

GILBERTO NERY DE ARAÚJO NETO

CONTRIBUIÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE
MONITORAMENTO REMOTO PARA BLOCOS DE FUNDAÇÃO DE
EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO COM VISTAS À
DURABILIDADE

São Paulo
2012

GILBERTO NERY DE ARAÚJO NETO

CONTRIBUIÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE
MONITORAMENTO REMOTO PARA BLOCOS DE FUNDAÇÃO DE
EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO COM VISTAS À
DURABILIDADE

Tese apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia Civil

São Paulo
2012

GILBERTO NERY DE ARAÚJO NETO

CONTRIBUIÇÃO AO DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS DE
MONITORAMENTO REMOTO PARA BLOCOS DE FUNDAÇÃO DE
EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO COM VISTAS À
DURABILIDADE

Tese apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em
Engenharia Civil

Área de concentração:
Materiais de construção

Orientador: Prof. Titular
Paulo Helene

São Paulo
2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 5 de janeiro de 2012

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Araújo Neto, Gilberto Nery de
Contribuição ao desenvolvimento de técnicas de monitoramento remoto para blocos de fundação de edifícios em concreto armado com vistas à durabilidade / G.N. de Araújo Neto. -- São Paulo, 2012.
156 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1. Estrutura de concreto (Monitoramento; Durabilidade)
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II. t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mulher,
Juliane, aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não estaria devidamente concluído se que nele não expressasse os meus mais sinceros agradecimentos e enorme reconhecimento àqueles que de alguma forma colaboraram no decurso de sua elaboração.

À minha esposa que me acompanhou nessa longa caminhada, sofreu e comemorou cada acontecimento, sendo uma verdadeira companheira de viagem, meu mais apaixonado agradecimento.

À minha família que foi sempre a minha fortaleza, me apoiou ao longo deste desafio e me fez sentir seguro mesmo sob as mais bravas tempestades, os meus agradecimentos mais que amorosos.

Ao estimado Prof. Paulo Helene, quero expressar meu profundo reconhecimento pela amizade, apoio e estímulo, manifestados desde sempre. Ao Prof. Paulo Helene devo a orientação, permanente incentivo e apoio concedido, sem esquecer-me de citar o quanto tenho aprendido, no trabalho na vida. Os meus agradecimentos.

À FAPESP pelo apoio financeiro essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao National Research Council Canadá por ter me disponibilizado sua estrutura de laboratório para pesquisas assim como todo o material necessário.

Ao Professor Daniel Cusson, que me recebeu no National Research Council Canada (NRC) e foi sempre paciente e solícito em relação à minha pesquisa, assim como à toda a equipe de técnicos e pesquisadores do NRC que me receberam de braços abertos.

Ao Prof. Tibério Andrade e aos mestres Sérgio Lemos Antônio Nereu, mais que companheiros no processo do doutorado.

Aos professores Maryangela Geimba de Lima e Josemir Coelho Santos pela grande ajuda e maravilhosos conselhos no exame de qualificação e aceitação para participar da banca de defesa da tese.

Aos professores Enio Pazini Figueiredo e Juliana Fernandes pela pronta aceitação do convite para participar da banca de defesa da tese.

Ciência é conhecimento organizado.

Sabedoria é vida organizada.

(Immanuel Kant)

RESUMO

Durante muito tempo as estruturas de concreto foram consideradas “livres de manutenção”, ou seja, estruturas quase eternas a menos que fossem sobrecarregadas ou destruídas intencionalmente ou por acidente. Esse pensamento caiu por terra nas últimas décadas quando várias estruturas de concreto começaram a apresentar problemas degradando-se bem mais rápido que o esperado. O monitoramento estrutural nasceu da necessidade de acessar a condição de segurança de uma estrutura de forma mais rápida, precisa e com o benefício de criar uma base de dados sobre a estrutura monitorada. O monitoramento de edifícios ainda é um assunto pouco abordado nas pesquisas e publicações. O alto custo agregado às pontes, viadutos e outras grandes estruturas atraem o interesse de pesquisadores e fabricantes de equipamentos. O problema escolhido como alvo no monitoramento a ser desenvolvido foi a degradação de blocos de fundações em concreto armado com reação álcali-agregado (RAA) pela dificuldade de acesso em inspeções. Uma simulação da expansão causado por RAA em concreto foi desenvolvida para experimentos com sensores e técnicas de monitoramento de fundações. No experimento foram testadas aplicações de *strain gauges* na armadura, na superfície através de um *long gauge* adaptado e LVDTs (*linear variable differential transformer*) aplicados na superfície. A ancoragem dos *long gauges* não suportou o esforço, impedindo a correta avaliação do sensor. Os LVDTs têm grande potencial para acompanhar o desenvolvimento de fissuras, mas sofrem depois de alguma expansão, pois se desalinham com a superfície do concreto. Os *strain gauges* aplicados na armadura mostraram boa relação com a expansão medida e têm grande potencial no monitoramento. O processo de decisão e projeto do monitoramento para os blocos é explicado e definido. Uma proposta de aplicação do conceito de estrutura tolerante a dano aos blocos de fundação com RAA é dada para otimização de planos de manutenção e intervenções.

ABSTRACT

For a long time, concrete structures were considered "maintenance-free", i.e. quasi eternal, unless they were overloaded or destroyed intentionally or by accident. This thought has been reconsidered in recent decades when several concrete structures began to present problems and degraded much faster than expected. Structural monitoring has been originated from the need to assess the safety condition of a structure more quickly, accurately and with the benefit of creating a database of the structure monitored. The high cost related to bridges, overpasses and other large structures still attracts the interest of researchers and equipment manufacturers. However, the monitoring of buildings is still a subject rarely addressed in research and publications. The problem chosen to be addressed in this research is the degradation of reinforced concrete foundation blocks by alkali-aggregate reaction (AAR) due to difficult access during inspections and unpredictable development of the problem. A review on the sensors available on the market and on monitoring techniques used in other structures with the problem was undertaken. A simulation of the AAR's expansion in concrete has been developed for an experiment with sensors and monitoring techniques of foundations. In this experiment, strain gauges were applied on the reinforcing bars and adapted on a long gauge on the surface. LVDTs (linear variable differential transformer) were also applied on the surface. The anchoring of the long gauges did not support the applied tension, preventing a correct evaluation of the sensor. LVDTs have great potential to monitor the development of cracks, but after the concrete suffering some expansion, they get misaligned with the surface. The strain gauges used in the armor showed a good relation with the expansion and have great potential in monitoring. The whole decision and design process for the structural health monitoring (SHM) for AAR attacked foundation blocks is explained and the project is defined. A proposal of a damage-tolerant approach for the block is given for optimization of maintenance and interventions.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

