

Amarrações químicas à posteriori de varões nervurados



Igor Oliveira¹

RESUMO

Nos últimos anos, tem vindo a ser aplicado pela Hilti em todo o mundo um sistema completo de injeção de químicos, permitindo à posteriori e por meio de varões nervurados, amarrar estruturalmente novas betonagens a betão armado já existente [1]. Para efeitos de dimensionamento, estes varões nervurados pós-instalados podem ser considerados como betonados in-situ. Por essa razão, todos os detalhes respeitantes ao cálculo deverão estar de acordo com as normas correntes de betão armado (EC2, ACI-318, etc.). Nas situações onde estas normas não possam ser aplicadas, a teoria de ancoragem deverá ser utilizada. Em qualquer dos casos e por limitações funcionais da própria aplicação, apenas poderão ser utilizadas amarrações rectilíneas.

Nas amarrações de varões in-situ, as diferentes normativas de betão armado assumem uma importância variável para cada um dos vários parâmetros de análise obrigatória: o diâmetro do varão, a classe do aço, a posição de varões durante a betonagem, o recobrimento e/ou o afastamento entre varões, a armadura transversal e a classe de betão. Das várias normas existentes, duas se destacam: EC2 e ACI 318. Ambas calculam a amarração dos varões fazendo intervir, explicitamente, cada um dos parâmetros acima destacados.

A aprovação ETA – de acordo com o EOTA TR023 [2] – veio permitir quase sem reservas o dimensionamento de varões nervurados para instalação à posteriori com resinas químicas Hilti, de acordo com o EC2.

A Hilti AG, em parceria com a Universidade Técnica de Estugarda, efectuou estudos detalhados para determinar a adaptação das expressões e normas do ACI-318 [3]. Estas normas que se aplicavam originalmente a ligações aço/betão foram posteriormente estendidas para normalizar ligações de aço/resina/betão. Estes estudos, foram igualmente apoiados na ETAG (2001), tendo sido posteriormente confirmados experimentalmente para a família de químicos Hilti.

Como em qualquer outra aplicação por meio de químico, a performance deste tipo de ligações está dependente do respeito pelo correcto processo de instalação definido pelo fabricante. As condições de perfuração, limpeza do material base e injeção devem ser realizadas de acordo com as especificações do produto. Para simplificar este método de ligação, a Hilti disponibiliza um sistema completo para uma fácil e segura aplicação do produto e garante a formação necessária ao aplicador.

PALAVRAS-CHAVE Amarrações químicas, resina química, EC2, EOTA TR023

¹ Hilti Portugal, Departamento de Engenharia, 4461-901 Matosinhos, Portugal. pedro.oliveira@hilti.com

1. INTRODUÇÃO

Juntas construtivas em estruturas de betão armado são uma tarefa rotineira em obra, sendo a continuidade das armaduras efectuada normalmente através de sobreposições. Em casos especiais, onde estas sobreposições não são possíveis ou convenientes, os acopladores mecânicos são uma alternativa. A soldadura, outro método de ligação de armaduras mas de utilização pouco recomendada, é utilizada somente em ocasiões especiais pelos problemas que podem surgir com a fusão dos materiais, especialmente nos varões de elevada resistência.

Por outro lado, a necessidade de efectuar reforços estruturais e de reabilitar estruturas existentes tem aumentado consideravelmente, o que tem levado à introdução de métodos construtivos mais inovadores e sofisticados. Nesse contexto, o sector da construção tem exigido cada vez mais sistemas que, sem perda de fiabilidade, permitam de uma forma fácil e sem necessidade de conhecimentos teóricos específicos, efectuar a correcta instalação de armaduras à posteriori.

A Hilti providencia um sistema de injeção químico completo, que permite à posteriori uma instalação fácil de varões nervurados [1]. Este sistema possui já inúmeras aprovações Europeias [2] [4] [5] [6] e tem dado provas de alta fiabilidade, sendo que com este sistema, os varões são considerados como betonados in-situ.

