

MEMORIAL DE CÁLCULO

OBRA.....PONTE RODOVIÁRIA EM CONCRETO ARMADO E AÇO.

PROPRIETÁRIO...PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGEM GRANDE DO SUL.

LOCAL.....AVENIDA ALICE DE CARVALHO BUOZI - SOBRE O RIO VERDE.

01.ELEMENTOS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO:

O projeto de uma ponte inicia-se, naturalmente, pelo conhecimento de sua finalidade, da qual decorrem os elementos geométricos definidores do estrado, como, por exemplo, a seção transversal e o carregamento a partir do qual será realizado o dimensionamento da estrutura.

A ponte em questão terá características definidas pela Classe I do DNER, pelo relatório de sondagem, pelo projeto arquitetônico e pelos elementos normativos estabelecidos pelas Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 7187 - Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido;
- NBR 7188 - Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre;
- NBR 6118 - Projeto e execução de obras de concreto armado.

02.SUPERESTRUTURA

02.01.CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DA SUPERESTRUTURA

O sistema estrutural empregado na ponte é o de viga contínua.

O comprimento total da ponte é de 11,00 metros, e largura de 13,00 metros. A seção transversal é em viga metálica (viga W) com oito longarinas e a sua altura dimensionada em 610 milímetros. São utilizadas vinte e oito transversinas metálicas (viga W) com altura de 250 milímetros.

Os apoios das vigas metálicas são duas cabeceiras, ambos em concreto armado, conforme detalhado em projeto estrutural. Utiliza-se para placa de apoio neoprene.

A laje utilizada para o tabuleiro é laje pré-moldada treliçada sem enchimento, com altura de 18 centímetros, e treliça TR12645 com adicional de 2 ferros de 8,0 milímetros. A largura da treliça é de 25 centímetros. Sobre a treliça é colocada tela soldada Q196 (ϕ 5,0 milímetros a cada 10 centímetros).

O concreto utilizado no tabuleiro terá f_{ck} 35.0 Mpa, com consumo de cimento em 320 kg/m³, SLUMP de 10+–2 centímetros e cimento CP II 40. O engastamento entre tabuleiro e longarinas se dá através de conectores metálicos STUD BOLTS espaçados a cada 50 centímetros.

02.02. IDEALIZAÇÃO PARA O CÁLCULO DAS SOLICITAÇÕES

O cálculo do quinhão das cargas móveis que cada viga recebe é feito de forma aproximada. Colocam-se cargas móveis numa seção próxima ao meio do vão (sempre orientado na direção do tráfego), na posição transversal mais desfavorável para a viga estudada, e obtêm-se o trem tipo da mesma. Para as seções próximas aos apoios, o quinhão de carga da viga – para a mesma posição da carga móvel na seção transversal – sofre alterações. Para maior simplicidade, contudo, admite-se que o trem-tipo calculado próximo ao meio do vão não se altera ao longo da viga.

As ações devido ao peso próprio são mais fáceis de distribuir entre as vigas. No caso de seção transversal com quatro vigas (consideradas no cálculo), cada uma recebe um quarto do peso próprio da superestrutura.

Os esforços devido ao peso próprio e à carga móvel são calculados em diversas seções de cálculo ao longo da viga. O número de seções adotadas, em cada tramo varia com o vão do mesmo, podendo adotar-se cinco seções para vãos pequenos (da ordem de 10 a 15 metros) e dez seções para vãos médios (da ordem de 25 a 30 metros).

01.01.VIGA PRINCIPAL (LONGARINA)

A seguir são executados os cálculos para determinação do carregamento devido ao peso próprio sobre cada longarina. Foram adotados para o concreto armado peso específico de (γ) de 2500 kgf/m³.

O carregamento uniformemente distribuído compõe-se de: seção transversal, guarda-rodas, pavimento e guarda corpo o que resultou num total de $q=1,29$ tf/m. A seguir são calculadas as forças concentradas constituídas pelas longarinas, transversinas e viga de fechamento composta de: faixa de rolamento = 500,00 kgf/m², faixa de pedestre = 300,00 kgf/m², trem tipo conforme Norma NBR 7188: O trem tipo para pontes são distribuídos em três classes e a utilizada para esta obra é a classe 45 - na qual a base do sistema é um veículo tipo de 45.000,00 kg de peso total.

Características do veículo:

Quantidade de eixos = 3;

Peso total do veículo = 45,0 tf;

Peso de cada roda dianteira = 7,5 tf;

Peso de cada roda traseira = 7,5 tf;

Peso de cada roda intermediária = 7,5 tf;

Largura b_1 de contato de cada roda dianteira = 50 cm;

Largura b_3 de contato de cada roda traseira = 50 cm;

Largura b_2 de contato de cada roda intermediária = 50 cm;

Comprimento de contato de cada roda = 20 cm;

Área de contato de cada roda = $(0,20 \times 0,50) \text{ m}^2$;

Distância entre eixos = 1,50 metros;

Distância entre os centros de roda de cada eixo = 2,00 metros;

01.02.LAJE DO TABULEIRO

Para o dimensionamento das longarinas precisamos dimensionar a laje em concreto armado e suas reações.

