



IBRACON

REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL

Volume 2, Number 4

December, 2009

ISSN 1983-4195



Contents

Evaluation of fresh high performance concrete behavior by rheometer assistance

A. L. CASTRO, J. B. L. LIBORIO and V. C. PANDOLFELLI

Influence of column cross section and eccentricity of compression load in structural behaviour of two pile caps

R. G. DELALIBERA and J. S. GIONGO

R/C structures strengthened with CFRP – Part I: analysis of flexural models

A. L. GAMINO, T. N. BITTENCOURT and J. L. A. DE OLIVEIRA E SOUSA

Partially Restrained Beam-Column Connections in Reinforced Concrete Structures

G. M. S. ALVA, M. A. FERREIRA and A. L. H. C. EL DEBS

Numerical and Experimental Study of a Real Scale Waffle Slab

P. F. SCHWETZ, F. P. S. L. GASTAL and L. C. P. SILVA F^o

Editorial Board

- Américo Campos Filho
(Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa
(Editor, UNICAMP, Campinas, SP, Brazil)
- Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
(Editor, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brazil)
- Paulo Roberto do Lago Helene
(Editor, USP, São Paulo, SP, Brazil)
- Antonio Carlos R. Laranjeiras
(ACR Laranjeiras, Salvador, BA, Brazil)
- Bernardo Horowitz
(UFPE, Recife, PE, Brazil)
- Denise C. C. Dal Molin
(Former Editor, UFRGS,
Porto Alegre, RS, Brazil)
- Emil de Souza Sánchez Filho
(UFF, Rio de Janeiro, RJ, Brazil)
- Geraldo Cechella Isaia
(UFMS, Santa Maria, RS, Brazil)
- Gonzalo Ruiz
(UCLM, Ciudad Real, Spain)
- Guilherme Sales Melo
(Former Editor, UnB, Brasília, DF, Brazil)
- Ivo José Padaratz
(UFSC, Florianópolis, SC, Brazil)
- Joaquim Figueiras
(FEUP, Porto, Portugal)
- José Marcio Fonseca Calixto
(UFMG, Belo Horizonte, MG, Brazil)
- Mounir Khalil El Debs
(USP, São Carlos, SP, Brazil)
- Nicole Pagan Hasparyk
(Former Editor, FURNAS,
Aparecida de Goiânia, GO, Brazil)
- Osvaldo Luís Manzoli
(UNESP, Bauru, SP, Brazil)
- Paulo Monteiro
(Berkeley, University of California,
Berkeley, CA, USA)
- P.K. Mehta
(Berkeley, University of California,
Berkeley, CA, USA)
- Pedro Castro Borges
(CINVESTAV, México, D.F., México)
- Romildo Dias Toledo Filho
(UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil)
- Ronaldo Barros Gomes
(UFG, Goiânia, GO, Brazil)
- Rubens Machado Bittencourt
(Former Editor, FURNAS,
Aparecida de Goiânia, GO, Brazil)
- Túlio Nogueira Bittencourt
(Former Editor, USP,
São Paulo, SP, Brazil)
- Vladimir Antonio Paulon
(UNICAMP, Campinas, SP, Brazil)

Reviewers

Reviewers are selected by the Editors among the IBRACON members with recognized competence in the specific field of each contribution. They are acknowledged at the end of each volume.

We are now releasing the fourth issue, closing the second volume of our IBRACON Structures and Materials Journal (Vol. 2 Num. 4). The first article of this issue addresses the behavior of fresh high performance concrete using a rheometer. The influence of the column cross section on the structural behavior of pile caps is discussed in a second article, based on experimental tests performed on two pile caps analyzed using the strut and tie model. Design models for reinforced concrete strengthening in bending with Carbon Fiber

Reinforced Polymers (CFRP) are evaluated in a third article. Experimental tests performed by the authors are analyzed under ACI and fib guidelines, besides other models available in the literature. A fourth article shows results of experimental tests in reinforced concrete beam connections, in which the influences of concrete compressive strength and the amount of joint transversal reinforcement on the relative rotations were investigated. The last article analyzes adequacy of a design method widely used to model waffle slabs in representing the slab behavior.