2. DIMENSIONAMENTO DE AMARRAÇÕES QUÍMICAS DE VARÕES NERVURADOS INSTALADOS À POSTERIORI: ANCORAGENS E SOBREPOSIÇÕES

2.1 Normas de Cálculo

Ligações estruturais com armaduras instaladas à posteriori podem ser dimensionadas de acordo com várias normas nacionais ou internacionais. As ligações estruturais efectuadas à posteriori com resina química Hilti podem ser dimensionadas de acordo com dois métodos: Eurocódigo 2 (EC2 EN 1992-1-1:2004) e a Norma Americana (ACI 318)

2.1.1 Dimensionamento de acordo com abordagem EC2/ETA

O novo artigo técnico EOTA – TR 023 (*“Assessment of post-installed rebar connections”*) estabelece um método para qualificar resinas químicas de acordo com o EC2. As resinas químicas devem obedecer a um diagrama-escada para diferentes classes de betão (Figura 1). Os testes realizados de acordo com o TR 023 demonstram que resinas químicas podem desenvolver os mesmos valores de cálculo para a tensão de aderência e com os mesmos coeficientes de segurança que varões pré-betonados de acordo com EC2 [2]. Estes valores são válidos para as condições mais desfavoráveis de instalação: recobrimento mínimo, espaçamento mínimo e armadura transversal mínima.

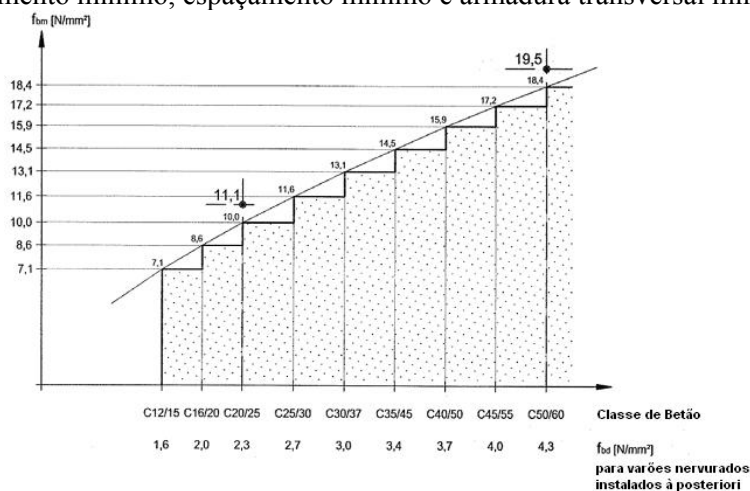


Figura 1. Resinas químicas sem limitações segundo EOTA TR023

Na Figura 1 é apresentada uma comparação entre a tensão de aderência mínima f_{bm} (eixo das ordenadas) que as resinas químicas devem atingir para, de acordo com EOTA TR 023, se equivalerem aos valores de f_{bd} (eixo das abcissas).

Uma aprovação ETA respeitante à EOTA TR023 permite um dimensionamento de acordo com EC2. São contudo excluídos os dimensionamentos sujeitos à acção do fogo e solicitações dinâmicas (cargas cíclicas, sísmicas, etc.). Esta aprovação atesta que os sistemas aprovados são robustos e duradouros. A aprovação testa influências derivadas de má limpeza, furos molhados, fluência, gelo/degelo, durabilidade, resistência à corrosão e posicionamento da instalação [2].

Os varões nervurados instalados à posteriori com este tipo de resinas serão dimensionados como varões rectos pré-betonados. Os pormenores construtivos básicos do EC2 – recobrimento de betão, espaçamento entre varões, armadura de esforço transversal – deverão ser assegurados.

Simultaneamente deverão ser assegurados pormenores construtivos adicionais [2]:

- Para prevenir danificar o betão durante a perfuração, deve ser assegurado um recobrimento mínimo do varão a instalar c_{min} , dependendo da profundidade de embebedimento do varão l_v :

$$c_{min} = 30 + 0.06l_v \geq 2d_s \text{ (mm) para perfuração com broca, com } d_s = \text{diâmetro do varão}$$

$$c_{min} = 50 + 0.08l_v \geq 2d_s \text{ (mm) para perfuração com ar comprimido}$$

Os factores 0.06 e 0.08 têm em consideração possíveis desvios durante o processo de perfuração. Este valor pode ser reduzido se forem utilizados dispositivos especiais que garantam uma estabilidade no posicionamento do sistema de perfuração

- Espaçamento mínimo entre varões de $a = 40 \text{ mm} \geq 4d_s$
- Para ter em conta diferentes comportamentos dos varões instalados à posteriori e dos varões pré-betonados em betão fendilhado, como regra geral, o comprimento de amarração $l_{b,min}$ e $l_{0,min}$ definido no EC2 para ancoragens e sobreposições, deve ser aumentado com um factor 1.5. Este aumento pode ser desprezado se for provado que a tensão de aderência do varão nervurado instalado à posteriori e a tensão de aderência do varão pré-instalado em betão fendilhado ($w = 0,3 \text{ mm}$) são similares. Neste caso, a influência de abertura de fendas (testes de movimentação de fendas) pode ser negligenciada dado que, existindo vários varões presentes, nem todos os varões irão estar situados na fenda longitudinal.

