

	ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO	Grupo de Serviço OBRAS D'ARTE ESPECIAIS
	ESTRUTURAS DE CONCRETO PROTENDIDO	Código DERBA-ES-OAE-19/01

1. OBJETIVO

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de estruturas de concreto protendido, sejam elas compostas por peças pré-moldadas ou moldadas in loco, em obras rodoviárias sob a jurisdição do DERBA.

2. GENERALIDADES

Estruturas de concreto protendido são estruturas submetidas a um sistema especial de forças permanentemente aplicadas, chamadas "forças de protensão", tais que o concreto é levado a trabalhar dentro dos limites admissíveis de solicitação à tração ou mesmo exclusivamente à compressão. O processo de protensão consiste, basicamente, no emprego de cabos de aço tracionados e ancorados no próprio concreto.

3. MATERIAIS

Todos os materiais a serem empregados na execução das estruturas de concreto protendido devem atender às prescrições das normas NBR 7187 e NBR 7197 da ABNT e, ainda, às especificações correspondentes adotadas pelo DERBA:

- Fôrmas;
- Escoramentos;
- Concretos de Cimento Portland;
- Argamassas;
- Armaduras para concreto armado;
- Armaduras para concreto protendido.

4. EQUIPAMENTOS

A natureza, capacidade e quantidade do equipamento a ser utilizado, dependem do tipo e dimensões do serviço a executar. A Executante deve apresentar a relação detalhada do equipamento a empregar em cada obra ou em um conjunto de obras.

5. EXECUÇÃO

5.1 Fôrmas e Escoramentos.

- a) As fôrmas e escoramentos devem ser executados de acordo com as especificações de serviço do DERBA: Fôrmas (DERBA-ES-OAE-11/01) e Escoramentos de Fôrmas

(DERBA-ES-OAE-12/01) atendendo ainda ao item 9 da NBR 6118, ao item 13.2 da NBR 7187 e ao item 5.6. da NBR 7197 da ABNT.

b) As fôrmas para os nichos dos cones de ancoragem devem obedecer rigorosamente ao projeto, quer em suas dimensões, quer em suas posições.

c) Quando a estrutura de concreto protendido contiver cabos transversais, devem ser deixados "furos" para a posterior colocação dos referidos cabos. Para isso, podem ser utilizados pedaços de bainhas (com diâmetros maiores) cheios de areia, ou pedaços de tubos resistentes, que são eventualmente retirados após o endurecimento do concreto. Especial cuidado deve ser tomado para que os "furos" fiquem perfeitamente alinhados com os "furos" das outras peças.

5.2 Armadura

As armaduras devem ser executadas atendendo ao disposto nas especificações Armadura para Concreto Protendido (DERBA-ES-OAE-18/01) e Armadura para Concreto Armado (DERBA-ES-OAE-16/01) e ainda ao item 13.3 da NBR 7187, ao item 5.6.2. da NBR 7197 e ao item 10 da NBR 6118 da ABNT.

5.3 Concreto

5.3.1 Os concretos utilizados devem ser executados atendendo ao disposto na especificação de serviço Concreto de Cimento Portland (DERBA-ES-OAE-13/01), aos itens 13.4 a 13.9 da NBR 7187, ao item 5.6.5 da NBR 7197 e aos itens 12 a 14 da NBR 6518.

5.3.2 O concreto utilizado nas obras protendidas deve atingir alta resistência efetiva com pequena idade, além de apresentar baixa retração e ter trabalhabilidade adequada para a geometria e para a armação da peça.

5.3.3 Para ser iniciada a protensão, é necessário obter resistência mínima admissível calculada para as zonas de ancoragem e para o restante da peça, resistência essa proveniente dos esforços que atuarão quando a peça for protendida. Essa resistência mínima deve ser obtida na idade em que se deseja iniciar a protensão.

5.3.4 A obra deve manter a produção de concreto dentro das condições para as quais foram estudados os traços.

5.3.5 Quando houver sensível variação na qualidade dos materiais, devem ser estudados novos traços que venham a atender às exigências inicialmente estabelecidas.

