

Tubos de Concreto

ALGUMAS OBSERVAÇÕES SÔBRE O SEU EMPREGO EM RÉDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Eng. MILCÍADES EMÍLIO DE MORAES

A aquisição de tubos para coletores de esgotos obedece em geral, às especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Sendo usados geralmente em valas, estão êsses tubos sujeitos à ação do peso de terras sobrepostas e cargas móveis e há com isso predominância de momentos fletores e as "especificações" fixam características com referência a êste tipo de solicitação.

A realização sistemática de ensaios pelo método "Sand Bearing", feitos em condições que mais se aproximam da prática, é complicada. Generalizou-se, assim, o emprego do método dos 3 cutelos, cujos resultados pouco diferem do anterior, apresentando a vantagem de ser facilmente executado em laboratório.

Nos coletores de esgotos em concreto, pode verificar-se que nem sempre a simples exigência de "resistência" satisfaz as condições de serviço.

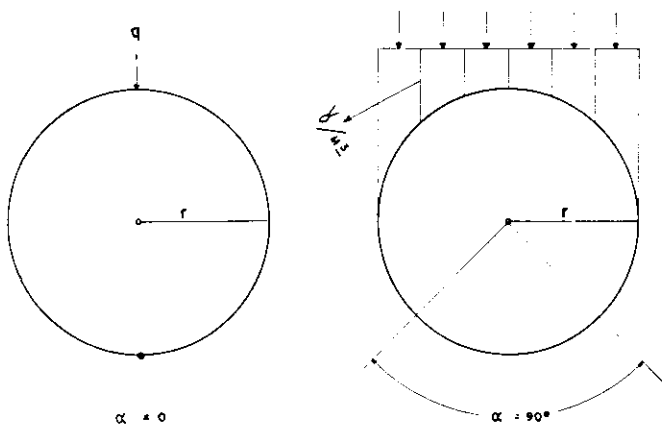
Isso é devido aos fatores proporcionais, mais favoráveis nos tubos de pequenos diâmetros, e que permitem o emprego de aglomerados de baixo teor de cimento.

Êstes tubos pelo "traço" apresentam massas porosas e estão sujeitos à corrosão pelo efluente dos esgotos, apesar de satisfazerem a carga solicitada.

Pode-se evitar isso estabelecendo a exigência de cargas relativamente elevadas para o ensaio dos 3 cutelos, mesmo correspondendo nos cálculos a cargas uniformemente distribuídas, excessivas e variadas.

Com efeito, quando se estabelece, por exemplo, a exigência de uma carga de ruptura de 5 T/m no ensaio de 3 cutelos, verifica-se pelas fórmulas de deformação normalmente admitidas, que as expressões do momento fletor na geratriz inferior do tubo nos dão:

1.º) Cargas Suportadas Pelos Tubos



$$MT = 0.318 Tr$$

$$MF = 0.277 q r^2 + 0.051 \gamma r^3$$

em que:

T = carga de ruptura por metro, concentrada na geratriz superior do tubo, supondo-se o mesmo apoiado sôbre sua geratriz inferior $\alpha = 0$.

q = carga de ruptura vertical distribuída uniformemente por metro quadrado.

Para uma superfície horizontal de $2r \times 1$ m, agindo sôbre um plano tangente à geratriz superior (supõe-se o tubo apoiado sôbre um solo bem compactado ao longo de um setor de 90º) simétrico em relação à geratriz inferior:

γ = peso da unidade de volume da terra do tórro da vala, compreendida entre o plano em que age "q" e o tubo = 1.8 T/m³.

Substituindo, temos:

$$0,318 Tr = 0,277 q r^2 + 0,051 \gamma r^3$$

$$\therefore q = 1,15 \frac{T}{r} = 0,18 \gamma r$$

o termo (γr) pode ser desprezado por ser muito pequeno em face de $1,15 \frac{T}{r}$

Para $T = 5$ T/m aplicadas para os diversos diâmetros de tubos usuais em linhas de esgotos, temos:

QUADRO N.º 1

Diâmetro interno	r	q em T/m ² equivalente a T = 5 T/m
1.200 mm	0,638	9,0
1.000	0,540	10,7
900	0,485	11,8
800	0,432	13,3
600	0,332	17,2
450	0,251	22,8
375	0,212	27,0
300	0,171	33,3