2.1.2 Dimensionamento de acordo com abordagem Hilti/ACI 318-08

A análise realizada pelo Departamento de Investigação e Desenvolvimento da Hilti AG teve por base uma possível ampliação das expressões da norma norte-americana ACI-318, que calcula a amarração dos varões nervurados às resinas químicas Hilti. Pelo estudo realizado, corroborado pelos diversos testes efectuados, é possível analisar de um modo seguro e garantir a amarração à posteriori de varões nervurados usando as resinas Hilti HIT-RE 500 e HIT-HY 150, baseado no ACI-318 e ampliado mediante suporte experimental [7].

2.2 Modelo de escoras e tirantes

De forma a poder avaliar a transmissão de esforço em elementos de betão armado poderá ser utilizado o modelo de escoras e tirantes. Quando existe uma distribuição não linear de extensões (por exemplo, apoios, na vizinhança de cargas concentradas), podem utilizar-se modelos de escoras e tirantes [8].

A resistência à tracção do betão é bastante reduzida quando comparada com a sua resistência à compressão. Devido a este facto as forças de tracção são atribuídas à armadura existente no elemento de betão armado. As armaduras devem ser devidamente amarradas nos nós [9].

2.3 Junta Rugosa

No modelo de escoras e tirantes, as forças de corte derivam da escora de compressão inclinada que atravessa a junta de betonagem entre betões de diferentes idades. Desse modo é necessária uma junta rugosa para providenciar coesão e fricção suficientes entre os dois elementos e para promover a transferência de esforços transversos.

A junta rugosa deverá ter um mínimo de rugosidade de 3 mm ($R_t > 3$ mm) obtida por meios de raspagem, de jacto de água, ar ou areia, ou por meio de quaisquer outros métodos de que resulte um comportamento equivalente [10].

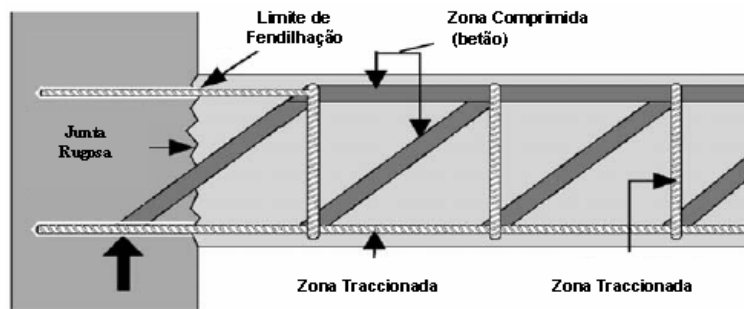


Figura 2. Modelo de escoras e tirantes e junta rugosa

2.4 Tipos de amarração

2.4.1 Ancoragens

A armadura é ancorada em zonas onde já não é necessária. Estas situações podem ocorrer:

- quando a força de tracção (modelo de escoras e tirantes) é anulada (ex. apoio)
- para amarrações de varões
- para varões à compressão

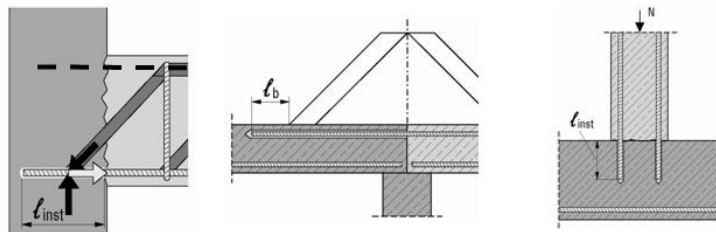


Figura 3: exemplos de ancoragens: apoio, amarração de varão, varões à compressão

2.4.2 Sobreposições

Sobreposições são utilizadas para assegurar a continuidade dos tirantes do modelo de escoras e tirantes. A carga é transmitida entre varões através das escoras do betão, assumidas a 45°. O valor de cálculo da tensão de aderência é limitado a um valor que depende das características da superfície da armadura, da resistência à tracção do betão e da cintagem do betão envolvente. Este depende do recobrimento, das armaduras transversais e da pressão transversal [11].