5.3.6 A Executante deve apresentar um plano de concretagem detalhado, quando o mesmo não constar do projeto.

5.3.7 A concretagem somente pode ser iniciada após a inspeção e liberação da peça pela Fiscalização.

5.3.8 Antes do início da concretagem, deve ser verificado se todos os cones de ancoragem, respiros, fretagem, tubos e outros dispositivos embutidos foram colocados na peça a concretar.

5.3.9 Devem ser tomadas medidas adequadas para proporcionar boas condições de segurança no trabalho da equipe de protensão.

5.3.10 Se o concreto sob o aparelho de ancoragem se romper durante a protensão, o macaco deve ser

retirado do cabo para permitir a reconstituição da região afetada, com a utilização inclusive de fretagem reforçada. A protensão do cabo somente deve ser retomada após o concreto utilizado no reparo ter atingido a resistência mínima necessária. Tais serviços devem ter o acompanhamento direto da Fiscalização.

5.3.11 Se ocorrer o rompimento de um ou mais fios ou cordoalhas, tal fato deve ser comunicado imediatamente ao projetista. Com a autorização do mesmo, o cabo pode ser levado à pressão 0 (zero) e a protensão deve então ser reiniciada e executada com pressões proporcionais ao número de fios ou cordoalhas restantes.

5.3.12 Eventualmente, uma peça de concreto protendido pode sofrer, inicialmente, só uma protensão parcial, obedecendo a um plano de execução pré-estabelecido, vindo posteriormente a ter completada a sua protensão.

5.3.13 A protensão parcial da peça pode ser obtida de três fôrmas:

- a) Pela protensão de apenas alguns cabos de peça, com a força de protensão total de projeto;
- b) Pela protensão de apenas alguns cabos da peça com parte da força de protensão do projeto;
- c) Pela protensão de todos os cabos de peça, com parte da força de protensão do projeto.

5.3.14 É importante não confundir esses conceitos com os conceitos de protensão completa e protensão limitada da NBR 7187.

5.3.15 A reprotensão de algum cabo, quando o processo utilizado permita este serviço, só pode ser executada com autorização do projetista e da Fiscalização.

5.3.16 A tabela de protensão do cabo deve conter os seguintes dados:

- a) Elemento da estrutura (vão, viga, laje, etc.);
- b) Número do cabo;
- c) Tipo do cabo;
- d) Comprimento do cabo;
- e) Força de protensão;
- f) Força de protensão máxima;
- g) Os alongamentos teóricos em correspondência com cada pressão manométrica;
- h) O alongamento teórico máximo, correspondente à força de protensão máxima;
- i) Outros dados, a critério do projetista.

5.3.17 Durante a protensão do cabo, devem ser medidos e anotados os alongamentos realmente obtidos para cada pressão indicada na tabela. Esses dados devem retratar fielmente o comportamento do cabo durante a protensão.

5.3.18 Para o cabo protendido pelas duas extremidades, o alongamento total para cada pressão manométrica deve ser a soma dos alongamentos medidos em cada extremidade do cabo.

5.3.19 Para as regiões mais difíceis de concretar, devem ser utilizados traços de concreto mais plástico e de agregados com menor diâmetro máximo.

5.3.20 A obra deve estar sempre preparada para que sejam realizados tratamentos preventivos de eventuais "juntas-frias" de concretagem.

5.3.21 Para a concretagem de peças de altura muito grande em relação à espessura, devem ser utilizados vibradores de forma que complementem os vibradores de agulha. Nesse caso, as fôrmas devem ser reforçadas.

5.3.22 Os vibradores de agulha devem ser operados com o devido cuidado, para não danificarem as bainhas.

5.3.23 Quando a peça for concretada com os cabos já enfiados, após o início da "pega" do concreto, devem ser aplicados golpes moderados de marreta nas extremidades de cada cabo, para desprendê-lo nos pontos onde possa ter entrado nata ou argamassa no interior da bainha. Esses golpes devem ser dados alternadamente, em uma extremidade e depois na outra. A operação deve ser repetida até logo após o fim da "pega" do concreto.

5.4 Serviços diversos

Os aparelhos de apoio, juntas estruturais, juntas de pavimentação, acabamentos, pinturas e drenos, devem ser executados em rigorosa obediência às especificações do projeto, às recomendações dos fabricantes, às orientações do projetista e da Fiscalização, e ao disposto nos itens correspondentes deste caderno de especificações.

