

Comportamento de juntas com continuidade em betão pré-fabricado



José Camara¹



Eduardo Cavaco²



Ilton Pacheco³

RESUMO

A indústria da prefabricação em betão deverá ter nos próximos anos um aumento considerável em Portugal pois existe claramente campo de expansão, em particular na construção de edifícios.

A necessidade de assegurar ligações entre elementos que tenham características de comportamento equivalente às obras totalmente executadas “in situ”, em particular para a acção sísmica, aponta para a continuidade estrutural.

Num projecto de base experimental ensaiaram-se juntas de continuidade em peças lineares, em zonas de elevados momentos flectores e esforços transversos ou seja, apropriadas para simular as zonas junto aos apoios. Casos com juntas verticais, inclinadas a 45° numa ou noutra direcção, aplicação de colas diferentes e diferentes níveis de esforço transversal foram ensaiados. Verifica-se que, em geral, as zonas com juntas têm um comportamento muito próximo de soluções com betonagem única. No caso de juntas verticais, com elevado esforço transversal, e em que o mecanismo de rotura pode reduzir as características de ductilidade, verifica-se que a adopção de armaduras de alma de colas e/ou de juntas inclinadas contraria eficientemente aquela tendência.

Discutem-se as indicações regulamentares para análise do comportamento deste tipo de juntas realçando-se a necessidade de as adequar, face às questões que se levantam na aplicação prática.

PALAVRAS-CHAVE

Pré-fabricação; Juntas de Construção; Resistência ao Corte; Efeito Ferrolho; Interbloqueamento de Agregados.

¹ Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal.

² Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Quinta da Torre, 2829-516 Monte de Caparica, Portugal, e.cavaco@fct.unl.pt.

³ Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, iltonmpacheco@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Apesar de ser reconhecida a competitividade e vantagens das soluções pré-fabricadas, nomeadamente no que respeita à racionalização dos meios envolvidos, segurança da construção e redução de custos e tempos de execução, a vulgarização da pré-fabricação tem encontrado alguma resistência pelo facto de lhe estar associada a ideia de estruturas de menor qualidade e durabilidade e por se ignorarem ainda muitas das possibilidades desta técnica. Julga-se também que esta imagem negativa está relacionada com a pouca qualidade estética e com o fraco desempenho, em termos de comportamento sísmico e durabilidade de soluções construtivas sem continuidade estrutural, frequentemente executadas com a pré-fabricação.

As juntas de betonagem surgem nas estruturas pré-fabricadas quando existe necessidade de ligar continuamente os diversos elementos estruturais pré-moldados, mas também nas estruturas betonadas “in-situ” como uma consequência natural do faseamento e do processo construtivo. A análise dos efeitos das juntas de betonagem, no comportamento global e na durabilidade das estruturas, é, ao nível da investigação, um tema relativamente recente, associado ao incremento da pré-fabricação e da industrialização do sector da construção. Também por esta razão, os códigos e manuais mais actuais só agora apresentam recomendações para o seu dimensionamento e pormenorização.

A continuidade estrutural entre os diversos elementos pré-moldados passa, muitas vezes, pela necessidade de executar pequenas betonagens “in-situ” localizadas nas ligações e de compreender o comportamento das juntas resultantes.

O comportamento particular das juntas de betonagem sujeitas a esforço de corte, combinado ou não com esforço axial, está relativamente bem estudado existindo, recomendações práticas de projecto e normas para a verificação da segurança ao deslizamento relativo “puro” das superfícies em contacto. Em situações em que os efeitos de corte apareçam combinados com esforços de flexão a aplicação das normas em vigor, para verificação da segurança das juntas, torna-se ambígua.

Face ao exposto, sentiu-se a necessidade de efectuar um trabalho com base experimental para contribuir para o conhecimento e compreensão deste tipo de situações [1, 2 e 3].

2. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA AO CORTE NA INTERFACE ENTRE BETÕES DE IDADES DIFERENTES DE ACORDO COM OS REGULAMENTOS E MANUAIS MAIS ACTUAIS.

De acordo com o Eurocódigo 2 [4], para além das habituais verificações relativas à resistência ao esforço transversal, as tensões de corte na interface entre betões de idades diferentes devem satisfazer a condição:

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi} \quad (1)$$

Em que v_{Edi} e v_{Rdi} representam respectivamente as tensões de corte actuante e resistente, podendo a última ser obtida através da seguinte equação:

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (2)$$

Os coeficientes c e μ são parâmetros que dependem do acabamento das superfícies em contacto, α é o ângulo com que as armaduras atravessam a interface e σ_n é a tensão normal na junta, calculada com base no valor mínimo da acção que a provoca, que pode actuar simultaneamente com a força de corte. As restantes variáveis possuem os significados habituais.

