भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 28 अंक (1) जून 2020 पृ. 25-32

जलरोधक झिल्ली के गुणों का मूल्यांकन और सेतु के डेक पर उसका प्रभाव

राजेश राणा एवं पी लक्ष्मी
सेतु एवं संरचना प्रभाग, सीएसआईआर-केंद्रीय सड़क अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

सारांश : किसी भी संरचना जैसे कि सेतु के निर्माण करने के लिए, कंक्रीट का अत्यधिक मात्रा में उपयोग किया जाता है। कंक्रीट एक हैटरोजीनियस मैटीरियल है जिसके कारण इसमें सूक्ष्म छिद्रों की संख्या अधिक होती है। इन सूक्ष्म छिद्रों से पानी के रिसाव के कारण संरचनाओं में मौजूद स्टील रीइन्फोर्समेंट में जंग लगने की एक आम समस्या है। यदि पानी के रिसाव या रिसने के स्रोत को नहीं रोका जाए तो यह संरचनाओं की ताकत और आयु को कम कर देता है। ऐसे रिसावों को रोकने और पुलों के जीवनकाल को बढ़ाने के लिए सेतु डेक की वॉटरप्रूफिंग एक महत्वपूर्ण तकनीक है। यह तकनीक प्रीकास्ट सेगमेंटल सेतु को वॉटरप्रूफ बनाने के लिए अत्यधिक सहायक होती है। इस तकनीकी पेपर में, एपीपी और एसबीएस शीट टाइप वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के विभिन्न गुणों के मूल्यांकन और सेतु डेक पर उसके प्रभाव का अध्ययन किया गया है। सीएसआईआर-सीआरआरआई ने विभिन्न मानकों के अनुसार वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के गुणों का मूल्यांकन करने के लिए अनेक प्रायोगिक सुविधाएं विकसित की हैं। वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के विभिन्न गुणों जैसे कि टैन्साइल स्ट्रेन्थ, अधेशन स्ट्रेन्थ, लो फ्लेक्सिबिलिटी टेम्परेचर इत्यादि कंक्रीट पुल डेक के स्थायित्व को प्रभावित करते हैं। इस अध्ययन से पता चलता है कि एपीपी की तुलना में ठंडे क्षेत्रों में एसबीएस अधिक उपयुक्त है क्योंकि एसबीएस का लो फ्लेक्सिबिलिटी तापमान एपीपी के मुक़ाबले अधिक होता है।

Evaluation of the properties of waterproofing membrane and their effect on the durability of bridge deck

Rajesh Rana & P Lakshmy
Bridge Engineering and Structures Division, CSIR-Central Road Research Institute, New Delhi

Abstract

A large quantity of concrete is used to construct any structure like bridges. Concrete is a heterogeneous material due to which there are chances of micro pores in it. Through these micro pores, the seepage of water is a common problem that deteriorates the reinforced steel present in these structures. The seepage of water reduces the strength of structure due to the attack of corrosion in the reinforced steel. To prevent such seepage and to increase the life of bridges, waterproofing of bridge deck is an important technique. This technique helps to make waterproof of precast segmental bridges. This paper present the evaluation of various properties of APP and SBS types of waterproofing membranes used in bridge deck and their affect on the durability of bridge deck. For the evaluation of different properties of waterproofing membrane CSIR-CRRI developed various test fixtures according to BD 47/99, ASTM, EN and IS standards. The different properties of waterproofing membrane which affect the durability of bridge deck are Tensile and Tear Strength, Adhesion strength, Low flexibility temperature, softening point etc. From this study, it is concluded that SBS is more effecting than APP in cold regions and vice-versa because the low flexibility of SBS is higher and the softening point of APP is higher.

