



Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP3 - Langzeitverhalten des Verbundes

Paquet de recherche étanchéité de pont: EP3 - comportement de l'adhérence à long terme

Research package bridge-deck system: EP3 - Long term behaviour of the bond-layer

IMP Bautest AG
Dr. Christian Angst

Forschungsprojekt VSS 2006/513_OBF auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Christian Angst

Federführende Fachkommission

Fachkommission 5: Bautechnik

Gesamtprojektleiter: Dr. Remy Gubler

Begleitkommission

Präsident, Gesamtprojekt

Hans Hürzeler

Mitglieder Gesamtprojekt

Heinz Aeschlimann

Harry Fehlmann

Kurt Frei

Jean-Christoph Putallaz

Jean-Marc Waeber

Hans Wahlen

Präsident, Einzelprojekt

Martin Horat

Mitglieder Einzelprojekt

Robert Braber

Erhard Kälin

Dr. Manfred Partl

Christiane Raab

Rolf Werner

Christian Balz

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| | Impressum | 5 |
| | Zusammenfassung | 9 |
| | Résumé | 11 |
| | Summary | 13 |
| 1 | Schlussbericht | 15 |
| 1.1 | Ausgangslage | 15 |
| 1.2 | Aufgabenstellung EP3 Langzeitverhalten des Verbundes | 15 |
| 1.3 | Erwartete Ergebnisse | 16 |
| 1.4 | Nutzer und Nutzniesser der Erkenntnisse | 16 |
| 2 | Konzept | 17 |
| 2.1 | Untersuchte Brückenabdichtungssysteme | 17 |
| 2.2 | Verwendete Materialien/Systeme | 18 |
| 2.3 | Konditionierung der Platten | 19 |
| 2.4 | Herstellung der Platten | 19 |
| 2.5 | Prüfmethoden im Labor | 21 |
| 3 | Methodenentwicklung | 23 |
| 3.1 | Zug- / Schwellversuch | 23 |
| 3.1.1 | Vorbereitung der Prüfkörper | 23 |
| 3.1.2 | Parameterstudie | 26 |
| 3.1.2.1 | Einfluss der Unterlast | 29 |
| 3.1.2.2 | Einfluss der Oberlast | 30 |
| 3.1.2.3 | Einfluss der Temperatur | 31 |
| 3.1.3 | Festlegung der Prüfparameter | 32 |
| 3.1.4 | Präzision der Prüfmethode | 32 |
| 3.2 | Schubschwellversuch | 34 |
| 3.2.1 | Grundlagen der Prüfung | 34 |
| 3.2.2 | Parameterstudie | 35 |
| 3.2.2.1 | Prüfparameter | 35 |
| 3.2.2.2 | Einfluss der Temperatur | 36 |
| 3.2.3 | Festlegung der Prüfparameter | 37 |
| 3.2.4 | Präzision des Prüfverfahrens | 37 |
| 3.3 | In-situ Versuche | 39 |
| 3.3.1 | Allgemeines | 39 |
| 3.3.2 | Zug-Schwellversuche | 39 |
| 3.3.3 | Schubversuche | 40 |
| 3.3.4 | Torsionsversuche | 41 |
| 3.3.5 | Fazit in situ Prüfungen | 42 |
| 4 | Prüfungen der Abdichtungssysteme | 43 |
| 4.1 | Prüfplan | 43 |
| 4.2 | Zugschwellversuche | 44 |
| 4.3 | Schubschwellversuche | 46 |
| 5 | Einfluss der Lagerung auf den Haftverbund | 49 |
| 6 | Einfluss des Betonuntergrundes auf den Haftverbund | 51 |
| 6.1 | Zielsetzung | 51 |
| 6.2 | Vorgehen | 51 |
| 6.3 | Ergebnisse | 53 |
| 6.4 | Diskussion | 53 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 7 | Folgerungen | 55 |
| | Anhänge..... | 57 |
| | Literaturverzeichnis..... | 87 |
| | Projektabschluss | 89 |
| | Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen | 93 |

Zusammenfassung

Der Verbund der Abdichtung auf die Betonunterlage wird durch die unter Verkehr auftretenden Scherkräfte beansprucht. Ein, durch geringe Mängel beim Einbau oder aufgrund einer reduzierten Materialverträglichkeit, geschwächter Verbund kann durch die Einwirkung des Verkehrs weiter abnehmen, wenn Scherkräfte bis auf die Abdichtung übertragen werden oder wenn Pumpeffekte auftreten.

Das Hauptziel des Forschungsprojektes besteht darin, ein Laborprüfverfahren zu entwickeln mit welchem die Eignung eines Brückenabdichtungssystems in Bezug auf das Langzeitverhalten des Verbundes zwischen Abdichtung und Betonunterlage bewertet werden kann.