6. MANEJO AMBIENTAL

Observar os cuidados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução de estruturas de concreto pretendido, relacionados a seguir:

6.1 Quando os agregados forem obtidos mediante exploração de ocorrências indicadas no projeto, devem ser considerados os aspectos seguintes:

a) Aceitação dos agregados só deve ser concedida após a apresentação da licença para a exploração da pedreira, cuja cópia deve ser arquivada junto ao “Livro de Ocorrências Obra”;

b) Deve ser evitada localização das jazidas e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;

c) A exploração das jazidas deve ser planejada de modo a minimizar os danos inevitáveis e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos;

d) Devem ser construídas junto às instalações de britagem bacias de sedimentação para a retenção do pó de pedra, eventualmente produzido em excesso ou gerado por lavagem de brita, evitando seu carreamento para cursos d’água;

e) Quando a brita for adquirida de terceiros, deve ser exigida a documentação atestando a regularidade das instalações e da operação da pedreira, junto ao Órgão competente;

f) É vedado o lançamento do refugo de materiais usados na faixa de domínio, nas áreas lindeiras, no leito dos rios e em qualquer outro lugar onde possam causar prejuízos ambientais;

g) A área afetada pelas operações de construção e execução deve ser recuperada, mediante a limpeza do canteiro de obras devendo também ser efetuada a recomposição ambiental.

7. CONTROLE

7.1 Nivelamento

Para que seja garantida a execução da obra, em obediência às cotas fixadas no projeto, deve ser empregada uma aparelhagem adequada ao tipo de obra, para o controle das deformações de concretagem e protensão.

7.2 Operações de protensão

7.2.1 Estas operações devem ser efetuadas conforme preceitos da NBR 7187, item 13.10.

7.2.2 Logo após a deforma da peça e antes de ser iniciada a protensão, deve ser feito o escoramento lateral da mesma, visando eliminar o risco de tombamento da peça (caso de vigas pré-moldadas).

7.2.3 As equipes de protensão devem ser compostas por pessoal treinado e qualificado, inclusive com relação a medidas de segurança.

7.2.4 O equipamento de protensão deve ser sempre testado antes de se iniciar o seu uso na obra, e deve ser aferido periodicamente, inclusive os esclerômetros.

7.2.5 O início da protensão só deve ser autorizado após a peça estar com a idade mínima especificada e após se ter comprovado estar o concreto da mesma, com resistência maior ou igual à mínima necessária.

7.2.6 Antes de ser iniciada a protensão, deve ser verificado se eventualmente o cabo está preso em algum ponto. Em cabo que é protendido pelas duas extremidades, essa verificação poderá ser feita tentando-se movimentá-lo num dos sentidos, percutindo-se com uma marreta ou então tracionando com o próprio macaco de protensão.

7.2.7 Constatando-se que o cabo está preso em algum ponto, pode ser tentado liberá-lo, imprimindo-se ao mesmo movimento de "vai e vem" com os macacos.

7.2.8 Quando não for possível soltar os cabos presos, o projetista deve ser consultado para orientar sobre qual o procedimento a ser adotado.

7.2.9 O plano de protensão deve necessariamente indicar:

- a) As idades mínimas em que devem ser feitas as protensões;
- b) A seqüência e a eventual simultaneidade das protensões;
- c) As forças de protensão mínima e máxima.

7.2.10 Tendo sido obtido o alongamento mínimo indicado na Tabela de Protensão, e respeitando-se o alongamento ou a força de protensão limites, o cabo deve ser encunhado ou bloqueado provisória ou definitivamente. Durante a operação de cravação deve ser feita cuidadosa observação de todos os fios ou cordoalhas do cabo, para verificar se não houve escorregamento de algum deles, o que poderá acarretar a perda parcial ou total de seu tensionamento. Se tal fato ocorrer, o cabo deve ser aliviado e novamente protendido.

7.2.11 Após o bloqueio do cabo deve ser necessário medir novamente o seu alongamento final.

7.2.12 Se os resultados da protensão dos cabos de um mesmo elemento estrutural não foram

satisfatórios, os referidos cabos não podem ser injetados, devendo o projetista verificar a melhor solução para o problema.

