

REALIZAÇÃO DE ANCORAGENS

Por
V.PIMENTEL *

RESUMO - Apresentam-se em linhas gerais, os processos executivos de ancoragens, referindo alguns dos principais problemas com que o técnico se depara, durante a fase de construção. Saliencia-se a utilidade da instrumentação, no dimensionamento e observação das ancoragens.

SYNOPSIS - The general construction process of ground anchors is presented, referring some of the main problems faced by the Engineer during construction. The advantage of tiebacks instrumentation on design and observation, is pointed out.

1 - INTRODUÇÃO

Presentemente, a utilização de ancoragens em áreas urbanas, encontra-se muito divulgada em obras de suporte provisórias ou definitivas, e como meio estabilizador de pavimentos sujeitos a subpressões hidráulicas. Eventualmente, verifica-se ainda a sua utilização em fundações sujeitas a tracção, no caso de postes ou antenas, e na estabilização de maciços em construções subterrâneas ou a céu aberto.

Normalmente, a aplicação de ancoragens tem lugar em obras de suporte, onde se torna necessário executar escavações em profundidade apreciável em terrenos de deficientes características geotécnicas (Fig. 1), ou onde as condições de trabalho são desfavoráveis devido, por exemplo, à necessidade de garantir a estabilidade e segurança de construções vizinhas (Fig.2). Usam-se ainda, quando há necessidade de construir com rapidez, ou quando o desenvolvimento da obra implica que a área de implantação não seja diminuída pelo escoramento tradicional. Em geral, quanto maior fôr a complexidade da obra a executar, maiores serão as vantagens obtidas da aplicação de ancoragens. Em termos de custo, verifica-se obviamente, que as ancoragens oferecem vantagens económicas para escavações de grande profundidade.

Na estabilização de pavimentos de caves, ou outros, a aplicação de ancoragens constitui em geral solução adequada, quando esses pavimentos são construídos sobre terrenos onde ocorrem níveis de água com pressão.

De uma forma sintética, qualquer ancoragem é composta pelas seguintes 3 partes fundamentais: bolbo de selagem, tirante e cabeça de ancoragem ou ligação à estrutura. O bolbo de selagem constitui o corpo de amarração da ancoragem ao maciço em que esta se encontra instalada. Esta parte da ancoragem, normalmente em cimento, argamassa, ou resina, transfere para o maciço o esforço a que o tirante está submetido. O tirante, constituído por varão único ou fios múltiplos, transmite à estrutura um esforço pré determinado, apoiando-se no bolbo de selagem onde se encontra embebido. A transferência do esforço à estrutura, é efectuado através da cabeça de ancoragem.

*ENGE CIVIL de TECNASOL, LDA.