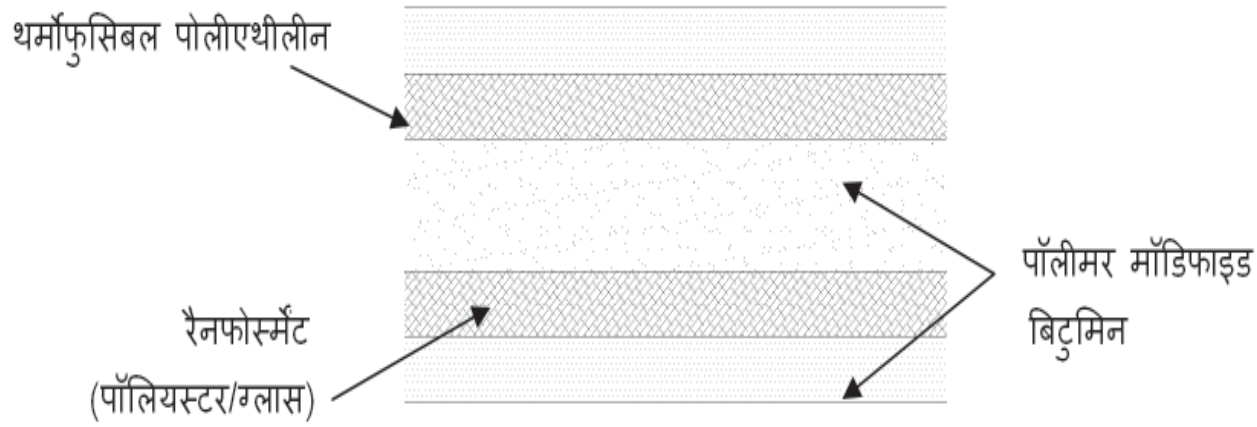
प्रस्तावना

ब्रिज डेक किसी भी ब्रिज का वह भाग है जो सबसे अधिक प्रभावित होता है सीधे पर्यावरणीय परिवर्तनों और वाहनों द्वारा लगाए गए लोड के कारण जोकि पुलों के जीवनकाल को प्रभावित करता है। ब्रिज के निर्माण में कंक्रीट का अत्यधिक मात्रा में उपयोग किया जाता है। कंक्रीट एक हैटरोजीनियस मैटीरियल है जिसके कारण इसमें सूक्ष्म छिद्रों की संख्या अधिक होती है। इन सूक्ष्म छिद्रों से पानी के रिसाव के कारण संरचनाओं में मौजूद स्टील रीइन्फोर्समेंट में जंग लगने की एक आम समस्या है। इसलिए, कंक्रीट ब्रिज डेक की ड्यूरेबिलिटी हमेशा अनुसंधान और परफॉर्मेंस अध्ययन का विषय रहा है। IRC 112-2011 में कंक्रीट डेक की ड्यूरेबिलिटी को बढ़ाने के लिए ने कुछ उपाय बताए है, जिनमें से वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन का प्रयोग एक है। स्टील रीइन्फोर्समेंट में जंग लगने से रोकने और पुलों के जीवनकाल को बढ़ाने के लिए वॉटरप्रूफिंग एक महत्वपूर्ण तकनीक है। वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन कंक्रीट डेक के शीर्ष पर एक बाधा प्रदान करके नमी और क्लोराइड को कंक्रीट तक पहुंचने नहीं देती। वॉटरप्रूफिंग तकनीक दो प्रकार की होती है जैसे शीट टाइप और लिक्विड टाइप। शीट वॉटरप्रूफिंग मेम्ब्रेन उनमें सबसे आम है जिसे एक संशोधित बिटुमिन्स मिक्स और ग्लास/फाइबर रीइन्फोर्समेंट के साथ तैयार किया जाता है। इस प्रकार की मैम्ब्रेन में अलग-अलग परतें होती हैं जैसा चित्र-1 में दिखाया गया है।

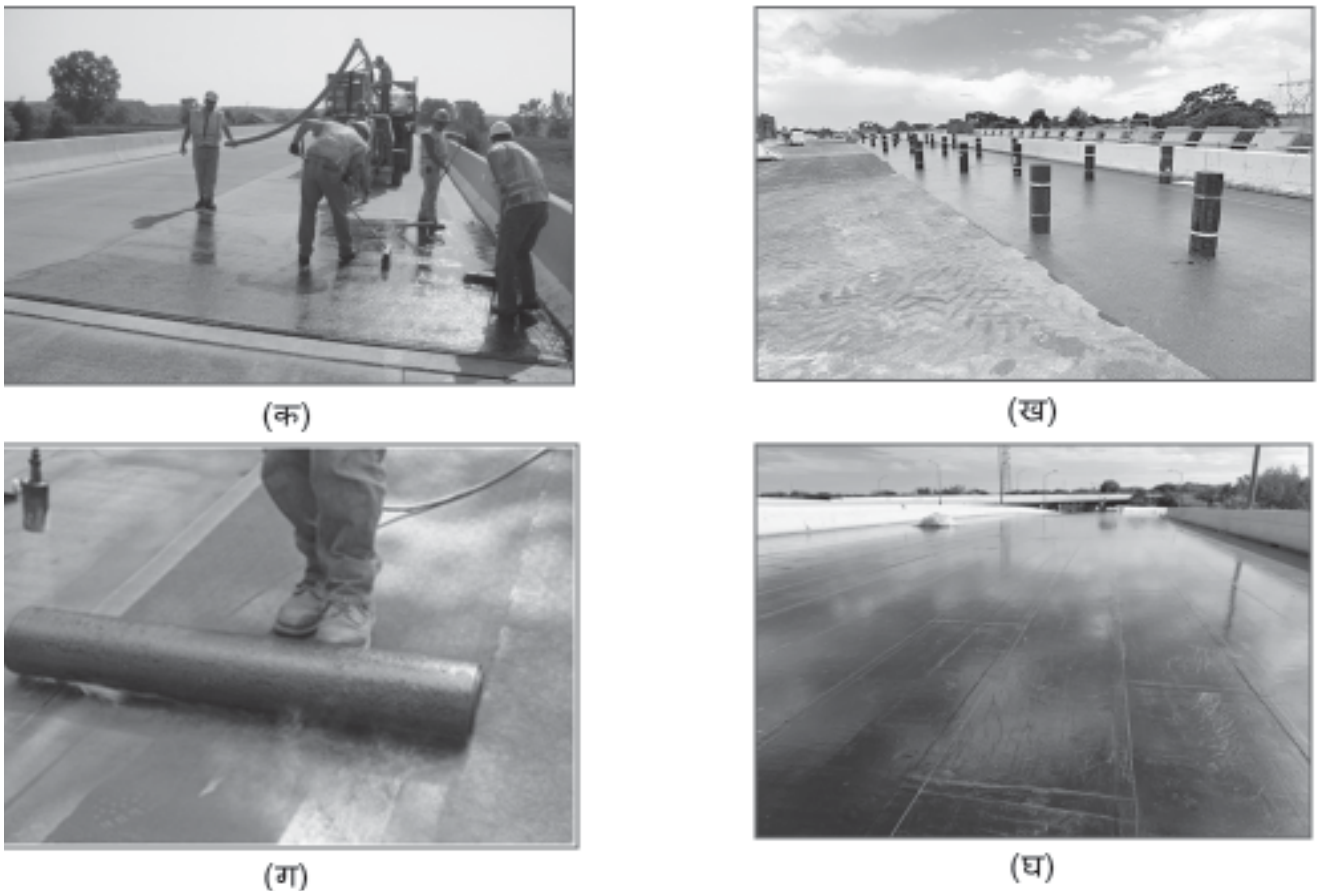
इस प्रकार की मैम्ब्रेन को ब्लो टॉर्च द्वारा हीट करके ब्रिज डेक पर लगाया जाता है। ये मैम्ब्रेन ब्रिज डेक पर एक जलरोधी पतली परत बना देती है जिसकी ज्यादातर मोटाई लगभग 2 से 4 मिमी होती हैं। उदाहरणतया, एटैक्टिक पॉलीप्रोपीलीन (एपीपी), स्टाइरीन-ब्यूटाडीन स्टाइलिन (एसबीएस) और एथिलीन प्रोपलीन डाइना मोनोमर (ईपीडीएम) मेम्ब्रेन के प्रकार हैं जिनका उपयोग ब्रिज डेक को वॉटरप्रूफ बनाने के लिए किया जाता है। परंतु यह तकनीकी पेपर एपीपी और एसबीएस शीट टाइप वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के विभिन्न गुणों के मूल्यांकन और ब्रिज डेक पर उसके प्रभाव पर आधारित है। एसबीएस और एपीपी के बीच मूल अंतर यह है कि एपीपी-संशोधित बिटुमेन एक ''प्लास्टिक डामर" है और एसबीएस-संशोधित बिटुमेन एक ''लचीला डामर" है जबकि एपीपी का सोटेनिंग पॉइंट एसबीएस की तुलना में थोड़ा ज्यादा होता है। एक निश्चित प्रक्रिया का पालन करते हुए ब्रिज डेक पर वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन को स्थापित किया जाता है जैसाकि चित्र-2 में दिखाया गया है।