Na equação 2 a primeira parcela é interpretada como a resistência proporcionada pela aderência entre os dois materiais. Relativamente à contribuição da armadura a expressão mostra que a força de tracção desenvolvida na armadura, em termos de tensões uniformes, ρf_{yd} , pode ser decomposta em duas componentes, uma paralela à junta $\rho f_{yd} \cos \alpha$ e outra perpendicular $\rho f_{yd} \sin \alpha$. A primeira componente pode ser directamente contabilizada para a resistência ao corte enquanto a segunda, pelo princípio de

acção-reacção, possui uma reacção de igual valor que comprime a junta. Adicionando esta reacção à tensão de compressão resultante de uma qualquer acção exterior, σ_n , e multiplicando o resultado por um coeficiente de atrito μ adequado, obtém-se a parcela de resistência ao corte de natureza atrítica $\mu (\sigma_n + \rho f_{yd} \sin \alpha)$.

O Model Code 90 [5] apresenta uma expressão semelhante à equação 2 para a verificação da segurança da juntas. Estas expressões pretendem traduzir, de forma simplificada e prática, a contribuição para a resistência última da secção, dos mecanismos de interbloqueamento de inertes e efeito de ferrolho.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Conforme analisado anteriormente e de acordo com os regulamentos referidos, a resistência ao corte em secções correspondentes a juntas de betonagem carece de uma verificação específica concretizada através das expressões apresentadas no ponto 2. Embora o EC2 e MC90 as recomendem para situações genéricas, a sua aplicação não é clara, pelo menos nos casos em que as juntas estão sujeitas simultaneamente a momento flector.

Por forma a tentar perceber a influência do efeito de flexão foi preparado um programa experimental dividido em duas fases:

- 1ª fase – Através do ensaio da primeira série de protótipos tentou-se reproduzir fenómenos de escorregamento em juntas submetidas a esforço transversal e momento flector. Para potenciar o referido fenómeno não foi adoptada qualquer armadura de alma, sendo que as armaduras longitudinais foram colocadas apenas para responder a efeitos de flexão. Nesta 1ª fase procurou-se caracterizar a situação e compreender as circunstâncias em que pode ocorrer;
- 2ª fase – Na segunda série de ensaios, e com base nos resultados da 1ª fase, através de modelos mais simples, analisaram-se alternativas para a geometria e pormenorização na junta e estudaram-se medidas correctivas para o problema do escorregamento por forma a poder preconizar recomendações práticas de projecto. Procurou-se ainda avaliar as conclusões dos ensaios da 1ª fase.

3.1 Programa Experimental – 1ª Fase

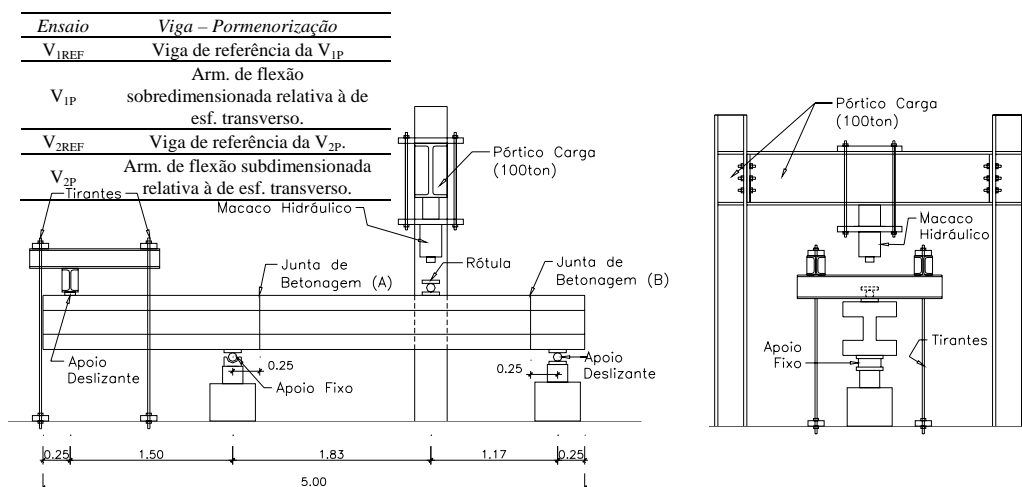


Figura 1. Dispositivo Experimental. Alçados Lateral e Frontal.

Os modelos ensaiados consistiram em quatro vigas com 3.00m de vão de secção em I com um apoio simples e outro simulando uma situação de continuidade, sujeitas a uma carga concentrada P aplicada a uma distância tal, que os esforços transversos fossem aproximadamente iguais nos dois apoios. O

troço central da viga foi pré-fabricado e ligado aos apoios por intermédio de troços betonados em segunda fase (ver Figura 1).