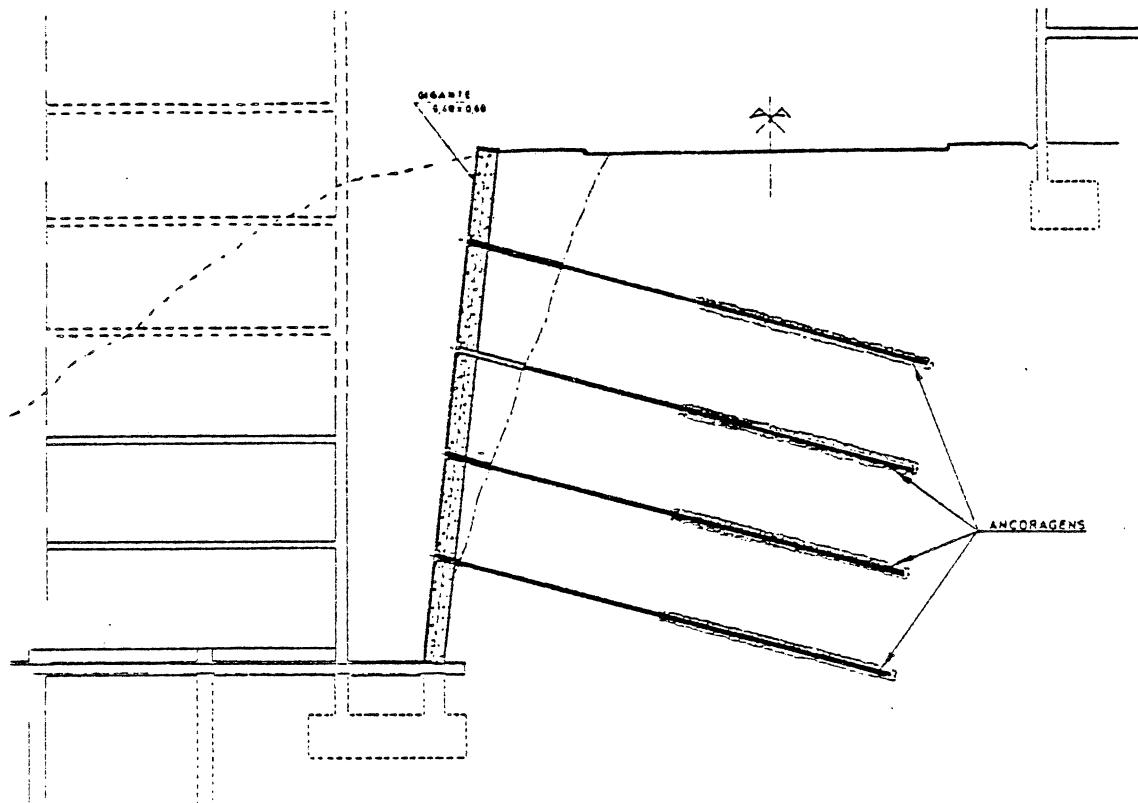


FIG.1 - Ancoragens em contenção de talude - Sta-Clara-Coimbra
(TECNASOL)

