

REFORÇO ESTRUTURAL

Alternativas para execução

Joaquim Rodrigues



Poucas empresas, no Brasil, fazem ou são especializadas em serviços de reforço estrutural. A premência deste tipo de serviço nasce de uma inadequação da estrutura para

uma nova solicitação de carregamento ou, propriamente, devido a sintomas de ruína em suas peças componentes. Trocando em miúdos: são duas as alternativas que normalmente exigem serviços de reforço estrutural.

- Deficiências na estrutura, devido a erros de projeto, ou na sua execução. Uma das conseqüências mais freqüentes é a ausência de critérios que conduzem à durabilidade da estrutura, como por exemplo, o tradicional erro da falta de recobrimento, portanto, da proteção contra a corrosão das armaduras do concreto e, em menor grau, contra a própria superfície do concreto.
- Mudanças na configuração da estrutura com acréscimos e/ou aumento nas cargas de serviço.

O desenvolvimento da estratégia para o reforço da estruturas utiliza, basicamente, os processos de recuperação estrutural onde são considerados fatores como o tempo da estrutura, a otimização para a sua execução, as importantes considerações que conduzem à durabilidade da obra e, naturalmente, o seu custo-benefício. Estas diretrizes afetam diretamente a seleção e a preparação do material empregado, além da técnica de lançamento. Quando o concreto armado ou, propriamente, uma peça estrutural apresenta sinais de instabilidade ou resistência insuficiente, todo o seu projeto original, obrigatoriamente, deverá ser analisado, de modo a se retirar os dados para o projeto de reforço. Esta etapa dependerá da experiência do calculista para a melhor solu-

ção e execução do reforço da estrutura. As técnicas usualmente aplicadas para se proceder ao reforço, ao aumento da rigidez da estrutura, sua estabilização e genericamente qualquer serviço simples de recuperação, tendem a ser interrelacionadas.

É de interesse para o prosseguimento deste artigo que se estabeleça as diversas formas de tratar uma estrutura.

Recuperação

Esta técnica elimina os efeitos dos danos e da deterioração, restaurando ou conduzindo a estrutura para a sua condição "original".

Reforço

Aumenta a capacidade de carga da estrutura original, eliminando possíveis deficiências de resistência..

Aumento da rigidez

Aumenta a performance de serviço da estrutura existente, eliminando problemas de funcionalidade, como deflexões e trincas excessivas, além de suscetibilidade a vibrações prejudiciais.

Estabilização

Promove a interrupção de recalques ou assentamentos existentes no imóvel, considerados inaceitáveis pela modificação e aumento da capacidade suporte do terreno, através da injeção de graut químico ou, de outro modo, pela adição de novos elementos de fundação.

É normal, no entanto, utilizar-se o termo "reforço de fundações" o que, na verdade, é uma estabilização.

A ESTRATÉGIA DE ATAQUE

Antes de mais nada dever-se-á proceder a uma minuciosa análise da estrutura problemática para qualquer tipo de serviço que se deseje



A técnica do Fibrocabon-E sendo aplicada no fundo de uma viga. Reforço a esforços de flexão e cisalhamento.

executar; seja reforço, recuperação ou estabilização. O propósito da análise é identificar todos os danos e comportamentos anormais, diagnosticar suas causas, adequando a necessidades presentes e futuras para a estrutura. Parece meio óbvia esta estratégia de trabalho. No entanto, temos tido conhecimento de estruturas inteiras com deficiências de projeto ou subdimensionamento e má construção, em que o proprietário, imediatista, contrata uma empresa de recuperação estrutural e, com a cumplicidade desta, promove, de modo cego e indiscriminado, o reforço de toda a edificação. Perguntamos como é possível promover um serviço de reforço estrutural sem qualificar e quantificar as seções de concreto e das armaduras das peças estruturais componentes, assim como todo seu detalhamento intrínseco?

TIPOS E TÉCNICAS DE REFORÇO

As técnicas de reforço estrutural utilizadas são:

- Concreto projetado
- Chapa colada
- Protensão externa
- Fibrocarbon-E

Podemos aumentar a capacidade suporte das peças estruturais, reforçando-as da seguinte maneira:

- à flexão, com aumento da rigidez (vigas)
- ao cisalhamento (vigas)
- à compressão (pilares)

Sem nos importar com o tipo de reforço a ser aplicado, torna-se necessário e obrigatório entender que, qualquer serviço desta natureza é um desafio e o maior obstáculo desta empreitada é obter a continuidade da ação estrutural entre a estrutura existente e o sistema a ser incorporado, de modo a obter-se uma transferência positiva de forças com uma ação bem combinada.

O principal objetivo, na maioria dos serviços de reforços ou de recuperação de estruturas, é assegurar a compatibilidade entre o material novo e o antigo. A seguir, apresentamos um breve resumo de como as técnicas de reforço são usadas.

O REFORÇO À FLEXÃO E O AUMENTO DA RIGIDEZ

Esta técnica, na maioria das vezes, é utilizada em lajes e vigas que necessitam aumentar sua capacidade de carga, devido a um incremento em seu carregamento ou para limitar o seu estado de deformação para um mesmo estado de carregamento (critério de rigidez).

Peças adicionais/encurtamento do vão

Peças suplementares como novos pilares, vigas, etc. para dar suporte à região afetada ou com deficiência na estrutura. A diminuição do vão é conseguido com a instalação de estrutura metálica, instalação de consoles ou com o aumento da seção dos pilares.

Aumento da seção

Esta técnica utiliza o aumento físico da viga, pilar ou laje, adicionando-se seção de aço e concreto.

Fibrocarbon-E

A adição apenas de seção de aço não é novidade entre nós. O sistema de reforço por chapa de aço colada (e com pinos/parafusos), técnica com aproximadamente 30 anos, até hoje, é bas-



O também tradicional reforço com chapa colada.

tante utilizada já que é prática e rápida de ser executada. Os inconvenientes que limitam o uso desta técnica estão na deficiência da instalação dos pinos ou parafusos, nas dificuldades de se aplicar jateamento de areia para a obtenção de uma superfície com rugosidade excelente para a ancoragem do epóxi no aço e na surgência de corrosão na chapa tanto imediatamente após a limpeza com abrasivo como posteriormente após os serviços.



Figura 1

Encurtamento de vão



Figura 2

Fibrocarbon-E

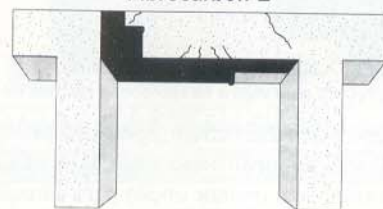


Figura 3

Protensão externa

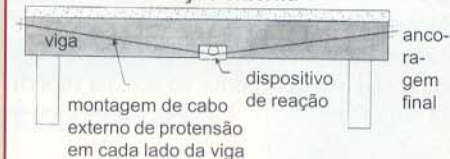
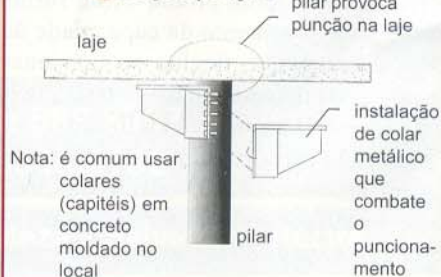


Figura 4

Reforço à punção



Nota: é comum usar colares (capitéis) em concreto moldado no local



Ponte Guilherme de Almeida, situada na Rodovia Castelo Branco, reforçada com protensão externa. A ponte tem 17,40m de largura e 448m de comprimento.

Após uma adequada avaliação das condições da obra e de posse do projeto estrutural, analisar-se-á as tensões de tração, flexão e compressão para as peças estruturais. Outras considerações incluem a questão da estabilidade da estrutura, assim como a inabilidade de resistir a carregamentos (muito dúctil) ou a incapacidade de movimentar-se (muito rígida). Antes de se desenvolver a estratégia de reforço, deverá ser considerada a condição de carregamento dos novos componentes a serem adicionados pelo reforço, havendo, para tanto, duas condições a serem analisadas o reforço com carregamento "passivo" e o com carregamento "ativo". O primeiro, ao nosso ver, não é correto, porque o reforço é adicionado à estrutura, carregando-a ainda mais e, conseqüentemente, criando mais deformações, o que é perigoso. Por outro lado, o reforço assim adicionado permanece ineficiente ou não trabalha até que a estrutura deforme mais ainda. O reforço com carregamento "ativo" impõe a necessidade de se escorar e macaquear a estrutura, de modo a remover as cargas atuantes ou pré-tensionando o sistema de reforço adicional.

Após o reforço, a estrutura absorve instantaneamente toda a carga atuante.



O tradicional reforço com concreto projetado.



O reforço de uma viga à flexão com a técnica do Fibrocarbon-E.

A técnica do Fibrocarbon-E, em uso há cerca de 20 anos no Japão e agora nos EUA e Europa, tornou-se a melhor opção para situações que exijam reforços rápidos e com imediata resposta na estrutura.

O Fibrocarbon-E, basicamente, consiste em se colar, com um epóxi especial, uma manta extremamente fina de fibra de carbono, de uso freqüente em projetos espaciais e com resistência sete vezes superior ao aço, na superfície do concreto.

Protensão externa

A protensão externa promove, de forma instantânea, o aumento da capacidade de carga da estrutura, devido ao tensionamento imposto, incrementando resistências à compressão e também à flexão.

A protensão externa é feita com cabos de aço ou barras instaladas dentro de bainhas, em dispositivos especiais de ancoragem, fixados à estrutura com o pós-tensionamento.

O aumento da resistência ao cisalhamento em vigas

Este aumento de resistência em vigas é conseguido, aumentando-se sua seção com protensão externa, chapa colada ou Fibrocarbon-E.

Com aumento de seção

O aumento da seção da peça a ser reforçada, no caso para esforços cisalhantes, é feito após a preparação da superfície do concreto, fixando-se estribos e projetando-se concreto de forma tradicional. Alguns calculistas sugerem a instalação de fôrmas e o uso de grauts, o que é bastante discutido.

Com protensão externa

O uso de protensão externa promove, de forma ativa, o aumento da resistência da peça estrutural a esforços cortantes.

Fibrocarbon-E

Após a preparação da superfície da zona de cortante a ser reforçada é aplicada a técnica

do Fibrocarbon-E, colando-se a manta nas laterais assim como no fundo da viga.

O reforço de pilares

Esta técnica promove o aumento da resistência do pilar a esforços de compressão, punção cizalhante no encontro com lajes e ao enrijecimento na região de fretagens.

Com aumento de seção

Tradicionalmente, usa-se o encamisamento para restaurar a seção de pilares, como também de estacas, fixando-se uma "gaiola" de armaduras em torno da peça e projetando-se concreto a seguir. Como dissemos anteriormente, alguns calculistas sugerem o uso de forma e graut, o que é bastante discutido.

Com Fibrocarbon-E

Esta técnica faz aplicar "armadura" (a manta de fibra de carbono é sete vezes superior ao aço, a esforços de tração) na seção da peça, aumentando substancialmente sua capacidade de confinamento a cargas adicionais.

