

a revista do engenheiro civil

PINI

www.piniweb.com

téchne

apoiado
IPT

Edição 119 - ano 14 - maio de 2006 - R\$ 21,00

ENTREVISTA

Raphael Pileggi,
medição
individualizada

LAJES

Caimentos certos

REVESTIMENTO

Argamassa projetada

Estádios da Copa

Um *tour* tecnológico pelas arenas
da Alemanha



Até debaixo d'água

Cuidados garantem uma boa concretagem submersa. No meio marinho, traço deve ter outras características

Concretagem submersa é toda aquela aplicada em presença de água doce ou salgada. É muito usada em tubulões, estacas barrete, estruturas de contenção, barragens, pilares de cais, portos e em paredes-diafragma com o auxílio de lama bentonítica.

A principal característica desse concreto é a maior coesão dos grãos, o que não permite sua dispersão no contato com a água, oferecendo maior resistência ao ataque químico. A dosagem é feita com aditivos, dependendo da agressividade do meio onde será inserido.

Segundo o engenheiro Hildegardo Nogueira Filho, da Belov Engenharia, existem duas formas de se trabalhar o concreto *off-shore*.

Uma maneira é a chamada *pre-packed*, nesse caso a fôrma é montada submersa e é cheia com brita. Depois,



Fotos: divulgação



A injeção pode ser feita tanto por pressão quanto por gravidade, de baixo para cima até a fôrma transbordar

Patologias

Segundo o engenheiro Newton Goulart Graça, gerente-adjunto do Departamento de Apoio e Controle Técnico de Furnas, as principais patologias que as estruturas de concreto *off-shore* podem apresentar são: a corrosão das armaduras pelo ataque por cloretos, presentes em quantidades elevadas na água do mar (o problema torna-se mais grave ainda no trecho da estrutura sujeito à variação das marés); expansão álcali-agregado, devido ao uso de agregados reativos com o cimento; e pressão de cristalização dos sais dentro do concreto, quando faces da estrutura estão expostas a diferentes condições de molhagem/secagem. "Essas estruturas ainda estão sujeitas à erosão provocada pelas correntes marinhas ou ao efeito de ondas, e à ação do gelo/degelo em climas frios", completa Goulart.

Como evitar os problemas

- Dose o concreto cuidadosamente, com baixa relação água-cimento (máxima de 0,4) e utilize adições minerais, como sílica ativa ou metacaulim associadas a cimentos compostos com cinzas volantes ou escória de alto-forno. O refinamento da microestrutura do concreto proporciona uma baixa permeabilidade, impedindo a penetração de íons cloretos e outros íons agressivos.

- Utilize cimentos que inibam a reatividade dos agregados, seja com relação aos álcalis, seja com relação a outros agentes como sulfatos ou magnésio.

- Elabore um bom projeto. Estabeleça cobrimentos mínimos de armadura de 50 mm para concreto armado e de 75 mm para concreto protendido e abertura máxima de fissuras de 0,1 a 0,2 mm, de acordo com a recomendação do CEB e ACI 224 R-80.

- Confira a produção do concreto,



A exposição da estrutura ao movimento das marés e o uso de agregados inapropriados, que provocam expansão álcali-agregado, provocam exposição da armadura

lançamento, adensamento, cobrimento das armaduras e cura. Concretos que porventura forem mal adensados devem ser reparados antes da exposição. A cura deve iniciar-se tão logo o concreto comece a endurecer.

Parede-diafragma

Uma estrutura muito utilizada em obras submersas, com o auxílio de lama bentonítica, é a parede-diafragma contínua, construindo-se no subsolo um muro vertical de concreto armado de espessura variável de 30 até 120 cm,

podendo alcançar profundidades superiores a 50 m.

A parede-diafragma é executada em painéis (sucessivos ou alternados) ou lamelas, cuja continuidade é assegurada com o auxílio de um tubo ou chapa-junta, colocado após a

escavação do painel e retirado logo após o início do endurecimento do concreto. Esse sistema pode ser usado em fundações de grandes obras hidráulicas, como obras de canalização do leito dos rios, obras contra enchentes, obras portuárias e outras.



Tremonha posicionada para lançamento: equipamento exige concreto auto-adensável, com alta plasticidade



Fotos: divulgação

A fôrma para receber o concreto pode ser de madeira, removível ou metálica definitiva e incorporada à estrutura

através de tubos, colocados no meio da brita, é feita a injeção da massa de cimento. Essa injeção, que pode ser efetuada tanto por pressão quanto por gravidade, é feita de baixo para cima até a fôrma transbordar. Esse transbordamento é necessário para que a primeira nata, contaminada pela água do mar, seja descartada. A

próxima nata, pura, é a que vai fazer parte da estrutura. Esse processo de contaminação do concreto pela água do mar, com alteração logicamente de sua dosagem original, é chamado de lavagem do concreto.

A outra maneira de se fazer a concretagem submersa é colocar o produto pronto diretamente na fôrma, o con-

creto submerso feito com o uso de tremonha. Enche-se a fôrma com o concreto até transbordar, o que também evita que a estrutura seja formada com a primeira nata, contaminada. Essas estruturas são utilizadas em pontes e tubulões de construções portuárias.

As fôrmas podem ser de dois tipos: de madeira ou metálicas. As de madeira são removidas depois da estrutura pronta; já as de metal podem tornar-se parte da estrutura, como acontece em pilares de cais.

Atenção

Muitos cuidados devem ser tomados na execução das obras submersas. Uma das primeiras precauções é a análise do solo submerso, feita com as sondagens à percussão (solos moles) ou rotativas (solos rochosos).

No caso de concreto lançado por tremonha, é necessário que tenha grande plasticidade e seja auto-adensável, com fator água-cimento (a/c) menor ou igual a 0,45. Essas características são obtidas adicionando-se aditivos plastificantes e retardadores. Os concretos auto-adensáveis não necessitam de processo de vibração mecânica após lançamento em fôrma, pois se comportam como uma pasta bem fluida.

Esses processos de concretagem requerem o acompanhamento de mergulhadores, que verificam a calda subindo dentro da fôrma e evitam os vazamentos. Além desse acompanhamento, também existem cuidados com o controle do tempo de injeção e lançamento do concreto, além do controle da retirada da tremonha. "O tubo deve subir dentro da fôrma paulatinamente à medida que o nível do concreto em lançamento também sobe, e nunca se deve deixar que passe acima do nível do concreto", ensina Hildegardo Nogueira. Isso alteraria as qualidades do concreto com a contaminação da água do mar.

Em algumas obras submersas pode-se usar também o concreto pré-moldado. A vantagem é a redução do trabalho embaixo d'água, já que o tempo de mergulho é limitado e a mão-de-obra e equipamentos necessários são caros.

Renata Azeite