



Sistema para apoio e tensionamento de pilares rompidos

Roberto de Araujo Coelho, M.Sc.¹

¹ Racional Sistemas Construtivos Ltda / roberto@racionalsistemas.com

Resumo

O trabalho apresenta um exemplo de recuperação de pilares de concreto armado, rompidos, utilizando um aparato metálico que serve de apoio para o arranque dos pilares danificados e posterior tensionamento das fundações com a recuperação das cargas originais da estrutura. O modelo foi desenvolvido para atender as necessidades específicas de uma edificação residencial de 7 pavimentos após a ruptura total de 4 pilares devido à queda de uma cortina atirantada que continha o terreno no qual se assentavam as fundações, em tubulões. As primeiras análises mostraram que a estabilidade da edificação estava relacionada com a não movimentação do terreno no qual as fundações estavam assentadas, indicando a possibilidade de recuperação da estrutura ao invés da demolição total da edificação. A necessidade de uma solução rápida para garantir a segurança não somente da edificação, mas também das demais situadas nas vizinhanças do edifício, exigiu o desenvolvimento de um sistema de fácil montagem e que pudesse chegar à base dos pilares sem necessidade de equipamentos de grande porte. O aparato desenvolvido permite a aplicação de cargas parciais ou finais, manualmente ou através de macacos hidráulicos, garantido a segurança estrutural durante a recuperação. Foram montados sobre blocos apoiados sobre as novas fundações e as armações dos pilares foram soldadas na mesa do aparato. Após a conclusão da recuperação estrutural foram introduzidas, em cada pilar, as cargas originais de projeto, através de macacos hidráulicos e medidos os deslocamentos verticais de cada base de apoio. Os aparatos foram incorporados aos blocos das fundações, após a fixação com solda, de todos os componentes (porcas, parafusos e tubos). Por fim foram realizados os serviços de recuperação da edificação.

Palavras-chave

Estrutura; Ruptura; Colapso; Recuperação; Aparato.

Introdução

A recuperação de pilares, após ruptura, passa por diversas dificuldades, iniciando com a demolição das peças até a reintrodução das cargas originais. Este último aspecto é importante para que a estrutura volte a trabalhar da forma como foi projetada e executada. Quando um pilar rompe e o restante da estrutura não entra em colapso é sinal que o carregamento ao qual estava submetido foi transferido integralmente para outros remanescentes, alterando as premissas de projeto e as cargas nas fundações. Para que as condições originais sejam recuperadas, além substituição das peças danificadas, temos que retornar as cargas para os novos pilares e suas novas fundações. Este procedimento é importante para que a estrutura, e as fundações, percebam que o carregamento foi restabelecido e não ocorram deslocamentos adicionais, evitando assim o surgimento de novas patologias nas vedações.



Este trabalho apresenta uma interface, entre as fundações e os pilares, desenvolvida para permitir carregar ambas as partes, manualmente, ao longo da conclusão parcial dos serviços, aumentando gradativamente o nível de segurança estrutural. Após a conclusão dos reforços, as cargas, originalmente projetadas para cada pilar, são auferidas por meio de macacos hidráulicos. Os deslocamentos são controlados para evitar danos adicionais à edificação, tendo em vista que a edificação pode não retornar à posição original devido a recalques não reversíveis das fundações.

Descrição do problema

A demanda pelo equipamento, objeto deste trabalho, surgiu após a ruptura de uma cortina atirantada, localizada na divisa entre um centro comercial e um edifício residencial (Figura 1), na cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais. O deslocamento do maciço trouxe junto os tubulões dos pilares P1 a P4 provocando a ruptura dos mesmos em níveis distintos como pode ser visto na Figura 2. Este edifício encontrava-se evacuado, há cerca de 6 meses, devido a patologias nas vedações e uma acentuada inclinação em direção aos fundos, na direção do shopping-center. A eminência de um colapso total da edificação levou à interdição e evacuação de 4 edifícios vizinhos.



Figura 1 – Antes da ruptura da cortina



Figura 2 – Após a ruptura da cortina

Análise Emergencial

A inclinação da estrutura, a tipologia das patologias nas vedações e a integridade das esquadrias (janelas) indicaram que ocorreu um movimento de corpo rígido da edificação e que o carregamento dos pilares rompidos havia sido transferido para aqueles remanescentes. A instrumentação diária da edificação mostrava que o conjunto estava relativamente estável. Concluímos que a estabilização do maciço remanescente era primordial para que se evitasse novas movimentações estruturais e a perda de estabilidade do conjunto. Optou-se pela execução de um talude de contenção com introdução de cerca de 5.500 m³ de material de empréstimo. Todo o trabalho foi cercado de diversas medidas de segurança para permitir a evacuação segura em caso de falha. A conclusão desta etapa possibilitou o acesso à base da edificação para uma melhor avaliação dos danos (Figura 3). Foi executada uma laje de transição sobre o topo do aterro, na projeção da estrutura, que serviu de apoio para blocos para calçar os pilares P2 e P3, impedindo deslocamentos verticais dos mesmos. Apesar da ausência de sinais de instabilidade da estrutura e das medidas emergenciais, optou-se pela execução de uma estrutura metálica para apoio das vigas de ligação dos pilares P1, P2, P4, P5, P8 e P9.