Transferência de esforços cizalhantes entre peças estruturais

Usualmente procede-se esta transferência de esforços em pisos industriais ou lajes pré-moldadas elevadas. A inabilidade de uma junta para transferir carga (de rodas ou outras) certamente irá criar problemas relacionados a deflexões excessivas (figura 5A).

O aumento da capacidade de carga de uma laje ou piso estrutural a esforços cortantes pode ser feito utilizando-se barras de transferência, injetando-se graut químico (ver RECUPERAR n° 19) ou através de outras técnicas menos conhecidas. Em alguns casos, as barras necessitam transferir cizalhamento e permitir movimento horizontal na junta.

com barras de transferência

Esta técnica é feita inserindo-se barras de transferência em cortes ou furos previamente

te executados na junta. A seguir é feito o chumbamento com graut ou com micro-concreto. O ideal é fazer uma massa com características semelhantes ao piso original, de modo a prevenir problema de incompatibilidade. Imediatamente antes, deve-se saturar a superfície com água (2 horas pelo menos) e aplicar-se uma pasta de cimento aditivada com polímero líquido acrílico.

com viga I em balanço

Poderá ser utilizada viga metálica I ou em L, instalada sob a laje e através da junta. O sistema é fixado em um lado e, no outro, é instalado um dispositivo que favorece o escorregamento entre a viga metálica e a laje, permitindo o movimento. (figura 5C).

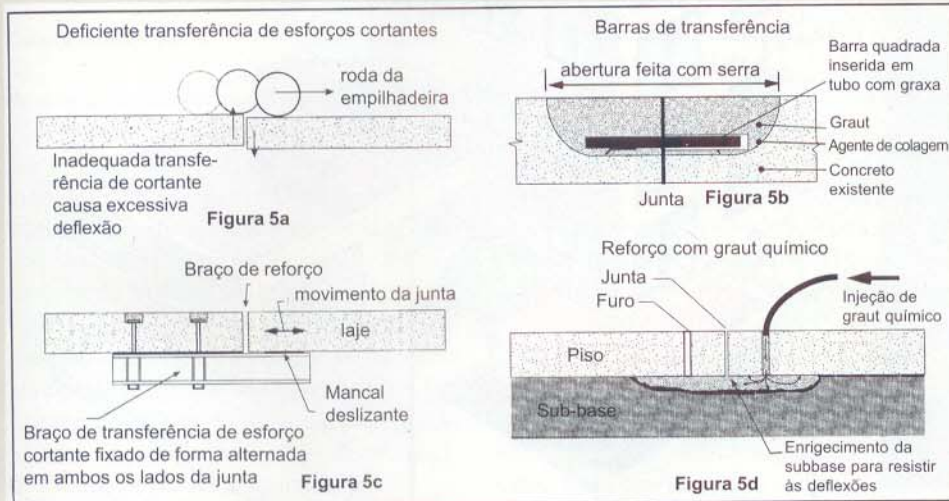
utilizando graut químico

É muito comum vermos pisos com deficiência na transferência de cizalhamento, devido a vazios sob a região da junta ou pela passa-

gem intermitente da empilhadeira, ocasionando uma excessiva deflexão da junta, causando uma espécie de "bombeamento" e, conseqüentemente, vazios. Em ambos os casos, a injeção de graut químico promove o enchimento dos vazios, devido à mistura com o solo existente, obtendo-se uma eficiente transferência de cargas sem riscos para o piso (figura 5D). Fax consulta n° 242.

Referências

- 1 - Joaquim Rodrigues é Eng° Civil, membro de diversos institutos, nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.
- 2 - Emmons, P.H., Concrete Repair and Maintenance Illustrated, R.S. Means Company.
- 3 - Warner, R.F., "Structural assessment of existing concrete buildings", Report No. G7, Department of Civil Engineering, University of Adelaide, Australia.
- 4 - Emmons, P.H., Thomas, J., Vaysburd, A.M., "Strengthening with FRP Reinforcement in the U.S.-Any Progress?" Civil Engineering, American Society of Civil Engineers.
- 5 - Emmons, P.H., Vayburd, A.M., "Strengthening of Concrete Structures: Current Practice and Future Trends, a Material Perspective", Concrete International, American Concrete Institute, (in publication).
- 6 - Jay Thomas, Karem Morey - Concrete Repair Bulletin.



Não recupere sem
consultar
RECUPERAR
Tel. (021) 493-6862
Fax (021) 493-5553
255-2414

CONCREJATO

SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S/A

- Recuperação e Reforço de Estruturais
- Restauros e Reformas
- Manutenção Predial e Industrial
- Construção Industrial

Rio de Janeiro - (021) 585-3335 • Fax: (021) 589-8967

São Paulo - (011) 5506-6288 • Fax: (011) 5506-6789

Belo Horizonte - Brasília - Curitiba - Porto Alegre - Fortaleza - Salvador - Recife

REVOLUCIONANDO A IMPERMEABILIZAÇÃO COM MPI

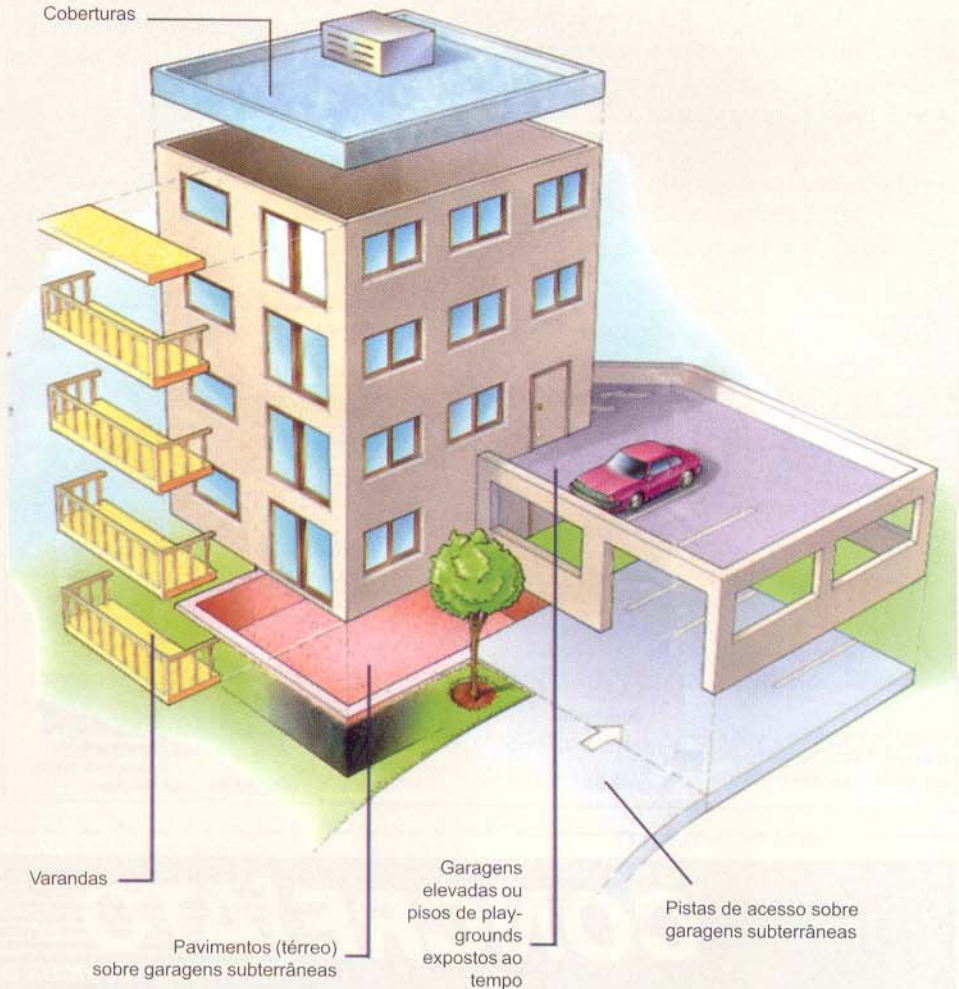
O uso das Membranas de proteção e impermeabilização (MPI) no lugar das pesadas e tradicionais mantas asfálticas

Carlos de Carvalho Rocha



Pavimentos suspensos, expostos ao tempo, necessitam de impermeabilização. Além do mais, ficam expostos a grandes gradientes de temperatura, abrasão das rodas dos carros, detergentes, derrames de óleos, combustíveis e águas de atmosferas contaminadas. As membranas de proteção e impermeabilização (MPI) em uso há mais de 30 anos nos EUA, substituíram as pesadas e trabalhosas mantas (asfálticas, butílicas, etc.) que necessitam também de proteção adicional de placas de argamassa ou concreto. Executam todo o trabalho de proteção das lajes e pisos de concreto armado, sem criar qualquer sobrecarga adicional, podendo ser reparada sem qualquer inconveniente. A maioria das MPI's (veja mais sobre este assunto na RECUPERAR nº 15) existentes no mercado são formadas por sistemas multicomponentes, sendo, basicamente, um protetor penetrante (PP), uma base elastomérica e uma camada de areia fina com função anti-abrasiva e antiderrapante. As resinas usadas são os epóxios, urepóxios e os poliuretanos. Quando escolhemos o sistema certo e o aplicamos corretamente estendemos grandemente a vida útil dos pavimentos que necessitam ser protegidos e impermeabilizados, tanto os novos quanto os já existentes. Devemos, no entanto, ficar atentos pois alguns produtos não funcionam adequadamente em algumas aplicações e, como há diversos disponíveis no mercado, escolher o mais adequado às nossas necessidades pode ser uma tarefa complexa.

Uma boa MPI para se sair bem deve:

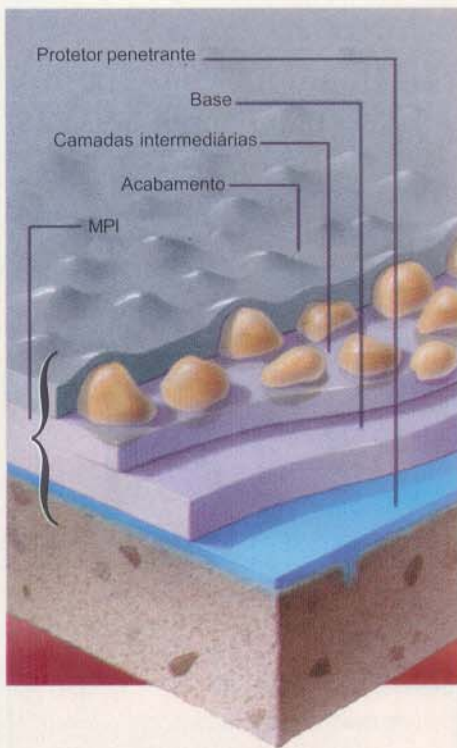


- Manter a água, cloretos, nitratos, sulfatos e outras substâncias químicas agressivas longe do concreto, permitindo, no entanto, a passagem do vapor d'água através de sua película.
- Ser capaz de aderir fortemente à estrutura de concreto (lajes nível zero ou sobre contrapisos existentes).
- Ser forte o bastante para não sofrer rasgos e flexível o suficiente para cobrir fissuras e trincas existentes. Suportar as deformações térmicas impostas à estrutura, sem descolar ou introduzir tensões excessivas na interface resina/concreto.

