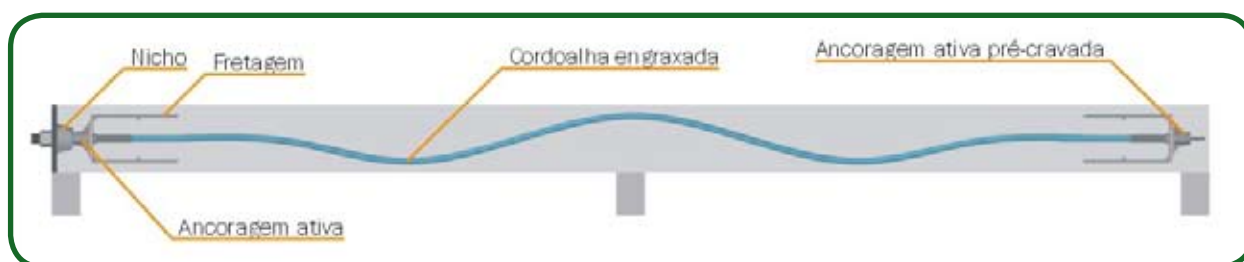


Fig. 3 – Representação esquemática de um cabo de monocordoalha engraxada em corte longitudinal

mentação das cordoalhas nas bainhas, por ocasião da protensão. Após a concretagem da estrutura e a cura do concreto, os cabos são protendidos e ancorados.

Neste sistema, como não existe aderência entre a armadura de protensão e o concreto, a manutenção da tensão ao longo da vida útil da estrutura se concentra nas ancoragens. Devido a isso, é fundamental que elas sejam fabricadas com elevado padrão de qualidade.

As cordoalhas usadas no sistema de protensão não aderente são as mesmas utilizadas no sistema aderente. Porém, o cabo engraxado é fabricado por meio de processo contínuo, através do qual a cordoalha é coberta com graxa inibidora de corrosão e então revestida com uma capa de polietileno de alta densidade (PEAD), a qual constitui a bainha do cabo.

As bainhas de PEAD que revestem individualmente as cordoalhas devem ter espessura da parede mínima de 1 mm e seção circular com diâmetro interno que permita o livre movimento da cordoalha em seu interior. Devem ser impermeáveis, duráveis e resistentes aos danos provocados por manuseio no transporte, instalação, concretagem e tensionamento.

A graxa de proteção anticorrosiva e lubrificante deve ter características que não ataquem o aço, tanto no estado de repouso, como no estado limite característico de tensão desse aço.

RAZÕES DE USO DA PROTENSÃO NÃO-ADERENTE

O uso de cordoalhas engraxadas apresenta características próprias, a serem observadas na escolha do tipo de protensão. A protensão não aderente pode ser executada a partir de equipamentos leves, facilmente aplicáveis em obras de pequeno porte. Isso possibilita ao concreto protendido ser competitivo com o concreto armado em edifícios residenciais com vãos pequenos (de 3 a 5 metros), o que não acontece com a protensão aderente. Além disso, os cabos engraxados são leves, de fácil manuseio e flexíveis, o que permite a existência de curvas em sua disposição em planta e possibilita o desvio de eventuais obstáculos existentes em seu trajeto.

Na protensão sem aderência não existe a etapa de injeção de nata de cimento nas bainhas e, conseqüentemente, não há no interior das bainhas o espaço destinado a esta nata. Isso possibilita que o centro de gravidade do cabo fique próximo às bordas inferior ou superior

RUDOLFF SISTEMA DE PROTENSÃO LTDA.



Fig. 4 – Execução de laje com protensão não-aderente; no detalhe, seção transversal de um cabo não-aderente

do elemento de concreto, permitindo melhor aproveitamento da altura útil do concreto.

A fabricação dos cabos é simples, pois as cordoalhas são fornecidas engraxadas e plastificadas pelo fabricante, sem a necessidade da sua enfição posterior em bainhas. Porém, cabos engraxados requerem maior cuidado de manuseio, para evitar rasgos na bainha plástica, a qual é mais sensível que a bainha metálica.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA PROTENSÃO NÃO-ADERENTE

- ◆ O coeficiente de atrito entre cabo e bainha é menor que no sistema aderente, possibilitando perdas menores e maior tensão remanescente na cordoalha.
- ◆ As cordoalhas podem ser instaladas uma a uma ou em feixes. São protendidas e ancoradas individualmente.
- ◆ As cordoalhas recebem proteção anticorrosiva de fábrica. Porém, as ancoragens convencionais não recebem proteção anticorrosiva, o que reduz a segurança do sistema. Por isso, a protensão sem aderência, a princípio, não é recomendada para ambientes agressivos.
- ◆ Eventuais falhas nas ancoragens significam desativação instantânea do cabo e de sua colaboração na estrutura.
- ◆ A execução de furos ou chumbamentos nas peças concretadas deve ser evitada, sob pena de machucar ou romper a cordoalha e provocar conseqüente perda total da protensão no cabo.
- ◆ A ausência de nata de cimento ao redor das cordoalhas diminui sua proteção contra o fogo, em caso de incêndio.
- ◆ Cabos engraxados possibilitam maiores excentricidades em sua disposição.

Os benefícios oferecidos pela tecnologia da protensão permitem que sua aplicação seja feita a diversos tipos de estruturas, em quase todas as áreas da construção civil.◆



Sistema de transporte coletivo, Bangkok, Tailândia. Geometrias complexas, sobrecargas elevadas, grandes vãos, flechas reduzidas e longa vida útil.



Piso protendido em Victoria, Austrália. Protensão de pisos e pavimentos possibilita espessuras de concreto reduzidas, poucas juntas e estruturas impermeáveis



Laje de garagem de shopping center, São Paulo - SP. Grande flexibilidade na configuração de pilares e rampas, a protensão possibilita estruturas esbeltas e grandes vãos, resultando em espaços amplos e estacionamentos confortáveis para o usuário



Reservatório de água, Colombo - PT. Paredes esbeltas e impermeáveis, podendo tornar desnecessária sua impermeabilização.



UHE Mascarenhas de Moraes, Ibiraci - MG. Estruturas seguras e resistentes aos elevados esforços incidentes nestes elementos.



Cobertura em estádio de Chiangmai, Tailândia. A tecnologia do concreto protendido possibilita a execução de projetos arquitetônicos e estruturais arrojados e personalizados