Numa das vigas ensaiadas (V_{2P}) pretendeu-se, com a pormenorização de armaduras adoptadas, analisar uma situação com resistência ao esforço transversal superior à necessária, de modo a que a rotura se desse por flexão ou por corte transversal na zona da junta. Refere-se o cuidado que se teve ao efectuar as dispensas de armaduras longitudinais de modo a que a armadura que atravessa a junta fosse a estritamente necessária para efeitos de flexão. Desta forma, a única armadura directamente mobilizável para o corte ao longo da junta seria a da zona comprimida, neste caso insignificante. Através da análise do comportamento desta viga, pretendia-se avaliar se a presença das juntas, nestas condições propositadamente desfavoráveis, poderia afectar a resistência e/ou ductilidade de uma viga com rotura por flexão.

No outro ensaio (V_{1P}) manteve-se a mesma armadura de flexão e subdimensionou-se ligeiramente a armadura transversal de modo a induzir um comportamento diferente por esforço transversal e um modo de rotura típico associado ao corte de armaduras, condicionado ou não pelo corte na junta.

Ensaaiaram-se, ainda, duas vigas de referência, betonadas de uma só vez, com pormenorizações de armaduras idênticas às betonadas em duas fases que são fundamentais para analisar os resultados.

3.1 Resultados – 1ª Fase

O comportamento das vigas V_{1REF} e V_{1P} foi muito semelhante como se pode verificar na Figura 2 (a) através da comparação dos diagramas carga-deslocamento tendo o colapso ocorrido por rotura típica da armadura transversal na zona compreendida entre o apoio de continuidade e o ponto de aplicação da carga.

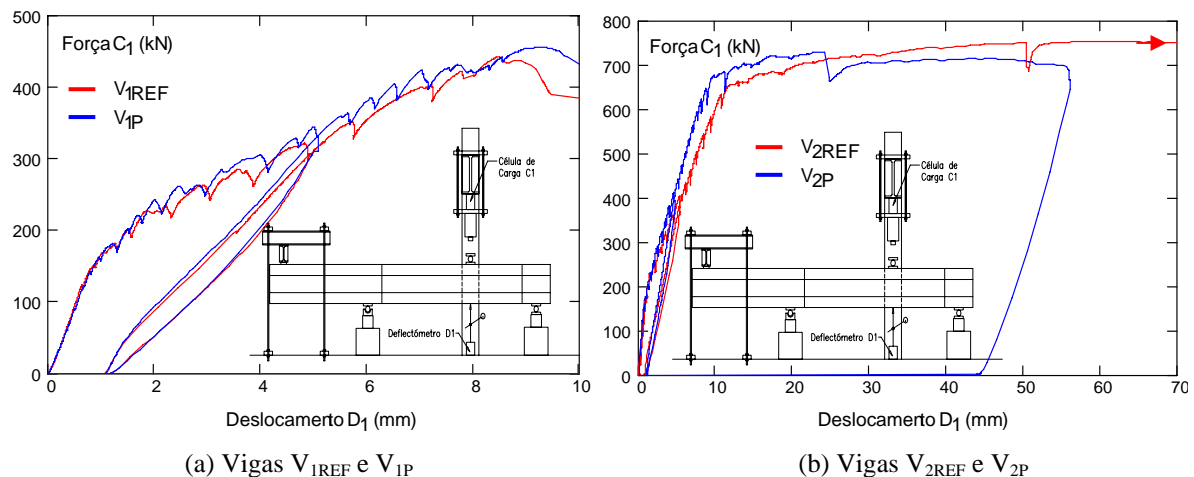


Figura 2. Deslocamento medido no deflectómetro D_1

No entanto verificou-se, para níveis de carga relativamente mais baixos, uma fendilhação atípica, mas com abertura de fendas corrente, na zona da Junta A caracterizada por uma fenda localizada de direcção vertical, sem inclinação para o apoio, denunciando, localmente, uma menor resistência do betão à tracção.

Se se comparar a resposta das vigas V_2 podemos verificar, Figura 2 (b), que a capacidade de carga foi aproximadamente igual, sendo que a principal diferença a nível de comportamento global foi a maior capacidade de deformação plástica da viga de referência.



Figura 3. Fendilhação na zona da Junta A. V_{2P} vs V_{2REF} .

À semelhança da viga V_{1P} , verificou-se no ensaio de V_{2P} , que a menor resistência do betão à tracção na zona das interfaces entre os dois betões provocou a abertura de uma fenda vertical inicial na Junta A que se prolongou até ao banzo inferior condicionando a formação do padrão típico de fendilhação de uma viga de betão armado. Comparam-se na Figura 3 os padrões de fendilhação das vigas V_2 na zona entre a Junta A e o apoio de continuidade, podendo observar-se que, no caso da viga V_{2P} , a presença da Junta A condicionou a propagação da fissuração diagonal de esforço transverso em direcção ao apoio.

