

2

Sistema de Lajes com Forma de Aço Incorporado

2.1.

Generalidades

As vantagens de utilização de sistemas construtivos em aço são associadas à: redução do tempo de construção, racionalização no uso de materiais e mão de obra e aumento da produtividade, fatores chave para o sucesso de qualquer empreendimento.

Estas características que transformaram a construção civil em um dos maiores mercados para os produtores de aço no exterior, começam recentemente a serem exploradas no Brasil.

Este trabalho visa a criação de um sistema de laje que substitui a armadura de tração convencional por uma chapa fina de aço laminado a frio, com espessura da ordem de 2mm, dobrada de forma que trabalhe em conjunto com a camada de concreto.

A chapa dobrada além de atuar como armadura também exerce o papel de fôrma para a concretagem, conforme mostra figura 2.1.

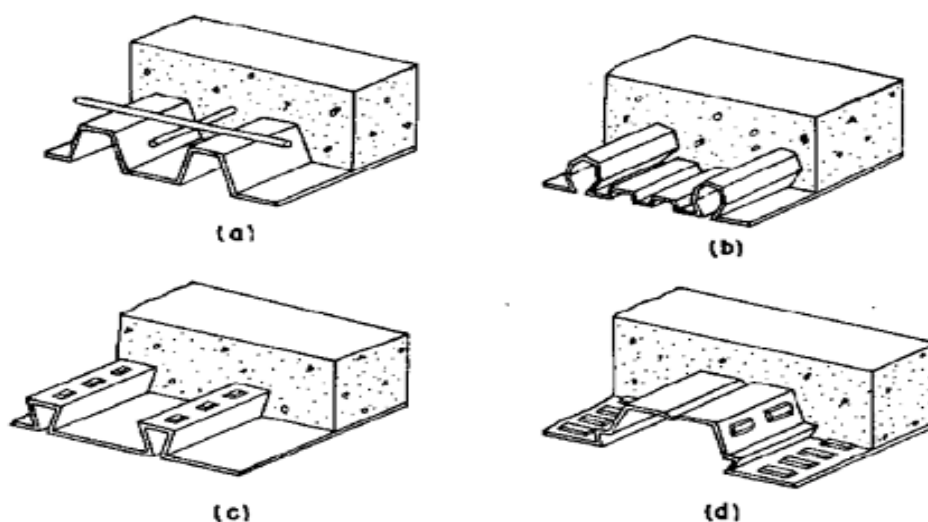


Figura 2.1 – Alguns tipos de fôrmas de chapa dobradas para laje mista [4].

É de grande importância para a construção mista que exista uma boa aderência entre o concreto e a chapa de aço. A ausência de aderência gera um deslizamento entre os dois materiais fazendo com que ambos trabalhem de forma isolada, além de impossibilitar a transferência de esforços.

São utilizados vários dispositivos para garantir uma boa aderência entre o concreto e a chapa de aço, sendo os mais comuns a utilização de estampagem de mossas na superfície da chapa e o dobramento de chapa em ângulos reentrantes (figura 2.2). Este último foi utilizado neste trabalho, substituindo a utilização de conectores de cisalhamento.



Figura 2.2 – Formato do perfil com mossas e cantos reentrantes.

Dentre as vantagens advindas do uso de lajes com fôrma de aço incorporada, são enumeradas as mais relevantes [4]:

- a fôrma de aço substitui as armaduras de tração da laje, gerando economia de tempo, material e mão de obra, uma vez que os serviços de corte, dobramento e montagem das armaduras são eliminados do processo;
- elimina a utilização de fôrmas de madeira que constitui uma parcela significativa do custo total de uma estrutura de concreto;

- reduz sensivelmente a necessidade de escoramentos tornando o canteiro de obras mais organizado, reduzindo o tempo gasto com montagem e desmontagem dos escoramentos e retirada de fôrma;
- a fôrma de aço pode servir de plataforma de trabalho nos andares superiores e proteção aos operários em serviço nos andares inferiores;
- as fôrmas de aço são leves facilitando o manuseio e instalação simplificando as tarefas no canteiro de obra;
- o uso de fôrmas de aço facilitam a execução das diversas instalações e a fixação de forros falsos;
- o somatório das vantagens citadas anteriormente resulta em uma razoável economia na construção reduzindo prazos, desperdício de materiais e mão de obra e incrementando a qualidade do produto final.

Para que os perfis de chapa metálica funcionem de modo satisfatório, nas várias etapas construtivas é necessário que os mesmos não apresentem deformações excessivas quando da concretagem, e que após a cura do concreto seja desenvolvida uma forma efetiva de aderência entre os dois materiais.

A resistência das lajes mistas deve ser suficiente para que estas possam suportar as cargas de cálculo aplicadas, assegurando que nenhum estado limite último seja atingido. Os estados limites que devem ser verificados são baseados nos seguintes modos de colapso, conforme figura 2.3 (NBR 14323):

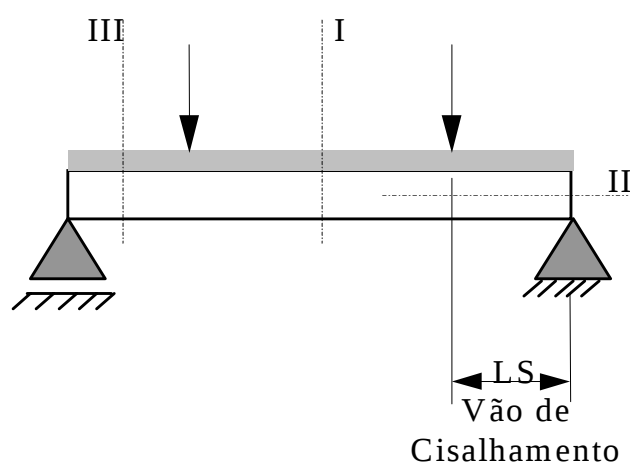


Figura 2.3 – Seções críticas.

