

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Javier Andrés Forero Valencia

Análise Experimental de um Protótipo de Dormente de Polímero Reforçado com Fibras

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ney Augusto Dumont

Rio de Janeiro

Dezembro de 2011



Javier Andres Forero Valencia

Análise Experimental de um Protótipo de Dormente de Polímero Reforçado com Fibras

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Ney Augusto Dumont

Presidente / Orientador

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Giuseppe Barbosa Guimarães

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Khosrow Ghavami

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Claudia Maria O. Campos

Departamento de Engenharia Civil – UFF

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Sectorial do

Centro Técnico Científico – PUC-RIO

Rio de Janeiro, 22 de dezembro de 2011.

Agradecimentos

A Deus, por permitir tudo isso.

Ao professor e orientador Ney Augusto Dumont, pelos relevantes conhecimentos transmitidos e pelo convívio e amizade desenvolvida ao longo deste trabalho.

Aos professores que participaram da banca examinadora.

À minha família, minha mãe Maria Eugenia Valencia, meu pai Jose Javier Forero meu primo Jason Porras Valencia, meu tio Eliades Porras e meus irmãos pelo incentivo durante toda a minha vida, por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos.

Aos colegas Eliot, Paul, Elvis, e Luis Fernando, pelo incentivo à conclusão deste trabalho e por compreenderem a minha ausência.

Aos amigos que auxiliaram e motivaram o desenvolvimento deste trabalho, especialmente Paul Antezana.

Ao CAPES e a PUC-Rio pelo apoio financeiro.

Resumo

Forero, Javier Andres; Dumont, Ney agosto (Orientador);. **Análise Experimental de um Protótipo de Dormente de Polímero Reforçado com Fibras**. Rio de Janeiro, 2011. 101p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Desde o surgimento da ferrovia, por suas características físicas, a madeira foi o material de comportamento mais satisfatório, cumprindo as funções principais do dormente de ser o elemento de transferência de carga do trilho para o lastro. Visando a substituição da madeira, tanto por razões econômicas como ambientais, tem-se adotado e pesquisado dormentes de outros materiais, tais como concreto, aço, e polímero. O objetivo deste trabalho é conhecer as características mecânicas dos dormentes de madeira plástica composta de um polímero reforçado com fibras. A fim de verificar e avaliar os resultados, o dormente foi submetido a ensaios de fluência, flexão e de impacto, segundo as especificações dos relatórios do Instituto de Engenharia Civil de vias Férreas da Índia PUNE feitos por Gupta(2003), o relatório TRL Limit proposto por R W Jordan e G Morris, e os resultados obtidos pelo professor Ney Augusto Dumont 2006 no seu relatório de instrumentação de laboratório de um Protótipo de Dormente de Polímero. Todos os ensaios foram feitos com dormentes da empresa Wisewood Soluções Ecológicas S.A. apresentando resultados que descrevem que os dormentes atuam como vigas que suportam cargas de cisalhamento muito grandes, e uma resistência muito menor à flexão em um material não homogêneo com um comportamento viscoelástico. Uma propriedade muito importante para um dormente é a capacidade de absorção de energia. Em um carregamento de impacto a resposta estrutural depende não somente da energia de impacto, mas também da rigidez da estrutura, da rigidez do contato, e das propriedades mecânicas dos materiais.

Palavras-chave

Materiais; não-convencionais; dormentes de polímero; análise experimental.

Abstract

Forero, Javier Andres; Dumont, Ney Augusto (Advisor); **Experimental Analysis of a Fiber-Reinforced Polymer Crosstie Prototype**, Rio de Janeiro, 2011. 101p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Since the beginning of railroad constructions, wood has been the most useful material to fulfil the sleeper's main function of transferring actions from the rail to the track ballast. Aiming to replace the wood for both economic and environmental reasons, sleepers of other materials such as concrete, steel, and polymer have also been adopted. The objective of this study is to understand the mechanical properties of a plastic sleeper prototype. In order to verify and evaluate the results, the sleepers were subjected to creep, bending, and impact tests, according to specifications of reports from the Indian Railway Institute of Civil Engineering in Pune, the TRL Limit report proposed by R. W. Jordan and G. Morris, and the results obtained by Professor N. A. Dumont in his 2006 Laboratory Instrumentation of a Polymer Rail Sleeper Prototype report. All tests were conducted in sleepers delivered by the company Wisewood Ecological Solutions S.A. and the results describe that the sleepers act as beams that support very large shear loads. However, they present a much lower resistance to bending, high inhomogeneity and remarkable viscoelastic behavior. A very important property of a sleeper is the ability to absorb energy. In a loading impact, the structural response depends not only on the shock absorption, but also on the rigidity of the structure, the contact stiffness, and the mechanical properties of the materials.