O tabuleiro, como já dissemos, será executado com lajes treliçadas sem enchimento, armada em uma direção, portanto, seu dimensionamento será como viga, utilizando as cargas acima explicitadas.

Calculamos então, o d_{min} , o esforço cortante, o momento fletor e a partir daí o K6, K3 e as.

01.03.FADIGA

A fadiga pode ser definida como a alteração mecânica dos materiais sob o efeito de solicitações repetidas. As ações que causam a fadiga são aquelas que produzem variações de solicitações com frequência relativamente alta. Dentre elas podem ser citadas: cargas móveis, ondas do mar, sismos, vento, variações de temperatura, congelamentos, etc. Normalmente, os maiores problemas de fadiga ocorrem para situações com elevado número de ciclos.

O concreto quando sujeito a ações repetidas pode apresentar fissuração excessiva e, eventualmente, romper após um grande número de ciclos, mesmo se o nível de solicitação for menor que a correspondente solicitação estática. A resistência à fadiga é definida como uma fração da resistência estática que pode ser suportada, para certo número de ciclos. Para a nossa obra adotaremos 60% da resistência estática.

01.04.TRANSVERSINAS

As transversinas de pontes com quatro longarinas contribuem para a rigidez dos vigamentos sujeitos a cargas excêntricas. As transversinas têm a função complementar de impedir o tombamento lateral das vigas principais e absorver excentricidades dos apoios em relação aos eixos das vigas.

Os carregamentos atuantes são seu peso próprio e os momentos fletores transversais, atuantes na seção transversal, provenientes de excentricidades do carregamento. Devido à dificuldade de avaliação desses esforços, é adotado um procedimento simplificado para o dimensionamento das transversinas. Para os momentos positivos, considera-se a transversina apoiada sobre as longarinas e sujeita apenas ao seu peso próprio. Para os momentos negativos, considera-se que a transversina resista a diferença entre os momentos negativos do balanço e do tabuleiro.

Momento positivo = $(q \cdot l^2)/8 = 0,203 \text{ tf.m}$;

Momento negativo = diferença = $2,615 \text{ tf.m}$;

Esforço cortante = $(q \cdot l)/2 = 1,044 \text{ tf.}$;

Para o cálculo da viga metálica, consideraremos:

Aço ASTM A36 ;

Tensão de ruptura (σ_r) = 4900 kgf/cm^2 ;

Fator de Segurança (F_s) = 4;

Tensão de ruptura admissível (σ_{ra}) = $\sigma_r/F_s = 1.225,0 \text{ Kgf/cm}^2$;

$W = M / \sigma_{ra} \text{ (cm}^3\text{)} \Rightarrow W = 213,47 \text{ cm}^3$, por tabela, W 250x17,9kgf/m;

01.05.DIMENSIONAMENTO:

Utilizado o programa de cálculo estrutural, para peças em concreto, SISTRUT.

02.07.01. TABULEIRO (LAJE)

Calculado como viga bi-apoiada de largura 100 centímetros e utilizando o programa e as cargas acima especificadas resultou em:

Altura da viga = 18 centímetros;

Armadura superior = $4,98 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \phi 8,0 \text{ mm c}/10 \text{ cm}$;

Armadura inferior = $4,0 \text{ cm}^2/\text{m} \Rightarrow \phi 8,0 \text{ mm c}/12,5 \text{ cm}$;

Como adotamos trabalhar com laje treliçada sem enchimento, a especificação da laje será:

TR 12645/ β 18 – Ad. 2 ϕ 8,0;

Sem enchimento;

Malha superior (quadrada): ϕ 5,0mm c/10cm;

Inter eixo: 25 centímetros;

Armação tela soldada: 1.640,24kgf;

Armação adicional: 507,0kgf;

Concreto: fck 35.0 MPa;

SLUMP 10+–2cm;

consumo de cimento = 320 kg/m³;

fa/c \leq 0,55;

cimento CP II 40;

Vc = 24,96m³;

Reações nas longarinas:

Momento = 40,0 tf.m;

Esforço cortante = 3,4 tf/m;

02.07.02. LONGARINAS

Momento fletor = 40,0 tf.m;

Aço ASTM A572 ;

Tensão de ruptura (σ_r) = 6500kgf/cm²;

Fator de Segurança (Fs) = 4;

Tensão de ruptura admissível (σ_{ra}) = $\sigma_r / F_s = 1.625,0 \text{ Kg/cm}^2$;

$W = M / \sigma_{ra} \text{ (cm}^3\text{)} \Rightarrow W = 1.461,54 \text{ cm}^3$, por tabela, W 610x101kgf/m;

02.MESOESTRUTURA

A mesoestrutura das pontes é constituída pelos pilares, que têm a função de transmitir os esforços da superestrutura para a infraestrutura (fundações). A cada linha transversal de apoio do tabuleiro correspondem a um ou mais pilares.