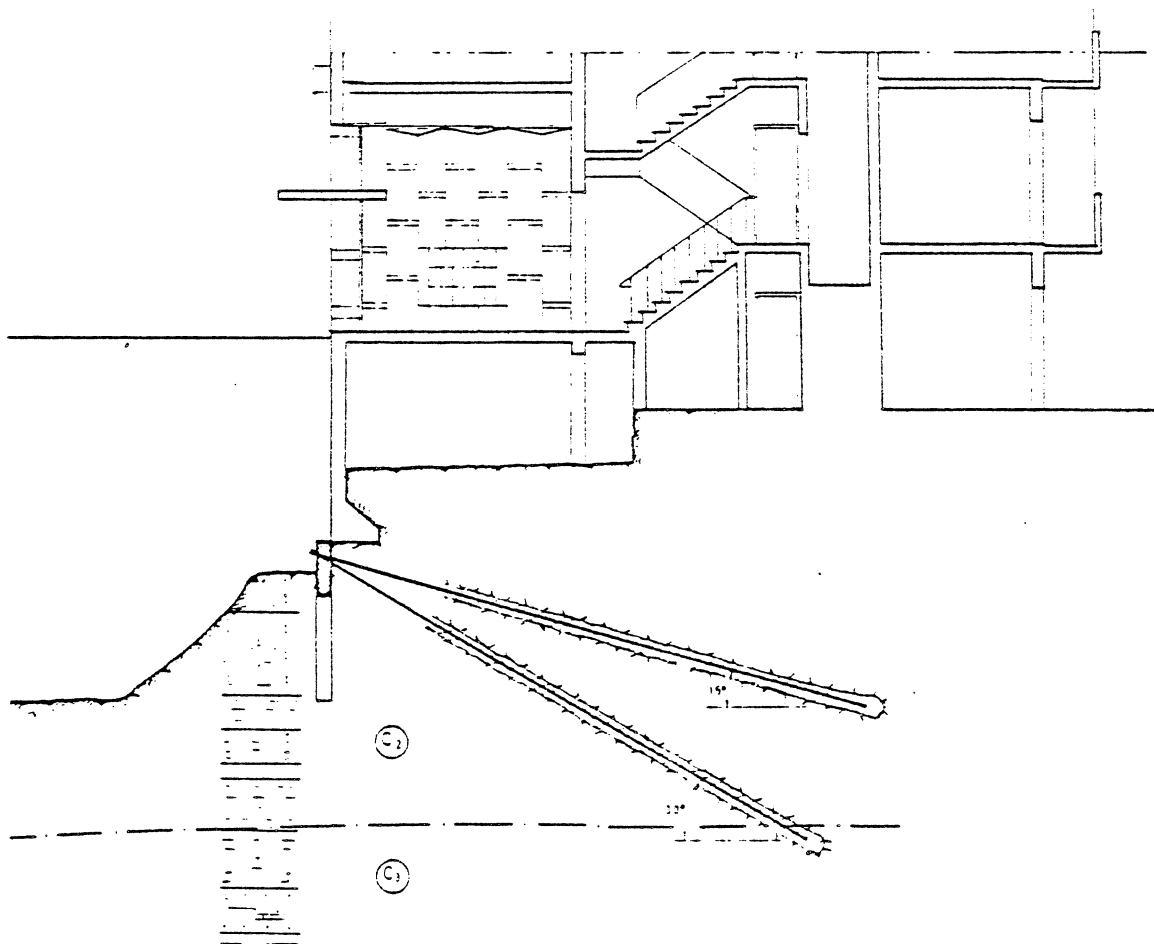


FIG.2 - Ancoragens para sustentação do terreno de fundação do prédio
vizinho ao nº 30 da Av.Rovisco Pais-Lisboa
(TECNASOL)

2 - EXECUÇÃO DE ANCORAGENS

A construção das ancoragens inicia-se, conforme a conveniência, antes ou depois de terminada a estrutura a que se destinam, pela abertura de furos no terreno com um comprimento previamente calculado e aferido, e com um diâmetro que normalmente não ultrapassa os 0,1 m, podendo eventualmente ser maior. Em norma, os tirantes constituídos por um varão, implicam furos de menor diâmetro que os tirantes multifilares. O processo executivo utilizado na perfuração depende do tipo de terreno, condições hidrogeológicas e capacidade das ancoragens. Depende ainda de razões económicas, pelo que normalmente é preferido, o método roto-percutivo pneumático ou hidráulico.

Este método é aplicável numa longa gama de terrenos com bons rendimentos, mostrando-se razoavelmente bem adaptado a variações de consistência ou dureza dos terrenos a atravessar. Dependendo das condições particulares de cada caso, podem no entanto utilizar-se na perfuração, sondas rotativas ou trados contínuos. Por vezes, com o intuito de aumentar a capacidade resistente do bolbo de selagem, é efectuado o alargamento da sua extremidade, recorrendo a equipamento especial. Produz-se assim uma extremidade em forma de sino. Pode também aplicar-se esta técnica a espaços regulares ao longo de todo o comprimento do bolbo de selagem, produzindo-se então um corpo de amarração com várias protuberâncias, o que, em termos de funcionamento, equivale, "grosso modo", a um bolbo que tenha um diâmetro uniforme e igual ao diâmetro máximo dos alargamentos.

A perfuração, de um modo geral, não põe problemas especiais desde que se utilizem as técnicas correctas, e as brocas, "bits", ou coroas adequadas ao tipo de terrenos a atravessar. Eventualmente, a perfuração de terrenos pouco consistentes ou pulverulentos poderá implicar o revestimento dos furos, o que constitui técnica corrente e usual. Em terrenos argilosos, deve-se evitar a perfuração utilizando água, pois esta poderá influir negativamente nas características resistentes do solo. A presença de níveis freáticos importantes, ou de águas perdidas, no caso especial de obras urbanas, poderá obrigar à pré-injecção do furo, para impedir o afluxo de água ao seu interior. Depois da sua reperfuração, dá-se continuidade aos trabalhos, eliminado que foi o problema de presença de água. Faz-se também a pré-injecção, normalmente de argamassa de cimento, no caso de maciços de grande porosidade. A porosidade dos maciços, e a necessidade ou não de injecção determina-se através de ensaios de permeabilidade.

Um dos principais problemas, que surgem em obra durante a perfuração, é a definição do comprimento dos furos. Normalmente, o projectista em face da informação geotécnica que possui acerca dos terrenos interessados, define provisoriamente esse comprimento. Este passa então a constituir um elemento base para decisão em obra. Acontece no entanto muitas vezes, que os elementos geotécnicos de que o projectista dispõe, não são inteiramente concludentes, já que, normalmente, quando a campanha de prospecção é efectuada, é tida em vista uma caracterização global da obra sem atender ao aspecto particular e eventual: ancoragens. Assim, raramente se executam, por exemplo, sondagens inclinadas nos terrenos onde as ancoragens irão provavelmente ficar instaladas.