Apesar da capacidade de carga ter sido idêntica, as vigas V_2 tiveram modos de rotura diferentes. No caso da viga V_{2REF} o colapso ocorreu após a formação de uma rótula plástica sob o ponto de aplicação da carga seguida de outra sobre o apoio de continuidade. O ensaio terminou apenas na sequência do esmagamento do betão que ocorreu no banzo superior e na alma na zona de aplicação da carga, só depois de se ter explorado bastante a ductilidade das armaduras de flexão.

No caso de V_{2P} o colapso ocorreu, um pouco depois da cedência da armadura sobre o apoio de continuidade, devido a um escorregamento de corte na Junta A ao longo do banzo traccionado e alma e a uma rotura inclinada em direcção ao apoio no banzo comprimido.

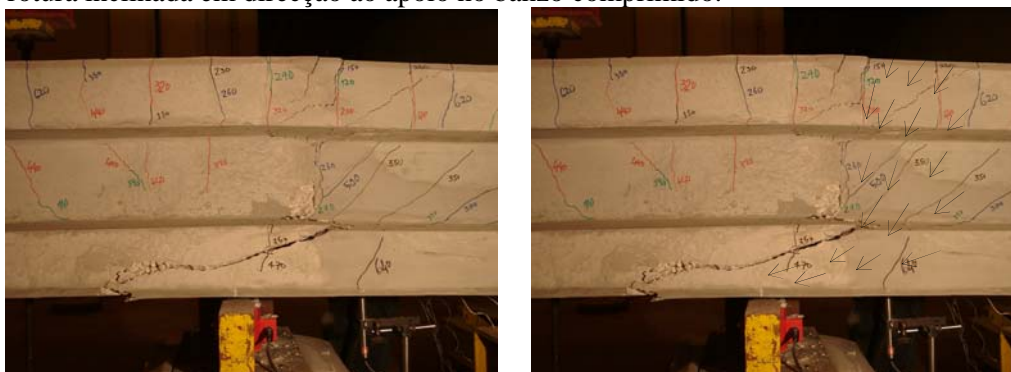


Figura 4. Modo de Rotura da Viga V_{2P} .

De acordo com Walraven [6] a transmissão de tensões de corte ao longo de uma interface por interbloqueamento de inertes diminui significativamente com a abertura de fendas. Com o aumento do nível de carga a fenda vertical na Junta A foi aumentando gradualmente e aproximou-se do banzo comprimido dificultando a transmissão das compressões na zona daquela fenda. Assim, pareceu que, na alma, a resultante do campo de tensões de compressão em leque foi mudando de direcção, aproximando-se da zona comprimida, da secção da fenda, com maior capacidade de transmissão de tensões (Figura 4). Após a cedência das armaduras longitudinais, e o incremento rápido da rotação sobre o apoio, a fissura vertical na Junta A abriu rapidamente e o colapso deu-se por escorregamento na alma e rotura inclinada do banzo comprimido, limitando a capacidade de deformação plástica.

Não se tendo verificado um escorregamento relativo puro entre as superfícies de betão em contacto, a resistência ao corte não deve ser avaliada exclusivamente com base nos mecanismos de efeito de ferrolho e interbloqueamento de inertes, até porque a sua aplicação resultaria numa clara subavaliação

da resistência. Considera-se assim que a aplicação directa das expressões regulamentares a situações de corte combinado com flexão não faz sentido.

Tassios e Vintzeleou [7] estudaram o tipo de rotura que se verificou na zona de compressões (corte combinado com compressões elevadas), e verificaram que o escorregamento relativo entre as duas superfícies é antecipado pela formação de uma fenda inclinada na matriz cimentícia.

Por outro lado Muttoni [10 e 11], à semelhança do fenómeno verificado no ensaio das vigas V_{2P} , confirmou que a resistência ao corte de vigas sem armadura transversal diminui com a extensão nas armaduras longitudinais e a resistência ao punçoamento de lajes fungiformes sem armadura transversal diminui com a rotação sobre o apoio, o que realça a influência do estado de tensão da armadura longitudinal de tracção na resistência ao corte.

3.1 Programa Experimental – 2ª Fase

Nesta fase experimental analisaram-se diferentes soluções de pormenorização das juntas e a sua influência no fenómeno constatado na 1ª fase tentando perceber-se em que situações o fenómeno de escorregamento na interface pode ocorrer.