- Manter a sua textura antiderrapante, mesmo sob tráfego pesado.
- Não ser fotodegradável e resistir à radiação solar (UV).
- Ter 100% de sólidos em sua composição.

DETERMINE AS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÃO

Antes de mais nada, analise as condições para as quais o produto será exposto em sua fase de aplicação e depois, na fase de serviço. Determine as condições de tráfego. Se pesado, avalie a necessidade do uso



Como é formada a MPI.

de uma película com proteção anti-abrasiva. Se a MPI for aplicada sobre uma estrutura nova, dever-se-á prever que estas superfícies tendem a apresentar fissuras de retração, devendo o material ser capaz de absorver essas inconveniências, sem comprometer a sua qualidade final. A MPI deverá ter compatibilidade dimensional com o substrato, mesmo quando submetida a gradientes extremos de temperaturas e, obviamente, manter as suas características mecânicas em qualquer nível de temperatura a que possa ser submetida.

COMPARE OS MATERIAIS

Uma vez determinadas as condições de trabalho da MPI, compare as diversas propriedades das que são oferecidas, extraindo o máximo de informação dos catálogos dos fabricantes, dando preferência aos que apresentam certificado de laboratórios co-

nhecidos. Lembre-se de que testes de laboratório nem sempre captam as reais condições de aplicação do produto e da sua exposição. Dê asas à sua perspicácia avaliando, principalmente, as condições de aplicação, podendo nesta fase eliminar alguns produtos.

Não podemos esquecer que os testes de desempenho das MPI's oferecidas não são unificadas por todos os fabricantes. Há fabricantes que avaliam propriedades idênticas por diferentes testes, podendo, com isso, mascarar alguma deficiência. Fique atento para que alguns testes sejam conduzidos com os materiais componentes, de forma isolada, isto é, somente o protetor penetrante ou a base elastomérica e não todo o sistema. Isso pode significar que apenas a base elastomérica, cujo alongamento seja superior a 100%, não reflita toda esta qualidade para a MPI.

IMPERMEABILIDADE À ÁGUA E PERMEABILIDADE AO VAPOR

É fundamental que as MPI's agreguem estas qualidades para que tenham um bom desempenho. O fabricante deverá ter a areia específica para aplicação na camada intermediária, além de diversas cores, de modo a compatibilizar com a estética desejada. Como regra geral, exige-se que revestimentos impermeáveis sejam permeáveis ao vapor de modo a permitir que o concreto respire, eliminando a umidade e o perigo do processo de corrosão nas armaduras do concreto e do próprio descolamento da MPI. Uma vez a umidade retida, comprometerá a interface de aderência entre a MPI e o concreto (ou contra piso).

Um teste bastante recomendado é o ASTM E 96, "Taxa de Transmissão de Vapor", que mede a quantidade de umidade que atra-

vessa uma MPI, depois de curada por sete dias. Escolha a MPI que tenha uma alta taxa de transmissão de vapor.

ADERÊNCIA AO SUBSTRATO

Com relação a resistência de aderência da MPI ao substrato, dois valores são considerados: aderência da MPI ao substrato e a da areia utilizada como fator anti-abrasão e escorregamento, na própria base da resina. A adesão pode ser medida através do teste "aderência após imersão em água" ou através do Elcometer com o teste "Pull Out", analisando-se apenas a base aplicada (após o PP) em relação ao concreto ou contra piso. Para verificarmos a aderência da MPI (todas as quatro demãos aplicadas) só será possível com o teste de arrancamento com o Elcometer. Normal-



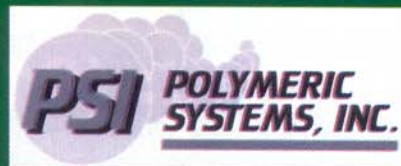
A aplicação da MPI.

mente os fabricantes só apresentam os resultados do teste de adesão através do ensaio "aderência após imersão em água", pois é de menor interesse. Tanto neste como no "Pull Out", os resultados são apresentados em quilograma por milímetro linear, objetivando sempre escolher a MPI com valor mais alto. É de fundamental impor-

Os melhores elastômeros com as características que você deseja.

- **Polisulfeto**
- **Poliuretano**
- **Silicone**
- **Butílico**
- **Acrílico**

CONSULTE-NOS



Temos a melhor qualidade e o menor preço para lhe oferecer.

Fax Consulta nº 241

tância a aplicação de um protetor penetrante antes, de aplicar a base (2ª demão), de modo a proceder-se um perfeito trabalho de ancoragem, preenchendo os poros, e estabelecendo uma nova (modificando) superfície de aderência.

O PREPARO DO SUBSTRATO E O EFEITO DA TEMPERATURA

A boa preparação da superfície base é crucial para a qualidade final da MPI. O concreto ou outra superfície deverá estar bem curada, livre de contaminantes como óleos, detergentes, materiais pulverulentos, antes da aplicação da MPI. A umidade, por sua vez, é extremamente nociva à aderência das MPI's sejam os poliuretanos, epoxis híbridos ou os modernos urepoxis (RECUPERAR nº 15). Durante a aplicação, devemos nos certificar qual a temperatura ideal recomendada pelo fabricante. Temperaturas altas causam o descolamento da película, com a formação de bolhas, promovendo uma cura acelerada da MPI, o que é prejudicial. Altas temperaturas causam também a exsudação d'água do concreto, cujo vapor irá entrar em contato com a resina, ainda precariamente aderida na superfície.

Normalmente, os fabricantes delimitam uma temperatura máxima e uma mínima como extremos que deverão ser evitados.

FLEXIBILIDADE COM PREENCHIMENTO DE FISSURAS E TRINCAS

Uma propriedade importante nas MPI's é a sua flexibilidade e o seu poder de preencher e cobrir pequenas fissuras e trincas do substrato. Quando uma MPI preenche fissuras, trincas ou fica submetido a movimentos térmicos, a que tem alto módulo de elasticidade (rígida) sofre grandes tensões que, certamente, poderão comprometê-la, ao contrário da que tem baixo módulo, interferindo na zona de colagem ou propriamente no concreto. Infelizmente, com a pressão das rodas dos carros a MPI com baixo módulo poderá perder seus grãos de areia, criando perigosos buracos na película.

Então, nesta dualidade, precisaremos escolher o material que melhor se adapte às nossas necessidades: uma com alto módulo de elasticidade para regiões pouco fissuradas e com grande tráfego, ou uma com baixo módulo de elasticidade para regiões sujeitas a grandes deformações, muito fissuradas e com tráfego pouco intenso. É comum o fabricante divulgar o alongamento da MPI e não o seu módulo de elasticidade. O alongamento é o percentual de quanto o material pode ser estirado no limite de seu trabalho, imediatamente antes da rutura. Em geral, para materiais com

Elimine o compressor de ar, a máquina de jato de areia e o hidrojateamento.



Ideal para

- plataformas de petróleo
- estaleiros
- construção civil
- indústrias



Com diversas potências disponíveis e com motores elétricos e à gasolina, faz qualquer trabalho de remoção de corrosão e limpeza, inclusive no concreto armado



HIDROJATEADORA DE AREIA

Dê adeus ao jateamento de areia e ao hidrojateamento.º

Fax Consulta nº 239

SONDOSOLO
GEOTECNIA E ENGENHARIA LTDA.



- Sondagem e Percussão Rotativa
- Poços de Monitoramento
- Tirantes e Injeções
- Estacas Tipo Franki
- Tubulões e Estacas Escavadas
- Estacas Pré-Moldadas
- Estacas Metálicas
- Estacas Raiz

FONE: (019) 254-6644

Rua Mogi das Cruzes, 255 - Fax: (019) 254-7391 - Campinas - SP

igual resistência à tração, grandes alongamentos correspondem a valores de baixo módulo.

O módulo de elasticidade de alguns materiais varia inversamente com a temperatura. No caso das MPI's epóxicas, podem sofrer fraturas com a aplicação em frigoríficos. Infelizmente, o que vemos frequentemente nos catálogos de fabricantes são dados de resistência concernentes à temperatura ambiente, o que tem limitado valor de avaliação da performance da MPI.

ESPESSURA E RESISTÊNCIA DA MPI

A espessura da MPI é em função do tráfego sobre a superfície e cada fabricante recomenda uma espessura ideal para cada tipo de solicitação. MPI's finas apresentarão problemas à medida que for necessário preencher fissuras e trincas existentes, o que não ocorre com películas mais espessas, pois distribuem melhor as car-

gas sobre os vazios preenchidos. A qualidade do material, aliada a uma espessura calculada despertam menores tensões ou tração, eliminando a possibilidade do descolamento. Muita atenção para não aceitar MPI's que não tenham 100% de sólidos. Isto acarreta, necessariamente, o uso de grandes espessuras para compensar a perda do percentual volátil do material (teores de sólidos menores que 100%), tornando-se caro em função da durabilidade e, certamente, problemas futuros.

A parte não sólida, normalmente, é um solvente alifático ou aromático que é tóxico e inflamável. O valor em kg/cm^2 significa a resistência à tração do material necessário, sendo que as MPI's têm esta resistência superior à do concreto, que está em torno dos 3,5 Mpa e, quando as tensões do material são transferidas para o concreto, este, por ser mais frágil, não resiste e compromete todo o sistema. Danos

na interface resina/concreto são mais difíceis de reparar que os que ocorrem somente na superfície.

Os testes divulgados quanto à resistência à abrasão, geralmente só levam em conta a película de base sem o acréscimo da camada superficial de areia. Estes testes, feitos em laboratórios, não representam as reais condições de uso e, conseqüentemente, não têm grande valor prático. Para condições de uso extremas, devem ser considerados testes "in situ" do sistema completo: protetor penetrante, base elastomérica, camada anti-abrasiva e acabamento.

APLICAÇÃO

A escolha da MPI mais adequada não será suficiente para um bom serviço se o material não for corretamente aplicado. A preparação correta da superfície, a mistura em proporções adequadas dos com-

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Proteger todo tipo de estrutura, em qualquer tipo de ambiente, em mais de dez países, requer mais do que conhecimentos de engenharia. São necessárias experiência e grande capacidade de análise em todas as áreas onde a corrosão se instala.

Consulte-nos para qualquer dimensionamento de proteção ou problema em sua estrutura.



Infra-estruturas



Energia



Edificações



Proteção Catódica – Estudo de Tintas – Pesquisa da Corrosão – Análise do Estado de Ruína - Laboratório

FAX CONSULTA Nº 228

ponentes e a sua homogeneização são a chave do sucesso de qualquer MPI. Fabricantes tradicionais mantêm departamentos técnicos que acompanham e recomendam a aplicação dos seus produtos. Alguns se associam ao aplicador e garantem a qualidade dos serviços sem ressalvas. Problemas causados pela aplicação imprópria aparecem dentro de poucos meses. Já os problemas com materiais demoram mais tempo para aparecerem, pouco mais de dois anos. Fax consulta nº 243.