Deste modo, o comprimento base definido aquando do projecto, não será à partida o mais correcto, mas o possivelmente correcto.

Por outro lado, mesmo conhecendo correctamente o terreno em que as ancoragens irão ficar instaladas, a definição do seu comprimento, e portanto do comprimento da furação, só poderá ser feita correctamente após determinação do comprimento do corpo da amarração. Este comprimento, embora possa ser calculado teoricamente em função da qualidade do terreno, e do processo de execução, só poderá ser correctamente definido em função de um ensaio prévio, antes do início dos

trabalhos. Esta definição, depende da variação das características resistentes do bolbo de selagem de terreno para terreno, ou com o estado de alteração deste, ou sua consistência, compacidade, etc.

Em terrenos argilosos a determinação da susceptibilidade de fluência será de primordial importância, tendo em vista a possível perda de tensão nas ancoragens a executar.

Assim, a definição do comprimento mínimo de furação deverá efectuar-se por optimização, através de um ensaio prévio, do cálculo teórico realizado, com base num reconhecimento geotécnico apropriado.

Este ensaio preliminar terá ainda como função, verificar que o tirante projectado, ou que o número de fios que o compõem, se encontram com uma secção e capacidade resistente, condizente com a resistência do corpo de amarração.

O tirante é normalmente constituído, ou por um varão estriado de aço de alta resistência, ou por vários fios de pré-esforço igualmente de aço de alta resistência. Como anteriormente já referido, o tirante transmite geralmente ao corpo de amarração, o esforço a que se encontra submetido após entrada em serviço, por aderência. Quando o tirante é multifilar, é usual ondulá-lo ao longo do comprimento de selagem, a fim de aumentar a aderência ao bolbo de selagem. Esta ondulação, é feita utilizando peças apropriadas, que regularmente aproximam ou afastam os vários fios.

Dado que para haver compatibilidade entre a deformação do aço e do bolbo de selagem, é forçoso que se desenvolvam pequenas fissuras perpendiculares ao tirante, no caso de ancoragens definitivas, prefere-se por vezes, para proteger o tirante da corrosão que poderia resultar no seguimento da fissuração, que a transferência de carga para o corpo de amarração, seja efectuada através de uma peça apropriada, aplicada no extremo do varão, por forma a produzir-se compressão naquele elemento. Este processo de transferência do esforço, implica o isolamento do tirante ao longo do comprimento de selagem. Deverão ainda ser tomados cuidados, para que a transferência de carga seja de molde a que não se verifique rotura do bolbo de selagem por seu efeito.

Na execução de ancoragens definitivas, utilizam-se ainda outros processos para proteger os tirantes contra a corrosão, que poderia resultar devido à fissuração do bolbo de selagem, quando a transferência de cargas se efectua por aderência, e este é traccionado. No caso de o tirante ser constituído por um varão, poder-se-á protegê-lo, por exemplo, por pintura contra a corrosão, com resinas epoxídicas, ou outras. Poderá ainda utilizar-se a protecção catódica, que no entanto se torna bastante dispendiosa.

Normalmente, o corpo de amarração da ancoragem, é posicionado a uma distância tal da estrutura, que garanta que os movimentos da cunha do terreno que lhe é adjacente, não venham a influir na capacidade resistente da ancoragem. Esta distância constitui o comprimento livre, pois nesse comprimento não deverá haver transferência de carga para o terreno. Assim, por esta razão, o comprimento livre é normalmente embaílhado em tubo de plástico, de diâmetro ligeiramente superior ao do tirante, baílnha esta que é fechada contra o varão nas suas extremidades, ficando assim o tirante no seu comprimento livre, completamente isolado do meio exterior. Para prevenir a corrosão do aço, após o pré-esforço da ancoragem, o espaço interior entre a baílnha e o tirante, é preenchido por material anti-corrosivo, que vai complementar o tratamento de superfície já sofrido por este, para o mesmo efeito. É usual utilizar-se neste preenchimento calda de cimento, podendo no entanto, recorrer-se igualmente a resinas epoxídicas ou não, betumes, etc. No caso de ser utilizada calda de cimento nesta operação, deverá ter-se em conta que devido ao endurecimento deste, não será possível alterar posteriormen-

te ao preenchimento, o estado de tensão em que se encontrava o tirante.