O sistema estrutural principal da superestrutura é constituído por vigas, contínuas, suas reações são transferidas aos pilares por meio de aparelhos de apoios que permitem a rotação e a translação da viga, feitos de aço e placas de materiais elastoméricos.

Os pilares estão submetidos a esforços verticais e horizontais. Os esforços verticais são produzidos por:

- Reação de carregamento permanente sobre a superestrutura;
- Reação da carga móvel sobre a superestrutura;
- Peso próprio do pilar e das vigas;
- Reação vertical nos pilares provocada pelo efeito de tombamento da superestrutura devido ao vento incidindo na direção transversal;

Os esforços horizontais são:

- Frenagem ou aceleração da carga móvel sobre o tabuleiro;
- Empuxo de terra e sobrecarga nas cortinas;
- Componente longitudinal do vento incidindo na superestrutura;

Esforços transversais:

- Vento incidindo na superestrutura;

Esforços parasitários:

- Variação de temperatura do vigamento principal;
- Retração do concreto do vigamento principal;

No dimensionamento os pilares serão considerados engastados na base e livre no topo. Quando a transmissão dos esforços da superestrutura para os pilares é feita através de aparelhos de apoio de borracha (neoprene), a rigidez dos pilares sofre uma modificação devido a contribuição da flexibilidade do neoprene no deslocamento total do topo do pilar.

Temos sete pilares em cada cabeceira com as seguintes dimensões, 30cm x 55cm e altura de 4,00m, e com a carga de 40,0 tf. por pilar, e, através do programa SISTRUT, definimos os pilares:

DIMENSIONAMENTO

Largura = 55 centímetros;

Altura = 400 centímetros;

bw = 30 centímetros;

Armadura = $12\phi 12,5$ mm;

Estribos = $\phi 6,3$ mm a cada 15,0 centímetros;

Armação = 720,39kgf;

Formas = 75,4m²;

Concreto: fck 35.0 MPa;

SLUMP 10+–2cm;

consumo de cimento = 320 kg/m³;

fa/c ≤ 0,55;

cimento CP II 40;

Vc = 9,57m³;

03.FUNDAÇÕES:

03.01.ESTACAS

Serão executadas fundações com estacas moldadas “in loco” tipo, escavadas armadas (não há presença de água na sondagem), se houver água quando da perfuração as estacas serão moldadas “in loco” tipo hélice contínua armada.

As estacas são elementos estruturais totalmente enterrados, ligados à meso e à superestrutura de maneira simples ou complexa. As solicitações nos fustes das estacas são calculadas levando-se em conta estas ligações e ainda os efeitos da contenção lateral do terreno.

As pressões laterais são função dos deslocamentos transversais das estacas. As leis de variação dependem de diversos fatores, não sendo possível adotar uma hipótese que cubra todos os casos da prática.

O cálculo das estacas é feito através das teorias de Aoki-Veloso, Décourt-Quaresma e Teixeira com as cargas atuantes resultantes, ou seja, 11 tf. e momento fletor de 10tf.m, e baseado, também, na sondagem de solo apresentada, resultando nas estacas detalhadas no projeto anexo, ou seja, total de:

– Duas estacas com profundidade de 9,0 metros e diâmetro 25 centímetros armadas com 6 ϕ 12,5 e estribos de diâmetro 5,0mm com passo de 20 centímetros, o comprimento da armação é de 8,0 metros;

Concreto: fck 20.0 MPa;

SLUMP 10+-2cm;

consumo de cimento = 320 kg/m³;

fa/c \leq 0,55;

cimento CP II 32;

Vc = 12,37m³;

03.02.BLOCOS DE TRANSIÇÃO

Os blocos de transição são a ligação entre as estacas e os pilares e são dimensionados pelas reações das longarinas adicionado o peso próprio dos pilares, ou seja, esforço cortante 11 tf. e momento fletor de 10,0 tf.m, resultando em blocos para duas estacas e com as seguintes dimensões: 150cm x 60cm x 50cm, e armação ϕ 10,0mm a cada oito centímetros e estribos ϕ 6,3mm a cada dezenove centímetros conforme detalhado em projeto anexo.

Armação = 227,22kgf;

Formas = 29,4m²;

Concreto: fck 25.0 MPa;

SLUMP 10+/-2cm;

consumo de cimento = 320 kg/m³;

fa/c ≤ 0,55;

cimento CP II 32;

Vc = 6,30m³;

Mogi Guaçu, 21 de março de 2017

PEDRO AUGUSTO NEGRI

ENGENHEIRO CIVIL

CREA 060.108.940.0