Keywords

Non-conventional; materials; polymer crosstie; experimental analysis.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Javier Andres Forero Valencia

Graduou-se em Engenharia Civil na Fafita (Faculdade de Engenharia Civil) em 2008. Participou de diversos congressos na área de engenharia civil.

Ficha Catalográfica

Forero Valencia, Javier Andrés

Análise experimental de um protótipo de dormente de polímero reforçado com fibras / Javier Andrés Forero Valencia ; orientador: Ney Augusto Dumont . – 2011.

101 f. il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2011.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Materiais não-convencionais. 3. Dormentes de polímero. 4. Análise experimental. I. Dumont, Ney Augusto. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 624

SUMARIO

1	Introdução.....	10
1.1	Introdução.....	10
1.2	Objetivo e justificativa.....	11
1.3	Organização do texto.....	11
2	Revisão bibliográfica.....	13
2.1	Introdução.....	13
2.2	Considerações gerais a respeito dos plásticos.....	13
2.3	Principais tipos de plásticos.....	14
2.4	Reciclagem do plástico.....	15
2.5	Dormentes ferroviários.....	15
2.6	Dormentes Plásticos.....	16
2.7	Tipos de comportamento mecânico do plástico.....	17
2.8	Propriedades mecânicas dos Plásticos.....	20
2.9	Ensaio de fluência em dormentes de plástico reciclado.....	21
2.10	Ensaio de flexão.....	23
2.11	Ensaio de carga estática (Gupta, 2003).....	35
2.12	Ensaio de impacto por (Gupta,2003).....	37
3	Programa experimental.....	38
3.1	Introdução.....	38

3.2	Materiais Utilizados.....	40
3.2.1	Dormentes	40
3.3	Instrumentação e equipamento.....	42
3.3.1	Sistema para a medição dos deslocamentos	42
3.4	Sistema de aplicação de carga.....	43
3.5	Ensaio.....	45
3.5.1	Ensaio de fluência sem placa base no dormente D.P.1.E.F.1.C.6 em Viga Curta , com Prevalhecimento do Cisalhamento	45
3.5.2	Ensaio de flexão sem placa base no dormente D.P.1.2.E.F.1.C.5.....	48
3.5.3	Ensaio de flexão sem placa de base no dormente D.P.2.0.E.F.1.C.5	50
3.5.4	Ensaio de flexão sem placa base no dormente D.P.1.1.E.F.1.C.5-1.....	52
3.6	Ensaio de carga estática.....	54
3.6.1	Ensaio de carga estática nos dormentes D.P.1.1.E.F.1.C.6.E.1, D.P.1.1.E.F.1.C.6.E.1 e D.P.3.0.E.C.E.3.....	54
3.6.2	Ensaio de impacto.	56
4	Apresentação e análise de resultados.....	59
4.1	Introdução.....	59
4.2	Ensaio de fluência no dormente D.P.1.0.E.F.1.C.6.....	59
4.2.1	Ciclo de carregamento 1-2-3	60
4.2.2	Ciclo de carregamento 4.....	65
4.2.3	Ciclo de carregamento 5.....	68
4.2.4	Ciclo de carregamento 6.....	72
4.3	Ensaio de flexão sem placa de base no dormente D.P.1.2.E.F.1.C.5	75

4.4	Ensaio de flexão no dormente D.P.1.2.E.F.1.C.5	79
4.5	Ensaio de fluência no dormente D.P.1.2.E.F.1.C.5-1	83
4.5.1	Ensaio de flexão no dormente D.P.1.2.E.F.1.C.5-1-b.....	86
4.6	Ensaio de carga estática.....	88
4.7	Ensaio de carga de impacto	90
5	Conclusões e sugestões.....	96
5.1	Conclusões	96
5.2	Principais resultados.....	96
5.3	Sugestões para trabalhos futuros	97
	Bibliografia.....	99