Apesar de normalmente os aços utilizados na confecção de tirantes serem de alta resistência, tem-se utilizado com êxito em casos de ancoragens pré-esforçadas com cargas baixas, aços A40N em varões previamente tratados e protegidos contra a corrosão. A utilização em obra deste tipo de aço, foi antecedida de um programa de ensaios de aderência ao cimento, bem como do funcionamento das uniões e aparelhos de apoio, concluindo-se que seguindo a metodologia usualmente utilizada na execução de ancoragens, e tendo em conta as características do aço A40, pode depositar-se inteira confiança nos tirantes confeccionados com este aço.

Preparados e protegidos os tirantes, procede-se à sua introdução nos furos abertos. A preparação dos tirantes inclui a colocação e ligação a estes, dos tubos de injeção e das peças centralizadoras, bem como dos obturadores, no caso de a injeção se fazer sob pressão.

Tem lugar então a injeção para formação do bolbo de selagem, que pode ser de calda ou argamassa de cimento, de resina, com ou sem pressão.

A injeção sob pressão, tem interesse em terrenos rochosos ou solos granulares, pois nestes casos a capacidade resistente do corpo de amarração aumenta consideravelmente com a pressão de injeção, e assim pode tirar-se a vantagem deste facto, no caso de ancoragens pré-esforçadas com carga elevada. Na execução de injeção sob pressão, podem utilizar-se vários processos, alguns patenteados. Igualmente o tipo de obturador a empregar, depende do método e das características do terreno a injectar. A injeção nestes casos é por vezes subdividida em duas, sendo a 1ª injeção de baixa pressão, e ao longo de todo o revestimento do furo, e a 2ª, a alta pressão e só na zona do corpo de amarração.

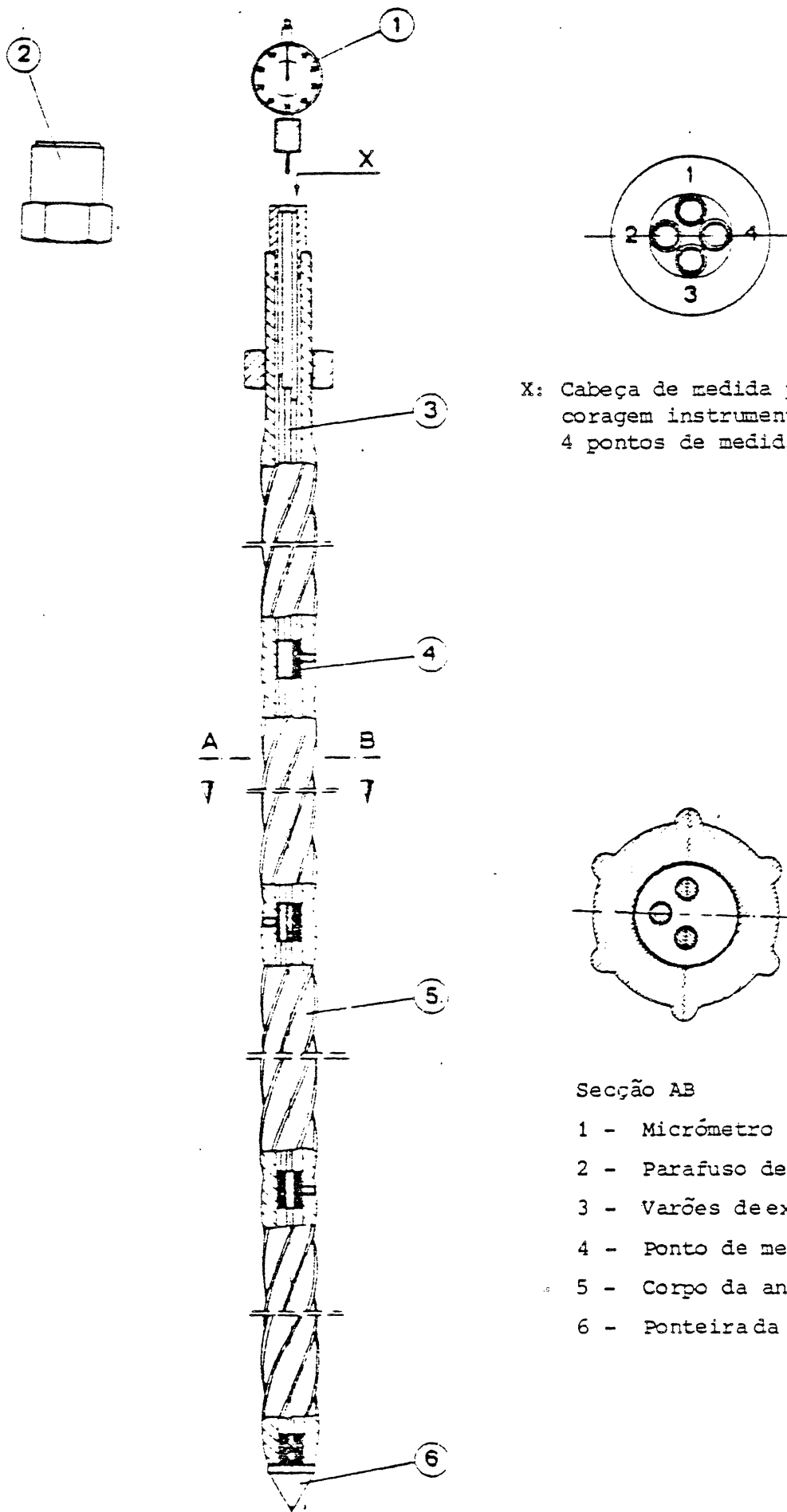
A injeção de resinas, tem normalmente lugar em maciços rochosos e quando há necessidade de dispor de tempos de endurecimento curtos.

