

Copyright 2010, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Análise Estrutural De Cortina Atirantada Em Iminência De Colapso Devido À Corrosão De Armaduras

Fábio Pereira¹

Abstract

This paper aims to present the structural analysis carried out in a 240 m-long concrete containment curtain, located on the seafront in the Areia Preta beach in Natal-Rio Grande do Norte, which is on the verge of structural collapse after nine years the completion of recovery services in their structures due to the section loss of virtually all of their frameworks. It was caused by the action of chloride and sulfate ions originating from seawater, which came into contact with that structure in the form of spray and impacts of ocean waves. Firstly, it will be made a general description of the curtain and diseases present in their structures. Then we will describe the tests with their results in the structures of curtain. Finally, in according to the results obtained and the recovery projects developed and structural reinforcement, we will show methods of recovery and structural improvements to be used in emergency services and urgent rehabilitation and reinforcement.

Resumo

Neste trabalho iremos apresentar a análise estrutural realizada em uma cortina de contenção de concreto armado de 240 m de extensão, localizada à beira-mar na praia de Areia Preta em Natal-Rio Grande do Norte, que está em iminência de colapso estrutural após nove anos da realização de serviços de recuperação em suas estruturas, devido à perda de seção da quase totalidade de suas armaduras, ocasionada pela ação dos íons cloretos e sulfatos oriundos da água do mar, os quais entraram em contato com a referida estrutura sob a forma de respingos e impactos das ondas do mar. Em primeiro lugar será feita uma descrição geral da cortina e das patologias existentes em suas estruturas. Em seguida descreveremos os ensaios realizados com seus respectivos resultados nas estruturas da Cortina. Por fim, baseados nos resultados obtidos e nos projetos de recuperação e reforço estrutural elaborados, apresentaremos as metodologias de recuperação e de reforço estrutural à serem utilizadas nos serviços urgentes e inadiáveis de recuperação e reforço estrutural.

Palavras-chave: Corrosão, Cloretos, Carbonatação

Introdução

A Cortina em questão, situada na Av. Governador Silvio Pedroza, Praia de Areia Preta, Via Costeira, possui um extensão de aproximadamente 240 m e encontra-se em contato direto e

¹Engenheiro Civil

Mestre-Engenharia Mecânica-Tecnologia dos Materiais-UFRN

,Doutor-Ciência e Engenharia de Materiais-Compósitos-UFRN

DIRETOR-Engecal-Engenharia e Cálculos Ltda

permanente com a água do mar e seus respingos, sendo submetida a ciclos de molhagem e secagem constantes, estando inserida no nível de agressividade IV de acordo com a NB-1, ou seja, uma agressividade muito forte com risco de deterioração elevado (agressividade mais severa existente). Após nove anos da realização da última intervenção reparadora em suas estruturas, após vistoria evidenciou-se um estado de iminência de colapso estrutural devido à grande perda de seção produzida em suas armaduras, partindo-se então de imediato para a realização de uma avaliação completa de suas estruturas, com execução de ensaios e elaboração de projetos de recuperação e reforço de suas estruturas com descrição das metodologias executivas à serem realizadas, visando primeiramente a garantia da estabilidade global da estrutura da Cortina e em segundo lugar o aumento da vida útil da mesma

Descrição da Cortina

A estrutura da cortina atirantada consiste em uma cortina de 240 m de extensão e 4m de altura, sustentada por pares de tirantes, dispostos ortogonalmente, fixados em pilares de sustentação, que recebem amarração de uma viga corrida. A estrutura da avenida é composta de uma viga corrida de maiores dimensões (40 x 70 cm), localizada sob o pavimento, que recebe os engastes tanto na viga em balanço quanto na laje da faixa de rolamento. No topo da cortina há outra viga, denominada viga de crista com dimensões de (40 x 50 cm), que possui a função de amarração dos pilares da cortina e sustentação do passeio público, executado em laje maciça. Há ainda na extremidade externa das vigas em balanço, outra viga, também corrida, chamada viga de bordo com dimensões de (25 x 40 cm), que serve de apoio à laje do passeio. Ao longo da viga de bordo existem guarda-corpos em concreto armado, protegidos por tubos de PVC com diâmetros de 100 e 150 mm. Os tirantes da cortina tem um diâmetro de 32 mm. Um corte transversal do projeto da estrutura será mostrado na documentação fotográfica evidenciando estes detalhes.

