View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by NOPR

भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 28 अंक (1) जून 2020 पृ. 33-38

भारतीय सड़क कांग्रेस (आईआरसी) विधि से राष्ट्रीय राजमार्ग-10 एवं राष्ट्रीय राजमार्ग-73 की अभिकल्पना एवं उसके परिणामों की आष्टो विधि तथा पीसीए विधि से तुलना

यतिन चौधरी एवं प्रवीण अग्रवाल
सिविल इंजीनियरिंग विभाग, एनआईटी कुरुक्षेत्र 136 119 (हरियाणा)

सारांश : आजकल, हरित पर्यावरण, प्राकृतिक संसाधनों का स्थायित्व और प्रभावी प्रयोग बड़ी चिंता की बात है। मात्र कुछ हज़ार किमी सड़क बनाने के लिये बहुत ज़्यादा पैसा एवं प्राकृतिक संसाधनों की आवश्यकता होती है। हम यह भी जानते हैं कि हमारे प्राकृतिक संसाधन बेहद ही कम मात्रा में उपलब्ध हैं। इन बेशकीमती संसाधनों को बचाने के लिये कई प्रयास किये गये हैं। एक ऐसा ही तरीका इस शोध पत्र में दिया गया है जिसमें विभिन्न विधियों से दृढ़ कुट्टिम की अभिकल्पना के बारे में बताया गया है। हाल ही के वर्षों में, सीमेंट कंक्रीट कुट्टिम को इनकी विशेषताओं के कारण, जैसे कि-लंबे समय तक रहना, कम रख-रखाव की आवश्यकता और चिकनी सतह के कारण कई नई सड़क परियोजनाओं के लिये अपनाया जा रहा है। इस पत्र में, राष्ट्रीय राजमार्ग-10 (हिसार से डाबवली) एवं राष्ट्रीय राजमार्ग-73 (पंचकुला से यमुनानगर) की अभिकल्पना भारतीय सड़क कांग्रेस (आईआरसी) विधि से की गयी है तथा उसके परिणामों को आष्टो विधि एवं पीसीए विधि के परिणामों से तुलना की गयी है। इस पत्र के माध्यम से यह ज्ञात होता है कि आईआरसी विधि से हमारे कुट्टिम की मोटाई (थिकनेस) कम आती है जिस कारण हमारी कुल सामग्री, बिटुमिन की मात्रा की कम आवश्यकता होती है। बदले में यह हमारे प्राकृतिक संसाधनों को बचाता है और भविष्य के उपयोग के लिए हमारे संसाधनों को सुरक्षित रखता है तथा यह भी पाया गया है कि आईआरसी विधि अधिक किफायती है।

Design of NH-10 and NH-73 Byircmethod and their comparison with Aashto Method and Pcamethod

Yatin Chaudhary & Praveen Aggarwal
Department of Civil Engineering, NIT Kurukshetra 136 119 (Haryana)

Abstract

Nowadays, Environment Sustainability and effective use of natural resources is a great concern. To build hundreds of kilometres of roadway it involves huge amount of natural resources and we know that our natural resources are in very limited quantity. To save our limited resources any sustainable approach or any green technology or any method that can let us use our resources effectively is welcomed. One such approach for the sustainability of the environment is presented in this paper through the different pavement design approaches. In recent years, cement concrete pavements are being adopted in many new road projects in India in view of their longer service lives, lesser maintenance requirements and smoother riding surface. In this paper, National Highway-10 (Hisar and Dabwali) and National Highway-73 (Punchkula and Yamunanagar) is designed by three methods i.e. by IRC Method which is followed in India and by AASHTO method and PCA Method which are used in American countries. As the IRC method is partly based on the recommendations of AASHTO method and PCA method, it is required to compare the methods to know which is having more economical approach. Through this paper it is found that the IRC gives relatively less thickness as compared to other methods. By this finding we can say that in IRC method the quantity of materials required such as aggregate, bitumen etc.is less which in turn saves our natural resources and preserves our resources for future use. It is also found that the IRC method is more economical.