A injeção a baixa pressão, realiza-se em geral no caso de ancoragens de capacidade pouco elevada, pois compatibiliza-se assim a capacidade do tirante com a capacidade da amarração. Neste caso, a injeção é feita até surgir a calda à boca do furo, ficando a bainha que envolve o comprimento livre, revestida com cimento, como que dando continuidade ao bolbo de selagem. Quando o maciço se apresenta muito fissurado, poderá ter interesse proceder a uma injeção prévia deste, antes de executar a selagem do tirante. No entanto, este procedimento é raro, e normalmente a injeção do maciço efectua-se em simultâneo com a formação do bolbo de selagem.

Após a cura e endurecimento do cimento, procede-se finalmente ao pré-esforço da ancoragem, através de um macaco especial aplicado à sua cabeça.

A cabeça da ancoragem é constituída pela extremidade visível do tirante, peças de apoio na estrutura, e porca ou peças de aperto para fixação da tensão de pré-esforço. Existem em uso vários tipos de cabeças, variando consoante o tipo de ancoragem. Especial cuidado deverá ser tomado com a protecção contra a corrosão da cabeça da ancoragem, visto estar particularmente exposta e sujeita a ataque físico-químico, e também porque o troço inicial do tirante se torna difícil de proteger, no contacto com os aparelhos de apoio e fixação.

Na altura em que se procede ao pré-esforço da ancoragem, aproveita-se em geral, a correspondente montagem, para ensaiá-la. Assim, as ancoragens são elementos estruturais que podem ser ensaiadas sem quaisquer custos adicionais. O ensaio de rotina consiste em pré-esforçá-la por escalões de carga, até que seja atingida uma carga igual a 1,2 vezes a carga de serviço, medindo os correspondentes deslocamentos. Finalizado o ensaio, reduz-se o pré-esforço até à carga de serviço, fixando-se nesta altura o tirante.



X: Cabeça de medida para ancoragem instrumentada com 4 pontos de medida

Secção AB

- 1 - Micrômetro
- 2 - Parafuso de protecção
- 3 - Varões de extensômetro
- 4 - Ponto de medida
- 5 - Corpo da ancoragem
- 6 - Ponteira da ancoragem

FIG.3-Ancoragem instrumentada com micro-extensômetro (INTERFELS/TECNASOL)

A fim de definir o comportamento das ancoragens a instalar em determinada obra, realizam-se por vezes ensaios prévios que envolvem maior detalhe que os mencionados atrás. Nestes ensaios, abrangendo um pequeno número de ancoragens, a carga é elevada a 1,33 vezes a carga de serviço, e compõe-se de fases cíclicas de carga e descarga, com medição das deformações correspondentes, por forma a possibilitar a determinação do deslocamento/deformação do corpo de amarração.