Referências

- 1 - Carlos de Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- 2 - Frank Reagan - Concrete Repair Digest.
- 3 - American Concrete Institute, "A Guide to the Use of Waterproofing, Dampproofing, Protective and

Decorative Barrier Systems for Concrete", report ACI-515.1R-79, in: Manual of Concrete Practice, part 5.

- 4 - N.P. Mailvaganam, ed., Repair and Protection of Concrete Structures.
- 5 - Transportation Research Board, Waterproof Membranes for Protection of Concrete Bridge Decks.
- 6 - D.C. Monroe, "Reflective Cracking and Cold, Liquid-Applied Elastomeric Deck Coating and Membrane Systems: Practical Considerations from Field Observations", in: Building Dec Waterproofing, ASTM STP 1084.
- 7 - Evaluation of Elastomeric Membrane Systems used in Parking Garage Protection, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.
- 8 - R.M. Evans, "Test Methods Used in ASTM Specifications for Liquid-Applied Elastomeric Membranes for Waterproofing Concrete", in: Building Deck Waterproofing, ASTM STP 1084.
- 9 - N.P. Mailvaganam, "Elastomeric Parking Deck Membranes", Concrete International: Design & Construction.



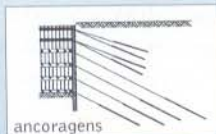
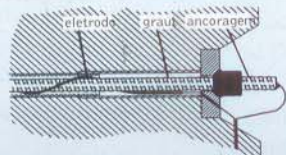
ATUAL
Impermeabilizações
e Juntas Ltda.

- RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS
- JUNTAS DE DILAÇÃO
- INJEÇÃO DE EPOXI
- IMPERMEABILIZAÇÕES
- INJEÇÃO DE POLIURETANO
- TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DE PISOS
- PINTURA
- CORTES EM GERAL

JUNTA
JEMNE
REPRESENTANTE
APLICADOR

TEL.: (011) 6954-8711
6954-2788

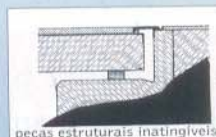
VETEK V2000



ancoragens



peças de concreto armado/protendido



peças estruturais inatingíveis



mar
contenções estruturais

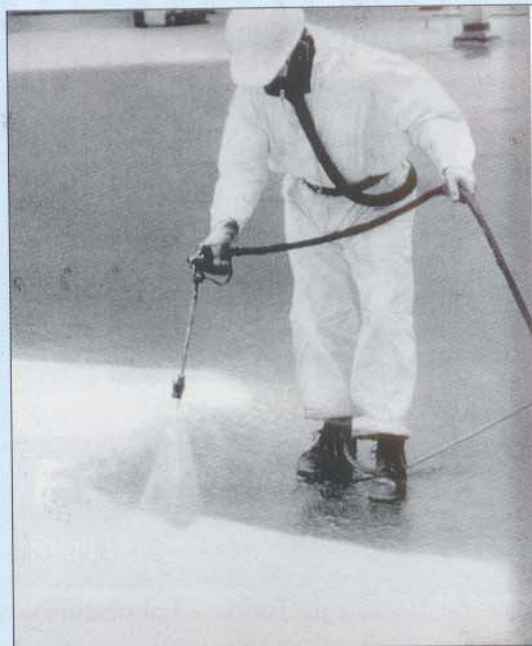
O SISTEMA QUE MONITORA A CORROSÃO TECNOLOGIA DE PONTA NO CONTROLE DA CORROSÃO

Com o eletrodo medidor VETEK V2000 é possível monitorar a presença de corrosão em obras novas e nas existentes, tanto em estruturas protendidas quanto nas de concreto armado

- permanente e passivo
- barato
- elimina a incerteza do desconhecimento
- especialmente indicado para instalação em estruturas com ambiente marinho e industrial

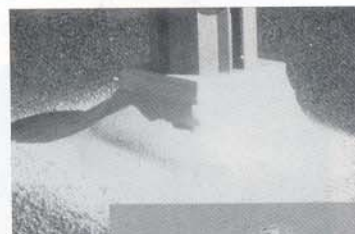
O VETEK pode ser usado em tirantes, serviços de ancoragens, pontes, edificações, etc.

FAX CONSULTA Nº 168



ISOLAMENTO TÉRMICO?

- Que promova impermeabilidade
- Não tenha emendas
- Seja fácil de reparar
- Não pese
- Não necessite proteção mecânica
- Não necessite de contra-piso ou regularização
- Que seja flexível
- Elimine o choque térmico
- E seja fácil de aplicar



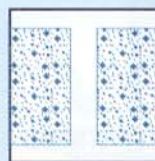
Só com
FOAM POL
Espuma de poliuretano aplicada no local

Fax Consulta nº 244

CONSERTANDO JUNTAS “MACHO E FÊMEA”

Dicas de como resolver este grande problema.

Carlos Alberto Monge

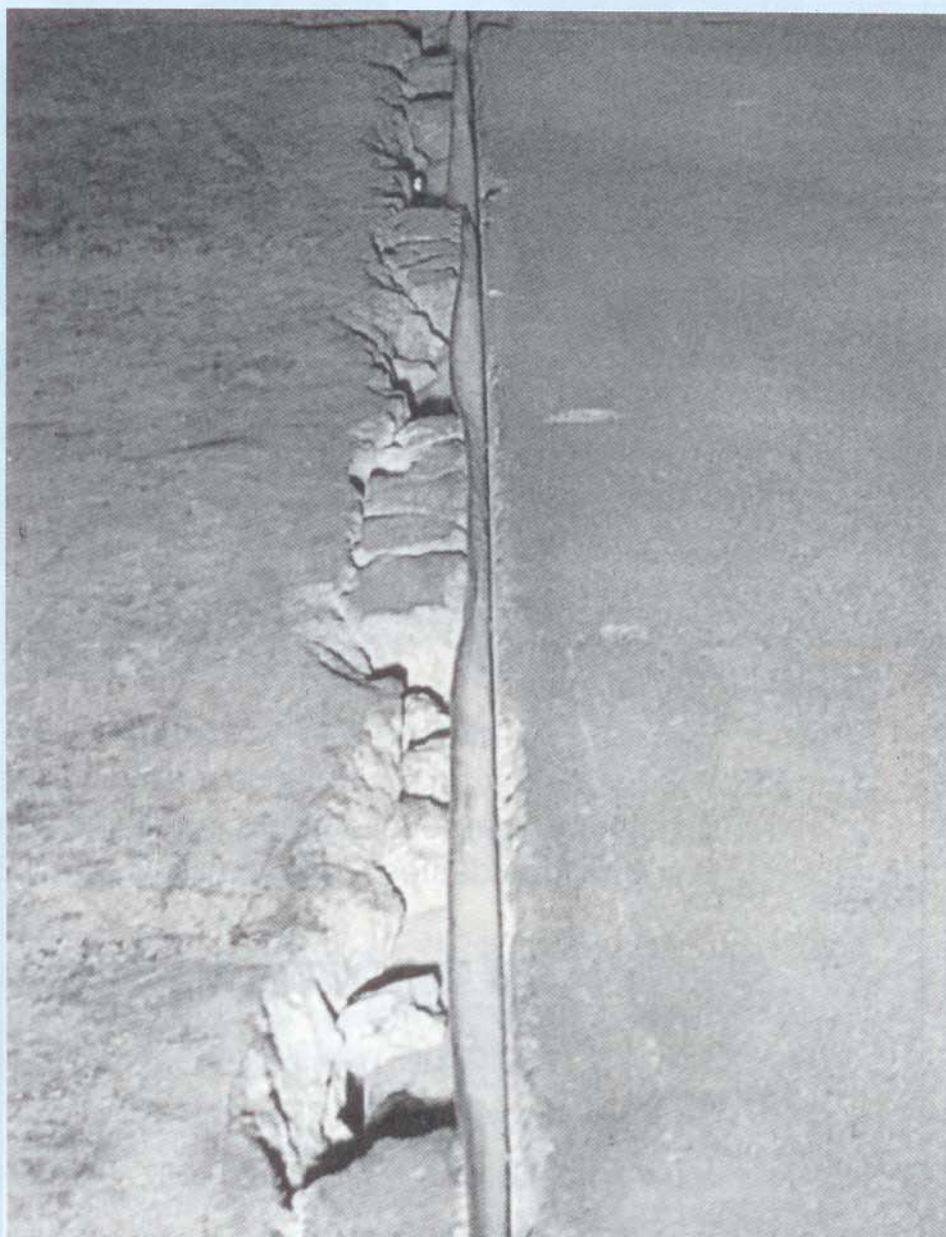


Conceitualmente as juntas macho e fêmea demonstram facilidade de execução e uma efetiva transferência de cargas entre os pisos de concreto. Na prática, comportam-se muito bem para cargas leves. No entanto, para cargas ou tráfego pesado não aguentam, ocorrendo a fratura de suas bordas.

CAUSA DO PROBLEMA

As juntas “macho e fêmea” ou de encaixe de pisos industriais são usadas como articulações intertravadas, mas acabam servindo também como juntas de dilatação. São ainda usadas como juntas de controle intermediário e, normalmente, são construídas com chapas metálicas que ficarão como forma perdida.

Os problemas começam a ocorrer, em plena execução, com o concreto sofrendo aquele efeito de retração durante a sua cura. Este encolhimento pode ocasionar uma junta com abertura maior que a originalmente prevista, a ponto de comprometer seriamente a transferência das cargas entre os pisos. Quando isso acontece, a seção superior da face fêmea da junta fica em balanço e quebrará sob uma carga mais pesada ou de impacto (fig. 1). O tamanho e a forma dos encaixes contribuirão decisivamente para a qualidade final da junta. Os encaixes do lado fêmea, muito longos ou esbeltos, são mais suscetíveis a danos, contribuindo para a fratura deste tipo de articulação.



Junta “macho e fêmea” de um piso industrial totalmente fraturada devido ao excesso de carga em suas bordas.

DE CARA COM O PROBLEMA

Antes de começar qualquer recuperação, convém investigar as muitas possibilidades que acarretaram aquele estado de ruína. A determinação da seção transversal, a idade da junta, seu tipo, as cargas aplicadas, as tolerâncias exigidas para o pavimento e as deformações que ocorrem nos pisos é fundamental para a recuperação destas articulações.