- Seção crítica I – flexão: resistência ao momento fletor. Este estado limite pressupõe interação completa entre a fôrma e o concreto.
- Seção crítica II – cisalhamento longitudinal. A carga máxima na laje é determinada pela resistência ao cisalhamento longitudinal, não sendo possível atingir a resistência última à flexão.
- Seção crítica III – cisalhamento vertical. Este estado limite pode ser crítico somente em casos especiais, por exemplo, em lajes espessas de vão curto, sujeitas a cargas elevadas.

Os estados limites de utilização, segundo NBR 14323, devem ser verificados depois da cura do concreto, como o estado limite de fissuração inaceitável do concreto e o deslocamento vertical excessivo. Atenção especial é exigida pela NBR 14323 quanto a possibilidade de fissuração da laje nos locais onde possa haver continuidade estrutural e quanto ao deslocamento vertical máximo (flecha máxima). Recomenda-se que o valor da flecha máxima não seja superior a $l/350$ do vão teórico da laje na direção das corrugações, considerando somente o efeito da sobre - carga.

2.2. Considerações Iniciais de Projeto

Se inicia o estudo do modelo desta laje com aço incorporado com a forma da seção de chapa dobrada.

A fôrma metálica deve ser capaz de transmitir o cisalhamento na interface aço/concreto garantido o trabalho solidário dos dois materiais.

A aderência natural química entre a fôrma de aço e o concreto não é suficiente para garantir o trabalho conjunto. A solidarização entre os dois materiais é conseguida basicamente de duas maneiras distintas [7]:

- ligação mecânica por meio de mossas presentes nas fôrmas;
- ligação por meio do atrito, gerado pelo confinamento em fôrmas reentrantes.

As mossas confeccionadas durante a conformação da chapa que servirá de fôrma, são pequenas saliências que promovem uma ligação mecânica com o concreto, impedido os deslocamentos relativos entre aço e concreto.

As fôrmas reentrantes além de propiciar a aderência entre os dois materiais por meio do atrito gerado pelo confinamento, também restringe a tendência de separação entre a fôrma metálica e o concreto.

Com base nesta idéia, realizou-se um estudo das chapas dobradas a frio com mossas estampadas e sua influência nas propriedades mecânicas do aço. O aço trabalhado a frio produz um aumento de resistência, isto gera propriedades diferentes entre seções na dobra e na parte plana do material.

Conforme trabalho de Takey [1] as principais variáveis adotadas no estudo foram as dimensões do perfil, altura e espessura da chapa metálica, e o espaçamento entre mossas na chapa. A espessura variou de 1,52mm a 3mm, a altura de 70mm a 175mm.

Já neste trabalho foi considerado, a substituição dos conectores por mossas com espaçamento entre 50mm a 100mm.

Novamente conforme o trabalho do Takey [1], estudaram-se diversos sistemas estruturais, desde a situação biapoiada até uma com 4 (quatro) apoios, variando os vãos de 1,5m a 6,0m. Foram executadas comparações do vão máximo para a flecha máxima da seção, a carga máxima suportada por cada vão para momento máximo positivo e negativo, cargas após a construção, a inércia e o peso do aço por vão. Analisadas e comparadas todas estas características, foi desenvolvido um perfil ideal para ser utilizado, para maiores detalhes ver capítulo 3.

2.3. Aplicações deste Sistema Construtivo

Este estudo foi realizado para a aplicação direta na construção de casas populares com dois pisos. O sistema construtivo torna o tempo gasto em uma construção deste tipo muito mais reduzido, pois considera-se que não será necessário como nos outros processos aguardar a cura do concreto da laje para retirada das escoras e conseqüentemente, pode-se de imediato dar continuidade a obra abaixo da laje erguida. Apesar do material utilizado na construção desta laje mista ser um pouco mais caro, deve-se considerar o tempo de construção e a economia com madeira para fôrma e escora.

2.4.

Cargas Atuantes na Estrutura

As cargas atuantes na estrutura são compostas de cargas permanentes e cargas acidentais. A carga permanente é constituída pelo peso próprio da estrutura e por todas as cargas fixas. As cargas acidentais, são aquelas que podem variar sobre a estrutura em função do seu uso, (pessoas, móveis, etc...).

2.4.1.

Carga Permanente

A carga permanente no caso das lajes é formada pelo seu peso próprio, o qual depende da área por metro quadrado, e do peso específico do material. Para o concreto armado seu valor é dado como $\gamma_c = 25\text{kN/m}^3$. O revestimento adotado tem um peso de $0,50\text{kN/m}^2$.

As alvenarias que atuam sobre as lajes são consideradas como carga permanente, sendo o seu peso específico, $\gamma_{alv} = 12\text{kN/m}^3$. O peso total da alvenaria foi dividido pela área da laje, o que leva ao valor da carga por metro quadrado de $1,50\text{kN/m}^2$.

No caso dos perfis metálicos o peso próprio é função da área da seção transversal, do comprimento linear da peça e do peso específico do material cujo valor é, $\gamma_s = 78,50\text{kN/m}^3$.

2.4.2.

Carga Acidental

No caso de habitações residenciais a NB-5/78 determina que a sobrecarga adotada seja igual a $1,50\text{kN/m}^2$ para ambientes tais como: dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro e $2,50\text{kN/m}^2$ para os ambientes como: dispensa, área de serviço e lavanderia.