प्रस्तावना

सीमेंट कंक्रीट कुट्टीम आम तौर पर ''दृढ़ कुट्टीम" के रूप में जाना जाता है। आजकल अपने आर्थिक लाभ के कारण यह बिटुमिन सड़कों की जगह ले रहे हैं। देश में एक अच्छी तरह से जुड़ा कठोर सड़क नेटवर्क लागत बचत और लंबी दूरी पर यातायात के किफायतीकरण आंदोलन अच्छे में परिणाम दे सकते हैं। यदि दृढ़ कुट्टिम ठीक से डिजाइन और निर्माण किए जाएं तो वे सुरक्षा और आराम के साथ यातायात की एक उच्च संख्या ले जाने में सक्षम हैं। सीमेंट कंक्रीट सतह चिकनी, धूल मुक्त और स्किड प्रतिरोधी होते हैं और दिन और रात ड्राइविंग के दौरान उच्च दृश्यता प्रदान करते हैं। ये रख-रखाव की कम लागत के कारण भी किफायती हैं। चूंकि हमारा देश विकासशील देश है, इसीलिए नई सड़क परियोजनाओं के लिए सीमेंट कंक्रीट फुटपाथों को अपनाया जा रहा है।

हालांकि कंक्रीट कुट्टीम की क्षय (deterioration) एक बढ़ती चिंता का विषय बन गई है, क्योंकि इस तरह के कट्टीम का पुनर्वास एक महंगा अभ्यास है। इसलिए मौजूदा लोगों की तुलना में अधिक वैज्ञानिक डिजाइन पद्धति के विकास की आवश्यकता है, जो कुट्टीम की समय से पहले विफलता से बच जाएगा।

परंपरागत रूप से, ठोस कुट्टीम का डिजाइन एक समान स्थिर लोड के तहत एक लोचदार (elastic) नींव पर असीम लंबी बीम या प्लेट के विश्लेषणात्मक समाधान पर आधारित है। हाल ही में दृढ़ कुट्टिम डिजाइन गाइड अनुभवजन्य-यंत्रवादी (mechanistic-empirical) दृष्टिकोण पर आधारित किया गया है। राज्य राजमार्ग और परिवहन अधिकारियों अनुसंधान के अमेरिकन एसोसिएशन से व्युत्पन्न फील्ड डेटा (AASHTO, 1962) व्यापक रूप से डिजाइन प्रक्रियाओं के अनुभवजन्य भाग में इस्तेमाल किया गया है। डिजाइन गाइड के यंत्रवादी (empirical) भाग महत्वपूर्ण तनाव और कुट्टीम में विक्षेप की गणना के बारे में आवश्यक जानकारी प्रदान करता है, अनुभवजन्य (mechanistic) हिस्सा लागू भार के तहत कुट्टीम के संभावित विफलता मोड को निर्दिष्ट करता है। यंत्रवादी डिजाइन किसी भी अनुभवजन्य समीकरणों का उपयोग किए बिना वैज्ञानिक रूप से मूल्यांकन मानकों का उपयोग कर एक कुट्टीम डिजाइन करने के लिए होते हैं (चतुर्वेदी एट अल., 2015)। एक ठोस कुट्टीम की विश्वसनीयता निर्धारित करने के लिए कुट्टीम डिजाइन मानकों में भिन्न थिकनेस डिजाइन को शामिल किया जा सकता है। राजमार्गों के लिए कठोर कुट्टीम के डिजाइन के लिए वर्तमान आईआरसी दिशा-निर्देश आंशिक रूप से मशीनी हैं।

राष्ट्रीय राजमार्ग-73 भारत के उत्तरी भाग में एक राष्ट्रीय राजमार्ग है। एनएच-73 188 किलोमीटर लंबा राजमार्ग है जो हरियाणा राज्य में रुड़की से पंचकुला को जोड़ता है। हरियाणा में यह 108 किमी की दूरी तय करता है। यह यमुनानगर से शुरू होता है और हरियाणा राज्य में जगाधरी, रामगढ़ और पंचकुला से होकर गुजरता है। एवं राष्ट्रीय राजमार्ग-10 दिल्ली से निकलता है और भारत-पाक सीमा के पास राज्य पंजाब के फाजिल्का शहर में समाप्त होती है। राजमार्ग की कुल लंबाई 403 किलोमीटर (250 मी)। जिनमें से 18 किमी दिल्ली से होकर गुजरती है, 313 किमी लंबाई हरियाणा राज्य से होकर गुजरती है और शेष लंबाई 72 किमी की दूरी पंजाब राज्य से होकर गुजरती है। इस शोध पत्र में एनएच-10 एवं एनएच-73 को विभिन्न तरीकों से डिज़ाइन किया गया है।