परीक्षण प्रक्रिया

अधिकतर वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन विदेशों की जलवायु, पर्यावरण और निर्माण प्रौद्योगिकी को ध्यान में रखकर विकसित की जाती हैं। अतः इन मेम्ब्रेन पर प्रयोगात्मक अध्ययन भारत की जलवायु और निर्माण तकनीकों के संबंध में उनकी उपयुक्तता की जांच अति आवश्यक हो जाती है। आम तौर पर, वाटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन को आयताकार आकार में बनाया जाता है जिसकी चौड़ाई एक मीटर और लंबाई 10 मीटर होती है, अक्सर ऊपरी तरफ एक चिकनी बनावट होती है और नीचे की तरफ अपेक्षाकृत खुरदरी बनावट होती है ताकि यह कंक्रीट ब्रिज डेक के साथ एक बेहतर पकड़ बना सके। प्रयोगात्मक अध्ययन को भौतिक गुणों, यांत्रिक गुणों और थर्मल गुणों जैसे तीन श्रेणियों में विभाजित किया गया है। जिसका का विवरण तालिका-1 में दिखाया गया है।



चित्र 1 – शीट टाइप वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन की अलग-अलग परतों का विवरण



चित्र 2 – (क) ब्रिज डेक पर प्राइमर लगते हुए (ख) प्राइमर कोट के बाद ब्रिज डेक की सतह (ग) हीटिंग टॉर्च की सहायता से वॉटरप्रूफिंग मेम्ब्रेन की ब्रिज डेक पर स्थापना (घ) वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन की स्थापना के बाद ब्रिज डेक का पूर्ण दृश्य

भौतिक गुण

वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के भौतिक गुणों का असर स्थिर परिस्थितियों में भी ब्रिज डेक के स्थायित्व पर एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। मेम्ब्रेन की मोटाई इसके यांत्रिकी गुण जैसे तन्यता, शियर स्ट्रेन्थ, एड्हीसिव स्ट्रेन्थ इत्यादि को प्रभावित करती है। वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन को इस तरह से डिज़ाइन किया किया जाता है ताकि वह पानी के प्रवेश को रोक सके इसलिए वाटर एब्सॉर्प्शन टेस्ट अति महत्वपूर्ण है। कम से कम मात्रा में पानी का एब्सॉर्प्शन मेम्ब्रेन की बेहतर गुणवत्ता को बताता है।

