

19ª Semana de Tecnologia Metroferroviária

“Os Desafios da Mobilidade Sustentável”

Tema: Inovação Tecnológica, Via permanente, Construção Civil

“Vigas Guia Monotrilho Metrô: Fabricação, Logística e Precisão.”



Objetivo: Apresentar de forma objetiva as etapas de trabalho para fabricação com a precisão das vigas Guia das linhas 15-Prata e 17-Ouro, a logística para o transporte e a precisão da consolidação em vias de alto fluxo de veículo e restrições de horários.

Relevância: Ineditismo da aplicação de formas metálicas com inúmeros pontos de checagem geométrica para um acabamento com toda a precisão milimétrica das estruturas de concreto na produção destes elementos pré-moldados.

Impacto na intervenção urbana, desafios logísticos do transporte, lançamento e consolidação destes elementos estruturais, nas linhas 15-Prata e 17-Ouro.

Descrição:

Fabricação

A estrutura em Cajamar para a fabricação de todas as Vigas Guia da Linha 17- Ouro possui três linhas de montagem montada sobre trilhos, onde se ajustam o fundo da forma, montam a armação, realizam a concretagem, cura e protensão, para depois realizarem o transporte para o pátio de estoque. Cada uma destas etapas possui procedimento específico e são descritos abaixo:

Módulo 1 - Preparação do fundo das formas: O Trolley de movimentação da viga é posicionado em lugar determinado e fixo para realizar a configuração de eixo e superelevação da Viga Guia, em seguida é realizado o ajuste de comprimento da viga, retirando-se ou acrescentado peças intermediárias, onde a altura da seção é de 1,60 m (um metro e sessente centímetros), configurado o comprimento procede-se a conferência do raio, a cada 1,25m (um metro e vinte e cinco centímetros) é realizada o ajuste da distância de pontos de baliza ao eixo do fundo da forma utilizando trena eletrônica, para então configurar a superelevação nos mesmos pontos de medida de eixo. Após a conferência manual, a Topografia ainda realiza medições de checagem e confere o inserto da passarela de emergência. Para o comprimento de referência de 30m (trinta metros) são realizados 72 (setenta e dois) pontos de checagem para liberação para o módulo seguinte.

Módulo 2 - Montagem da armação: As atividades deste módulo tem início anterior à preparação do fundo da viga com a realização de corte, dobra, solda das barras longitudinais, roscas cônicas e identificação de todas as posições conforme o Projeto Executivo, estas atividades são realizadas em bloco anexo ao galpão de produção e a movimentação destas barras são realizadas por pórtico móvel. Após esta atividade inicia-se pré-montagem da armação, sendo realizada montagem do trecho de seção com altura da viga de 1,60m (um

metro e sessenta centímetros). Neste momento a preparação do fundo deve estar checada e liberada pela topografia e posicionada no módulo seguinte. Ajusta-se o gabarito de armação a cada 5(cinco) m para ajuste da armação na superelevação e recobrimento da Viga, na viga de referência mais 12(doze) pontos de medição, a pré-armação é então içada e posicionada, com ajuda de dois pórticos móveis do galpão com capacidade de 20(vinte) ton., sobre espaçadores no fundo da forma para término de execução de montagem, instalação dos isopores, todos os insertos de protensão, posicionamento dos apoios da Viga (faca) e fechamento das cabeças das formas. Realizadas as conferências das medidas, limpeza de quaisquer resíduos do fundo da forma e conferência da armação e insertos de protensão, fica liberado a movimentação do trolley para a etapa seguinte de concretagem.

Módulo 3 - Fechamento de formas e Concretagem: Nos três primeiros módulos há amarração fixa do posicionamento do trolley para configuração precisa da Viga. O Trolley então é posicionado e fixado por extensores laterais e o sistema do próprio trolley. Anteriormente ao fechamento da forma, faz-se um ajuste a cada 5(cinco)m de 4 medidas, 24 pontos na viga de referência, ajustando superelevação e cota topo do concreto em ambos os lados da viga. A forma é então fechada utilizando sistema hidráulico e então faz-se nova verificação pela topografia na verificação de superelevação e do desenvolvimento do traçado pela cota de eixo da viga. Realizadas todas as verificações e liberada a concretagem, toda a forma é travada para garantia da largura, o isopor é travado na estrutura da forma para evitar deslocamento e a concretagem é liberada, sendo realizada por caminhão com lança e vibração com vibradores de imersão e utilização de vibradores de parede nas regiões de armação mais densa, nas duas extremidades. O acabamento da superfície de rolamento foi definido pelo atrito necessário do material rodante e com consultoria da fornecedora do material rodante e a precisão de nivelamento da pista de rolamento é conferida com régua de 3(três) m e cunha milimetrada, com verificações variações de no máximo 3mm de irregularidades da superfície. Após o

atingimento de 8(oito) Mpa, normalmente em 12(doze) h após a concretagem, procede-se o destravamento da forma e abertura da mesma com auxílio do sistema hidráulico.