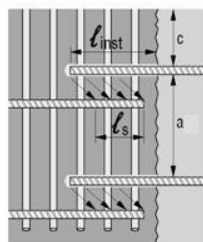


Figura 4. Sobreposição

2.4.3 Casos não previstos no EC2

Nas situações onde não se podem aplicar as normas de betão armado relativas a ancoragens ou sobreposições, aplica-se a teoria de ancoragem Hilti. A teoria de ancoragem Hilti é detalhada nos manuais Hilti [12] para fixações e baseia-se nos respectivos Guias de Aprovações Técnicas Europeias (ETAG) para ancoragens [13].

2.6 Modos de falha ou rotura

2.6.1 Introdução

A capacidade de carga de um varão nervurado instalado à posteriori depende, em primeiro lugar, das características do betão e dos modos de falha (rotura) aplicáveis ao tipo de ligação. Poderão ser considerados quatro modos de falha que devem ser analisados em função do modelo que consideramos: cedência do aço, cedência por cone de betão, cedência por arranque (cedência da aderência entre o varão/químico e químico/betão) e falha por fendilhação (“splitting”).

2.6.2 Cedência do Aço

A cedência do aço ocorre quando a tensão de tracção instalada no varão nervurado ultrapassa a tensão de cedência do mesmo. A força de cedência está intrinsecamente ligada com a classe do aço (tensão de cedência) e a secção do varão.

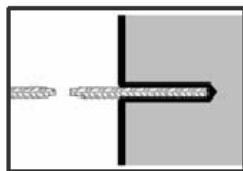


Figura 5. Cedência do aço

2.6.3 Cedência por cone de betão

Este tipo de cedência poderá ocorrer em ancoragens. Devido às tensões de tracção transmitidas directamente para o betão e à sua reduzida resistência à tracção, este pode sofrer rotura. A superfície desta rotura é baseada no conhecido modelo geométrico cónico [14].

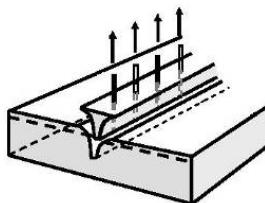


Figura 6. Cone de betão

2.6.4 Interacção da cedência por arranque/ “pull-out” e fendilhação/ “splitting”

A transferência dos esforços dos varões nervurados para o betão é efectuada pelo apoio das nervuras contra o betão. Assume-se que a força de reacção no betão forma uma escora de compressão com um ângulo de 45°. As forças de fendilhação resultantes são perpendiculares à barra (Figura 7) e são controladas através de suficiente recobrimento de betão, espaçamento entre varões e armaduras de esforço transversal [15].

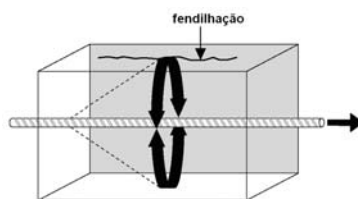


Figura 7. Fendilhação

Se o confinamento do varão é suficiente para prevenir a fendilhação do betão, a falha da ligação é causada pelo arranque do varão em estado limite último.

Por outro lado, se as fendas radiais se propagam através da totalidade do recobrimento, a falha por fendilhação é decisiva. Nesse caso a tensão de aderência máxima é controlada pela resistência à tracção do betão. O mecanismo de transferência de esforços em varões instalados à posteriori é similar aos varões betonados in-situ. A eficiência da aderência depende da tensão de aderência da resina em oposição aos esforços próximos das nervuras e da capacidade de transferência de esforços na interface da superfície do furo. Em muitos casos os valores da tensão de aderência de varões instalados à posteriori são mais elevados do que varões betonados in-situ devido à melhor performance da resina química [15]. Não só porque a sua capacidade de aderência é superior à do betão, mas também porque é maior a sua facilidade de envolvimento ao longo do varão e o do betão periférico.