Com o intuito de obter maior precisão na definição da ancoragem melhor adaptada a determinadas características do terreno, poderão realizar-se ensaios com ancoragens instrumentadas com extensómetros (Fig.3). Esta instrumentação permite medir os movimentos sofridos pelo maciço em vários pontos, quando a ancoragem é pré-esforçada.

Os extensómetros são aparelhos constituídos, na sua forma mais simples, por um varão encamisado por um tubo de plástico, e fixado numa das suas extremidades.

São equipados com aparelhos de medida, permitindo registar micrometricamente na outra extremidade, qualquer deslocamento ocorrido na ponta fixada.

Trata-se portanto da combinação de uma ancoragem com um extensómetro múltiplo. Este aparelho é constituído por um tirante oco, estando montado neste vazio coaxial um micro extensómetro múltiplo, por forma a possibilitar a medição da variação do comprimento dos diferentes troços de ancoragem. A variação de comprimento, é interpretada em termos de deformação uniforme, e traduzida em carga. As medições são efectuadas com um micrómetro, permitindo a precisão de 0,01 mm.

A ancoragem instrumentada apresenta como vantagem principal, possibilitar a optimização de qualquer sistema de ancoragens, já que permite determinar o exacto comportamento do maciço, quando solicitado por ela, durante a fase de ensaio.

Para além desta vantagem notável, trata-se de um aparelho de simples utilização, pois é instalado em furo idêntico aos abertos para as ancoragens normais e a sua utilização e observação é muito simples.

Quando se aplica um conjunto de ancoragens a uma estrutura, acontece que por vezes, o projectista ou o dono da obra determinam, que algumas delas fiquem em observação. Nestes casos, o preenchimento de baínhas que reveste o comprimento livre, não é feito com calda de cimento mas sim com material anticorrosivo elástico, por forma a permitir, se necessário, modificar o estado de tensão de ancoragem.

A observação das ancoragens, efectua-se mediante a medição periódica do seu estado de tensão e dos deslocamentos sofridos pelas próprias ou pela estrutura a que estão aplicadas. A medição do estado de tensão, pode ser feita através da utilização do macaco hidráulico de pré-esforço, medindo a força necessária para aliviar a porca ou aparelho de fixação na cabeça da ancoragem. Pode ainda ser feita utilizando células de pressão (Fig. 4).

As células de pressão são aparelhos simples, baratos e de fácil utilização, que são aplicados concentricamente com o tirante da ancoragem, permitindo medir em qualquer altura a carga a que esta se encontra submetida. São fundamentalmente constituídas (fig.5) por uma ou duas molas circulares côncavas, posicionadas entre um prato de apoio e um prato de sujeição. A variação de distância entre estes dois pratos quando a célula é carregada, é medida através de um micrómetro em três pontos afastados angularmente de 120° , por forma a permitir fazer a média das leituras num dado instante. Este facto assume especial importância no caso de o eixo do tirante da ancoragem não ser perfeitamente perpendicular ao prato de distribuição de carga tornando possível a sua rotação.