यांत्रिक गुण

- **टैन्साइल स्ट्रेन्थ और पर्सेंटेज एलॉन्गेशन**

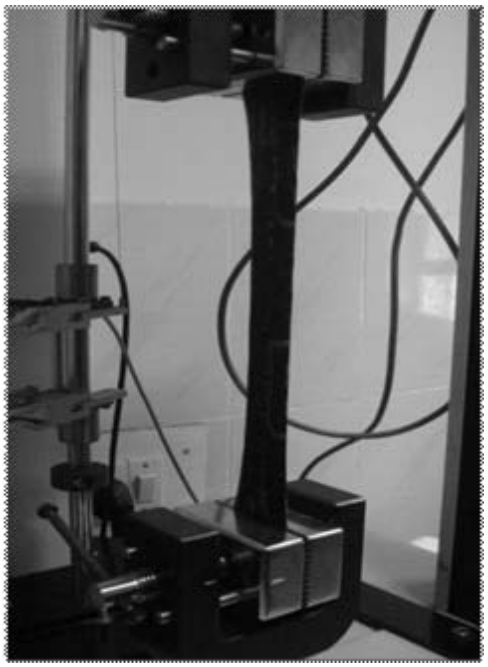
टैन्साइल स्ट्रेन्थ और पर्सेंटेज एलॉन्गेशन सबसे महत्वपूर्ण पैरामीटर में से एक है जिसका उपयोग यह निर्धारित करने के लिए किया जाता है कि मैम्ब्रेन कंक्रीट डेक में होने वाले मूवमेंट का विरोध और समायोजन कैसे कर सकती है। वॉटरप्रूफिंग मेम्ब्रेन ब्रिज डेक में सक्रिय महीन दरार का विरोध करने में सक्षम होनी चाहिए। इसे प्राप्त करने के लिए, मैम्ब्रेन की टैन्साइल स्ट्रेन्थ के साथ-साथ इसकी बढ़ाव क्षमता भी अधिक होना चाहिए ताकि दरार में होने वाले बढ़ाव को मैम्ब्रेन रेसिस्ट या समायोजित कर सके। इस परीक्षण को EN12311 के अनुसार यूनीवर्सल टेस्टिंग मशीन (UTM) की सहायता से किया गया। मानक के अनुसार, टेस्ट सैंपल की चौड़ाई 50 मिमी और लम्बाई 300 मिमी होती है, सैंपल को मशीन के जबड़ों में क्लैंप कर 100 मिमी /मिनट की दर से 50% आर्द्रता एवं लगभग 23°C पर खींचा जाता है जैसा चित्र-3 (अ) में दिखाया गया है। इस परीक्षण की मदद से पता चलता है कि सैंपल किस अधिकतम लोड और बढ़ाव पर टूटता है। यह परीक्षण दोनों दिशाओं में लिए गए सैंपल पर किया जाता है अर्थात् लॉन्गीट्यूडिनल और ट्रांसवर्स डायरेक्शन। टैन्साइल स्ट्रेन्थ को N/50mm इकाई में और एलॉन्गेशन को प्रतिशत में मापा जाता है।

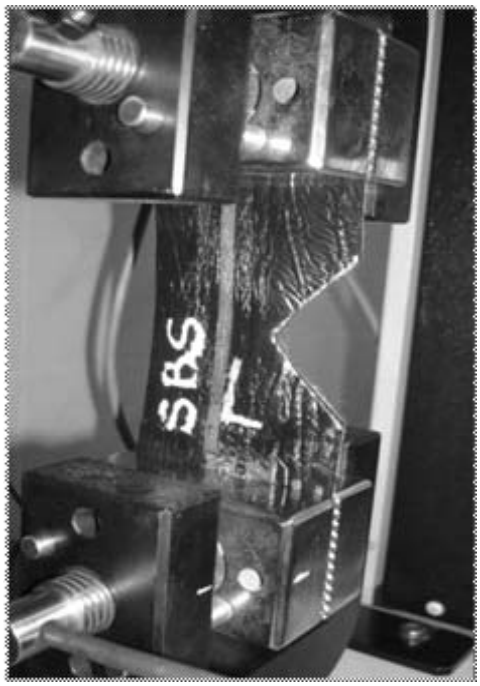
सारणी 1 – वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के भौतिक और यांत्रिक एवं थर्मल गुणों का विवरण

स.क्र.	वॉटरप्रूफिग मेम्ब्रेन विभिन्न गुण	मानक
अ	भौतिक गुणः	
	मोटाई (सेल्वेज और शीट), mm	EN 1849-1
	मास पर यूनिट एरिया, kg/m^2	EN 1849-1
	वाटर एब्सॉर्प्शन, %	IS:13826, Part-6
	प्रेशर हैड टेस्ट	IS:13826, Part-4
	यांत्रिक गुणः	
	अंबोंडेड टेस्टः	
	टैन्साइल स्ट्रेन्थ (लॉन्गीट्यूडनल एंड ट्रांसवर्स डायरेक्शन)	EN 12311
	पर्सेंटेज ऑफ एलॉन्गेशन	EN 12311
	टियर स्ट्रेन्थ (लॉन्गीट्यूडनल एंड ट्रांसवर्स डायरेक्शन)	ASTM D4073/ EN 12310-1
	पंक्चर रेजिस्टेंस	ASTM E154
	बोंडेड टेस्टः	
	एडहेसिव स्ट्रेन्थ टेस्ट, N/mm^2	BD 47/99
	क्लोराइड आयन पेनेट्रेशन टेस्ट, %	BD 47/99
	चिसेल इम्पैक्ट टेस्ट, (-10, 23 - 40°C)	BD 47/99
	एग्रीगेट इंडेंडेशन टेस्ट (25, 80 - 125°C)	BD 47/99
	टैन्साइल बॉन्ड टेस्ट, N/mm^2	BD 47/99
	शियर एड्हीसिव टेस्ट, N/mm^2	BD 47/99
	थर्मल शोक और क्रैक साइकिलिंग टेस्ट	BD 47/99
ब	थर्मल गुणः	
	सोटेनिंग पॉइंट, °C	ASTM D36
	लो फ्लेक्सिबिलिटी टेंपरेचर, °C	ASTM D5147