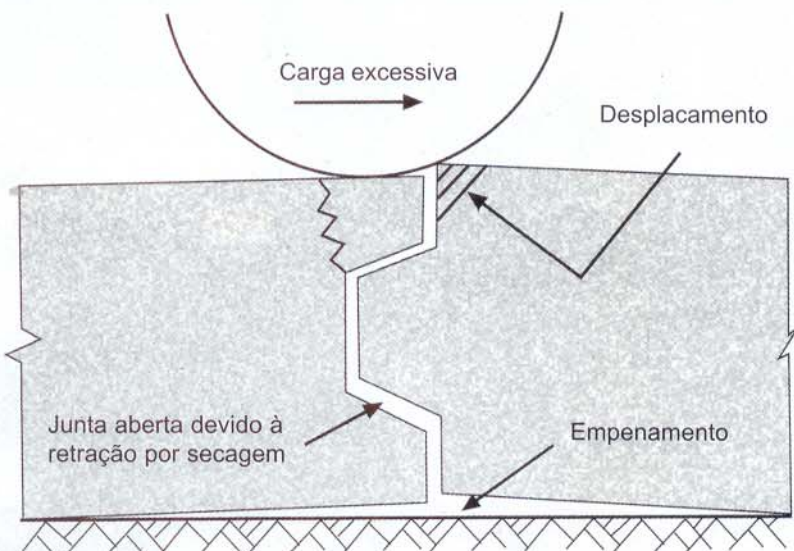
Em qualquer sistema que haja movimento entre juntas, dever-se-á promover a medida da quantidade de abertura. Existem vários métodos para medir tais movimentos a partir da medida de 0,01 mm. O mais indicado é o medidor S.A.T. (vitrine de produtos da RECUPERAR nº 20). Qualquer junta sujeita a tráfego pesado, com qualquer movimento de oscilação ou de abertura que exceda 0,2 mm, deverá ser moldada com graut ausente de retração, tendo atenção para a utilização do agente de colagem.

A ESTABILIZAÇÃO SOB O PISO

Independente da retração no concreto ser diferente nos vários pontos de um mesmo piso, este fenômeno sofre um agravamento adicional pelo fato de que a parte superior da junta seca mais rapidamente que o seu fundo, melhor protegido da variação da umidade e da temperatura. Mudanças de temperatura e umidade têm fundamental importância no grau das deformações dos pisos industriais.

O processo de recuperação da estabilidade de um piso envolve furos alternados em ambos os lados da junta e, como os vazios existentes, sob o pavimento na região das juntas não se afastam tanto desta região, executam-se, em média, com um afastamento de 45cm. O espaçamento entre furos depende do tamanho dos vazios existentes sob o piso, de-

Figura 1: Junta "macho e fêmea" com retração e empenamento



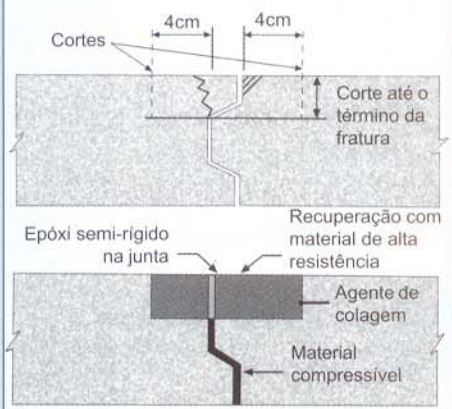
terminado pela passagem de correntes e a auscultação do som característico. O uso do martelo de percussão não é indicado. O injetor metálico é auto-atarrachante, tendo 12mm de diâmetro, para a injeção do graut químico solo estabilizador. O uso de grauts (caldas de cimento) ainda é bastante utilizado, embora seja um material estranho ao terreno. Estes últimos deverão ser totalmente ausentes de retração.

O grauteamento começará em uma das extremidades e se deslocará de furo em furo, em ambos os lados da junta, até que todos os vazios estejam preenchidos. A pressão de injeção deve ser baixa e continuamente monitorada para ver se o graut flui livremente pelo furo adjacente. Caso haja o levantamento do

PREPARAÇÃO DA JUNTA

Após a estabilização do piso, dever-se-á promover a recuperação das bordas da junta. Esta área é determinada baseando-se na extensão dos danos e na tolerância do piso. Se o nivelamento é importante e a deformação colocou o piso fora das tolerâncias, a região a ser recuperada deverá ser estendida até uma zona que corrija o problema como um todo. O ideal é que, antes de executar qualquer medida corretiva, promova-se o exame das regiões que deverão ser frezadas (desbastadas) e daquelas que serão preenchidas, colocando-se o piso dentro da tolerância requerida. A profundidade do corte para a recuperação da articulação pre-

Figura 2: Detalhe da recuperação da junta "macho e fêmea"



piso, o serviço deve ser parado imediatamente e reiniciado no próximo furo. O piso, na região tratada, deve ficar isolado por um mínimo de doze horas antes de ser entregue ao tráfego. Com o graut químico corrige-se também o excesso de umidade que existe sob o piso.

SEGURANÇA É TUDO

O TRAVA QUEDAS É UM EQUIPAMENTO OBRIGATÓRIO



FAX CONSULTA
Nº 215

O que adianta o cinto de segurança se ele não está preso à corda de segurança?

O Trava Quedas permite que o operário fique preso o tempo todo à corda de segurança, em toda movimentação e em qualquer situação.

Invista em qualidade e segurança.



Injetando graut químico.



Procedendo o corte no piso.

cisa estar perfeitamente alinhada com a linha lateral delimitante do macho da junta (ver fig. 2) e deve ser corretamente cortado em ambos os lados da articulação. Uma vez determinada a extensão da região a ser cortada, traçam-se linhas paralelas à articulação, em ambos os lados da junta, para definir a zona de corte. A linha do lado macho tem como afastamento mínimo 40mm a partir da borda da junta pelo seu lado. Pelo lado fêmea terá os mesmos 40 mm, só que contados a partir do término do encaixe macho. O concreto da zona demarcada será removido com o uso de ferramentas manuais ou pneumáticas leves, até 7,5kg (rebarbadores). A parte demolida precisa estar áspera para garantir uma boa aderência ao material de recuperação, assim como nivelada e em esquadro com a superfície. Deve-se tomar cuidado para não quebrar o

encaixe do lado macho. A região cortada deverá ser limpa com escova de aço, retirando-se todos os fragmentos, pó ou quaisquer outros elementos contaminantes. As áreas da obra serão delimitadas com placas e fita zebraada.

A recuperação das juntas

Antes de iniciar a recuperação das regiões cortadas, jateie com ar e insira algum material compressível na abertura da junta abaixo do plano de corte. Caso seja observada qualquer fissura ou trinca no plano definido pelo corte, faça trabalhos de injeção epóxica para monolitizar esta importante região.

Instale a régua mestra ao longo da linha da junta, de modo a definir a abertura da futura junta. Esta régua deverá ser de material

metálico ou plástico, de modo a facilitar a sua futura retirada.

A seguir, aplique um protetor penetrante de base epóxica, caso seja usada argamassa epóxica para o enchimento da região cortada. Caso sejam usados grauts à base de cimento portland, deverá saturar as superfícies por, pelo menos, duas horas de antecedência, aplicando-se a seguir um agente de colagem composto de pasta de cimento aditivada com polímero acrílico ou de estireno butadieno. Uma vez aplicado o agente de colagem, deverá aplicar imediatamente o graut ausente de retração. Caso disponha de uma boa serra, poderá substituir a régua mestra pelo corte posterior à cura do material de preenchimento. Para tanto, antecipadamente, deverá delimitar o alinhamento da junta pelas suas cabeceiras, de modo a facilitar o futuro corte.

Repare que a recuperação da junta assim feita perde o bico da parte fêmea. Nada de machismo. Após a cura do material, será feito o acabamento em concordância com o do piso existente.

Uma vez definida a abertura da junta, após todos os trabalhos anteriores, será aplicado jato de ar ou mesmo aspidador afim de limpar perfeitamente as bordas internas da junta. A seguir, cole fita crepe em ambas as bordas do piso para protegê-lo. O tratamento da junta, obrigatoriamente, deverá ser feito com epóxi semi-rígido, de modo a garantir estanqueidade e estabilidade para as bordas. Fax consulta nº 245.

Referências

- 1 - Carlos Alberto Monge é engº civil, especialista em recuperação.
- 2 - Peter Graig - Concrete Repair Bulletin.

Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc.

Engineers, Architects, Material Scientists

Serviços de Consultoria e Pesquisa

WJJE

A maior empresa de Engenharia Civil Norte Americana especializada em Consultoria e Pesquisa.

FAX CONSULTA Nº 226

PINTURAS COM PROBLEMAS - Parte I

Entenda como e porque ocorrem problemas em serviços de pintura e saiba como resolvê-los.

Carlos Carvalho Rocha



Indiscutivelmente, o mais chato dos problemas em serviços de pintura industrial é achar o porquê da ruína da película aplicada. As permutações e combinações envol-

vidas são enormes quando consideramos a escolha da tinta, os fatores do mecanismo de corrosão (no caso de estruturas metálicas), a preparação da superfície, a aplicação das tintas, as variáveis da formulação da tinta, condições de cura e as variações que ocorrem no ambiente circundante. Por consequência, torna-se difícil identificar, com exatidão, o(s) fator(es) causador(es) envolvido(s) na ruína da pintura. Raramente a ruína de uma pintura é causada por apenas um fator.

TIPOS DE RUÍNA

Os problemas que ocorrem em uma pintura podem ser divididos em dois grupos principais.

Película em estado líquido

Os problemas pertinentes ao estado da película líquida podem ser resumidos no quadro nº 1.

Quadro nº 1
separação de cor (indefinidas) (estrias provocadas pela perda de pigmentos)
separação de pigmento
formação de bolhas na superfície
formação de bolhas no líquido
formação de crateras
fuga da tinta de determinadas áreas
afundamento do pigmento
escorrimento
variações de viscosidade
formação de pele na lata
contaminação sólida (matéria estranha)
pigmento com partículas muito grandes
furinhos ou buraquinhos
auto nivelamento/marcas do rolo
formação de espuma

Película seca

Uma análise rápida evidencia os seguintes problemas relativos à película já curada (quadro nº 2).

Quadro nº 2
fissuras na película (não se vê a superfície)
fissuramento e trincas (onde se vê a superfície)
erosão
descascamento da película
enrugamento
descolamento entre demãos de tinta
descolamento da superfície
ferrugem/corrosão
coloração e descoloração
danos por impactos
danos por abrasão
degradação térmica
perda de brilho
desbotamento ou perda de cor
pulverulência
saponificação

Estes fatores deverão ser analisados interrelacionando-os de modo a se entender o estado de degradação do filme seco (quadro nº 3). A arte de decifrar como e porque ocorre o estado de ruína de uma pintura repousa no ato de uma observação bastante cuidadosa da(s) forma(s) de degradação, inter-relacionando-a(s) com os fatores envolvidos.

DEFEITOS NAS PINTURAS, QUANDO A PELÍCULA ESTÁ EM ESTADO LÍQUIDO

As causas citadas a seguir deverão ser relacionadas ao quadro nº 1 para uma melhor compreensão. No quadro nº 3, as propriedades principais que envolvem A e B referem-se à reologia, a energia superficial e a densidade do líquido.