Para distâncias ao bordo pequenas e/ou espaçamento entre varões reduzidos as forças de fendilhação tornam-se decisivas devido à baixa resistência à tracção do betão. A cedência da ligação por fendilhação poderá ocorrer em casos de sobreposições ou em ancoragens quando, devido ao modelo de escoras e tirantes, existe uma escora que assegure o confinamento do betão.

3. Testes e aprovações

3.1 Aprovações

O sistema de injeção químico Hilti possui inúmeras aprovações internacionais [2] [4] [5] [6] [16] [17] [18] [19] que patenteiam a fiabilidade do sistema completo, em termos de dimensionamento e de aplicação em obra.

3.2 Comportamento de amarrações químicas Hilti como varões pré-betonados

A transferência de carga ao longo de sobreposições em betão armado, funciona devido a uma distribuição uniforme da tensão de aderência. Foi verificado que a rigidez da resina química é similar à do betão e que para sobreposições efectuadas com sistemas químicos Hilti poderá ser expectado um comportamento de fendilhação do betão similar ao efectuado com sobreposições de varões pré-betonados [21] [22].

Os testes foram efectuados usando dois tipos diferentes de sobreposições de varões. Uma sobreposição completamente pré-betonada e outra sobreposições em que um varão era pré-betonado e o outro pós-instalado com resinas químicas Hilti HIT (HY-150 e RE-500). O esquema dos testes de tracção efectuados é apresentado na Figura 8, estando os varões pré-betonados representados a cinzento e o varão instalado com resinas químicas HIT a vermelho.

Foram mantidos constantes os comprimentos e os espaçamentos em ambas as sobreposições. Para as sobreposições com varões instalados quimicamente, os furos e a colocação dos varões foram realizados após 28 dias de cura. Só então foram medidos os deslocamentos dos varões carregados e descarregados em relação à superfície do betão, bem como a abertura de fendas.

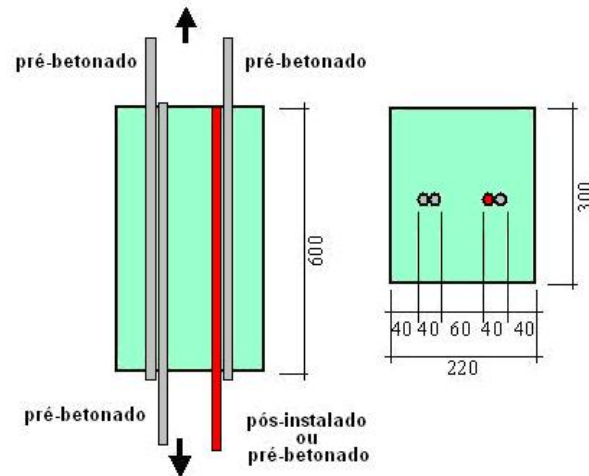


Figura 8. Espécimes de sobreposições

As cargas de rotura das três combinações testadas foram comparadas, com uma dispersão de 10%.

Quadro 1. Cargas de rotura em testes com sobreposições (valor médio de três testes em cada).

Carga de Rotura	Amostra	
	220 x 300	280 x 300
Ambos varões pré-betonados	209.5 kN	259.4 kN
Varão pré-betonado + Varão instalado com HIT-HY 150	234.0 kN	271.9 kN
Varão pré-betonado + Varão instalado com HIT-RE 500	234.1 kN	267.3 kN

Spieth [21] [22], demonstrou que uma distribuição uniforme da transferência de carga ao longo do varão e uma rigidez idêntica à da armadura instalada, são factores importantes para obter um bom comportamento da sobreposição e cargas de rotura elevadas. O quadro 1 mostra que as cargas de rotura em sobreposições efectuadas por meio de ligação química com o sistema Hilti HIT+Varão, obtiveram maiores valores que as amostras com sobreposições pré-betonadas das armaduras.

Ficou então demonstrado que as sobreposições com instalação química Hilti HIT-HY 150 e Hilti HIT-RE 500 obtiveram um desempenho similar se comparado às sobreposições com varões pré-betonados.

No decorrer dos ensaios mediu-se a tensão no aço ao longo do comprimento de sobreposição. A tensão foi medida durante os testes com a amostra de 220x300mm, de acordo com as Figuras 9 a 11.

As Figuras mostram a tensão do aço ao longo da sobreposição para: a) varões pré-betonados, b) Varão pré-betonado + Varão instalado com HIT-HY 150 e c) Varão pré-betonado + Varão instalado com HIT-RE 500.