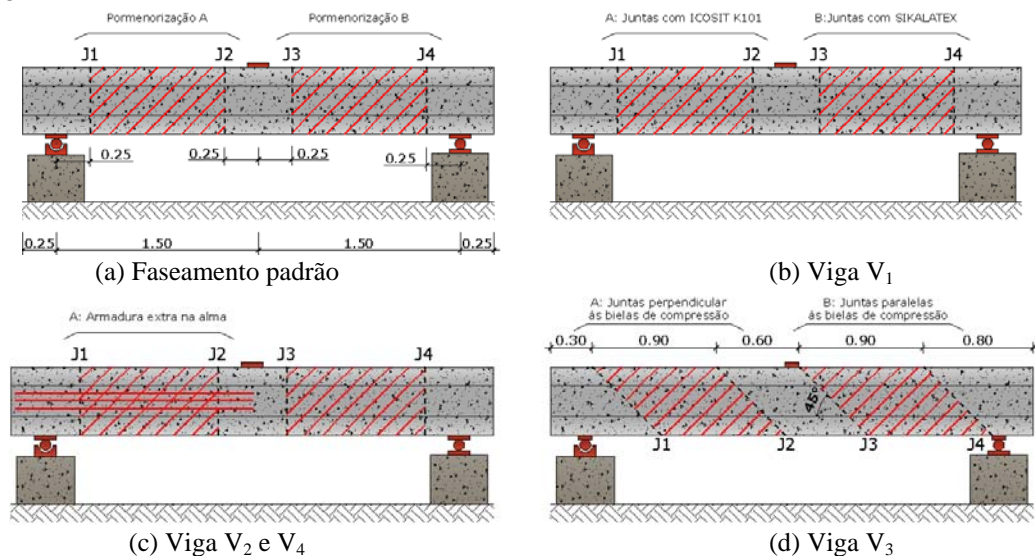


Figura 5. Faseamento construtivo das vigas ensaiadas na 2ª fase.

Foram ensaiadas mais 4 vigas com medidas semelhantes às da 1ª fase sendo que desta vez se optou por uma viga simplesmente apoiada, carregada pontualmente a meio vão, para facilitar a montagem do dispositivo experimental que se apresenta na Figura 5. Em qualquer dos casos a armadura transversal foi sobredimensionada relativamente à longitudinal pois, de acordo com a 1ª fase do programa experimental, a rotura por corte tradicional em nada fica afectada pela presença das juntas.

Para a realização da viga V_1 optou-se pelo estudo da influência da adopção nas juntas de interface de distintos adesivos estruturais. A aplicação destes foi justificada pelo facto dos resultados da 1ª fase terem apontado para uma resistência menor à tracção no local da superfície de contacto responsável pela alteração do padrão de fendilhação típico de uma viga de betão armado e com influência na ductilidade do comportamento após a cedência das armaduras. Deste modo e com base nos materiais mais utilizados pela indústria de pré-fabricados, foi escolhido, para a pormenorização A, o emprego do adesivo estrutural Icosit k101 e, para a pormenorização B, a resina estrutural Sikalatex, ambos produzidos pela empresa SIKA Portugal, SA.

Na pormenorização da viga V_2 optou-se por analisar os supostos efeitos favoráveis de uma armadura de alma a atravessar as juntas de interface, situação que tinha sido evitada na 1ª fase dos ensaios para simular, uma situação mais desfavorável. Nesta viga colocou-se uma armadura de alma nas faces

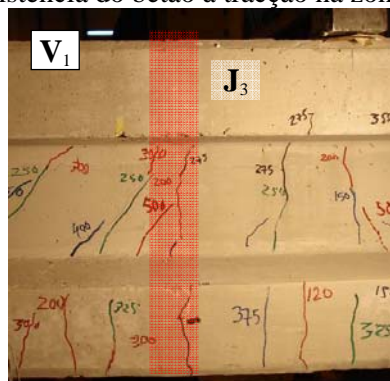
laterais, na região da pormenorização A, com 3 varões de 8mm de diâmetro igualmente distribuídos. Esta armadura de alma foi colocada por ter um papel importante na manutenção da capacidade de transmissão dos campos de tensões de compressão entre as faces da junta de betonagem. Na zona de pormenorização B não foi colocada qualquer armadura de alma por forma a se poder ter uma comparação directa entre as duas regiões A e B (ver Figura 5 (c)).

O processo de execução da viga V_3 foi definido de forma a que fosse possível analisar as influências provocadas pela inclinação das juntas de interface. A adoção das juntas inclinadas neste estudo justificou-se, por um lado, pelo facto de todas as vigas pré-fabricadas dos ensaios do trabalho anterior terem interfaces verticais e, por outro lado, porque em termos do processo construtivo poder ser mais interessante prever esse tipo de geometria das vigas. Deste modo, produziu-se, para a pormenorização A, juntas em que a superfície entre diferentes betonagens ficasse, aproximadamente, perpendicular aos campos internos de compressão causados pelo carregamento externo. Desta maneira, estas superfícies inclinadas, eventualmente enfraquecidas na resistência à tracção pela presença das juntas de betonagem, sob o efeito de compressões normais manteriam eficazmente a capacidade de transmissão das tensões de corte. Logo, para estas situações, e mesmo para elevados valores de carga, a viga deveria ter um comportamento sem qualquer influência da junta. Para a pormenorização do lado B, a escolha do ângulo das juntas de interface foi baseada na inclinação natural das fendas provocadas pelo esforço transversal de uma viga monolítica em betão armado. Desta maneira, não deveria haver alterações no padrão tipo de fendilhação da viga. Assim, sem haver mudanças na fendilhação natural, esperava-se um comportamento da viga em tudo semelhante ao das vigas monolíticas, em particular na fase pós-cedência.