Quadro nº 3

A	aplicação
B	tensões ocasionadas pelo volume e pela superfície sobre o filme
C	propriedades interfaciais entre o líquido e o substrato
D	processos que ocorrem dentro do filme líquido

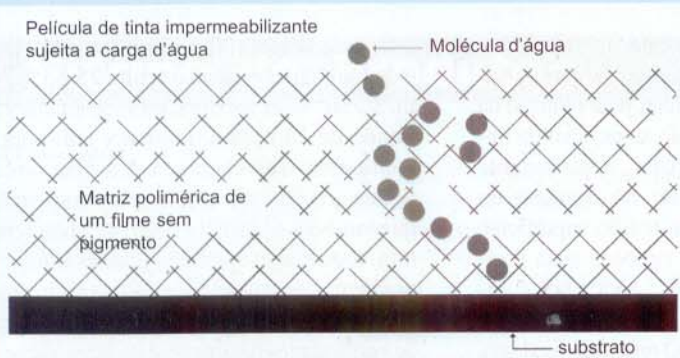
No caso C, reologia e energias interfaciais estão envolvidas, ao passo que em D, energias atuantes na superfície são o motivo principal.

Formação de bolhas

A ocorrência de bolhas em películas de pintura pode ser causada por diversos fatores:

Bolhas produzidas na tinta antes da aplicação

Para esta situação, as bolhas podem ser introduzidas durante o processo de fabricação ou durante a preparação da tinta antes da aplicação. Na pintura por spray, através de bombas airless, a solubilidade do ar (proveniente das bolhas) é apreciavelmente aumentada devido às altas pressões desenvolvidas pela bomba, em média entre 150 e 200kg/cm². A pressão é aliviada na pistola e o ar é liberado dentro da tinta, com formação de milhares de gotas, ou sobre o filme aplicado, ocorrendo a formação de bolhas na película. Em contraste com o sistema convencional de spray a ar comprimido, as bolhas são liberadas na atomização e, portanto, não são carregadas para dentro do filme. As bolhas podem ser detectadas deixando-se verter uma pequena quantidade de tinta sobre um pedaço de vidro colocado na posição vertical. As bolhas podem ser reduzi-



Difusão ativada da água através da matriz do polímero. Moléculas d'água estão forçando seu caminho, ponto a ponto, através do filme, em diferentes cadeias do polímero

das consideravelmente com o uso de anti-espumantes.

Bolhas formadas durante a aplicação

- com rolo ou com escovas especiais de pintura.

Nesta situação, as bolhas são formadas na aplicação do filme exatamente quando o líquido deixa o rolo ou a escova ao se esticar a película. As condições para a formação de bolhas estáveis serão tratadas mais adiante.

- com aplicação de spray

O impacto das milhares de gotas de tinta (spray) sobre a película em estado líquido pode provocar bolhas, formando crateras, na superfície. Frequentemente, costumam ocorrer bolhas relativamente grandes que definirão crateras abaixo das mesmas. Esta particularidade pode ser vista através da técnica da fotografia de alta velocidade, onde

se observa a penetração de ar com formação da bolha.

Defeitos superficiais

Como foi mencionado anteriormente, a tinta recém aplicada na superfície é dinâmica e a tensão superficial não funciona como fator de equilíbrio e sim dependente do tempo e controlada pelo espalhamento do líquido. Adicionalmente, estas forças superficiais são, algumas vezes, mais importantes do que as forças pertinentes à viscosidade e à inércia do filme. Conseqüentemente, existem gradientes de tensão superficial resultante do fluxo do líquido. Apresentamos alguns dos defeitos superficiais mais comuns que freqüentemente ocorrem:

- formação da chamada "pele de laranja" São reentrâncias superficiais que cobrem a película da pintura, sendo usualmente associ-

adas a tintas que secam pela evaporação do solvente, aplicadas por spray. A estrutura da "pele de laranja" se deve a:

- aplicação imprópria do spray, isto é, a pistola está muito próxima à superfície ou às bolhas de tinta, que formam o spray, chegam secas à superfície.
- atomização incorreta da tinta.
- veículo (resina) disperso incorretamente.
- viscosidade excessiva.
- excessiva evaporação do solvente, naturalmente associado a alta temperatura, grande velocidade do vento, etc.
- dosagem inadequada do solvente.

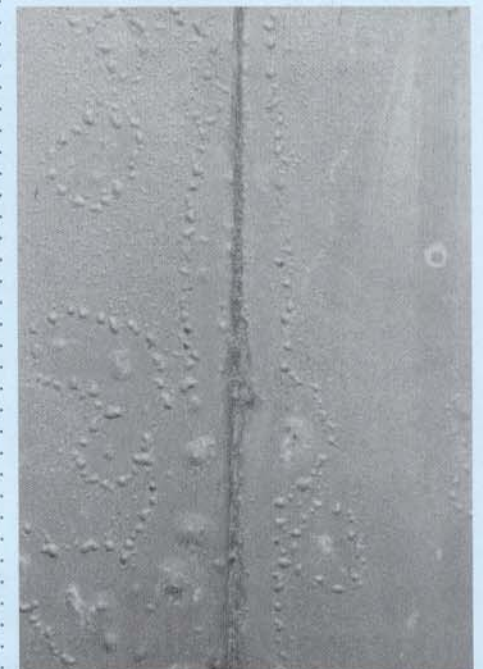
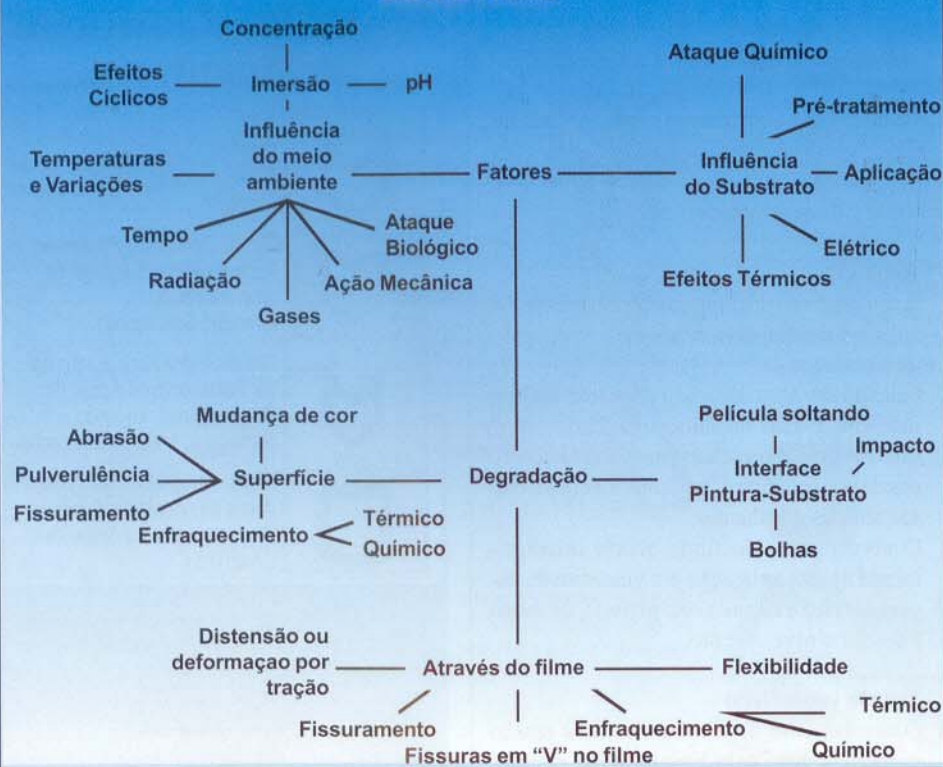
O fenômeno da "pele de laranja" pode ser reduzido adicionando-se solvente com baixa taxa de evaporação e/ou com a adição de um efetivo surfactante, por exemplo o metil-silicone.

Formação de crateras

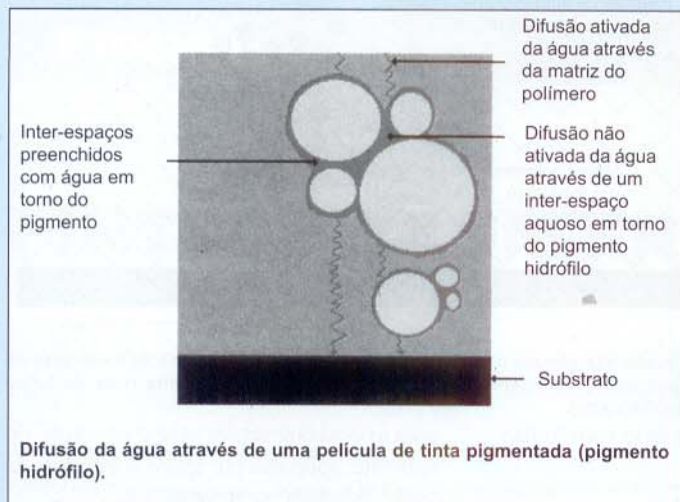
Crateras são pequenos buracos ou depressões na pintura, produzidas por um contaminante ativo da superfície. Podem ser formadas por:

- substratos inadequadamente molhados.

Figura 1 - RELAÇÃO ENTRE FATORES ENVOLVIDOS NA DEGRADAÇÃO DE UM FILME



Bolhas em torno de um risco, feito para corte, com discretos pontos com corrosão.

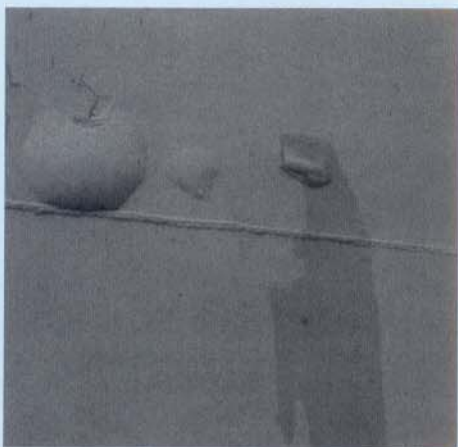


- bolhas que tenham estourado sem o conseqüente nivelamento do filme.
- pelo rápido espalhamento da tinta, ainda na fase líquida, de modo isolado e descontínuo.

O mecanismo mais freqüente de formação de crateras acontece no último item exposto acima, através de um líquido com baixa tensão superficial. Contaminantes com alta tensão superficial não causarão formação de crateras. Uma vez mais gradientes de tensão superficial são formados fazendo com que o líquido flua para áreas de alta tensão superficial, isto é, longe das substâncias contaminantes de baixa tensão superficial.

Crateras também ocorrem quando se misturam, indevidamente, tintas com dois componentes, por exemplo, epóxis e uretanos. Elimina-se a probabilidade de surgirem crateras, permitindo-se que a mistura dos dois componentes pré-reaça. Para evitar a formação de crateras dever-se-á eliminar a fonte externa de contaminação.