• टियर स्ट्रेन्थ

मेम्ब्रेन के इस गुण का मूल्यांकन विभिन्न मानकों जैसे ASTM D4073 और EN 12310-1 के माध्यम से उपलब्ध सुविधा के अनुसार किया जा सकता है क्योंकि दोनों मानकों में परीक्षण विधि और लोडिंग की दर एक-दूसरे से भिन्न है। इस परीक्षण को ASTM D4073 के अनुसार किया, जिसमें टेस्ट सैंपल का आकार 75 मिमी चौड़ा और 200 मिमी लंबे नमूनों को मशीन के जबड़ों में क्लैंप कर 2.54 मिमी/मिनट की दर से 50% आर्द्रता एवं लगभग 23 डिग्री सेल्सियस पर खींचा जाता है जैसा चित्र-3(ब) में दिखाया गया है। जिस लोड़ पर सैंपल का नोच पूर्ण रूप से टूट जाता है उसको रिकॉर्ड किया जाता है। टियर स्ट्रेन्थ को Newton इकाई में मापा जाता है।





चित्र 3 – (अ) एपीपी नमूने पर तन्य शक्ति के परीक्षण का एक सामान्य दृश्य (ब) एसबीएस नमूने का टियर स्ट्रेन्थ मूल्यांकन के लिए टेस्ट प्रगति है

• टैन्साइल एडहेसिव स्ट्रेंथ

एडहेसिव स्ट्रेंथ टेस्ट का उद्देश्य मेम्ब्रेन और ब्रिज डेक के बीच के बॉन्ड स्ट्रेन्थ को मापना है। BD 47/99 भाग-4 के अनुसार, इस परीक्षण को करने के लिए कंक्रीट का एक 170×170×55

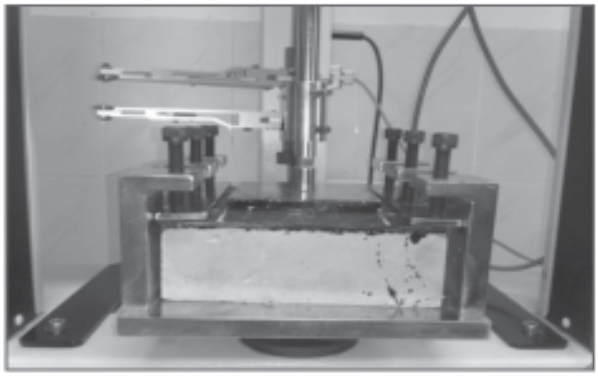
मिमी ब्लॉक कास्ट करने के 28 दिनों बाद उस पर प्राइमर लगाने के बाद वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन को हीटिंग टॉर्च की मदद से कंक्रीट ब्लॉक पर चिपका दिया जाता है जैसा चित्र-4(अ) में दर्शाया गया है। मैम्ब्रेन को कंक्रीट ब्लॉक पर चिपकाने के बाद, स्टील की एक प्लेट 100×100×10 मिमी को भी हीटिंग टॉर्च की मदद से कंक्रीट ब्लॉक के बीचों-बीच लगा दिया जाता है (चित्र-4ब) और शार्प नाइफ की सहायता से 100×100 मिमी मैम्ब्रेन का एरिया कंक्रीट ब्लॉक से अलग कर दिया जाता है। इसके बाद कंक्रीट ब्लॉक को फिक्सचर की मदद से यूनीवर्सल टेस्टिंग मशीन में टेस्टिंग के लिए लगा देते हैं ताकि कंक्रीट ब्लॉक और मैम्ब्रेन के बीच की बॉन्ड स्ट्रेन्थ को मापा जा सके। बॉन्ड स्ट्रेन्थ को मापने के लिए सैंपल पर 4002 N/sec की दर से स्टील प्लेट को खींचा जाता है जैसा चित्र-4(स) में दिखाया गया है। जिस लोड पर स्टील प्लेट मैम्ब्रेन के साथ कंक्रीट ब्लॉक से अलग हो जाए उस लोड को प्लेट के एरिया से भाग करने पर जो स्ट्रेन्थ मिलती है उसे 'एड्हीसिव स्ट्रेन्थ' कहते हैं। इसको N/mm^2 की इकाई में मापा जाता है।

• क्लोराइड आयन पेनेट्रेशन टेस्ट

वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन का मुख्य उद्देश्य कंक्रीट में क्लोराइड को प्रवेश करने से रोकना है। इस परीक्षण से पता चलता है कि जब मैम्ब्रेन को कंक्रीट से चिपका दिया जाता है, तो यह क्लोराइड को कितने अनुपात में प्रवेश करने से रोकती है। इस परीक्षण में मैम्ब्रेन को कंक्रीट ब्लॉक के साथ चिपकाने के बाद एक लंबवत ग्लास ट्यूब को इसके केंद्र में रखा जाता है और इसे सिलिकॉन की मदद से सील कर दिया जाता है। इसके बाद उसको 1.47 लीटर सैचुरेटेड सोडियम क्लोराइड द्रव से भर कर 28 दिनों के लिए छोड़ दिया जाता है जैसा चित्र-5(अ) में दिखाया गया है। 28 दिनों के बाद मैम्ब्रेन को कंक्रीट ब्लॉक से हटा कर ड्रिल मशीन द्वारा सैंपल लेकर, पोटेंशियोमेट्रिक टाइट्रेशन यंत्र का उपयोग करके क्लोराइड प्रतिशत को मापा जाता है। कंक्रीट पर वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के प्रभाव को जानने के लिए सैचुरेटेड सोडियम क्लोराइड द्रव बिना मैम्ब्रेन वाले सैंपल पर भी 28 दिनों के लिए रखा गया ताकि दोनों सैंपल के बीच क्लोराइड पेनेट्रेशन प्रतिशत की तुलना की जा सके जैसा चित्र-5(ब) में दिखाया गया है।

