

## 8

### Considerações finais

Este trabalho apresentou uma ligação semirrígida viga mista-pilar, com utilização de conectores de cisalhamento, entre a laje de concreto e a viga de aço, do tipo “*Perfobond*”. Uma ligação semirrígida é uma solução viável do ponto de vista da economia de materiais, do aumento da capacidade resistente e da melhor visualização do real comportamento da estrutura. Muitos são os parâmetros que interferem no comportamento das ligações em estruturas, por isto, a melhor forma de obter tais características é a análise experimental, apesar de ser mais trabalhosa e precisar de mais recursos.

Partindo deste princípio, foi proposta uma opção de ligação mista com os conectores “*Perfobond*”, buscando-se estudar o comportamento do sistema com a utilização desta nova forma de transferência de forças nas regiões de momento fletor negativo.

O objetivo da dissertação foi estudar o comportamento desta nova configuração para a região de momento negativo e avaliar parâmetros como deslocamentos, rigidez, momento-rotação, ductilidade, modos de ruína e resistência à flexão. A metodologia utilizada envolveu um estudo teórico e uma análise experimental.

O estudo teórico foi dividido em duas etapas. Inicialmente, uma avaliação foi feita, através de uma planta baixa pré-definida e utilizando-se carregamentos especificados, com o objetivo de definir a ligação que seria utilizada para o estudo. Com a ligação definida, foram previstas as características da mesma através de dois métodos analíticos: o proposto por Leon et al. (1996) e o presente na NBR 8800:2008. Os métodos analíticos utilizados foram desenvolvidos para outros tipos de ligações, que envolvem o conector de cisalhamento do tipo “*stud bolt*”, e foram usadas aqui como forma de comparação.

O estudo experimental possibilitou uma avaliação do comportamento real da ligação proposta, quando submetida a carregamento monotônico, em um modelo

do tipo cruciforme invertido. Foram realizados dois ensaios em escala real com o objetivo de obter as principais características da ligação.

A seguir são apresentadas as principais conclusões obtidas com este estudo e algumas sugestões para trabalhos futuros seguindo a mesma linha de pesquisa.

## **8.1. Conclusões**

O presente trabalho, sobre ligações semirrígidas mistas, permitiu algumas conclusões que serão apresentadas a seguir. As conclusões foram divididas em dois grupos: aquelas retiradas do modelo experimental e as comparativas entre os resultados analíticos e os resultados dos ensaios.

- **Conclusões relativas ao modelo experimental**

1. Para as opções viáveis de aplicação de carga existentes no laboratório de estruturas e materiais da PUC-Rio e para a configuração de ensaio adotada, a utilização da laje de reação em substituição do pórtico se mostrou uma opção mais segura no que se refere à estabilidade do ensaio.
2. Ao se adotar três pontos de apoio para o ensaio, melhorou-se consideravelmente a diferença entre forças aplicadas e medidas no sistema. Pode-se explicar isto pela formação de um plano entre três pontos, diferentemente do que acontece com quatro pontos, e também pela alta sensibilidade das células de carga, ou seja, qualquer inclinação ou erro de alinhamento, por menor que seja, poderia causar diferenças significativas nas leituras.
3. O modelo cruciforme invertido em ligações mistas foi uma configuração de ensaio nunca utilizada antes no laboratório de estruturas da PUC-Rio. Pode-se afirmar que este modelo atendeu bem às necessidades do estudo e foi escolhido devido a maior simplicidade na montagem dos sistemas de ensaio. Outro fator considerado, devido às experiências passadas, é que aplicar duas cargas ao sistema exige um controle maior para que estas não apresentem grandes diferenças e proporcionem momentos fletores resultantes dos lados esquerdo e direito iguais.

4. Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que, apesar das mudanças ocorridas no sistema de aplicação de carga para o segundo ensaio, ambos os protótipos apresentaram resultados próximos e coerentes com o que foi realizado.

- **Conclusões relativas às comparações entre os resultados analíticos e experimentais**

1. Sabia-se que os modelos analíticos estudados e utilizados não se aplicavam diretamente à ligação proposta neste trabalho. Mesmo assim, pode-se afirmar que os resultados foram satisfatórios, pois através deles foi possível observar e estudar as principais características da ligação.
2. O método proposto por Leon et al. (1996) avaliou bem a rigidez inicial das ligações, porém as outras características esperadas para a ligação eram bem maiores que as obtidas nos ensaios.
3. O método proposto pela NBR 8800:2008 estimou de forma razoável o momento resistente e a capacidade de rotação. A rigidez de serviço, obtida por este método, foi bem menor que a obtida experimentalmente.
4. É importante lembrar que como o modo de ruína ocorreu na laje de concreto, não se pôde avaliar a resistência última da ligação para os ensaios. Pode-se concluir disto que o detalhamento escolhido para as barras de aço poderia ter sido mais eficaz, na tentativa de que as mesmas atingissem a tensão de escoamento e entrassem em plastificação antes de outro modo de ruína ocorrer.
5. A ligação estudada foi classificada, de acordo com o AISC e para as condições definidas no trabalho, em parcialmente restringida, ou seja, semirrígida e de resistência parcial de acordo com a resistência esperada para a viga mista. Porém como experimentalmente a ruptura ocorreu na laje de concreto, a ligação passou a ser classificada como de resistência total.

6. As ligações ensaiadas tiveram elevada capacidade de rotação e isto proporciona vantagens no uso das mesmas, já que a capacidade de rotação está diretamente ligada à possibilidade de desenvolver a capacidade resistente do material, possibilitando um melhor aproveitamento do mesmo.

## 8.2. Sugestões para trabalhos futuros

A seguir são propostos alguns trabalhos futuros com objetivo de dar continuidade à linha de estudo da presente pesquisa.

- Estudar uma ligação semelhante, substituindo-se os conectores “*Perfobond*” por conectores “*stud bolt*” para comparar-se os resultados;
- Variar a forma de detalhamento da armação em conjunto com o “*Perfobond*” para se encontrar a solução mais viável, no sentido de melhor aproveitamento dos elementos que compõem a ligação mista e de possuir uma maior amostra de ensaios com este tipo de configuração;
- Fazer uma modelagem numérica da ligação estudada para entender melhor o seu comportamento e compará-lo com os obtidos experimentalmente e analiticamente;
- Estudar uma ligação semelhante, porém viga-viga a fim de explorar suas características e verificar as diferenças de comportamento;
- Estudar a mesma ligação, excluindo-se a cantoneira de assento e soldando-se a mesa inferior da viga ao pilar e comparar as características com a ligação deste estudo;

- Estudar melhor o conector do tipo “*Perfobond*” trabalhando em conjunto com a *steel deck*, com o objetivo de compreender melhor a transmissão de forças e se há alguma variação na resistência de acordo com as fórmulas já conhecidas para estes conectores.
- Avaliar soluções mais viáveis para utilizar o “*Perfobond*” com a laje do tipo “*Steel Deck*”, seja com um melhor estudo do projeto de locação dos conectores ou com equipamentos que possibilitem a instalação dos mesmos de forma rápida e prática em obras.