The articles have been carefully reviewed by the Editorial Board and highly qualified reviewers from Brazil and from abroad. In this issue we are pleased to nominate the IBRACON experts who participated as reviewers during 2009. We deeply acknowledge their contribution, fundamental for the ever improving quality and regularity of our Journal. We would also like to thank all the authors that submitted articles for this second volume and renew the invitation to the whole concrete community, in Brazil and abroad, to actively participate in the life of the IBRACON Structures and Materials Journal.

Américo Campos Filho, José Luiz Antunes de O. e Sousa, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho and Paulo Roberto do Lago Helene
Editors

Estamos disponibilizando o quarto número, completando o segundo volume da nossa Revista IBRACON de Estruturas e Materiais (Vol. 2 Num. 4). O primeiro artigo deste número aborda o comportamento de concreto de alto desempenho no estado fresco usando um reômetro. Tendo por base estudo-teórico experimental a influência das dimensões da seção transversal e da excentricidade da força de compressão de uma coluna no comportamento de blocos de estacas é discutido em um segundo artigo, com base em ensaios em blocos sobre duas estacas, analisados usando o modelo de escoras e tirantes.

Modelos para projeto de reforço à flexão com Polímeros Reforçados com Fibras de Carbono (PRFC) são avaliados em um terceiro artigo. Experimentos realizados pelos autores são analisados com base em recomendações do ACI e da fib, além de outros modelos disponíveis na literatura. O quarto artigo apresenta resultados de experimentos em conexões de vigas de concreto, nas quais as influências da resistência à compressão do concreto e da armadura transversal da junta nas rotações foram investigadas. O último artigo analisa a adequação de um método de cálculo largamente empregado na modelagem de lajes nervuradas para representar seu comportamento.

Como sempre, os artigos foram cuidadosamente revisados pelo Comitê Editorial e por revisores nacionais e estrangeiros do mais alto nível técnico. Neste número temos o prazer de relacionar os especialistas que atuaram como avaliadores ao longo de 2009. A esses avaliadores, sem os quais não seria possível manter e melhorar continuamente a qualidade e regularidade de nossa revista, apresentamos nossos profundos agradecimentos. Gostaríamos também de agradecer a todos os autores que submeteram trabalhos para este segundo volume. Aproveitamos a oportunidade para renovar nosso convite a todo a comunidade do concreto no Brasil e no estrangeiro para que continuem participando ativamente da nossa Revista IBRACON de Estruturas e Materiais.

Américo Campos Filho, José Luiz Antunes de O. e Sousa, Luiz Carlos Pinto da Silva Filho e Paulo Roberto do Lago Helene
Editores



Ibracon Structures and Materials Journal
is published quarterly
(March, June, September and
December) by IBRACON.

IBRACON
Instituto Brasileiro do Concreto
Founded in 1972

R. Julieta do Espírito Santo Pinheiro, 68
Jardim Olímpia, São Paulo – SP
Brasil – 05542-120
Phone: +55 11 3735-0202
Fax: +55 11 3733-2190
E-mail: arlene@ibracon.org.br
Website: <http://www.ibracon.org.br>

Editors
Américo Campos Filho
(Brazil)

José Luiz Antunes de O. e Sousa
(Brazil)

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
(Brazil)

Paulo Roberto do Lago Helene
(Brazil)

Cover Photo: GRAN COSTANERA TOWER,
SANTIAGO DE CHILE

Courtesy: L. C. P. SILVA FILHO,
PORTO ALEGRE



Volume 2, Number 4
December, 2009
ISSN: 1983-4195

REVISTA IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS

IBRACON STRUCTURES AND MATERIALS JOURNAL

Contents

Evaluation of fresh high performance concrete behavior by rheometer assistance

A. L. CASTRO, J. B. L. LIBORIO and V. C. PANDOLFELLI

282

Influence of column cross section and eccentricity of compression load in structural behaviour of two pile caps

R. G. DELALIBERA and J. S. GIONGO

306

R/C structures strengthened with CFRP – Part I: analysis of flexural models

A. L. GAMINO, T. N. BITTENCOURT and J. L. A. DE OLIVEIRA E SOUSA

326

Partially Restrained Beam-Column Connections in Reinforced Concrete Structures

G. M. S. ALVA, M. A. FERREIRA and A. L. H. C. EL DEBS

356

Numerical and Experimental Study of a Real Scale Waffle Slab

P. F. SCHWETZ, F. P. S. L. GASTAL and L. C. P. SILVA F^o

380

Aims and Scope

Aims and Scope

The IBRACON Structures and Materials Journal is a technical and scientific divulgation vehicle of IBRACON (Brazilian Concrete Institute). Each issue of the periodical has 5 to 8 papers and, possibly, a technical note and/or a technical discussion regarding a previously published paper. All contributions are reviewed and approved by reviewers with recognized scientific competence in the area.