सामग्री एवं विधि

• भारतीय सड़क कांग्रेस विधि

भारतीय सड़क कांग्रेस विधि का प्रयोग भारत में सड़कों के डिजाइन और निर्माण के लिए किया जाता है। इस विधि के लिए दिशा-निर्देश IRC:58 संस्करण में दिए गए हैं।

राजमार्गों के लिए कठोर कुट्टीम के डिजाइन के लिए दिशा-निर्देश पहली बार 1974 में प्रकाशित किए गए थे। दिशा-निर्देशों में पहला संशोधन 1988 में वाणिज्यिक वाहनों के अधिकतम लदे धुरा भार पर कानूनी सीमा में संशोधन के बाद किया गया था जो 8160 किग्रा से 10200 किलोग्राम तक था।

2002 में डिजाइन में थकान (Fatigue) क्षति अवधारणा को शामिल करने के लिए दूसरा संशोधन लाया गया था। तीसरा संशोधन 2011 में प्रकाशित हुआ था और चौथा नवीनतम, 2015 में प्रकाशित हुआ था।

आईआरसी के इस संस्करण का उद्देश्य कुट्टीम और कुट्टीम के तापमान पर भार के संयुक्त प्रभाव के कारण संचयी थकान क्षति पर विचार करते हुए डिजाइन में वर्तमान रुझानों के अनुरूप इसे डिजाइन प्रक्रिया को युक्तिसंगत बनाना है। दिशा-निर्देशों में चौड़ी बाहरी गलियों के साथ कुट्टीम के डिजाइन की प्रक्रिया भी शामिल है, बंधे हुए ठोस कंधे (shoulders), स्थिर सब बेस के साथ-साथ अनुदैर्ध्य, विस्तार और संकुचन जोड़ों का डिज़ाइन भी दिया गया है।

आष्टो विधि

आष्टो विधि के लिए दिशा-निर्देश एवं कुट्टीम संरचनाओं के डिजाइन के लिए निर्देश AASHTO गाइड में दिए गए हैं। यह

डिजाइन प्रक्रिया AASHO सड़क परीक्षणों से निष्कर्षों पर भी बड़े पैमाने पर आधारित है जो 1950 के दशक में आयोजित किए गए थे। 1972 में एक अंतरिम गाइड प्रकाशित हुआ था, 1981 में एक संशोधित गाइड है और 1993 में एक और। 2002 संस्करण का एक मसौदा संशोधन भी है।

AASHO रोड परीक्षण का एक प्रमुख उद्देश्य जानकारी प्रदान करना है जिसका उपयोग कुट्टीम डिजाइन मानदंड और कुट्टीम डिजाइन प्रक्रियाओं को विकसित करने के लिए किया जा सकता है। तदनुसार, सड़क परीक्षण के पूरा होने के बाद, 1961 में AASHO डिजाइन समिति विकसित और परिचालित हुई, ''कठोर और लचीले कुट्टीम के डिजाइन के लिए AASHO अंतरिम गाइड" प्रकाशित किया गया है।

• पीसीए विधि

पोर्टलैंड सीमेंट एसोसिएशन (पीसीए) के अनुसार दिशा-निर्देशों का पहला सेट 1984 में प्रकाशित किया गया था। 1984 में प्रकाशित किया गया प्रदर्शन मानदंड डिजाइन पद्धति मुख्य रूप से एएएसएचओ रोड टेस्ट में एकत्र किए गए प्रदर्शन डेटा पर आधारित था। पीसीए डिजाइन प्रक्रिया में मुख्य विफलताएं कंक्रीट की थकावट और नींव के क्षरण के कारण होती हैं, ये दो मुख्य विफलताएं हैं। थकान विफलता वह है जिसमें कंकरीट की तनाव से कुट्टीम विफल हो जाते हैं। कटाव विफलता वह है जिसमें पंप करने से कुट्टीम विफल हो जाते हैं। पीसीए में संचयी थकान क्षति की अवधारणा का उपयोग किया जाता है। थकावट और कर्लिंग के कारण तनाव को थकान विश्लेषण के लिए नहीं माना जाता है।