Módulo 4 - Cura: Os serviços desta etapa iniciam no módulo anterior após a abertura das formas, tão logo as formas são movimentadas é aplicado agente de cura nas laterais da viga com auxílio de rolo de pintura e a viga é puxada por um sistema de cabo de aço tracionado para aguardar no módulo de cura até o atingimento de 25(vinte e cinco) Mpa para liberação dos serviços de protensão da Viga.

Módulo 5 - Protensão: Nesta etapa a viga encontra-se em processo de Cura e com resistência superior ou igual a 25 (vinte e cinco) Mpa, inicia-se com a instalação de Frames de reação para suporte da Viga nas extremidade e para não transmissão destas cargas ao Trolley de apoio. Após a instalação e travamento dos Frames monta-se os blocos de ancoragem em ambas as extremidades e realiza a protensão em ambos os lados (duas linhas de protensão por viga) simultaneamente, conferindo o alongamento dos cabos. Após a realização e liberação da equipe de protensão é liberado o transporte da viga para o Pátio de estoque, o Trolley é liberado para etapa seguinte de limpeza e transporte do trolley para a etapa inicial.

Módulo 6 - Limpeza de fundo: Nesta etapa realiza-se a limpeza de todo o equipamento de transporte da viga (Trolley) e do fundo da forma com a retirada de sujidades e verificação do elemento de vedação.

As vigas permanecem apoiadas em berços de concreto no pátio de estoque para receberem os chumbadores de fixação de 3º(terceiro) e 4º(quarto) Trilhos, e acabamento da viga com aplicação de verniz antipichação, até que as mesmas atinjam a resistência de projeto 45 (quarenta e cinco) MPa e tenham os apoios nos capitéis preparados para realização do transporte e lançamento.

TRANSPORTE

A viga guia é colocada sobre o caminhão com auxílio de dois pórticos sobre pneus. São instalados os extensores nas extremidades das vigas, que são peças metálicas ajustáveis que estabilizarão as vigas, depois de instaladas, até a execução da consolidação, permitindo que permaneça com a superelevação prevista em projeto.

As vigas guia são transportadas de noite, saindo da fábrica de vigas depois das 21 horas, diretriz da CET – Companhia de Engenharia de Tráfego, seguindo por avenidas com auxílio de batedores da CET e ARC – empresa de sinalização e engenharia de tráfego.

Desde a saída da fábrica até o ponto de instalação entre pilares, o comboio que transporta a viga guia, possui duas viaturas frontais e duas posteriores como batedores. Estas viaturas impedem a passagem de veículos ao lado da viga, permitindo manobras e curvas sem colocar em risco a integridade da viga e dos veículos, e também impedem, cruzamento de veículos na frente da viga nos cruzamentos, permitindo uma velocidade média de 40 km/h.

Para não prejudicar em demasia o trânsito local, há uma defasagem em torno de 20 minutos para a saída da fábrica do segundo comboio.

Lançamento

Com a chegada dos comboios de transporte das vigas guia no local determinado entre pilares, dá-se início o posicionamento e patolagem dos guindastes que farão o içamento das vigas guia. Durante esta preparação há interdição local nos pontos de içamento, deixando-se uma faixa livre, porém, no momento da realização do içamento, o trânsito é impedido nos dois sentidos.

Dois guindastes com capacidade superior a 200 toneladas içam as vigas, através de cabos de aço presos nas gravatas (lift-frame). O encaixe do hanger no suporte, depende da simetria da sobreposição da Viga nos dois apoios (capitéis), em torno de 1,5 cm. São montados os extensores do apoio e faz-se o ajuste da inclinação prevista em projeto, com auxílio de um inclinômetro digital.

Aos poucos os guindastes soltam a carga das vigas e, com auxílio de outro guindaste e plataforma elevatória, as gravatas são retiradas. Finalizando o processo, as máquinas e equipamentos são recolhidos, os tapumes recompostos e a via totalmente liberada antes das 4:30h, conforme permite o TPOV – Termo Provisório de Ocupação das Vias, fornecido pelo CET.

Caso haja algo que impeça ou atrase o lançamento completo, as vigas ficam depositadas sobre os caminhões no canteiro central, entre pilares, onde aguardarão até a próxima noite para que o processo seja concluído.

Consolidação

A cada quatro vãos de pilares, em média, há uma estrutura monolítica formada por quatro vigas consecutivas. As vigas são fabricadas e lançadas uma a uma. A esta consolidação entre vigas, pilares com a protensão do conjunto, chamamos de módulo. Nas extremidades destes módulos são instaladas Juntas de dilatação chamadas Finger Plate.

Consolidação intermediária

Depois de colocadas as luvas de emenda das barras de Ø32mm, na parte superior das vigas, são instalados os terminais de ancoragem (terminators), que são cilindros de aço, com função do aumento da ancoragem.

É feita então a complementação das 4 ou 6 bainhas transversais, e instalados seus respectivos respiros de injeção. Neste momento são passadas as barras Dywidags que serão posteriormente protendidas – uma barra Dywidag por bainha.