Objectives

The IBRACON Structures and Materials Journal's main objectives are:

- Present current developments and advances in the area of concrete structures and materials;
- Make possible the better understanding of structural concrete behavior, supplying subsidies for a continuous interaction among researchers, producers and users;
- Stimulate the development of scientific and technological research in the areas of concrete structures and materials, through papers peer-reviewed by a qualified Editorial Board;
- Promote the interaction among researchers, constructors and users of concrete structures and materials and the development of Civil Construction;
- Provide a vehicle of communication of high technical level for researchers and designers in the areas of concrete structures and materials.

Submission Procedure

The procedure to submit and revise the contributions, as well as the formats, are detailed on IBRACON's WebSite (www.ibracon.org.br). The papers and the technical notes are revised by at least three reviewers indicated by the editors. The discussions and replies are accepted for publication after a revision by the editors and at least one member of the Editorial Board. In case of disagreement between the reviewer and the authors, the contribution will be sent to a specialist in the area, not necessarily linked to the Editorial Board.

Contribution Types

The periodical will publish original papers, short technical notes and paper discussions. Announcements of conferences and meetings, information about book reviews, events and contributions related to the area will also be available in the periodical's WebSite. All contributions will be revised and only published after the Editorial and Reviewers Boards approve the paper. Restrictions of content and space (size) are imposed to the papers. The contributions will be accepted for review in Portuguese, Spanish or English. The abstracts are presented in Portuguese or Spanish, and in English, independently of the language in which the paper is written. After the review process, papers originally written in Portuguese or Spanish should be translated into English, which is the official language of the IBRACON Structures and Materials Journal. Optionally, papers are also published in Portuguese or Spanish.

Original papers will be accepted as long as they are in accordance with the objectives of the periodical and present quality of information and presentation. The instructions to submit a paper are detailed in the template (available on IBRACON's WebSite).

The length of the papers must not exceed 20 pages.

A technical note is a brief manuscript. It may present a new feature of research, development or technological application in the areas of Concrete Structures and Materials, and Civil Construction. This is an opportunity to be used by industries, companies, universities, institutions of research, researchers and professionals willing to promote their

works and products under development. The instructions to submit a technical note are detailed on IBRACON's WebSite.

A discussion is received no later than 3 months after the publication of the paper or technical note. The instructions to submit a discussion are detailed on IBRACON's WebSite. The discussion must be limited to the topic addressed in the published paper and must not be offensive. The right of reply is guaranteed to the Authors. The discussions and the replies are published in the subsequent issues of the periodical.

Internet Access

IBRACON Structural Journal Page in <http://www.ibracon.org.br>

Subscription rate

All IBRACON members have free access to the periodical contents through the Internet. Non-members have limited access to the published material, but are able to purchase isolated issues through the Internet. The financial resources for the periodical's support are provided by IBRACON and by research funding agencies. The periodical will not receive any type of private advertisement that can jeopardize the credibility of the publication.

Photocopying

Photocopying in Brazil. Brazilian Copyright Law is applicable to users in Brazil. IBRACON holds the copyright of contributions in the journal unless stated otherwise at the bottom of the first page of any contribution. Where IBRACON holds the copyright, authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted for libraries and other users registered at IBRACON.

Copyright

All rights, including translation, reserved. Under the Brazilian Copyright Law No. 9610 of 19th February, 1998, apart from any fair dealing for the purpose of research or private study, or criticism or review, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of IBRACON. Requests should be directed to IBRACON:

IBRACON

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68 ,Jardim Olímpia,
São Paulo, SP – Brasil CEP: 05542-120
Phone: +55 11 3735-0202 Fax: +55 11 3733-2190
E-mail: arlene@ibracon.org.br.

Disclaimer

Papers and other contributions and the statements made or opinions expressed therein are published on the understanding that the authors of the contribution are the only responsible for the opinions expressed in them and that their publication does not necessarily reflect the support of IBRACON or the journal.