Figura 3 – Vista do tubulão e bloco (suspenso)

Comportamento da estrutura após o acidente

Utilizando um programa computacional moderno e atualizado (TQS), processamos a estrutura original, projetada entre 1977 e 1978, e também a forma como se encontrava após o acidente, sem apoio para os pilares rompidos. Comparando os resultados entre as duas situações, observamos, como era previsto, uma reserva de carga nos pilares originais, resultante dos métodos simplificados utilizados naquela época. Os deslocamentos obtidos nos vértices da edificação, após colapso, pelo processamento numérico (desprezando o efeito de mola das fundações) mostravam valores compatíveis com as medições obtidas com prumo, antes do colapso.

Aparato para apoio e tensionamento dos pilares

A localização dos pilares rompidos, na parte posterior do lote e junto à divisa, onde ocorreu o colapso da cortina, dificultaram o acesso de equipamentos pesados e também a movimentação de cargas, exigindo o desenvolvimento de um aparato, leve, que pudesse ser transportado em partes, e montado sobre os blocos das novas fundações. O seu custo unitário deveria ser reduzido para que, ao final, pudesse ser incorporado à estrutura sem a necessidade de remoção.

O aparato (Figura 4) é composto por uma mesa (viga superior) para apoio e arranque do pilar com 4 parafusos soldados na parte inferior que se apoiam, através de porcas, em 4 tubos fixados na chapa de base (apoio inferior), formando um sistema tipo mesa com pés retráteis. O passo do conjunto parafuso-rosca (Figura 5) é de 8mm com formato trapezoidal métrico.