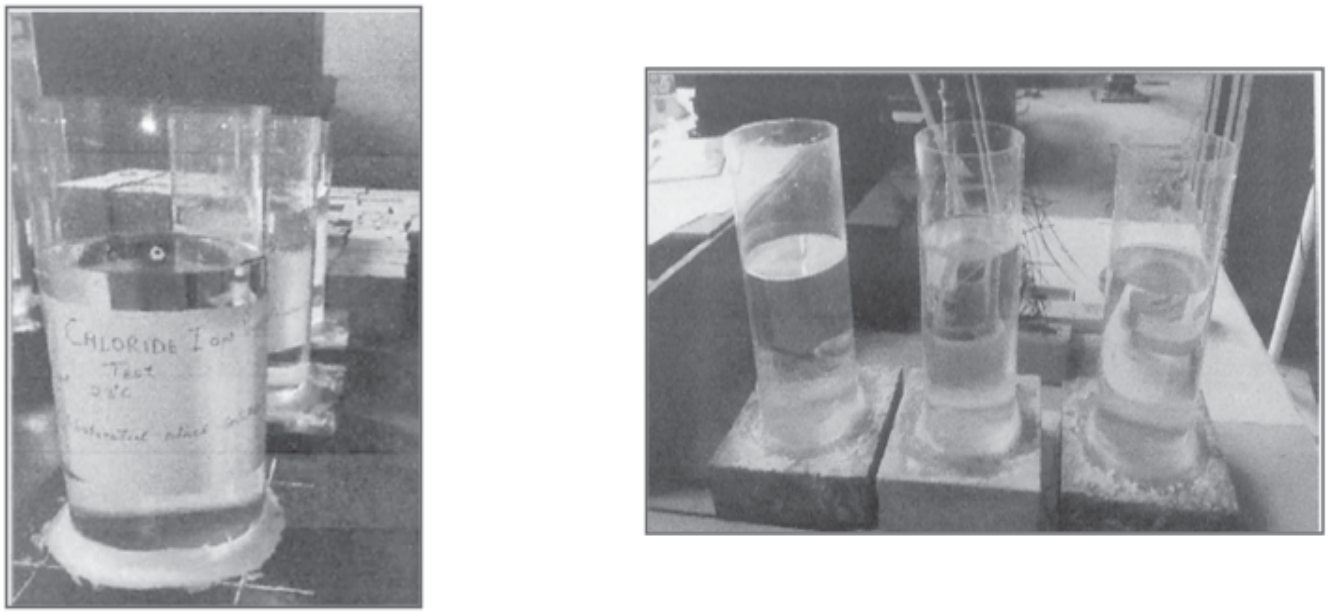
(अ)

(ब)



(स)

चित्र 4(अ) – कंक्रीट ब्लॉक पर वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन की स्थापना करते हुए (ब) वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन पर स्टील प्लेट की स्थापना (स) पूर्ण फिक्सचर का प्रारूप जिसमें सैंपल को पकड़ कर मशीन में टेस्ट किया जाता है



(अ) (ब)

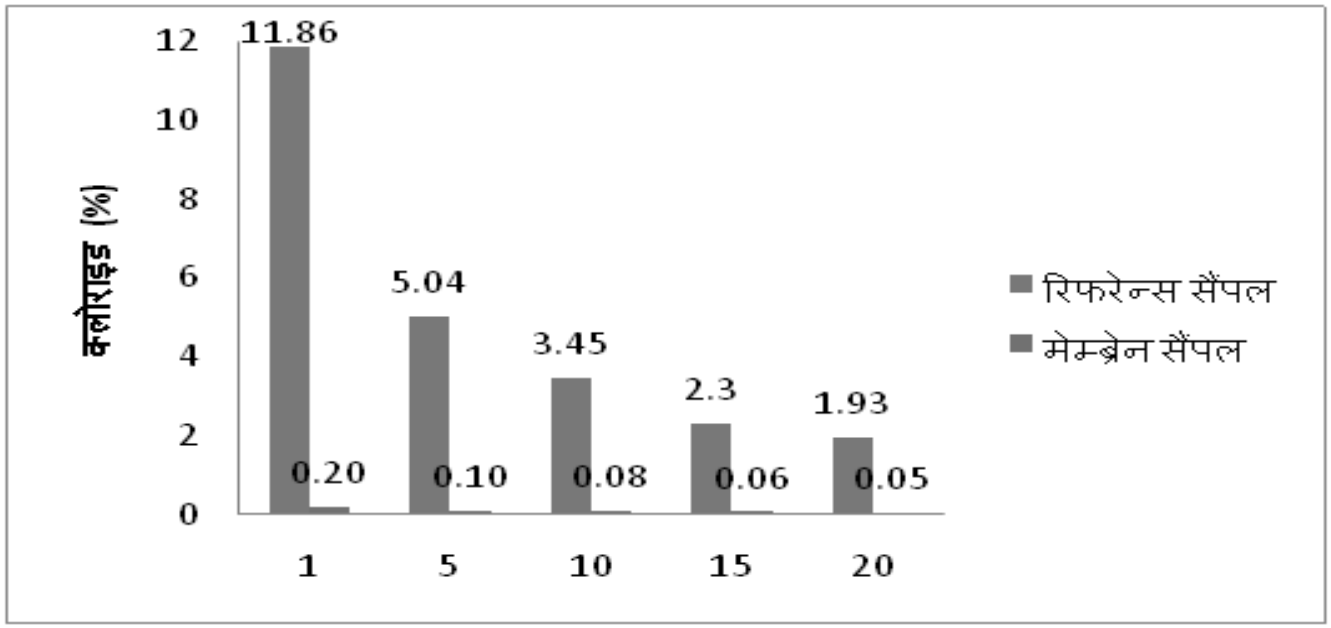
चित्र 5 (अ) – मैम्ब्रेन के साथ कंक्रीट ब्लॉक पर रखी सैचुरेटेड सोडियम क्लोराइड से भरी ग्लास ट्यूब का एक सामान्य दृश्य (ब) बिना मैम्ब्रेन के कंक्रीट ब्लॉक पर रखी सैचुरेटेड सोडियम क्लोराइड से भरी ग्लास ट्यूब