Esses valores, principalmente para os tubos de menores diâmetros, são teoricamente excessivos, tendo em vista os cálculos feitos pelo eng. Pacheco de Carvalho, do D.N.E.R. (publicados na Revista Rodovia n.º 119) que, após várias considerações, considerando a sobrecarga normal (rôlo compressor 16T) distribuída segundo um tronco de cone formado por um ângulo de 30º com a vertical, teoria essa que muito se aproxima da de Boussinesq.

$$S = a \times b \quad S = (a + 2 \text{ Htg } 30^\circ) (b + 2 \text{ Htg } 30^\circ)$$

Calculados para várias profundidades as cargas em T/m² com o coeficiente de segurança 1,5, temos:

Altura H	Carga de terra	Carga Compressor	Total	16.80
0 metros	0 T/m ²	11,2 T/m ²	11,2	1,5
0,5	0,95	7,25	8,15	12,20
1,0	1,80	2,60	4,40	6,60
1,5	2,70	1,40	4,10	6,20
2,0	3,60	0,88	4,50	6,80
2,5	4,50	0,61	5,10	7,70
3,0	5,40	0,44	5,88	8,80
4,0	7,20	0,27	7,47	11,20
5,0	9,00	0,18	9,18	13,80
6,0	10,80	0,13	10,93	16,40

Para um compressor tipo (16T) a sobrecarga na roda traseira é: $P = a \times b$.

$$q = 4,5 \text{ T}/0,40 \times 0,10 = 4,5 \text{ T}/0,04 \text{ m}^2$$

donde se pode admitir com segurança a carga média de $q = 15 \text{ T}/\text{m}^2$ para os tubos de grande diâmetro, e $q = 20 \text{ T}/\text{m}^2$, para os de pequeno diâmetro (0,450 m a 0,150 m).

Nessas condições mais desfavoráveis, correspondem as seguintes cargas por metro, no ensaio dos 3 cutelos.

Diâmetro interno mm	q em T/m ²	T em T/m
1.200	15	8,3
1.000	15	7,0
900	15	6,3
800	15	5,6
600	20	5,8
450	20	4,4
375	20	3,7
300	20	3,0

Verifica-se aqui que os tubos de menores diâmetros suportam proporcionalmente maiores cargas, exigindo na sua fabricação misturas mais econômicas, que pela sua natureza são mais porosas e portanto mais facilmente atacadas pela corrosão, quer interna, quer externa.

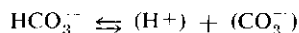
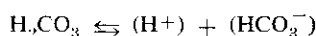
Este ataque ao concreto nos tubos de esgoto pode ser explicado atualmente pela corrosão química ou pela corrosão bacteriológica. Ambas levam em conta a porosidade do material.

2.º) Corrosão Química

Neste caso o agente desagregador é o anidrido carbônico agressivo. Quando no efluente de esgoto ou no lençol freático forma-se CO₂ livre, produzido por matéria orgânica em decomposição acima de certo limite, é ele capaz de dissolver o carbonato de cálcio formado nos poros do cimento hidratado.

A água presente absorve esse anidrido carbônico, que hidratado dá origem ao ácido carbônico: CO₂ + H₂O = H₂CO₃.

Pela dissociação, o ácido carbônico apresenta ions (H⁺) e ions (HCO₃⁻) originando bicarbonatos. Os ions HCO₃⁻ se dissociam originando carbonatos:

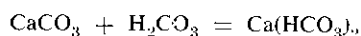
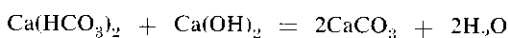
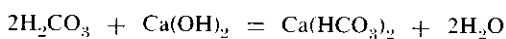


Em presença da água, com a hidratação dos silicatos contidos no cimento endurecido, a cal liberta-se em forma de hidróxido de cálcio Ca(OH)₂.

A velocidade de libertação do hidróxido de cálcio é tanto maior quanto maior for a porosidade do concreto, devido à água ter maior facilidade em atravessá-lo, arrasando assim a cal.

O ácido carbônico da água, por sua vez, reagindo com o hidróxido de cálcio, produz o bicarbonato solúvel.