Objetivos e Escopo

A Revista IBRACON de Estruturas e Materiais é um veículo de divulgação técnica e científica do IBRACON (Instituto Brasileiro do Concreto). Cada número do periódico tem 5 a 8 artigos e, possivelmente, uma nota técnica e/ou uma discussão técnica sobre um artigo publicado anteriormente. Todas as contribuições são revistas e aprovadas por revisores com competência científica reconhecida na área.

Objetivos

Os objetivos principais da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais são:

- Apresentar desenvolvimentos e avanços atuais na área de estruturas e materiais de concreto;
- Possibilitar o melhor entendimento do comportamento do concreto estrutural, fornecendo subsídios para uma interação contribua entre pesquisadores, produtores e usuários;
- Estimular o desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica nas áreas de estruturas de concreto e materiais, através de artigos revisados por um corpo de revisores qualificado;
- Promover a interação entre pesquisadores, construtores e usuários de estruturas e materiais de concreto, e o desenvolvimento da Construção Civil;
- Prover um veículo de comunicação de alto nível técnico para pesquisadores e projetistas nas áreas de estruturas de concreto e materiais.

Submissão de Contribuições

O procedimento para submeter e revisar as contribuições, assim como os formatos, estão detalhados na página Internet do IBRACON (www.ibracon.org.br). Os artigos e as notas técnicas são revisadas por, no mínimo, três revisores indicados pelos editores. As discussões e réplicas são aceitas para publicação após uma revisão pelo editores e no mínimo um membro do Corpo Editorial. No caso de desacordo entre revisor e autores, a contribuição será enviada a um especialista na área, não necessariamente do Corpo Editorial.

Tipos de Contribuição

O periódico publicará artigos originais, notas técnicas curtas e discussões sobre artigos. Anúncios de congressos e reuniões, informação sobre revisão de livros e contribuições relacionadas à área serão também disponibilizadas na página Internet da revista. Todas as contribuições serão revisadas e publicadas apenas após a aprovação dos revisores e do Corpo Editorial. Restrições de conteúdo e espaço (tamanho) são impostas aos artigos. As contribuições serão aceitas para revisão em português, espanhol ou inglês. Os resumos serão apresentados em português ou espanhol, e em inglês, independentemente do idioma em que o artigo for escrito. Após o processo de revisão, artigos originalmente escritos em português ou espanhol deverão ser traduzidos para inglês, que é o idioma oficial da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Opcionalmente, os artigos são também publicados em português ou espanhol.

Artigos originais serão aceitos desde que estejam de acordo com os objetivos da revista e apresentam qualidade de informação e apresentação. As instruções para submeter um artigo estão detalhadas em um gabarito (disponível no sítio do IBRACON).

A extensão dos artigos não deve exceder 20 páginas.

Um nota técnica é um manuscrito curto. Deve apresentar uma nova linha de pesquisa, desenvolvimento ou aplicação tecnológica nas áreas de Estruturas de Concreto e Materiais, e Construção Civil. Esta é uma oportunidade a ser utilizada por indústrias, empresas, universidades,

instituições de pesquisa, pesquisadores e profissionais que desejem promover seus trabalhos e produtos em desenvolvimento. As instruções para submissão estão detalhadas na página de Internet do IBRACON.

Uma discussão é recebida não mais de 3 meses após a publicação do artigo ou nota técnica. As instruções para submeter uma discussão estão detalhadas na página de Internet do IBRACON. A discussão deve se limitar ao tópico abordado no artigo publicado e não pode ser ofensivo. O direito de resposta é garantido aos autores. As discussões e réplicas são publicadas nos números subsequentes da revista.

Acesso via Internet

Página da Revista IBRACON de Estruturas e Materiais em <http://www.ibracon.org.br>

Assinatura

Todos os associados do IBRACON têm livre acesso ao conteúdo do periódico através da Internet. Não associados têm acesso limitado ao material publicado, mas podem adquirir números isolados pela Internet. O financiamento para suporte à revista é provido pelo IBRACON e por agências de financiamento à pesquisa. A revista não receberá qualquer tipo de anúncio privado que possa prejudicar a credibilidade da publicação.

Fotocópias

Fotocópias no Brasil, A Lei Brasileira de Direitos Autorais é aplicada a usuários no Brasil. O IBRACON detém os direitos autorais das contribuições na revista a menos que haja informação em contrário no rodapé da primeira página da contribuição. Onde o IBRACON detém os direitos autorais, autorização para fotocopiar itens para uso interno ou pessoal, ou uso interno ou pessoal de clientes específicos, é concedida para bibliotecas e outros usuários registrados no IBRACON.