Análise Estrutural

Foram realizados ensaios na estrutura da Cortina, visando obter informações sobre o estado de corrosão das armaduras e das estruturas de concreto armado.

-PROBABILIDADE DE CORROSÃO: Foram medidos doze pontos diferentes da estrutura(vigas,pilares e lajes), utilizando o eletrodo de Cobre/Sulfato de Cobre se baseando pela norma ASTM-C 876. Os valores deram todos acima de -350mv significando uma probabilidade de corrosão de 95% nas armaduras analisadas. (-476mv , -410mv , -452mv , -365mv , -388mv , -434mv , -412mv , -637mv , -354mv , -533mv , -456mv , -424mv)

-PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO E PH DO CONCRETO: Foram medidos vários pontos da estrutura pelos indicadores fenolftaleína e lápis medidor de ph observando-se que as estruturas não apresentaram carbonatação com profundidade de 1 à 2 cm com $\text{ph}=8$.

-TEOR DE CLORETOS: Foram extraídas amostras(pó) de seis pontos na estrutura, os ensaios foram feitos por titulação pelo Método de Mohr no laboratório da UFRN, apresentando valores acima do limite de 0,4% da massa do cimento indicado pelas normas(0,42%,0,43%,0,47%,0,434%,0,43%,0,44%). Foram feitas ainda medidas com o nitrato de prata(aspersão) indicando presença de manchas brancas e marrons nas superfícies aspergidas,ou seja, presença de íons cloreto nas superfícies do concreto.

-POROSIDADE: Foram extraídas amostras de concreto em sete pontos, sendo levadas ao laboratório da UFRN para análise conforme a NBR-9778, apresentando resultados inferiores a 10% indicando conforme a norma concreto de boa qualidade e bem compacto.(8,77%,7,33%,9,64%,9,32%,8,44%,8,33%,7,23%)

-RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO: Foram extraídas seis amostras de corpos-de-prova(10x20cm) que foram encaminhadas para o rompimento no laboratório da UFRN, apresentando em todos os resultados valores satisfatórios superiores a resistência de 25 Mpa prevista em projeto.(25,44,26,84,26,75,31,22,26,31,27,98)

Na vistoria realizada foram identificadas fissuras da ordem de 0,2 à 0,4 mm de espessura medidas pelo fissurômetro nas paredes da cortina, evidenciando a movimentação da cortina em virtude da acelerada corrosão das armaduras das vigas em balanço e dos tirantes ativos, com apresentação em alguns casos de perda de seção das armaduras e na maioria das estruturas a inexistência de armaduras pela ação dos cloretos. Esta movimentação da cortina

produziu uma grande declividade em parte da calçada da orla marítima. Na documentação fotográfica estes detalhes serão evidenciados.

Projeto de Recuperação e Reforço Estrutural

Após a análise dos resultados dos ensaios realizados descritos anteriormente e exame visual in-loco, realizou-se o projeto de recuperação e reforço estrutural da Cortina.