Na sequência é executada a montagem da armação da 1ª etapa da consolidação, prosseguindo com o fechamento das formas com altura de 58cm e preenchimento com concreto de 50 Mpa.

Depois de atingida a resistência de 50% do concreto utilizado, é executada a protensão transversal nas barras Dywidags. É executada a armação, fechamento das formas e concretada a 3ª etapa de concretagem, nas extremidades dos capitéis, onde ficarão embutidas as pontas das barras Dywidags de protensão transversal. Neste momento é feita a injeção da calda de cimento nas bainhas transversais.

Na sequência são interligadas as bainhas, C1 e C2, para embutirem as cordoalhas de consolidação do Módulo. As bainhas são lacradas com fita, pois estas devem ser estanques a entrada de nata de cimento durante a concretagem, instalados os respiros da injeção e passadas as cordoalhas nas bainhas para futura protensão.

São instalados os dutos de Crossbond, SPDA e sinalização, conforme projeto.

Por fim, é executado o fechamento das formas, e fixados dos dois lados, os insertos dos trilhos de energia. As formas têm possibilidade de ajuste de inclinação para a concordância da superelevação das duas vigas.

A concretagem é executada, utilizando concreto de 50 Mpa, até atingir a altura das vigas guia subsequentes. Na superfície é aplicado um aditivo para retardar a pega do concreto, para a posterior execução das ranhuras.

Consolidação de extremidade de módulo com junta de dilatação.

Nas extremidades dos módulos, a consolidação deve prever uma junta de dilatação de 5 cm, que vem desde o fuste, passando pelo capitel.

A sequência executiva da consolidação com junta de dilatação diferencia em alguns aspectos da consolidação simples, por conter a instalação do Finger Plate e a protensão longitudinal, consolidando o módulo.

Finger plate são placas de aço galvanizado que ficarão instaladas sob a passagem de pneus para evitar o solavanco destes no momento da passagem sobre a junta de dilatação. Esta placa é fixada na extremidade de um módulo e possui reentrâncias (dentes) que se encaixam nas reentrâncias presentes na placa fixada na extremidade do outro módulo. Estas placas são parafusadas em gabaritos de aço galvanizado presos na armação, durante a consolidação.

Assim como na consolidação simples, são instaladas 4 bainhas para cada extremidade de módulo. Neste momento são passadas as barras Dywidags. Em seguida, é executada a montagem da armação da 1ª etapa da consolidação, prosseguindo com o fechamento das formas com altura de 58cm e preenchimento com concreto de 50 Mpa.

Depois de atingida a resistência de 50% do concreto utilizado, é executada a protensão transversal nas barras Dywidags.

Nas vigas de extremidade do módulo, são instalados 4 (quatro) macacos de protensão, dois para as cordoalhas do C1 e dois na do C2. Após a liberação desta protensão e injeção de calda são realizadas a complementação da armação e são instalados os gabaritos metálicos do Finger Plate. Cada extremidade possui um gabarito em que será parafusada a placa lateral, e outro na parte superior. Os gabaritos entre os módulos têm que ficar distanciadas perfeitamente a 5 cm. O ajuste de distância em relação a temperatura é feito nas placas, posteriormente parafusadas.

São colocados os dutos de sinalização, conforme projeto.

Então é executado o fechamento das formas. São fixados nas formas, em cada extremidade, os insertos dos trilhos de energia. As formas têm ajuste de inclinação para a concordância da superelevação das duas extremidades de módulo.

É utilizado concreto de 50 Mpa, até atingir a altura do gabarito do finger plate. Na superfície é aplicado um aditivo para retardar a pega do concreto, para a posterior execução das ranhuras.

É executada a armação, fechamento das formas e concretada a 3ª etapa de concretagem, nas extremidades dos capitéis, onde ficarão embutidas as pontas das barras Dywidags de protensão transversal. Neste momento é feita a injeção da calda de cimento nas bainhas transversais.

Encerrando a montagem da junta de dilatação, as placas de Finger Plate são instaladas, prevendo um distanciamento conforme tabela, levando em consideração a temperatura ambiente no momento da instalação.

Autores:

Fábio de Oliveira e Soares, PMP, MBA Engenheiro Civil, Metrô SP; Formado na Escola de Engenharia de São Carlos – E.E.S.C- USP, MBA-FIA; Coordenador de implantação de Sistemas Mecânicos, Auxiliares e Material Rodante, no Metrô SP desde 2002.

Alessandro Godoy Coelho, Engenheiro Civil, Metrô - SP; Formado na Universidade de Mogi das Cruzes em 1997; Engenheiro da Linha 15 - Prata, no Metrô SP desde 2009.

José Arapoty Frare Camargo Prochno, Engenheiro Civil, Metrô - SP; Formado na Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado em 1980; Chefe de Departamento de Obra Civil da linha 15 - Prata, no Metrô SP desde 1985.

Carlos Augusto Rossi, Engenheiro Mecânico, Metrô SP, Formado pela Faculdade de Engenharia de Mogi das Cruzes; Engenheiro Especializado de implantação de Sistemas Mecânicos, Auxiliares e Material Rodante, no Metrô SP desde 1975.