कार्य प्रणाली

दो लाइव परियोजनाओं अर्थात् एनएच-10 और एनएच-73 को चुना गया है और जो भाग आईआरसी विधि द्वारा कठोर कुट्टीम के रूप में डिज़ाइन किया गया है, उनको चयन किया गया है और दोनों राजमार्गों को फिर AASHTO विधि और पीसीए विधि द्वारा डिजाइन किया गया है और प्रत्येक विधि में विविधताओं या अंतर आईआरसी विधि से तुलना की गयी है। इन विधियों में उपयोग किए गए मूल्यों को भारतीय परिस्थितियों के अनुसार उपयुक्त माना गया है। चित्र 1 में राष्ट्रीय राजमार्गों के मानचित्र को दिखाया गया है जो इस पत्र में अध्ययन और डिज़ाइन किए गए हैं।

सारणी 1 और सारणी 2 क्रमशः NH-10 और NH-73 के लिए संचयी धुरी (cumulative) लोड स्पेक्ट्रम को दर्शाती हैं।

परिणाम एवं विवेचना

तीनों विधियों की प्रक्रिया को सही तरीके से समझकर ओर उनके कोड में दिये गए सूत्र का प्रयोग करके दोनों राजमार्गों

सारणी 1 – एनएच-10 के लिए लोड स्पेक्ट्रम

	सिंगल एक्सेल			टैंडम एक्सल			ट्राइडेम एक्सल	
भार (kN)	माध्य (kN)	फ्रिक्वेंसी (%)	भार (kN)	माध्य (kN)	फ्रिक्वेंसी (%)	भार (kN)	माध्य (kN)	फ्रिक्वेंसी (%)
185-195	190	0	380-400	390	0	530-560	545	0
175-185	180	0	360-380	370	0	500-530	515	0
165-175	170	0.6	340-360	350	0	470-500	485	0
155-165	160	1.2	320-340	330	2.5	440-470	455	0
145-155	150	0.6	300-320	310	2.5	410-440	425	18.75
135-145	140	0.6	280-300	290	5.06	380-410	395	6.25
125-135	130	3.6	260-280	270	8.8	350-380	365	37.5
115-125	120	4.8	240-260	250	8.8	320-350	335	0
105-115	110	11.5	220-240	230	8.8	290-320	305	0
95-105	100	10.9	200-220	210	17.7	260-290	275	6.25
85-95	90	7.2	180-200	190	8.8	230-260	245	0
<85	80	58.7	<180	170	36.7	<230	215	31.25

सारणी 2 – एनएच-73 के लिए लोड स्पेक्ट्रम

	सिंगल एक्सल			टैंडम एक्सल			ट्राइडेम एक्सल	
भार (kN)	माध्य (kN)	फ्रिक्वेंसी (%)	भार (kN)	माध्य (kN)	फ्रिक्वेंसी (%)	भार (kN)	माध्य (kN)	फ्रिक्वेंसी (%)
185-195	190	0.0	380-400	390	1.8	530-560	545	0.0
175-185	180	0.0	360-380	370	0.9	500-530	515	0.0
165-175	170	0.2	340-360	350	6.2	470-500	485	0.0
155-165	160	0.0	320-340	330	1.4	440-470	455	0.0
145-155	150	0.0	300-320	310	0.5	410-440	425	0.0
135-145	140	0.3	280-300	290	0.0	380-410	395	0.0
125-135	130	0.9	260-280	270	0.5	350-380	365	1.9
115-125	120	0.4	240-260	250	3.7	320-350	335	3.6
105-115	110	1.3	220-240	230	5.6	290-320	305	16.2
95-105	100	3.1	200-220	210	13.6	260-290	275	30.5
85-95	90	8.2	180-200	190	13.3	230-260	245	19.8
<85	80	85.3	<180	170	52.3	<230	215	27.8

सारणी 3 – एनएच-10 के परिणाम तीनों विधियों के द्वारा

तुलना के बिंदु	आईआरसी विधि	आष्टो विधि	पीसीए विधि
यातायात	101341491	30655697 ESALs	44236314
डिजाइन अवधि (वर्ष)	30	30	30
कंक्रीट की लोच का मॉड्यूलन (elasticity ऑफ कंक्रीट)	30000 MPa	4300000 psi	4300000 psi
रूप का मॉड्यूल (मॉड्यूलस ऑफ रप्चर)	4.5 MPa	718 psi	718 psi
वार्षिक वृद्धि दर कारक :	5	5	5
पीएसआई	-	2	-
विश्वसनीयता	-	0.9	-
लेन वितरण फैक्टर	0.25	0.9	0.93
दिशात्मक वितरण कारक	0.5	0.5	0.5
सिंगल एक्सेल के लिए तनाव अनुपात	-	-	0.153
टेंडेम एक्सेल के लिए तनाव अनुपात	-	-	0.1518
सिंगल एक्सेल के लिए इरोजन अनुपात	-	-	2.34
टेंडेम एक्सेल के लिए इरोजन अनुपात	-	-	2.10
लोड सुरक्षा कारक	1.2	3.6	1.1
थिकनेस (mm)	290	355	270