Nas lajes e escadaria, devido ao intenso desgaste das armaduras com corrosão com 50 % de perda de seção, optou-se pela ancoragem de novas armaduras principais e estribos(12.5 mm e 5.0) em toda extensão das peças com adesivo estrutural com furos de 10 e 5 cm de profundidade com brocas 13 mm e 6 mm.respectivamente e aplicação de uma tela de zinco grampeada ao concreto em toda a extensão das lajes e escadaria anteriormente do hidrojateamento. Após o hidrojateamento de areia será aplicada a pintura anti-corrosiva de zinco nas armaduras antigas, para em seguida projetarem camadas de concreto projetado de 5 cm de espessura e de argamassa polimérica de 1 cm. Nas vigas também devido ao intenso desgaste das armaduras com corrosão com perda de seção quase total, optou-se pela ancoragem de novas armaduras principais e estribos(12.5 mm e 5.0) em toda extensão das peças com adesivo estrutural com furos de 10 e 5 cm de profundidade com brocas de 13 mm e 6 mm respectivamente e aplicação de uma tela de zinco grampeada nas vigas de concreto anteriormente ao hidrojateamento. Após o hidrojateamento de areia será aplicada a pintura anti-corrosiva de zinco nas armaduras antigas. Visando o aumento de durabilidade das estruturas de concreto armado resolveu-se aplicar também um aumento nas seções das vigas com aplicação de concreto projetado com aditivos com 5 cm de espessura e de argamassa polimérica com 1 cm. Com aplicação da proteção catódica galvânica(tela de zinco) e a argamassa polimérica a vida útil da estrutura da cortina terá um significativo ganho de durabilidade. A resistência especificada para o concreto projetado foi de 35 MPa. Os tirantes sem perda de seção, serão submetidos a limpeza da corrosão através de hidrojateamento de areia e posterior aplicação de pintura anti-corrosiva de zinco com proteção através de grout expansivo com recobrimento de 5 cm(formas). Os tirantes com perda de seção serão substituídos por novos tirantes com o mesmo diâmetro e mesma profundidade, com execução de nova protensão. As fissuras apresentadas na cortina receberão injeção de epóxi a cada 20 cm em toda sua extensão, com furos de 10 cm de profundidade com broca de diâmetro de 12.5 mm.

Metodologias Executivas de Recuperação e Reforço Estrutural

Os serviços de recuperação e reforço estrutural realizados na Cortina de Areia Preta, compreenderão os seguintes itens:

-Recuperação estrutural das armaduras com corrosão das vigas,pilares,lajes e escadarias com: hidrojateamento de areia, pintura anti-corrosiva de zinco nas armaduras, reforço das armaduras com perda de seção(principais e estribos) em pilares,lajes e vigas, aplicação de tela de zinco grampeada ao concreto nas lajes e vigas,concreto projetado via seca com aditivos com 5 cm de espessura para aumentar o recobrimento das armaduras, recomposição das seções com argamassa de cimento/areia e aplicação de argamassa polimérica com 1 cm em pilares,vigas,lajes e escadaria visando o aumento da durabilidade e da vida útil das estruturas.

-Injeção de epóxi nas fissuras existentes

-Recuperação estrutural dos tirantes com corrosão sem perda de seção através de hidrojateamento de areia, pintura anti-corrosiva de zinco nas armaduras e grauteamento dos mesmos com grout expansivo com formas.

-Substituição dos tirantes com perda de seção, com execução de novos tirantes com nova protensão.

Documentação Fotográfica



Figura 1-Corrosão dos tirantes da cortina apresentando perda de seção



Figura 2- Parede da cortina com perda de seção das armaduras com indicação de presença de cloretos (cor marrom após aspersão de nitrato de prata)



Figura 3-Corrosão com perda de seção das armaduras de viga com indicação da não penetração do gás carbônico na estrutura(cor rosa após a aspersão da fenolftaleína)



Figura 4- Corrosão com perda de seção das armaduras de viga com indicação da presença de cloretos na estrutura(cor marrom após a aspersão do nitrato de prata)



Figura 5-Declividade do calçadão representando a movimentação da cortina



Figura 6-Ensaio de cloretos e carbonatação em laje com corrosão com perda de seção das armaduras evidenciando a presença de cloretos no concreto e a não penetração do gás carbônico



Figura 7-Vigas em balanço com corrosão com perda de seção das armaduras



Figura 8-Viga com corrosão com perda de seção das armaduras



Figura 9-Viga em balanço com corrosão com perda de seção das armaduras



Figura 10- Viga com corrosão com perda de seção das armaduras



Figura 11- Vigas em balanço com corrosão com perda de seção das armaduras



Figura 12-Detalhe de viga em balanço com corrosão com perda de seção das armaduras