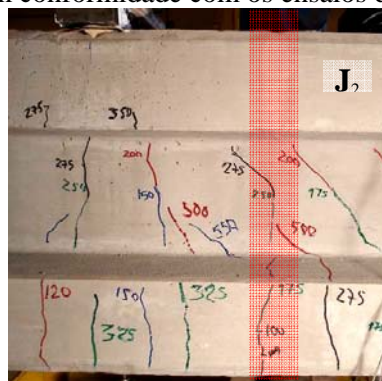
Finalmente, para a elaboração da viga V_4 , analisou-se a diminuição do nível do esforço transversal na resistência ao deslizamento relativo nas juntas de interface. Desta maneira, previu-se um novo ensaio, em tudo semelhante ao realizado para a viga V_2 , mas com menos área de aço à flexão o que provocaria a plastificação das armaduras à flexão para um nível de carga inferior. Logo, a junta teria um nível de esforço transversal máximo inferior ao apresentado pela V_2 . Assim comparando os resultados das vigas V_2 e V_4 , poderiam obter-se indicações acerca da influência do nível do esforço transversal na redução eventual da ductilidade das vigas para o caso de interfaces verticais betão/betão. Além disto, pelas razões já apresentadas na V_2 , também foi colocada na V_4 uma armadura de alma unicamente na região da pormenorização A.

3.1 Resultados – 2ª Fase

Da inspecção visual das vigas ao longo dos ensaios verificou-se que, independentemente da pormenorização utilizada, todas as fendas iniciais surgiram na proximidade das juntas de interface centrais (J_2 e J_3) contrariando a tendência natural de nascerem inicialmente mais próximo da zona central sob o ponto de aplicação da carga na secção de maior momento flector, indiciando assim uma menor resistência do betão à tracção na zona das juntas, em conformidade com os ensaios da 1ª fase.



(a) Fendilhação prematura em J_3 com Sikalatex.



(b) Fendilhação prematura em J_2 com Icosit k101.

Figura 6. Desenvolvimento das fendas nas juntas centrais da viga V_1 .

Esta situação verificou-se também para a viga V_1 em que as juntas foram tratadas com os adesivos Icosit k101e Sikalatex, como se pode ver na Figura 6. No entanto neste caso a abertura da fenda ao longo da junta não foi tão pronunciada como no caso da viga V_{2P} da 1ª fase adivinhando-se algum efeito positivo na utilização das colas.

Apesar da fendilhação inicial nas juntas, e como se pode ver na Figura 7, todas as vigas, com excepção da V_2 , apresentaram um comportamento típico de uma viga de betão armado tendo sido possível distinguir as diferentes fases e fenómenos do carregamento (fase elástica, início da fendilhação, propagação da fendilhação, formação da rótula plástica, exploração da ductilidade e do endurecimento do aço e finalmente a rotura). À semelhança do que já tinha ocorrido para a viga V_{2P} nos ensaios da 1ª fase, verificou-se que, na viga V_2 após a cedência das armaduras longitudinais sob o ponto de aplicação da carga, enquanto se explorava a capacidade de deformação, ocorreu um escorregamento na junta J_3 (sem armadura de alma) ao longo da alma e banzo traccionado e rotura do banzo comprimido de forma inclinada em direcção ao ponto de carregamento (Figura 8).

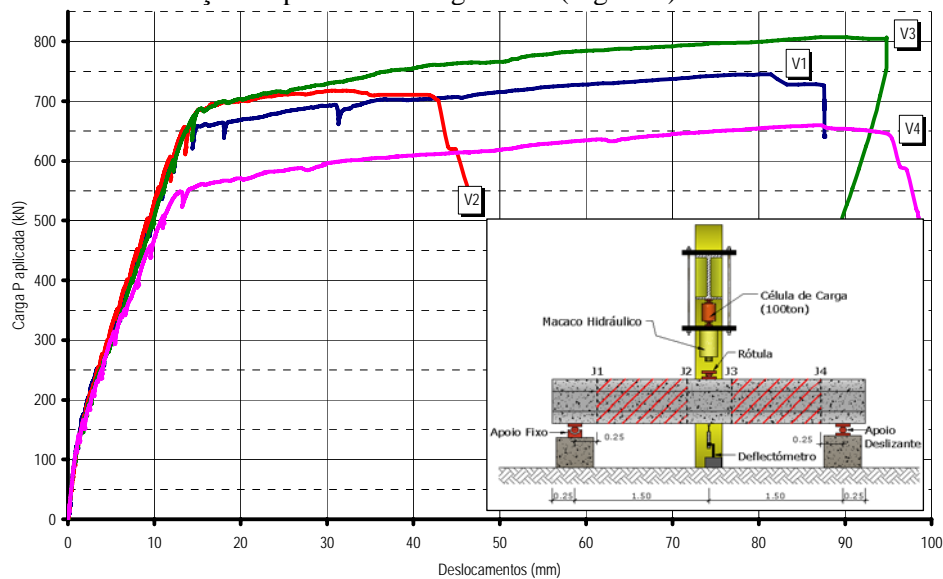


Figura 7. Diagrama de carga-deslocamento das vigas ensaiadas na 2ª fase.