Se as crateras são produzidas pela própria tinta ou pela aplicação, reduza sua forma de espa-



Bolhas na superfície externa de um tanque produzidas por gradiente térmico. Dentro, o líquido armazenado é mais frio que o ar externo que é quente e úmido.

lhamento, intervindo nos gradientes de tensão superficial, pela redução da tensão superficial da tinta. Aqui, o surfactante precisa, não somente ter baixa tensão superficial, mas também baixa pressão de vapor e boa compatibilidade com o sistema. O resultado final será bastante positivo se a tensão superficial e o parâmetro solubilidade estiverem bem sintonizados. Quando a superfície a ser pintada estiver contaminada, a tinta não conse-

Linha de bolhas

Quando a tinta forma um grande ângulo de contato com o substrato, há a contração do filme molhado em forma de gotas, ocorrendo crateras, ilhas ou furos através dos quais o substrato tornar-se-á visível. A medida do substrato exposto é da ordem de 1mm.

Fuga da tinta

Tendência do filme, quando em estado ainda molhado, "fugir" ou "escapar" de determinadas áreas, ou simplesmente não molhar estas áreas (com alta tensão superficial), deixando-as limpas. Os materiais que causam este grande problema são a água, óleos, graxas, silicões, agentes de desformação e produtos de polimento.

Relação entre os defeitos apresentados

Os defeitos que ocorrem em pinturas ainda em estado líquido estão relacionados com a viscosidade, elasticidade e a tensão superficial da tinta e de seus componentes.

Reologia

A aplicação de uma pintura com baixa viscosidade é comparativamente melhor do que a de alta viscosidade. As tensões cizalhantes na película são altas durante a aplicação e extremamente baixas no filme aplicado. Logo, a tinta deverá ser projetada para ter características de película fina e, portanto, sujeitas a baixas tensões cizalhantes.

O nivelamento do filme ocorre imediatamente após a aplicação e a viscosidade deverá ser baixa durante este período, de modo a ajudar o nivelamento.

Tensão superficial

O nivelamento do filme é devido à tensão superficial que, para a maioria das resinas,

está situada entre 30 e 45mN/m (dyna/cm) e dos solventes orgânicos entre 25 e 35mN/m. Surfactantes têm tensões superficiais variando de 18 a 25 e, portanto, tem pouco efeito sobre o nivelamento. A tensão superficial varia com a concentração do solvente que também é bastante sensível à temperatura, logo sua evaporação pode conduzir a gradientes de tensão superficial originando grandes células de convecção. A presença de surfactantes diminuirá esta dependência de concentração e, portanto, reduzirá os gradientes de tensão superficial. Saturando-se, de maneira rápida, a superfície com surfactantes, também diminuirá a elasticidade da superfície e, portanto, impedirá a formação de espuma.

Nas próximas edições apresentaremos os problemas que ocorrem em pinturas, após a secagem do filme aplicado. Fax consulta nº 246.

Referências

- 1 - Carlos Carvalho Rocha é engenheiro civil, especialista em serviços de recuperação.
- 2 - JPCL - "Failure Analysis of Coatings"
- 3 - Kornun, L.O. "Surface Defects in Drying Paint Films"
- 4 - Van der Eynde "Moisture and Temperature Induced Stresses in Organic Coatings"

UNIONTECH®

Juntas Pré-fabricadas de Neoprene

	Prédios, Painéis Estruturas, Aeroportos Fissuras
	Pontes, Viadutos, Passarelas, Juntas sujeitas a tráfego de empilhadeiras, Grandes Solicitações
	Canais Hidráulicos, Estações de Tratamento de Água, Reservatórios, Irrigação, Barragens, Impermeabilizações
	Pisos, Aeroportos, Hospitais, Áreas de pedestres, Parques, Pisos de pedras ornamentais, Cerâmicas.

Fone: (011) 278-4234

Fone/Fax: (011) 279-7944

REFORÇANDO COM O FIBROCARBON-E

Esta técnica simplifica aquela mão-de-obra adicional e cara, além de dar a rapidez necessária para este importante serviço.

Joaquim Rodrigues



O reforço estrutural com Fibrocarbon-E, sem dúvida alguma, é a otimização de todas as técnicas existentes, já que reúne qualidades importantes como a rapidez na execução, mínimo de mão de obra, ausência de inconvenientes para o cliente e obtenção de altas resistências no período de 4 a 5 horas.

Usada há muitos anos no Japão, a técnica do Fibrocarbon-E, atualmente, é a que mais se aplica nos EUA. Basicamente, é feita aderindo-se a manta de fibra de carbono em uma matriz epóxica especial sobre a superfície da estrutura previamente preparada.

O reforço com Fibrocarbon-E é conseguido através da transferência da alta capacidade de carga à tração da fibra de carbono para a estrutura, da mesma forma que a armadura tradicional para o concreto armado. A forma como o Fibrocarbon-E atua, aumentando a capacidade de carga à tração e reforçando a peça estrutural à flexão, cisalhamento e compressão, dependerá do posicionamento da manta ou, propriamente, de sua orientação. Para reforçar uma viga à flexão, por exemplo, o Fibrocarbon-E será aplicado à face tracionada da peça, de modo que as fibras longitudinais da manta fiquem dispostas de forma paralela ao eixo da peça do mesmo modo que as armaduras principais. Para aumentarmos a resistência ao cisalhamento de uma viga, o Fibrocarbon-E será aplicado na zona de esforços cortantes, de modo que as fibras longitudinais da manta formem um ângulo de pelo menos 45° com as armaduras principais da peça, do mesmo modo que os estribos convencionais posicionados nesta



A aplicação do Fibrocarbon-E num fundo de laje...



e em vigas.

EPT

EPT - ENGENHARIA E PESQUISAS TECNOLÓGICAS S.A.

RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS

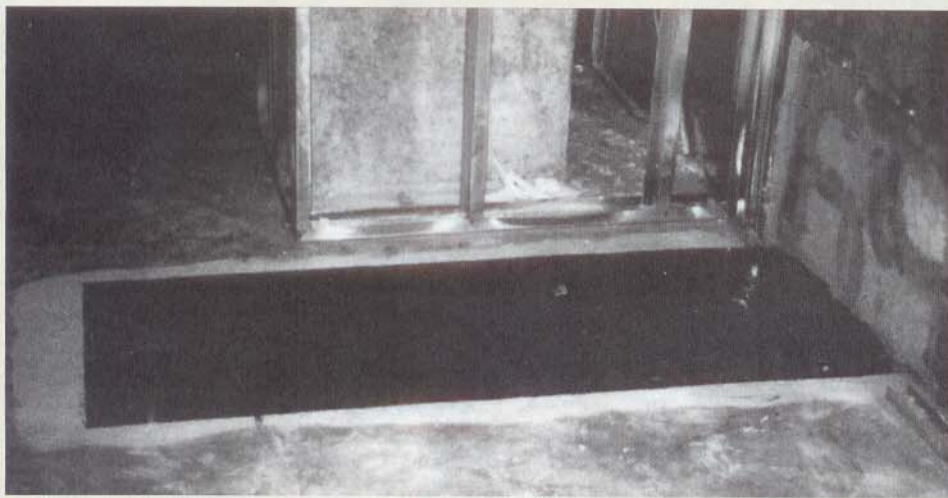
REFORÇO ESTRUTURAL
CONCRETO PROJETADO
INJEÇÃO DE POLIURETANO CONTRA VAZAMENTOS
IMPERMEABILIZAÇÕES
PROTEÇÃO CATÓDICA COM PINTURA ENERGIZANTE

SÃO PAULO

TEL.: (011) 873-3399 / FAX: (011) 262-5411

RIO GRANDE DO SUL

TEL.: (051) 342-7766 / FAX: (051) 342-7642



Reforço negativo em laje e topo de viga com o Fibrocarbon-E.

região. Para aumentarmos a resistência à compressão de um pilar, o Fibrocarbon-E deverá ser posicionado circunferencialmente, de forma a contribuir para o aumento da capacidade de confinamento da peça. Da mesma forma que em vigas e pilares, o Fibrocarbon-E reforça lajes, paredes, tubulações de concreto, túneis, silos e tanques. Dentre as características que tornam o Fibrocarbon-E bastante atrativo em relação aos métodos tradicionais de reforço, são sua alta resistência à tração (sete vezes superior à do aço), ausência de sobrecarga, proteção contra a corrosão e adaptação a qualquer configuração das peças estruturais. Este moderno tipo de reforço também nada

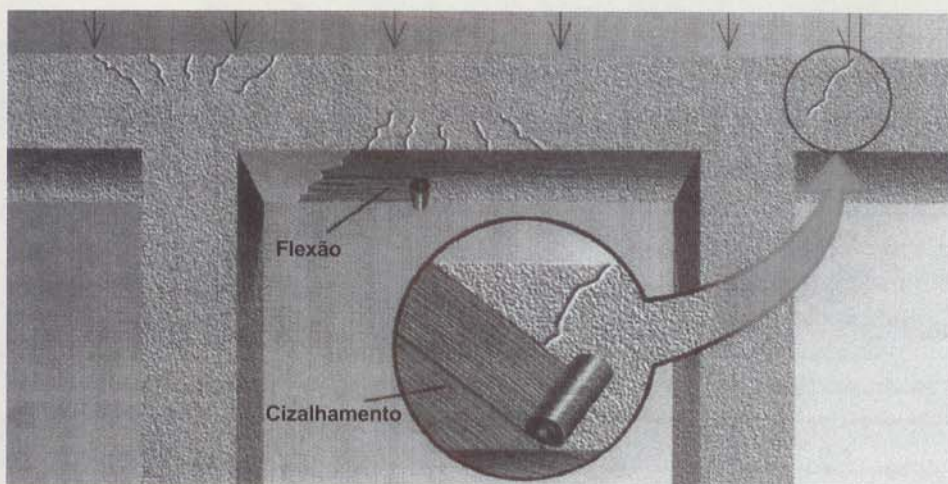
acrescenta à seção final da peça estrutural, podendo ser orientado facilmente, de modo a promover um reforço preferencial para uma determinada direção. Em contraste com os métodos tradicionais o reforço, como o encamisamento metálico, o aumento da seção com armaduras e concreto projetado, protensão externa ou a diminuição do vão a técnica do Fibrocarbon-E é fácil, rápida de executar e, o mais importante, oferece resultados quase que imediatos.

Materiais Constituintes

Duas são as formas de venda da fibra de carbono que compõe o Fibrocarbon-E:

Comparação quantitativa entre o aço e a fibra de carbono utilizada na técnica do Fibrocarbon-E

Parâmetro	Aço CA 60 - ASTM a 615	Fibra de carbono
Densidade (kg/m)	7850	1800
Resistência à tração (MPa)	620	3800
Módulo à tração (Gpa)	200	227
Deformação na rutura (%)	12	1,7



Detalhamento teórico do reforço em vigas para flexão e cortante com Fibrocarbon-E.

- Em forma de tiras (feixes com uma grande quantidade de fibras) dispendo "cabos" de fibras unidirecionais e paralelos.
- Na forma de manta, com 50cm de largura, sendo vendida em rolos com 100m. Neste caso, os "cabos" de fibras são dispostos em ambas as direções.