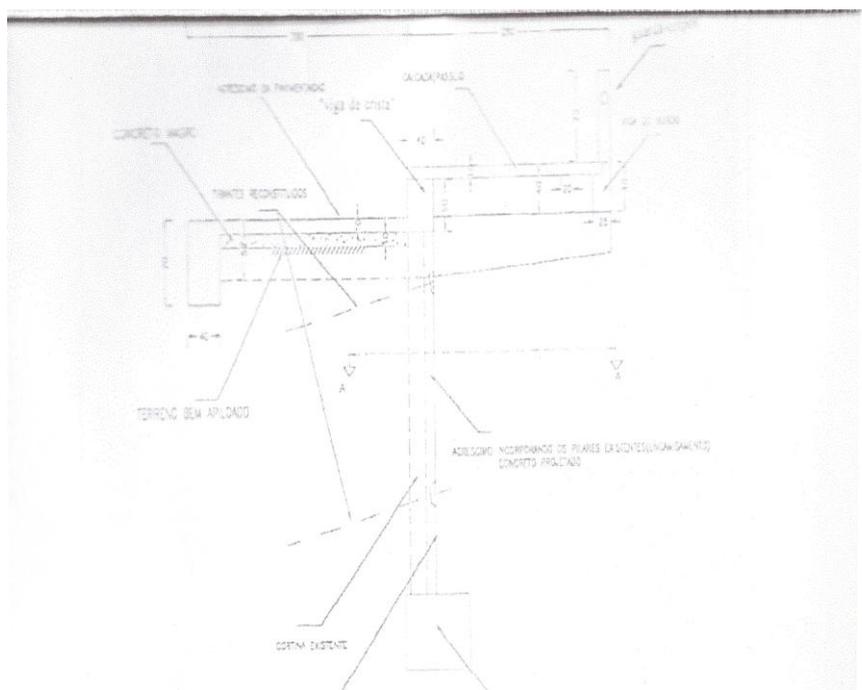


Figura 13-Detalhe do projeto estrutural da cortina



Figura 14-Vista de viga de crista com corrosão com perda de seção das armaduras

Conclusões

O grau de deterioração que se encontram as estruturas da cortina, retratam a total falta de manutenção dos órgãos públicos e a falta de consideração dos mesmos pelos cidadãos que podem a qualquer momento serem vítimas de um colapso estrutural, ao passarem em cima do

calçada da cortina. A análise estrutural realizada concluiu que a intervenção de recuperação e reforço estrutural é urgente e inadiável, visando restabelecer as condições da segurança global da cortina e também de proporcionar um aumento de vida útil das estruturas de concreto armado, sem que isso retire a imperiosa necessidade de ao longo dos anos se realizar manutenções periódicas por parte dos órgãos públicos, principalmente pela região altamente agressiva que a obra está inserida. Em se tratando de Brasil, onde não se tem a prática de manutenções (nem preventivas, muito menos periódicas) pelos órgãos públicos, espera-se que não se faça mais uma ação paliativa e sim uma ação mais duradoura, como foi proposto no projeto de recuperação e reforço estrutural realizado, para que se tenha um período com as estruturas que compõem a cortina, em perfeito estado de conservação, após a realização dos serviços de recuperação e reforço estrutural.

Referências Bibliográficas

- MANUAL DE REPARO, PROTEÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-RED REHABILITAR-DEGUSSA
- MANUAL PARA DIAGNÓSTICO DE OBRAS DETERIORADAS POR CORROSÃO DE ARMADURAS-CARMEM ANDRADE-EDITORA PINI
- O CONTROLE DA CORROSÃO DE ARMADURAS EM CONCRETO-INSPEÇÕES E TÉCNICAS ELETROQUÍMICAS-OSWALDO CASCUDO-EDITORA UFG
- DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO APARENTE EM ATMOSFERA URBANA-PAULO FERNANDO-EDITORA PINI
- MANUAL PARA REPARO, REFORÇO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PAULO HELENE-EDITORA PINI
- CORROSÃO EM ARMADURAS PARA CONCRETO ARMADO-PAULO HELENE-EDITORA PINI
- MANUAL PRÁTICO PARA REPARO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-PAULO HELENE-EDITORA PINI
- PATOLOGIA E TERAPIA DO CONCRETO ARMADO-MANUEL FERNANDÉZ CÁNOVAS-EDITORA PINI
- PATOLOGIA, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO-VICENTE CUSTÓDIO, THOMAZ RIPPER-EDITORA PINI
- CORROSÃO-VICENTE GENTIL-EDITORA LTC