अर्थात् एनएच-10 और एनएच-73 के परिणामों को क्रमश सारणी 3 और सारणी 4 में सूचीबद्ध किया गया है। ये सारणी दोनों राजमार्गों की थिकनेस को प्रस्तुत करते हैं।

राष्ट्रीय राजमार्ग-10

• विभिन्न विधियों द्वारा प्राप्त राष्ट्रीय राजमार्ग 10 या एनएच-10 की थिकनेस अलग-अलग है। आईआरसी विधि द्वारा प्राप्त थिकनेस 290 मिमी या 29.0 सेमी है।

सारणी 4 – एनएच-73 के परिणाम तीनों विधियों के द्वारा

तुलना के बिंदु	आईआरसी विधि	आष्टो विधि	पीसीए विधि
यातायात	220142764	1503442 ESALs	96094103
डिजाइन अवधि (वर्ष)	30	30	30
कंक्रीट की लोच का मॉड्यूलन (elasticity ऑफ कंक्रीट)	30000	4351132 psi	435112 psi
रूप का मॉड्यूल (मॉड्यूलस ऑफ रप्चर)	4.5 MPa	718 psi	718 psi
वार्षिक वृद्धि दर कारक%	5%	5%	5%
पीएसआई	-	2	-
विश्वसनीयता	-	0.85	-
लेन वितरण फैक्टर	0.25	0.9	0.93
दिशात्मक वितरण कारक	0.51	0.5	0.5
सिंगल एक्सेल के लिए तनाव अनुपात	-	-	0.212
टेंडेम एक्सेल के लिए तनाव अनुपात	-	-	0.2
सिंगल एक्सेल के लिए ईरोसन अनुपात	-	-	2.64
टेंडेम एक्सेल के लिए ईरोसन अनुपात	-	-	2.88
लोड सुरक्षा कारक	1.2	3.6	1.1
थिकनेस (mm)	300	381	280

• इसके अलावा, आष्टो विधि द्वारा राजमार्ग डिजाइन करने के बाद प्राप्त थिकनेस 355 मिमी या 35.50 सेमी है, जो आईआरसी विधि द्वारा प्राप्त थिकनेस की तुलना में काफी अधिक है।

• पोर्टलैंड सीमेंट एसोसिएशन के दिशा-निर्देशों का पालन करके और तदनुसार चर को भारतीय परिस्थितियों में परिवर्तित करके पीसीए विधि द्वारा एनएच-10 को डिजाइन करने पर, प्राप्त थिकनेस 27.0 सेमी है।

राष्ट्रीय राजमार्ग-73

• विभिन्न विधियों द्वारा प्राप्त राष्ट्रीय राजमार्ग 73 या एनएच-73 की थिकनेस अलग-अलग है। आईआरसी विधि द्वारा प्राप्त के रूप में थिकनेस 300 मिमी या 30.0 सेमी है।

• इसके अलावा, आष्टो विधि द्वारा राजमार्ग डिजाइन करने के बाद प्राप्त थिकनेस 381 मिमी या 38.10 सेमी है, जो आईआरसी विधि द्वारा प्राप्त थिकनेस की तुलना में काफी अधिक है।

• पोर्टलैंड सीमेंट एसोसिएशन के दिशा-निर्देशों का पालन करके और तदनुसार चर को भारतीय परिस्थितियों में परिवर्तित करके पीसीए विधि द्वारा एनएच-73 को डिजाइन करने पर, प्राप्त थिकनेस 28 सेमी है।

निष्कर्ष

इस अध्ययन के माध्यम से, यह निष्कर्ष निकाला कि इन सभी तरीकों से दी गयी थिकनेस तुलनीय है, लेकिन आईआरसी आष्टो विधि की तुलना में कम थिकनेस देता है और भारतीय परिस्थितियों के लिए अच्छी तरह से अनुकूल साबित होता है क्योंकि इसमें थकान और सबसे महत्वपूर्ण तापमान तनाव होता है क्योंकि भारत में भिन्न प्रकार का जलवायु है।