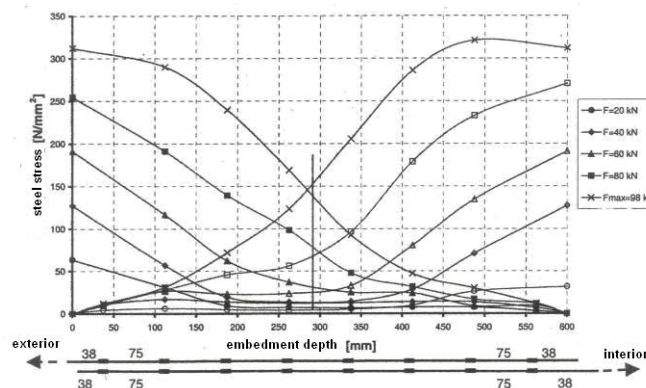


Figura 9. Diagrama de medição de tensão no aço numa sobreposição pré-betonada

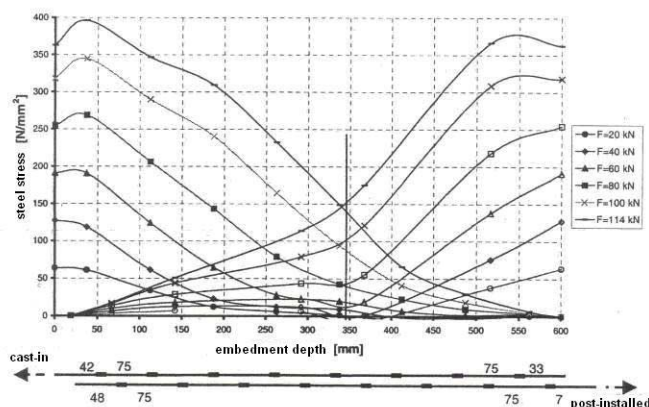


Figura 10. Diagrama de medição de tensão no aço numa sobreposição com um varão pré-betonado (esquerda) e um varão pós-instalado com Hilti HIT-HY 150 (direita)

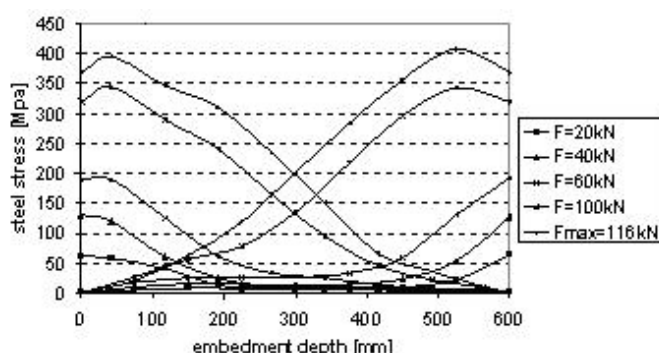


Figura 11. Diagrama de medição de tensão no aço numa sobreposição com um varão pré-betonado (esquerda) e varão pós-instalado com Hilti HIT-RE 500 (direita)

Analisando os resultados dos ensaios constata-se que:

- São simétricas as distribuições das tensões ao longo das sobreposições com ambos varões pré-betonados (Figura 9);
- Nas sobreposições com Hilti HIT-HY 150 (Figura 10) existe uma pequena excentricidade das tensões, mas tal como demonstrado pelas cargas de rotura, esta não simetria não é crítica, já que são obtidas cargas da mesma gama;
- A distribuição de tensões no varão colocado com Hilti HIT-RE 500 é quase idêntica ao varão pré-betonado.

Pode-se então afirmar que o carregamento, e correspondente distribuição de cargas, de varões instalados com Hilti HIT RE-500 ou com Hilti HIT-HY 150 no betão, se comporta de forma igual a varões pré-betonados.

Outros testes realizados por Spieth [22], demonstraram que as argamassas que não garantem igual rigidez ao longo de todo o comprimento de amarração, tais como polyester leve ou resinas rígidas epoxy à base de argamassas, não são aconselháveis para estas aplicações. A transferência de carga foi claramente não simétrica e isto resultou numa rotura prematura por fendilhação tal como se pode ver nas Figuras 12 e 13.