Nes efluentes de esgoto e nos lençóis freáticos, o anidrido carbônico livre (que existe em quantidade superior à necessária para a estabilização do bicarbonato) dissolve o carbonato de cálcio e este em contato com o CO₂ agressivo de água renovada, transforma-se em bicarbonato solúvel.



Prosseguindo assim, o concreto torna-se cada vez mais poroso e permeável, até a sua desagregação final.

Geralmente é na zona de oscilação do lençol freático, (onde na maioria das vezes estão os "greides" do scoletores de esgôto), que a deterioração dos tubos de concreto se apresenta mais acentuadamente, devendo-se sempre lembrar que qualquer que seja a ação agressiva no concreto, ela se processa sempre por intermédio da água, que pelas suas propriedades dissolventes conduz o elemento agressivo na massa do mesmo.

3.º) Corrosão bacteriológica do Concreto nos Coletores de Esgôto.

Segundo estudos e pesquisas feitas por C. D. Parker, Bacteriologista e Químico dos Laboratórios Melbourne, publicados no *The Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science* Vol. 23 p. p. 81-90. A corrosão nas superfícies internas dos tubos de concreto usados em esgotos, ocorre quando o efluente ou a atmosfera interna, contém apreciável quantidade de gás sulfídrico (H_2S), que na presença da água produz ácido sulfúrico. Este ácido transforma os sais de cálcio, magnésio, etc., presentes no aglomerado do concreto, em sulfatos, com a respectiva desagregação do material.

Para comprovar o mecanismo da produção do ácido sulfúrico, após inúmeras pesquisas, isolou Mr. Parker diversas espécies de bactérias existentes nos produtos da corrosão e estudou suas propriedades físicas e biológicas, propondo para as mesmas o nome de "Thio Bacillus Concretivorus".

A atividade destas famílias de bactérias explica a produção do ácido sulfúrico livre, no processo de corrosão pela redução de enxôfre livre formado do gás sulfídrico (H_2S) — As bactérias não utilizam o H_2S diretamente, porém transformam o enxôfre livre em ácido sulfúrico.

Este processo de corrosão pode ser dividido em duas etapas. Na primeira etapa, o equilíbrio dos carbonatos e bicarbonatos com o CO_2 é destruído e o pH do concreto cai de 8,4 para 6 a 7. Na segunda etapa, há por esse motivo, uma proliferação ativa dessas bactérias, com grande produção de ácido sulfúrico, causa ativa da corrosão interna dos tubos.

Dai a exigência, às vezes, feita no limite mínimo de 5 T/m no ensaio dos 3 cutelos, indiscriminadamente para os diversos diâmetros de tubos empregados em esgotos.

Esses valor é facilmente atingido pelos tubos de boa fabricação, (quer centrifugados, quer vibrados), que possuem massa compacta proveniente de misturas ricas em cimento.

Os tubos de fabricação mais econômica, destinados aos boeiros e galerias pluviais, resistem perfeitamente às exigências do Quadro II, porém, com argamassas mais pobres, são porosos, facilmente penetrados pela água e portanto atacados pela corrosão.

Conclusão: Não bastam, em certos casos, as exigências das "Normas Vigentes"; pois quanto às cargas, os fabricantes podem jogar para satisfazê-las, com outros fatores, como: armadura, espessura do tubo, etc., e quanto às exigências de permeabilidade (controladas pelo ensaio de pressão de 10 m — 2 seg) podem ser satisfeitas com o aumento de espessura do tubo, ou introdução de elementos impermeabilizantes na massa do concreto.

A exigência de cargas elevadas para o recebimento de tubos de concreto para esgôto é, pois, um modo indireto de controlar a qualidade dos mesmos. O custo no aumento exagerado da espessura ou da armadura, estabelece um equilíbrio com o preço dos tubos mais ricos em cimento (traço acima de 450 Kg/m^3), que pelas teorias já expostas, estão menos sujeitos à corrosão.

REFERÊNCIAS

- ENG. GILBERTO MOLINARI — Deterioração do concreto pelas águas do sub-solo contendo anidrido carbônico agressivo — *Revista Engenharia* (Fevereiro, 1953).
- ENG. PACHECO DE CARVALHO — Sobrecargas em tubos para boeiros — (*Rodovia n.º 119*).
- Water Works & Sewerage* — Vol. 92 — n.º 12.