Na Figura 8 é possível verificar a alteração do padrão de fendilhação típico na zona de J_3 e que a formação da fenda vertical ao longo da junta, devida à menor resistência do betão à tracção naquela zona, influenciou o modo de rotura ocorrido. Observa-se também que a colocação de armadura de alma em J_2 contrariou este tipo de comportamento sendo possível verificar na Figura 8 que a fendilhação se desenvolveu de forma normal após a abertura prematura já referenciada. O mesmo sucedeu com a viga V_4 como se pode ver na Figura 9.

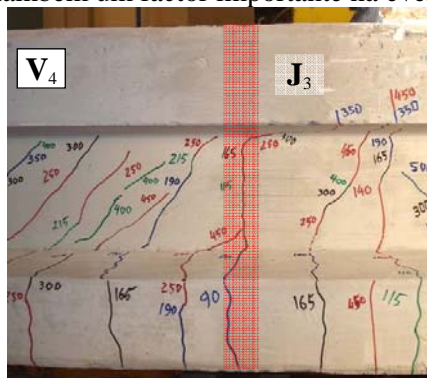
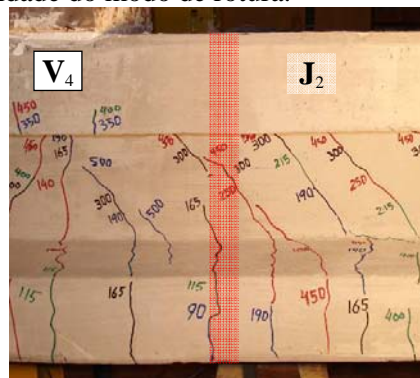


Figura 8. Modo de Rotura da Viga V_2 , na zona da Junta J_3 e J_2 .

Nas juntas J_1 e J_4 não se registaram problemas de escorregamento uma vez que quando nessas zonas se atingiram valores do momento flector capazes de elevar a linha neutra e a fendilhação vertical

significativamente, já a fendilhação transversal se tinha desenvolvido na alma da viga cruzando as referidas juntas.

Tendo em conta que o comportamento da viga V_4 não foi afectado pela existência das juntas e que a única diferença entre as mesmas foi o nível de esforço transversal associado à quantidade de armadura longitudinal, será razoável pensar que o nível de esforço transversal após a cedência das armaduras de flexão é também um factor importante na eventual fragilidade do modo de rotura.

Junta J₃ sem armadura de alma

Junta J₂ com armadura de alma

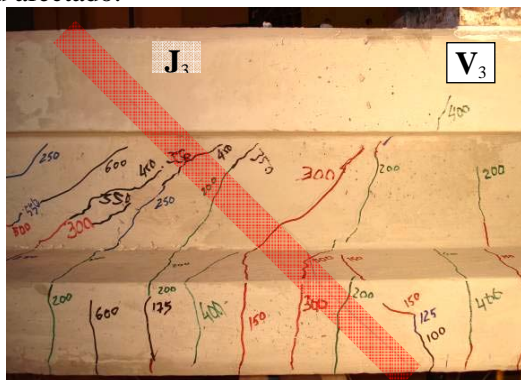
Figura 9. Comportamento das Juntas: com armadura de alma vs sem armadura de alma da viga V4

Muito embora o número de ensaios não permita ser conclusivo neste aspecto, sintetiza-se no Quadro 1 o nível de esforço transverso reduzido nos casos das vigas V_{2P} da 1ª Fase, e V_2 e V_4 ambas da 2ª fase de ensaios (juntas verticais sem tratamento especial nem armadura de alma). A única viga sem problemas de ductilidade foi a V_4 , que apresentou mais baixo valor do esforço transverso reduzido.