सारणी 2 मूल्यांकन के बाद वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के भौतिक और थर्मल गुण

प्रॉपर्टी ऑफ़ मैम्ब्रेन		आइडेंटिफिकेशन ऑफ़ मैम्ब्रेन				
		एपीपी-1	एपीपी-2	एपीपी-3	एपीपी-4	एसबीएस
नॉमिनल	सेल्वेज	3.51	4.25	3.87	3.05	3.56
थिकनेस	शीट	3.97	4.31	4.03	3.09	3.93
	वजन (kg/m^2)	5.31	5.51	5.37	3.85	4.72
	वॉटर एब्सॉर्प्शन, (%)	0.1	0.21	0.1	.9	3.71
	सॉफ्टेनिंग पॉइंट, °C	130	151.6	145.4	149.9	96.5
लो फ्लेक्सिबिलिटी टेम्परेचर, °C		-5	-5	3	2	-17

सारणी 3 मूल्यांकन के बाद वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के यांत्रिक गुण

प्रॉपर्टी ऑफ़ मैम्ब्रेन		आइडेंटिफिकेशन ऑफ़ मैम्ब्रेन				
		एपीपी-1	एपीपी-2	एपीपी-3	एपीपी-4	एसबीएस
टैन्साइल स्ट्रेन्थ (N/50mm)	लॉन्गीटूडिनल डायरेक्शन	934.3	1072	819.1	688.9	899.2
	ट्रांसवर्स डायरेक्शन	532.5	960.8	583.2	468.5	654.4
एलॉन्गेशन(%)	लॉन्गीटूडिनल डायरेक्शन	25.6	42.1	39.5	31.2	33.5
	ट्रांसवर्स डायरेक्शन	36.8	31.6	46.0	38.9	33.0
टियर स्ट्रेन्थ (N)	लॉन्गीट्यूडिनल डायरेक्शन	468.3	452.0	482.7	429.7	597.2
	ट्रांसवर्स डायरेक्शन	280.7	384.3	317.9	329.4	477.2
एडहेसिव स्ट्रेंथ (N/mm^2)	2.5	3.25	3.22	2.88	3.1	



चित्र 6 – बिना मैम्ब्रेन और मैम्ब्रेन के साथ वाले सैंपल में क्लोराइड पर्सेंटेज

थर्मल गुण

वॉटरप्रूफिंग मेम्ब्रेन का उच्च सोटनिंग पॉइंट एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है जब हॉट बिटुमेन कंक्रीट मिक्स को इस पर बिछाया जाता है। इस स्थिति में हॉट बिटुमेन कंक्रीट मिक्स का तापमान मैम्ब्रेन के सोटेनिंग पॉइंट से अधिक नहीं होना चाहिए है। इसी तरह लो फ्लेक्सिबिलिटी टेंपरेचर ठंडे क्षेत्र में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है जहां पर मैम्ब्रेन उच्च न्यूनतम तापमान पर बिना किसी दोष के सही कार्य करती है। एपीपी-संशोधित बिटुमेन एक ''प्लास्टिक डामर" होने के कारण इसका सोटनिंग पॉइंट अधिक है एसबीएस की तुलना में, वही एसबीएस का लो फ्लेक्सिबिलिटी टेंपरेचर एपीपी के मुक़ाबले अधिक होता है।

परिणाम और चर्चा

इस तकनीकी पेपर के लिए वॉटरप्रूफिंग मेम्ब्रेन के भौतिक, यांत्रिक और थर्मल गुणों का मूल्यांकन करने के लिए कुछ जरूरी परीक्षण किए गए। भौतिक गुण जैसे थिकनेस, वजन और वाटर अब्सॉर्प्शन टेस्ट एवं थर्मल गुण जिसमें सोटेनिंग पॉइंट और लो फ्लेक्सिबिलिटी का परीक्षण डेटा तालिका-2 में सूचीबद्ध है। यांत्रिक गुणों जैसे तन्य शक्ति, बढ़ाव, टियर स्ट्रेन्थ, एडहेसिव स्ट्रेंथ का परिणाम तालिका-3 में सूचीबद्ध है।