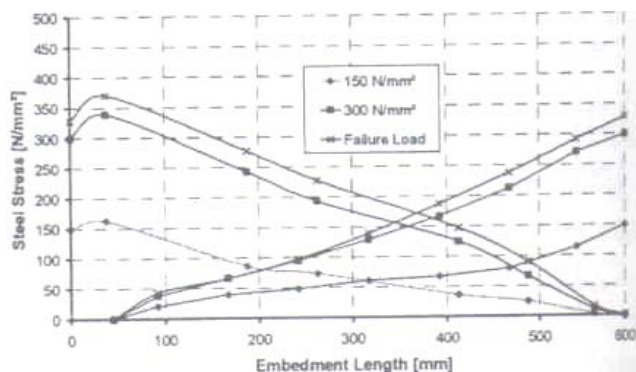


Figura 12. Diagrama de medição de tensão no aço numa sobreposição com varão pré-betonado (esquerda) e varão pós-instalado com uma resina flexível de poliéster (direita)

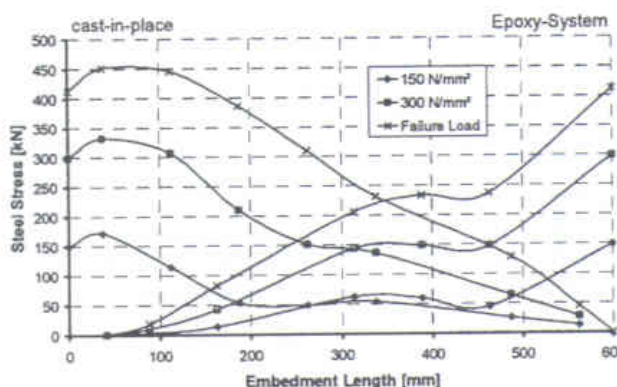


Figura 13. Diagrama de medição de tensão no aço numa sobreposição com varão pré-betonado (esquerda) e varão pós-instalado com uma resina rígida epoxídica (direita)

3.3 Comportamento à corrosão

Foram levados a cabo testes intensivos por parte da Associação Suíça para Protecção Contra a Corrosão (SGK) para avaliar o comportamento à corrosão de ligações em betão armado utilizando as resinas químicas Hilti [23]. Este tipo de ligações foi comparado com as ligações pré-betonadas. Os resultados dos ensaios provaram que as ligações efectuadas com resinas químicas são resistentes à corrosão. A protecção à corrosão dos varões instalados com resina química revelou-se superior à protecção de varões pré-betonados. Os resultados destes ensaios estão detalhados nos manuais Hilti [20].

3.4 Resistência ao fogo

De modo a garantir requerimentos de protecção passiva contra incêndio em ligações estruturais, foram criadas tabelas de dimensionamento que derivam de testes efectuados pela Universidade de Brunswick, na Alemanha, que obedecem à curva temperatura/tempo definida pela norma ISO 834. Estes resultados foram confirmados à luz da regulamentação British Standards 476: Part 20. Os resultados destes ensaios estão detalhados nos manuais Hilti [20].

4. Instalação de varões nervurados à posteriori

A performance deste tipo de ligações está dependente do respeito pelo correcto processo de instalação definido pelo fabricante [20]. As condições de perfuração, limpeza do material base e injeção, devem ser realizadas de acordo com as especificações do produto. O sistema completo Hilti assegura a correcta instalação à posteriori de varões nervurados. É constituído por equipamentos de detecção de

armaduras dentro do betão, equipamentos de perfuração (por broca ou coroa diamantada), ferramentas para limpeza do furo, cartuchos de resina, dispensadores e acessórios de injeção para comprimentos de amarração até dois metros. Adicionalmente, são providenciados formação e acompanhamento em obra a instaladores e outros intervenientes no processo construtivo.



Figura 14. Sistema de instalação completo: equipamento de detecção de armadura, acessórios de injeção e dispensador de injeção

5. Conclusões

Na maior parte dos casos, um sistema de injeção químico para varões instalados à posteriori é bastante útil para o projectista e para o empreiteiro. Esta instalação pode ser dimensionada de acordo com os regulamentos de betão armado, quando amarrações rectilíneas ou ancoragens são possíveis. Nos restantes casos, em que não se apliquem as teorias de betão armado, poderá ser utilizada a teoria de ancoragem.