A formatação do material modifica a taxa de saturação ou, melhor dizendo, a facilidade com que as resinas "molham" as fibras. A título comparativo, apresentamos abaixo uma tabela que evidencia, quantitativamente, as diferenças entre a fibra de carbono e o tradicional aço CA 60.

As propriedades mecânicas da fibra de carbono e sua baixa suscetibilidade à maioria das condições ambientais, realmente, fazem desta "armadura" a melhor opção para serviços de reforço estrutural e, porque não dizer, função das pesquisas em andamento, o "aço" do futuro. Seu módulo à tração é superior ao do aço CA 60 e também as das poucas conhecidas fibras E-Glass e Kevlar (aramida).

A função da resina ou do material da matriz na técnica do Fibrocarbon-E para reforço de estruturas é transferir a carga do elemento estrutural e distribuí-la entre as

RECONCRET

- RECUPERAÇÃO E REFORÇOS ESTRUTURAIS
- CONCRETO PROJETADO
- TRATAMENTO DE CONCRETO APARENTE
- REVESTIMENTOS ESPECIAIS

FONE:
(011) 210-3787

RECONCRET ENGENHARIA DE RECUPERAÇÕES E ESTRUTURAS
AV. EUZÉBIO MATOSO, 422 • CEP 05423-000
FAX 813-8527 • SÃO PAULO/SP

Comparação Quantitativa entre Resinas Aplicadas na Técnica do Fibrocarbon-E*

Parâmetros	Poliéster Isoftálico (Cura efetuada na fábrica)	Éster Vinílico (Cura efetuada na fábrica)	Epóxi (Cura com adição de temperatura no campo)	Epóxi (Cura a temperatura ambiente no campo)
Resistência à tração	Baixa a moderada	moderada	moderada a alta	moderada a alta
Módulo à tração	baixo a moderado	moderado/alto	moderado a alto	moderado
Deformação para rutura lenta	baixa	baixa/moderada	moderada a alta	moderada a alta
Flexibilidade	baixa	baixa	moderada	moderada
Resistência à fluência	alta	alta	moderada	moderada
Resistência à fratura	baixa	baixa/moderada	moderada	moderada
Resistência a impacto	baixa	baixa/moderada	moderada	moderada
Estabilidade ao calor	baixa a moderada	moderada	moderada	moderada
Resistência à umidade	moderada	moderada	moderada a alta	moderada a alta
Resistência a álcalis	baixa a moderada	moderada	alta	alta
Resistência a UV	baixa	baixa	baixa	baixa
Custo	baixo	moderado	moderado	moderado

* As informações acima referem-se às resinas de maior uso e ausentes de qualquer fibra. Existem exceções, pois podem ser adicionados aditivos que melhoram a performance relativa a determinado ambiente.

milhares de fibras. A resina tem também o papel de manter as fibras alinhadas e protegidas do meio ambiente, fazendo assim o seu papel de "concreto". O epóxi é a resina predominante na técnica do Fibrocarbon-E. Utilizam-se também as resinas de poliéster isoftálico e a estervinilica, numa escala bem menor, exatamente pelas suas limitações e também pelo desenvolvimento

de uma linha de epóxios especiais, própria para a estruturação das fibras. Para efeito comparativo, apresentamos acima uma avaliação quantitativa das propriedades dessas resinas.

A resina de poliéster isoftálico é mais barata que as demais. No entanto, apresenta propriedades inferiores, além do que, durante a cura, desenvolve um grande processo de retração. A resina estervinilica apresenta o mesmo inconveniente citado para a de poliéster. Do

epóxi todos conhecemos um pouco de suas propriedades mecânicas, assim como sua excelente característica de adesão. Uma particularidade interessante é que o epóxi não se encaixa no tipo de resina que se solubiliza com estireno, como é o caso das duas anteriores. Exatamente pelo fato do uso frequente de epóxi no sistema do Fibrocarbon-E é que nesta marca registrada tem a terminação E. Nos EUA, a resina estervinilica é conhecida como vinil



O reforço de um pilar redondo.

Riscos imediatos de desabamentos em túneis, minas e estruturas de concreto. Livre-se dos furos com os atirantamentos tradicionais.

Pense rápido! Injete

POLI ROCK

Reforço estrutural de altíssima resistência. 100Mpa em apenas 6 minutos. Fácil, Injete e Pronto. PoliRock é insensível à água.

FAY CONSULTA Nº 176



Um trecho de laje sendo reforçada.

éster. Logo, a terminação E do Fibrocarbon-E fica ausente de dúvida.

O Fibrocarbon-E, como vimos, é a interligação entre fibras de carbono e resina. Por essa razão, para qualquer estudo da performance do sistema, deverá-se considerar seu efeito combinado. Para o caso de termos um reforço a ser executado, por exemplo, em uma fábrica de produtos químicos, deverá-se fazer a adequação do epóxi à substância específica de ataque, dando-lhe características de resistência. Percebe-se então, a flexibilidade do sistema.

Métodos de aplicação

Há diversas formas de executar a técnica do Fibrocarbon-E, que após a aplicação dificilmente poder-se-á distinguir o modelo aplicado. Podemos distinguir quatro formas de aplicação, colocando-as em ordem crescente de adaptabilidade à estrutura existente.

Chapa rígida

Este procedimento de aplicação é semelhante ao método de reforço da chapa de aço colada (e aparafusada). Prepara-se uma determinada quantidade de Fibrocarbon-E, previamente, sobre um determinado plano ou mesa. Após a devida cura, corta-se na largura e comprimento adequados à solicitação da peça estrutural a ser reforçada, fixando-a com um epóxi especial, após a devida preparação da superfície.

Jaqueta pré-fabricada

Esta técnica prepara o tubo de Fibrocarbon-E, seja redondo, quadrado ou retangular, em pequeno ou grande diâmetro, curando-o na própria fábrica, obedecendo-se rigorosamente às medidas do pilar estrutural a ser reforçado. Com uma abertura longitudinal, estrategicamente separada, as jaquetas são então posicionadas e aplicadas no pilar a ser reforçado, envol-



O início do serviço de reforço de um pilar.

vendo-o, naturalmente, com as superfícies previamente preparadas. O sistema de fixação será com colagem, posicionando-se cintos especiais, pinos ou grampos durante o processo de cura da resina. Durante a fixação, deve-se prevenir que a resina escorra.

“Cabo” envolvido

Nesta técnica o Fibrocarbon-E é preparado através de um “cabo” de fibra de carbono mecanicamente aplicado em torno da peça estrutural, após saturado de resina. A saturação com resina poderá ser feita na própria obra ou então solicitar-se o “cabo” já pré-impregnado de fábrica.

Sanduiche

Trata-se da forma tradicional de aplicar o Fibrocarbon-E. A fibra de carbono poderá ser fornecida em tiras ou em forma de manta, com 50cm de largura. Após a devida preparação da superfície, aplica-se a resina, a fibra e a resina novamente. Já há equipamento, no caso de obras importantes, que aplicam

REFORÇO ESTRUTURAL COM INJEÇÃO DE EPÓXI?

- *Modernos injetores de plástico. R\$ 0,80 a unidade.*
- *Bomba elétrica para serviços de injeção com tanques para componentes A e B separados, em aço inox, além de tanque para o solvente.*
Medição automática do material injetado. Os materiais entram em contato imediatamente antes da entrada no injetor. Aceita misturas de 1:1 à 4:1. É o fim das perdas de material. É o equipamento de injeção mais moderno nos EUA. Apenas R\$ 3.995,00
- *Epóxi semi-rígido, dois componentes, insensível a umidade, para uso onde se requer alta resistência com algum alongamento. R\$ 22,00 o quilo.*
- *Brocas com dispositivo para sucção de ar ou adaptação para água. R\$ 30,00 a unidade.*



POXY
INDUSTRIES, INC.

Fax Consulta nº 252

a fibra mecanicamente. Caso haja necessidade de correção do substrato com epóxi de regularização, posteriormente dever-se-á dar condições de aderência, lixando, por exemplo, a superfície.

A escolha do sistema de Fibrocarbon-E

Apesar do leque de métodos acima descritos oferecerem alternativas interessantes para a solução do problema, é inquestionável a frequência da técnica do sanduíche para aplicar-se o Fibrocarbon-E. Por vezes, a quantidade de reforço ou seção de "aço" a ser incorporada é tamanha que, aliado à falta de condições para se preparar o sistema de sanduíches sucessivos e o pouco tempo disponível, torna-se mais adequado encomendar um sistema "já pronto".

O fato de podermos escolher antecipadamente o tipo de resina para o ambiente da estrutura

(aspecto durabilidade), aliado à grandiosa redução dos custos de instalação, à ausência de corrosão futura nas "armaduras" de reforço e à resposta quase que imediata da estrutura tratada dão à empresa de recuperação uma multiplicidade de ganhos até então ausente de critérios tão positivos e benéficos. O quadro de opiniões entre os principais especialistas nos EUA, França e Alemanha, mostra que o uso da fibra de carbono em uma matriz inúmeras vezes superior ao tradicional cimento portland apenas começa a ter expressão, traduzindo mesmo de forma tão prematura, a versatilidade do potencial do Fibrocarbon-E. Fax consulta nº 253.

Referências

1 - Joaquim Rodrigues é Engº Civil, membro de diversos institutos, nos EUA, em assuntos de patologia da construção. É editor e diretor da RECUPERAR, além de consultor técnico de diversas empresas.

- 2 - ACI Committee 440, 1996. "State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Plastic Reinforcement for Concrete Structures", ACI 440R-96, American Concrete Institute, Detroit.
- 3 - Alexander, J.G.S. and Cheng, J.J.R. 1996. "Field Application and Studies of Using CFRP Sheets to Strengthen Concrete Bridge Girders", Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Proceedings of the Second International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Montreal.
- 4 - Composites Worldwide, Inc. 1997. Composites News: Infrastructure 70.
- 5 - Malek, A.M., and Saadamanesh, H. 1996, "Physical and Mechanical Properties of Typical Fibers and Resins", Fiber Composites in Infrastructure, Proceedings of the First International Conference on Composites in Infrastructure, Tuscon.
- 6 - Owens-Corning Fiberglass Corporation. 1993. S-2 Glass Fiber: Enhanced Properties for Demanding Applications.
- 7 - Soudki, K.A., and Green, M.F. 1996. "Performance of CFRP Retrofitted Concrete Columns at Low Temperatures", Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Proceedings of the Second International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Montreal.

TINTAS E PINTURAS ESPECIAIS?

Solicite um representante ou ligue para conhecer nossa linha de tintas para a área Industrial e para a Construção Civil. Fabricamos tintas sob encomenda segundo as normas Americanas e Européias.

- APOLLOPOXI (EPÓXI)
- ACRIOBRIL (ACRÍLICO EM SOLUÇÃO)
- APOLLIDUR (POLIURETANO)
- APOLLIT (SILICONE)
- APOLLOCRIL (EMULSÃO)

Tels.: (021) 796-1951 / 796-4633 / Fax: (021) 796-3664



TINTAS APOLLO