आईआरसी विधि और आष्टो विधि के बीच मुख्य अंतर विश्वसनीयता और वर्तमान सर्विसेबिलिटी सूचकांक जो आष्टो विधि के लिए पैरामीटर है। विश्वसनीयता को भारतीय डिजाइन की पद्धति में शुरू किया जा सकता है ताकि कुट्टीम के प्रदर्शन का अनुमान लगाया जा सके।

हालांकि आईआरसी विधि आष्टो विधि की तुलना में कम थिकनेस देता है, लेकिन इसकी डिजाइन थिकनेस पीसीए विधि की तुलना में अपेक्षाकृत अधिक है। इस भिन्नता के लिए मुख्य कारण यह है कि पीसीए विधि के दिशा-निर्देशों में यातायात, लोड और अन्य शर्तों के बदलते पैटर्न के अनुसार अद्यतन नहीं किया जा रहा है, इस विधि की कुछ कमी के कारण, राजमार्गों को अब इस विधि के माध्यम से तैयार नहीं किया जा रहा है।

पीसीए विधि और आईआरसी विधि के बीच अन्य मुख्य अंतर यह है कि पीसीए विधि में कुट्टीम की थकान (फ्टिग) विश्लेषण के साथ एक ईरोसन विश्लेषण भी शामिल है, लेकिन आईआरसी विधि में सबग्रेड के कटाव से संबंधित कोई भी विश्लेषण शामिल नहीं है। इस ईरोसन विश्लेषण का और अध्ययन किया जा सकता है ताकि इसे और बेहतर तरीके से भारतीय दिशा-निर्देशों में शामिल किया जा सके।

संदर्भ

1. AASHTO-1993, Guide for Design of Pavement Structures *American Association of State Highway and Transportation Officials* Washington D.C.|ISBN 1-56051055-02.
3. El-Badawy S M, Bayomy F M, Santi M & Clawson C W, Comparison of Idaho Pavement Design Procedure with AASHTO 1993 and MEPDG Methods.
6. IRC: 58-2015, Guidelines for the Design of Plain Jointed Rigid Pavements for Highways, *Indian Roads Congress*, June (2015).
7. IRC: 58-2011, Guidelines for The Design of Plain Jointed Rigid Pavements for Highways, *Indian Roads Congress*, November (2011).
2. Chaturvedi T, Joshi Y P & Goliya S S, Design of Rigid Pavement by IRC Method and its Critical Comparison with AASHTO Method, *IJSRD*, **3** (2) (2015) 2321-0613.
4. El-Mansy N, Ismail M, Hassan H & Semaida A Evaluation of The Design Techniques of Rigid Pavement, Port Said University, Egypt, September (2004).
15. Ying Haur Lee, TKUPAV: New stress Analysis and thickness design program for rigid pavement Version 1.4, Tamkang University, Taiwan, R.O.C June (1999).
14. Tayabji S D & Colley B E (1986), Analysis of Jointed Concrete Pavement, Report No. FHWA-RD-86-041, Federal Highway Administration (1986).
9. Lee Y H, Bair J H, Lee C T, Yen S T & Lee Y M (1997), Modified PCA Stress Analysis and Thickness Design Procedures *Transportation Research Record 1568*, 77-88.
10. Paul H Wright, Karen K Dixon, Highway Engineering *Wiley India Addition*, New Delhi (2012).
16. Yoder E J & Witczak M W, Principles of Pavement Design, John Wiley & Sons, Inc., New York (1975).
8. Kumar S S, Srinivas T & Suresh K, *Mechanistic Design of Concrete Pavement*, HRB 69, 209-219.
5. Huang Y H, Pavement Analysis and Design, Upper Saddle River, NJ 07458, USA, Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc., 2004.
13. Road Research Laboratory, Road Note 29. A guide to the structural design of pavements for new roads. *London (H.M.S.O.). 3rd Edition* (1970).
11. Portland Cement Association, The Design for Concrete Highway and Street Pavements, PCA, Skokie, Illinois (1984).
12. Prasad and Bageshwar, Life Cycle Cost Analysis of Cement Concrete Roads vs. Bituminous Roads, *Indian Highways*, **35** (9) (2007).