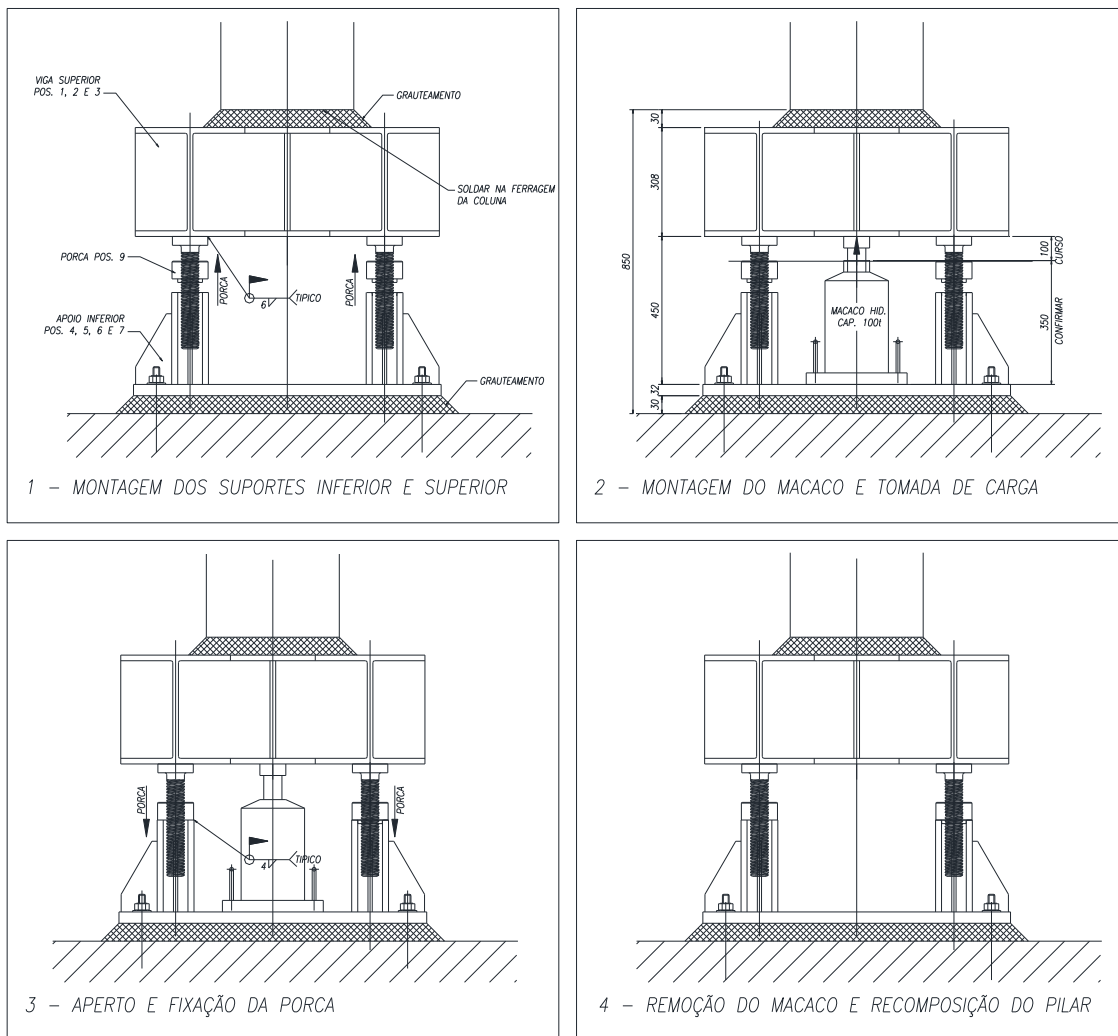


Figura 4 – Projeto do aparato de apoio e tensionamento do pilar

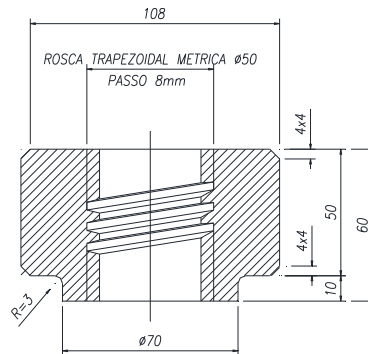


Figura 5 – Detalhe da porca

O equipamento (Figuras 6 e 7) foi fixado, com chumbadores, no topo do bloco de coroamento do tubulão, respeitando o eixo do pilar. Uma armadura de arranque formada por barras de CA-25, foi soldada no topo da mesa do equipamento para vincular o pilar com a fundação. Cantoneiras foram soldadas no entorno, formando um colarinho para evitar a fuga do concreto e aumentar a restrição lateral da base do pilar.



Figura 6 – Vista do aparato



Figura 7 – Vista do pilar concretado

A aplicação gradativa e manual de deslocamentos (Figura 8), após a conclusão dos pilares, era um atributo desejável para que fosse sendo aumentada, gradativamente, a transferência de cargas para as fundações e elevando a segurança estrutural. Os deslocamentos aplicados nas fases intermediárias, manualmente, foram avaliados pelo avanço das porcas (Figura 9) dos

parafusos de apoio. Este procedimento permitiu avaliar os deslocamentos absorvidos pela estrutura das fundações.



Figura 8 – Carregamento manual



Figura 9 – Deslocamento da porca

Os pilares rompidos foram unidos entre si, por vigas adicionais que, somente após a aplicação das cargas, foram vinculadas às peças remanescentes, evitando transferências adicionais de esforços para a estrutura existente. Concluída a recuperação dos pilares, foram instalados macacos hidráulicos no interior do aparato (Figura 10) e relógios comparadores para aferição do deslocamento relativo da mesa de apoio. Foram aplicadas as cargas de projeto previstas para cada pilar recuperado e aferidas novamente após 24 horas. As porcas foram apertadas manualmente até que fossem anuladas as cargas nos macacos hidráulicos e estes retirados do aparato. As porcas foram soldadas aos parafusos e tubos de apoio e o conjunto envolvido por uma armação tipo “gaiola” seguida da concretagem para incorporação do aparato ao bloco de fundação.



Figura 10 – Aplicação final do carregamento



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

Por fim a edificação foi restaurada (Figura 11) com a recuperação das alvenarias danificadas, substituição das instalações antigas, regularização do nível dos pavimentos, e atualização dos revestimentos e fachadas, ficando apta para nova ocupação.



Figura 11 – Vista da edificação após recuperação

Conclusões

A demolição da edificação foi evitada pela possibilidade de recuperação e reforço estrutural com auxílio de um aparato de fácil instalação e baixo custo e principalmente por permitir o tensionamento dos pilares após a sua recuperação. Este aspecto, conforme citado, é de extrema importância para que a estrutura não sofra novos deslocamentos até identificar a presença de reforços tanto nas fundações quanto nos pilares, evitando assim o surgimento de novas patologias e introduzindo um maior grau de segurança e confiabilidade dos serviços executados. O aparato foi projetado para uma carga máxima de 100tf, abaixo dos valores encontrados no novo processamento e compatíveis com os dados da memória de cálculo original. Para utilização com valores de carregamentos superiores deve ser realizado novo dimensionamento para adequação das cargas a serem aplicadas.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.118: Projeto de estruturas em concreto – Procedimento, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, 2008.
- GONÇALVES, M.M.; Memória de cálculo, 1977/1978.
- CAD/TQS; “software” para cálculo e dimensionamento de estruturas de concreto armado.
- NEWMAN, A.; Structural Renovation of Buildings – Methods, Details, and Design Examples; McGraw-Hill, 2001.