É importante destacar alguns aspectos relativos às características das resinas usadas para garantir a aderência entre o varão nervurado e o betão. Claramente que o modelo de comportamento no betão é independente do tipo de resina em utilização. No entanto, só resinas que possuam uma aprovação ETA de acordo com EOTA TR 023 poderão ser dimensionadas de acordo com o EC2. Como factor adicional, deverá ser realçado não ser possível estender a validade das formulações Hilti e todos os testes e ensaios efectuados a outras resinas, sendo para tal necessário serem sujeitas a confirmação experimental. As afirmações anteriores pressupõem, não só a garantia de um valor de tensão de aderência último, mas também o modo como a resina distribui as cargas no material base. Esta distribuição de cargas deverá ser uniforme, evitando assim a concentração de tensões que afectam o comportamento do betão e podem gerar rupturas por fendilhação não previstas na formulação Hilti.

Os detalhes de instalação deverão ser respeitados e por essa razão é sempre recomendada a formação das pessoas envolvidas. Este sistema de injeção químico tem altos níveis de fiabilidade, comprovada através de milhares de aplicações por todo o mundo.

REFERÊNCIAS

- [1] HILTI - Fastening Technology Manual, Part 5, Issue 2005
- [2] EOTA – EOTA TR023 (2001).Assessment of post-installed rebar connections, Brussels, 2006
- [3] BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE (ACI 318-02) and Commentary 318R-02 American Concrete Institute, Michigan. ISSN 0065-7875.
- [4] DEUTSCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK - Bewehrungsanschluss mit Hilti Injektionsmörtel HIT-HY 150, Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-21.8-1648, Berlin, 07.02.2000 und Ergänzung 22.11.2000.
- [5] SOCOTEC – HY 150 fers à béton, BX 1032
- [6] SOCOTEC – HIT-RE 500 pour l’ancrage d’armatures pour béton armé, KX 0893

- [7] KUNZ, J., MUENGER F. - Splitting and Bond Failure of Post-Installed Rebar Splices and Anchorings. Bond in Concrete. fib, Budapest, 20 to 22 November 2002
- [8] CEN - EN 1992-1-1:2004 - Eurocódigo 2: Projecto de Estruturas de Betão Armado. Art. 6.5.1(1)
- [9] CEN - EN 1992-1-1:2004 - Eurocódigo 2: Projecto de Estruturas de Betão Armado. Art. 6.5.3(2)
- [10] CEN - EN 1992-1-1:2004 - Eurocódigo 2: Projecto de Estruturas de Betão Armado. Art. 6.2.5(2)
- [11] CEN - EN 1992-1-1:2004 - Eurocódigo 2: Projecto de Estruturas de Betão Armado. Art. 6.6 (1)
- [12] HILTI - Fastening Technology Manual, Issue 2005
- [13] EOTA - ETAG N° 001 (2001), "Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete, Part 5: Bonded Anchors", Brussels, 2001
- [14] HILTI - Fastening Technology Manual, Issue 1993
- [15] KUNZ, J. - Connections with Post-Installed Reinforcing Bars. SILE 07, UNL, Lisboa, 9 Novembro de 2007
- [16] ICBO – Hilti HIT HY-150 Adhesive Anchor System. Evaluation Report # 5193
- [17] COLA – Research Report 25257
- [18] SBCCI – Report No. 9930
- [19] ICBO – Hilti HIT RE 500 Adhesive Anchor System. Evaluation Report # 6010
- [20] HILTI - Hilti HIT-Rebar Injection System for Bonded-in Reinforcement: Application and Design. Based on the safety concept of Eurocode 2 (ENV 1992-1-1 : 1992) Part 1: General rules and rules for buildings and Hilti Fastening Technology. Issue 11/2003
- [21] SPIETH, OZBOLT, ELIGEHAUSEN, APPL - Numerical and Experimental Analysis of Post-Installed Rebars Spliced with Cast-in-Place Rebars. International Symposium on Connections between Steel and Concrete. RILEM, Stuttgart, Sept. 2001.
- [22] SPIETH - Tragverhalten von Übergreifungsstößen eingemörtelter Bewehrungsstäbe. Diplomarbeit von A. Quasem, Universität Stuttgart, März 1999
- [23] SWISS ASSOCIATION FOR PROTECTION AGAINST CORROSION - Corrosion behavior of fastenings made with Hilti HIT-HY 150 and Hilti HIT-RE 500 injection systems. Report 02 015^a. September 17, 2002