7.3 Injeção de bainhas

A operação de injeção de bainhas deve ser efetuada conforme preceitua a NBR 7187, item 13.11.

7.3.1 Controle das características da pasta de injeção

- a) O controle da resistência da pasta deve ser feito através do rompimento de corpos de prova cilíndricos de 5cm x 10cm, aos 7 e 28 dias.
- b) Devem ser moldados 4 corpos de prova para cada 400 litros de pasta produzida, ou para cada grupo de bainhas de uma mesma peça injetadas no mesmo dia.
- c) Para evitar entupimento, elevação anormal da pressão durante a injeção ou sedimentação quando da passagem da pasta, é necessário o controle da fluidez no início e durante a operação da injeção.
- d) Se o controle for executado através do cone de Marsh, a perda de fluidez desde o início até o término da injeção deve ser inferior a 3 segundos. Para outros processos, a Fiscalização deve definir critérios correspondentes.
- e) O controle de fluidez deve ser executado para cada 400 litros de pasta produzida, ou para cada grupo de bainhas de uma mesma peça.
- f) Em qualquer dia ou local, a primeira medida de fluidez deve ser feita ao iniciar a injeção do primeiro cabo pertencente ao conjunto de bainhas a ser injetado.
- g) A exsudação e a absorção devem ser controladas para cada 1000 litros de pasta produzidos, ou para cada conjunto de bainhas pertencentes a três peças a serem injetadas de forma seqüencial em um mesmo dia. Para um dia qualquer, deve ser feita pelo menos uma medida de controle.
- h) Para a definição da vida útil deve ser feito ensaio conforme a NBR 7685, para cada obra protendida ou pátio de vigas pré-moldadas.
- i) A critério da Fiscalização podem ser feitos ensaios adicionais, caso esta julgue necessário.

7.3.2 Operação de injeção

- a) Deve ser feito, inicialmente, um teste de comunicação entre bainhas. Com uma das extremidades fechadas deve-se injetar água sob pressão, verificando-se a perda da água. Somente após a comprovação de estanqueidade das bainhas é que se deve iniciar a operação de injeção.
- b) Antes de se iniciar a injeção, deve ser feita uma lavagem com água, dos cabos e bainhas. A retirada dessa água pode ser feita com ar comprimido ou com a própria injeção, conforme o processo utilizado. Quando a própria injeção expulsa a água, convém deixar sair a pasta durante algum tempo depois da saída da água, para garantir, com o escape, a mesma relação água/cimento especificada.
- c) A injeção deve ser contínua, de maneira a não se ter paradas e inclusões de ar.

d) Quando a pasta de injeção aparecer na outra extremidade do cabo em injeção, com a mesma consistência da pasta preparada para a injeção, o tubo plástico de saída deve ser dobrado e amarrado fortemente. Continua-se injetando até certificar-se que o cabo está bem injetado. Na extremidade da injeção o tubo deve, então, também ser dobrado e amarrado fortemente.

e) No caso de extremidades com ancoragens mortas, devem ser colocados pregadores, de acordo com o sistema de protensão utilizado.

f) No caso de vigas contínuas devem ser previstos purgadores nos pontos altos das bainhas.

7.3.3 Métodos de ensaio

a) A medida do índice de fluidez deve ser feita com auxílio do cone de Marsh.

b) A medida da exsudação deve ser feita em recipiente de vidro, com capacidade de 1000 ml e seção circular transversal com aproximadamente 8cm de diâmetro. O volume a ser preenchido deve ser de 800 ml. O recipiente deve ser tampado hermeticamente durante o transcorrer da experiência. Logo depois do preenchimento, o volume inicial deve ser medido (V_i). Três horas depois do preenchimento, devem ser feitas as leituras correspondentes ao volume máximo atingido pela água de exsudação (V_f) (isto é, o volume da calda mais a água de exsudação) e o volume da nata sem água de exsudação (V_n). A exsudação deve ser calculada através da expressão:

$$\text{Exsudação} = \frac{(V_f - V_n) \times 100}{V_i} (\%)$$

A verificação da reabsorção total em 24 horas de exsudação pode ser feita em outro recipiente.

c) A medida de resistência cilíndrica à compressão deve ser feita de acordo com a NBR 7215 para cimentos. A argamassa terá a mesma composição daquela a ser utilizada na injeção.

d) O início da pega da argamassa deve ser feito de forma indireta. O método de ensaio deve seguir o Método Brasileiro NBR 7215 para cimento, com a única diferença que devem ser adicionados os aditivos da argamassa de injeção na mesma proporção em relação ao cimento empregado na mistura do ensaio.