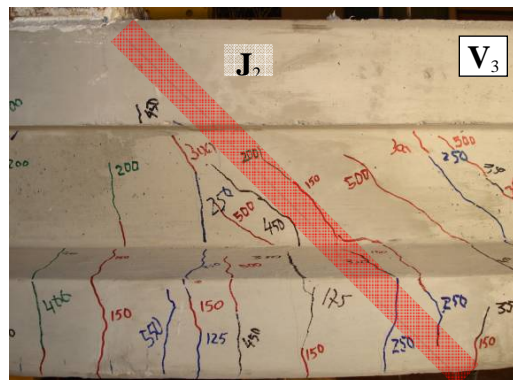
Quadro 1. Esforço transverso Reduzido em V_{2P} , V_2 e V_4 .

| <i>Viga</i> | <i>Esf. Transverso Reduzido</i> $V/(b_w \cdot d \cdot f_c)$ | <i>Ductilidade</i> |
|---------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|
| $V_{2P} - 1^a$ Fase | 0.19 | Reduzida |
| $V_2 - 2^a$ Fase | 0.14 | Reduzida |
| $V_4 - 2^a$ Fase | 0.09 | Normal |

Da análise da Figura 10 verifica-se que a viga V_3 exibiu um comportamento melhor que V_1 e naturalmente V_2 que exibiu ductilidade reduzida. No caso das juntas J_1 e J_2 com direcções perpendiculares à fendilhação transversal expectável, verificou-se que as fendas cruzaram as juntas normalmente. Relativamente a J_3 e J_4 , a fendilhação transversal desenvolveu-se ao longo da junta, mas tendo em conta que este seria o seu desenvolvimento natural, o comportamento global da viga em nada ficou afectado.



Junta J₃ perpendicular às compressões



Junta J₂ paralela às compressões

Figura 10. Comportamento das Juntas centrais da viga V_3 .

3. CONCLUSÕES

O trabalho experimental realizado permitiu concluir sobre os seguintes aspectos:

- a presença de juntas de betonagem nas condições ensaiadas não provocou diminuição da capacidade de carga quer para vigas com rotura expectável por corte quer por flexão, mesmo com pormenorizações de armaduras muito desfavoráveis;
- a presença das juntas de betonagem provou uma menor resistência do betão à tracção na zona da interface, responsável pela sua fendilhação prematura e pronunciada e pela alteração do padrão de fendilhação típico de uma viga de betão armado; este panorama de fendilhação provocou nos casos, $V_{2P}-1^a$ fase e $V_2 - 2^a$ fase, uma ductilidade diminuída devido à ocorrência de um fenómeno de escorregamento ao longo da alma e rotura inclinada no banzo comprimido;
- a aplicação das expressões regulamentares não é portanto apropriada uma vez que as mesmas pressupõem a ocorrência de um mecanismo de rotura caracterizado por um deslizamento puro ao longo de toda a junta, diferente do que se verifica;
- nos protótipos tratados com os adesivos Icosit k101 e Sikalatex o benefício não foi evidente no entanto a rotura frágil foi evitada; por outro lado não restaram dúvidas quanto à eficiência da armadura de alma e das interfaces inclinadas, quer perpendicularmente quer paralelamente à fendilhação transversal natural;
- na sequência deste trabalho considera-se que juntas entre uma peça pré-fabricada e betão “*in-situ*” com continuidade de armaduras podem ser concebidas mesmo em zonas das estruturas com esforços elevados sem qualquer inconveniente em termos de comportamento global; nestes casos recomenda-se a utilização de armadura de alma ou de juntas inclinadas, numa ou noutra direcção.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se o apoio da firma Pavilis, SA. em especial do Sr. Eng. Barros Viegas e da Sra. Eng. Tereza Preza e o empenho da equipa do laboratório de estruturas do Instituto Superior Técnico.

REFERÊNCIAS

- [1] CAVACO, E. – Juntas de Construção em Elementos Pré-fabricados. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas - Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, 2006.
- [2] PACHECO, I. M. – Comportamento de Ligações em Betão entre Peças Pré-fabricadas. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Estruturas – Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, 2008.
- [3] CAMARA, J., CAVACO, E. – Comportamento de juntas de betonagem sujeitas a uma combinação de esforço transversal e momento flector – 2º Congresso Nacional de Prefabricação em Betão, Lisboa, Lneq, Fevereiro de 2008.
- [4] A.A.V.V. - Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part I: General Rules and Rules for Buildings. Ed. CEN, prEN 1992-1-1, 2002.
- [5] A.A.V.V. - CEB-FIP Model Code 1990 - Design Code, ed. CEB-FIP. Ed. Thomas Telford, 1991.
- [6] WALRAVEN, J. - Fundamental Analysis of Aggregate Interlock - Journal of the Structural Division, Proceeding of the American Society of Civil Engineering, Vol. 107, N.ºSt11, November 1981, p-2245-2270.
- [7] VINTZELEOU, E.N., TASSIOS, T.P. - Mathematical Models for Dowel Action under Monotonic and Cyclic Conditions - Magazine of Concrete Research: Vol. 38, N.º134, Março, 1986, p. 13-22.
- [10] MUTTONI, A. - Construction en béton. Introduction à la norme SIA 262 –Poiçonnement, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne , – Extrait de la documentation D 0182, Société Suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich, 2003, p.57-66.
- [11] MUTTONI, A., SCHWARTZ, J. - Behavior of Beams and Punching in Slabs without Shear Reinforcement - IABSE Colloquium, Vol. 62, pp. 703-708, Stuttgart, Germany, 1991.