क्लोराइड आयन पेनेट्रेशन परीक्षण सबसे महत्वपूर्ण परीक्षण है जो पुल डेक के स्थायित्व पर वास्तविक प्रभाव को दिखाता है। IRC 112-2011 के अनुसार कंक्रीट मिश्रण में सीमेंट के द्रव्यमान में क्लोराइड की अत्यधिक मात्रा रैनफोर्स्ड कंक्रीट में 0.2% से अधिक नहीं होनी चाहिए। कंक्रीट ब्लॉक जिस पर मैम्ब्रेन को चिपकाया गया और रिफ्रेन्स कंक्रीट ब्लॉक (बिना मैम्ब्रेन) का परीक्षण परिणाम ग्राफिकल रिप्रजेंटेशन के माध्यम से चित्र-6 में दिखाया गया है। इस परीक्षण से यह साफ दिखाई पड़ता है कि मैम्ब्रेन कंक्रीट में क्लोराइड पेनेट्रेशन को रोकने में सक्षम है।

निष्कर्ष

वर्तमान अध्ययन में विभिन्न प्रकार के वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन यानी एपीपी और एसबीएस के भौतिक और यांत्रिक गुणों को समझने के लिए एक व्यापक प्रयोगात्मक जांच शामिल है ताकि ब्रिज डेक पर उपयोग के लिए इसकी उपयुक्तता का पता लगाया जा सके। अध्ययन के आधार पर निम्नलिखित बिंदु का निष्कर्ष निकाला गयाः

1. निर्माण के दौरान मैम्ब्रेन में उपयोग किए जाने वाले रीइन्फॉर्मेंट इसके भौतिक और यांत्रिक गुणों को प्रभावित करते हैं।
2. एसबीएस कम तापमान वाले क्षेत्र में एपीपी से बेहतर है क्योंकि एसबीएस का लो फ्लेक्सिबिलिटी टेम्परेचर एपीपी से अधिक है।
3. कंक्रीट ब्लॉक पर किए गए परीक्षण जिस पर वाटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन लगा था उसमें क्लोराइड पेनेट्रेशन पर्सेंटेज बहुत कम है इसलिए यह कंक्रीट पर एक प्रतिरोध के रूप में कार्य करती है।

4. ब्रिज डेक पर वाटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के पूर्ण प्रभाव को समझने के लिए कुछ और रिसर्च की आवश्यकता है जिसमें वियरिंग पेवमेंट और मैम्ब्रेन के बीच की एडहेसिव स्ट्रेंथ और शियर स्ट्रेन्थ का अध्ययन आवश्यक है ताकि उस पर व्हीकल द्वारा लगाए गए डायनैमिक लोड के प्रभाव को समझा जा सके।
5. भारतीय संदर्भ में कंक्रीट ब्रिज डेक पर प्रयोग होने वाली वॉटरप्रूफिंग मैम्ब्रेन के व्यवहार का अध्ययन करने के लिए व्यापक दिशा-निर्देश तैयार करने की आवश्यकता है।

आभार

यह तकनीकी पेपर सीआरआरआई परियोजना ओएलपी-538 के तहत किए गए शोध कार्य पर आधारित है। लेखक प्रोफेसर सतीश चंद्रा, निदेशक, सीएसआईआर-सीआरआरआई, नई दिल्ली के जिन्होंने इस पत्र को प्रकाशित करने के लिए प्रोत्साहन और अनुमति प्रदान की के आभारी हैं।

संदर्भ

1. ASTM D-4073, Standard Test Method for Tensile-Tear Strength of Bituminous Roofing Membranes, (2012).
2. EN 12311-1, Flexible Sheets for Waterproofing, Part-1: Bitumen Sheets for Roof Waterproofing, (1999).
3. Guidelines on Waterproofing in New/Old construction, Research Design and Standards organization, Lucknow, report no- RDSO/WJK/ 2015/1 Revision-1, (2018).
4. IS 13826, Method for test of Water Absorption Test for Bitumen Based felt-Part-6, (1993).
5. Jaeyoung Song, Kyushwan Oh, Byoungil Kim & Sangkeun Oh, Performance Evaluation of Waterproofing Membrane Systems Subject to the Concrete Joint Load Behavior of Below-Grade Concrete Structures, *Journal of Applied Science*, Nov., (2017).
6. NCHRP Synethesis-425, Waterproofing Membrane for Concrete Bridge Deck, *Transportation Research Board*, Washington, D.C., 2012.
7. Performance evaluation of water proofing membrane protective system for concrete bridge decks, Washington State department of transportation, USA, (1983).
8. The use of Waterproofing Membrane on concrete Bridge Deck, University of Hong Kong (HKU), (1998).
9. Waterproofing and Surfacing of Concrete Bridge Deck, *Design Manual for Roads and Bridges*, BD47/99, **2** (3) (1999).
10. Wojakowski, John Hossain, Mustaque, Twenty-Five-Year Performance History of Interlayer membrane on Bridge Deck in Kansas, Kansas Department of Transportation, (1995).