Direitos autorais

Todos os direitos, inclusive tradução são reservados. Sob a Lei de Direitos Autorais No. 9610 de 19 de fevereiro de 1998, exceto qualquer acordo para fins de pesquisa ou estudo privado, crítica ou revisão, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, arquivada em sistema de busca, ou transmitida em qualquer forma ou por qualquer meio eletrônico, mecânico, fotocópia, gravação ou outros, sem a autorização prévia por escrito do IBRACON. Solicitações devem ser encaminhadas ao IBRACON:

IBRACON

Rua Julieta do Espírito Santo Pinheiro, nº 68, Jardim Olímpia, São Paulo, SP –Brasil CEP: 05542-120

Fone: +55 11 3735-0202 Fax: +55 11 3733-2190

E-mail: arlene@ibracon.org.br

Aviso Legal

Artigos e outras contribuições e declarações feitas ou opiniões expressas aqui são publicadas com o entendimento que os autores da contribuição são os únicos responsáveis pelas opiniões expressas neles e que sua publicação não necessariamente reflete o apoio do IBRACON ou da revista.

Diretoria

Diretoria Biênio 2007/2009

Diretor Presidente

Rubens Machado Bittencourt

Diretor 1º Vice-Presidente

Paulo Helene

Diretor 2º Vice-Presidente

Mário William Esper

Diretor 1º Secretário

Nelson Covas

Diretor 2º Secretário

Sonia Regina Freitas

Diretor 1º Tesoureiro

Claudio Sbrighi Neto

Diretor 2º Tesoureiro

Luiz Prado Vieira Júnior

Diretor Técnico

Carlos de Oliveira Campos

Diretor de Eventos

Túlio Nogueira Bittencourt

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento

Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Diretor de Publicações e Divulgação Técnica

José Luiz Antunes de Oliveira e Sousa

Diretor de Marketing

Alexandre Baumgarten

Diretor de Relações Institucionais

Wagner Roberto Lopes

Diretor de Cursos

Juan Fernando Matías Martín

Diretor de Certificação de Mão-de-obra

Júlio Timerman

Conselho Diretor Biênio 2007-2009

Conselheiros Individuais

Augusto Carlos de Vasconcelos
Denise Carpena C. Dal Molin
Claudio Sbrighi Neto
Rubens Machado Bittencourt
Túlio Nogueira Bittencourt
Geraldo Cechella Isaia
Enio José Pazini Figueiredo
Nelson Covas
Antônio Carlos Reis Laranjeiras
Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
Nicole Pagan Hasparyk
Vladimir Antonio Paulon
Júlio Timerman
Lídia da Conceição Domingues Shehata
Luiz Prado Vieira Júnior
Carlos Eduardo Xavier Regattieri
Salomon Momy Levy

Conselheiros Mantenedores e Coletivos

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland
FURNAS Centrais Elétricas S/A
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
BASF Construction Chemicals Brasil Indústria e Comércio de
Produtos Químicos Ltda
ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de
Concretagem S/A
GERDAU Aços Longos S/A
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A
EESC – USP – Escola de Engenharia de São Carlos - USP
HOLCIM Brasil S/A

Conselheiros Permanentes

Paulo Helene
Eduardo Antonio Serrano
Selmo Chapira Kuperman
José Zamarion Ferreira Diniz
Ronaldo Tartuce
Simão Priszkulnik

Volume 2, Number 4

December, 2009

ISSN: 1983-4195

Contents

Evaluation of fresh high performance concrete behavior by rheometer assistance

A. L. CASTRO, J. B. L. LIBORIO and V. C. PANDOLFELLI

282

Influence of column cross section and eccentricity of compression load in structural behaviour of two pile caps

R. G. DELALIBERA and J. S. GIONGO

306

R/C structures strengthened with CFRP – Part I: analysis of flexural models

A. L. GAMINO, T. N. BITTENCOURT and J. L. A. DE OLIVEIRA E SOUSA

326

Partially Restrained Beam-Column Connections in Reinforced Concrete Structures

G. M. S. ALVA, M. A. FERREIRA and A. L. H. C. EL DEBS

356

Numerical and Experimental Study of a Real Scale Waffle Slab

P. F. SCHWETZ, F. P. S. L. GASTAL and L. C. P. SILVA F^o

380