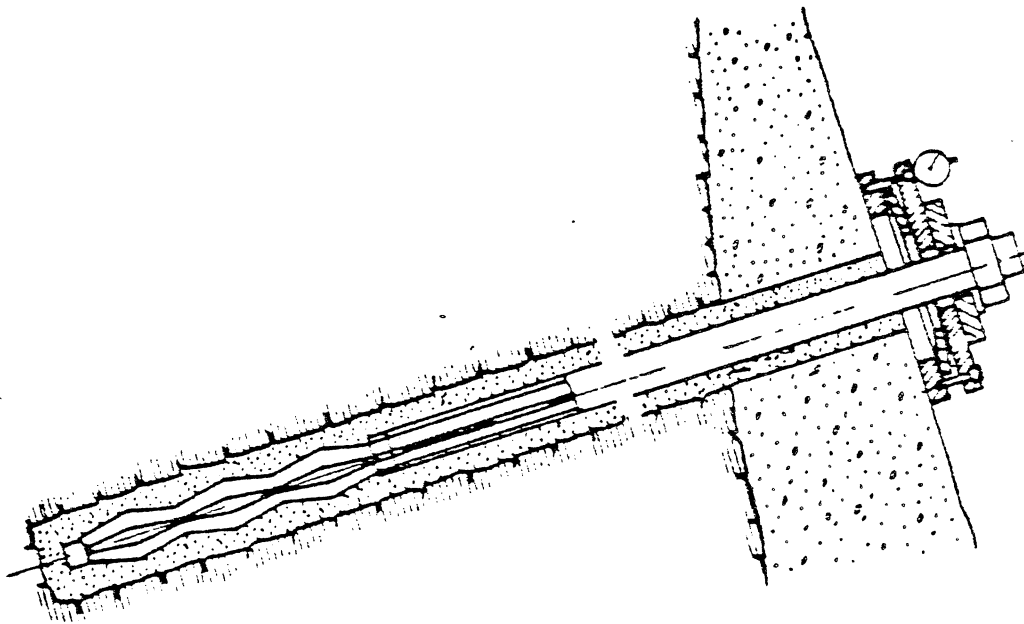
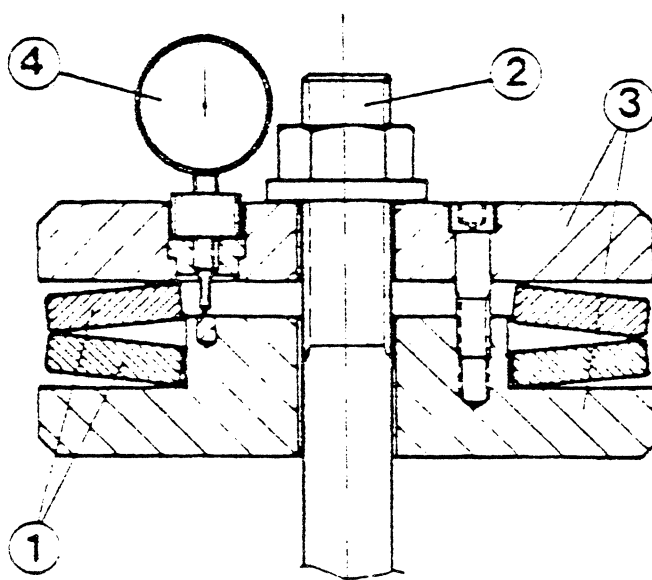


FIG.4 - Esquema de montagem de uma célula de pressão
(INTERFELS/TECNASOL)



- ① - Molas
- ② - Tirante Pré-esforçado
- ③ - Pratos de apoio e sujeição
- ④ - Micrómetro

FIG.5 - Célula de pressão, tipo MTD 13/16
(INTERFELS/TECNASOL)

Assim, numa ancoragem em observação, aplica-se a célula de pressão antes do tensionamento do tirante, e faz-se a sua calibração inicial. Posteriormente, e a intervalos de tempo regulares, vai-se controlando a deformação da mola, que traduzida em tensão ou carga, nos vai fornecendo os elementos necessários ao traçado do gráfico de variação do pré-esforço com o tempo.

Verifica-se assim, que a instrumentação e observação de ancoragens é fácil e simples, tal como o seu ensaio de rotina. Este aspecto, garante a este elemento estrutural, a vantagem notável de se poder obter facilmente a comprovação experimental do seu dimensionamento prévio. Como corolário, desta comprovação resulta um manancial de informações que permite a optimização dos processos de cálculo e a sua adaptação conveniente aos múltiplos tipos de terreno, em que, em geral as ancoragens são instaladas.

3 - CONCLUSÕES

As ancoragens são portanto um elemento de grande valor e utilidade, tanto mais que a sua aplicação é fácil, e garante êxito na generalidade dos casos.

Haverá contudo que usar de ponderação na sua utilização, principalmente no caso de ancoragens definitivas, pois há que ter em consideração, que estas ancoragens devem ser eficientemente protegidas contra a corrosão, o que se torna difícil em certos meios agressivos. Merecerá igualmente reflexão, a utilização de ancoragens definitivas quando o seu bolbo de selagem tenha de ficar em terrenos coesivos, com características tais, que as ancoragens fiquem susceptíveis de fluência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tecnasol, Lda. - Ancoragens para sustentação do terreno de fundação do prédio vizinho no nº 30 da Av. Rovisco Pais-Lisboa-1974
- H. Cambefort - "Geotechnique de l'Ingenieur. Reconnaissance des Sols" - Eyrolles - Paris
- Interfels GmbH - Interfels Rock Mechanics Instrumentation and Testing Procedures - 1985