7.3.4 Propriedades da pasta de injeção

a) Deve ser homogênea e misturada sempre mecanicamente, e após a mistura, não pode apresentar pelotas de cimento e sedimentação.

b) Não pode possuir agentes agressivos ao aço sob tensão. A pasta de injeção não pode conter mais do que 250mg de íons de cloro por litro.

c) O aspecto deve ser sempre pastoso e nunca líquido;

d) A fluidez da pasta deve ser tal que permita um bom funcionamento dos equipamentos de injeção. Ver item 13.11.4. da NBR 7187.

e) A quantidade de água de exsudação deve ser moderada, a fim de evitar a formação de vazios nos pontos altos dos blocos. Ver item 13.11.5. da NBR 7187.

f) A resistência mínima à compressão cilíndrica da pasta aos 28 dias deve ser de 24 MPa, se o projeto não indicar resistência maior.

g) O início da pega, sob temperatura ambiente, não deve ser dado antes do término da operação de injeção. O tempo de fim da pega deve ser superior a 3 horas, para a máxima temperatura local, e inferior a 24 horas, para a menor temperatura local.

h) A temperatura da pasta, no momento da injeção, não deve ser superior a 30°C. Para tanto, o resfriamento da água com gelo pode ser adotado.

7.3.5 Qualidade dos materiais

7.3.5.1 Cimento

a) Deve ser do tipo Portland comum, de boa procedência, deve ser de baixa finura (seu resíduo na peneira nº 200 deve ser menor do que 15%). Quando se situar entre 10% e 15%, o controle deve ser mais rigoroso.

b) Não deve conter, sob qualquer pretexto, a presença de cloreto de cálcio.

c) Não deve ser permitida a utilização de cimentos aluminosos e siderúrgicos.

d) O cimento não pode apresentar o fenômeno de "falsa pega".

e) A temperatura do cimento, na hora de fazer a mistura, deve ser menor ou igual a 40°C.

7.3.5.2 Água

a) Deve ser limpa, isenta de impurezas e elementos agressivos ao aço, sendo sua análise efetuada através de laboratório idôneo.

b) A temperatura ideal recomendada para a água é de 22°C.

7.3.5.3 Aditivos

a) Sua utilização é admitida pela NBR 7197, item 4.3.2., e os normalmente utilizados são plastificadores, estabilizadores, redutores, expansores e retardadores.

b) Os aditivos não devem conter nitratos nem halogenatos (cloretos, iodetos, etc.).

7.3.6 Disposições gerais

a) Todo o traço de pasta de injeção a ser utilizado deve ser dosado por laboratório idôneo.

b) Antes da sua utilização, o traço deve ser testado no campo para a confirmação de suas características. Em caso de dúvidas, o traço deve ser reestudado no laboratório.

c) Após a aprovação e liberação de um traço, qualquer modificação de um dos seus componentes somente deve ser permitida com reestudo em laboratório.

8. ACEITAÇÃO

Os serviços devem ser considerados aceitos quando atendidas as seguintes condições:

- a) O acabamento seja julgado satisfatório;
- b) As deformações de concretagem e protensão estejam dentro dos limites admissíveis;
- c) Os materiais utilizados tenham sua qualidade previamente aprovada pela Fiscalização.

9. MEDIÇÃO

As estruturas de concreto pretendido, executadas e recebidas na forma descrita, devem ser medidas de acordo com o determinado nas Especificações de Serviço relativas a cada componente, ou conforme indicação explícita do projeto.

10. PAGAMENTO

O pagamento deve ser feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base nos preços unitários contratuais, os quais devem representar a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.