Zu diesem Zweck wurden Platten mit Brückenabdichtungsaufbauten im Labor unter verschiedenen klimatischen Bedingungen hergestellt. Als Abdichtung wurden Polymerbitumendichtungsbahnen PBD auf bitumenhaltiger Grundierung sowie auf Epoxid-Harz-Versiegelung, Flüssigkunststoff-Abdichtungen PU sowie PMMA verwendet. Vor dem Einbau der Schutzschicht aus Gussasphalt MA 8 wurde die Abdichtung unterschiedlich konditioniert; diese Konditionierung entspricht verschiedenen in der Praxis vorkommenden Fällen: "optimale Bedingungen", "Regen am Vortag" sowie "Taufeuchte". Obwohl das Hauptziel des vorliegenden Forschungsauftrages auf dem Haftverbund Abdichtung zum Betonuntergrund liegt, wurden die obenerwähnten Prüfplatten aus einem anderen Einzelprojekt des Forschungspaketes verwendet, um die Prüfergebnisse innerhalb des Forschungspaketes „Brückenforschung“ weiter verwenden zu können.

Um den Haftverbund der Abdichtung zur Unterlage unter dynamischer Beanspruchung zu prüfen, mussten neue Prüfmethode entwickelt werden. Dabei wurden zwei Ansätze parallel verfolgt, nämlich einen dynamischen Zugversuch und einen dynamischen Schubversuch. In beiden Fällen waren die Parameter derart festzulegen, dass eine hohe Anzahl von Belastungszyklen aufgebracht werden kann, ohne dass eine Schichthaftung bzw. ein Bruch erfolgt. Um eine möglichst hohe Wiederholbarkeit zu erreichen, wurden für die dynamischen Versuche sog. Zug-Schwellversuche bzw. Schubschwell-Versuche gewählt. Dabei wird von einer Unterlast ausgehend eine entsprechende Oberlast angesteuert. Das Verhältnis von Unter- zu Oberlast wurde zu 1:10 festgelegt.

Sowohl für den Zugschwellversuch wie auch für den Schubschwellversuch wurden entsprechende Prüfmethode entwickelt und folgende Prüfparameter festgelegt: Unter- und Oberlast, Prüftemperatur, Belastungskurve (Haversine mit Lastpausen). Anschliessend wurde die Präzision der Prüfverfahren untersucht. Mit einer Reihenuntersuchung wurde die Wiederholbarkeit (Vergleichbarkeit mit gleichem Gerät und gleichem Prüfer) der beiden entwickelten Prüfmethode Zug- und Schub-Schwellversuch bestimmt. Für den Zugschwellversuch wurde eine Wiederholbarkeit von 64%; für den Schubschwellversuch eine von 16% festgestellt. Für weitere Arbeiten wird empfohlen den dynamischen Schubschwellversuch zu bevorzugen.

Es konnte kein systematischer Einfluss der Konditionierung der Abdichtung vor dem Einbau der Schutzschicht auf den Haftverbund Abdichtung/Unterlage festgestellt werden.

Im Rahmen einer Untersuchung des Haftverbundes von PBD-Abdichtungen mit unterschiedlichem Haftvermittler (bitumenhaltig bzw. auf Epoxidharzbasis), sowie auf unterschiedlichen Betonoberflächen, konnte festgestellt werden, dass der Luftporengehalt des Betons bei bituminöser Grundierung einen Einfluss auf die Haftung der Abdichtung auf den Betonuntergrund ausübt.

Im Vergleich der beiden Betone mit Luftporengehalte von 1.1 bzw. 5.4 Vol.-% erfolgte bei den Prüfkörpern mit einem höheren Luftporengehalt, ein Ablösen der Abdichtung vor dem Erreichen der 2000 Belastungs-Zyklen. Diese Feststellung konnte bei zwei verschiedenen Arten der Oberflächenbearbeitung (Flügelmaschine bzw. Vibrobalken) beobachtet werden. Im Vergleich der Oberflächenbearbeitung bei gleichbleibendem Luftporengehalt zeigt sich, dass mit einer Flügelmaschine kleinere Deformationen (besseres Verhalten) erreicht werden können.

Résumé

L'adhérence de l'étanchéité au support en béton est sollicitée par les forces de cisaillement entraînées par le trafic. Une adhérence affaiblie, due à des défauts mineurs de pose ou à un problème de compatibilité des matériaux, peut se dégrader d'avantage sous l'influence du trafic, si les forces de cisaillement sont transmises jusqu'à l'étanchéité ou en cas d'effet de pompage.

L'objectif principal de ce projet de recherche est de développer une méthode d'essai en laboratoire permettant d'évaluer l'aptitude d'un système d'étanchéité par rapport à l'évolution à long terme de l'adhérence entre l'étanchéité et le support en béton.

Dans ce but, des dalles avec différents systèmes d'étanchéités ont été confectionnées sous différentes conditions climatiques en laboratoire. Deux types d'étanchéités ont été mises en place: lés en PBD sur enduit bitumineux resp. sur vitrification époxy et une étanchéité liquide FLK en PU resp. en PMMA. Avant la pose de la couche de protection en asphalte coulé MA 8, les dalles ont été soumises à des conditions climatiques spécifiques, correspondant aux différents cas réels de la pratique : "condition optimale", "pluie la veille" et "humidité de rosée". Bien que l'objectif principal de ce projet de recherche soit l'analyse de l'adhérence entre l'étanchéité et le support en béton, les dalles analysées ont été reprises d'un autre projet partiel du paquet de recherche, afin de pouvoir réintégrer ces résultats dans le paquet de recherche "Brückenforschung".

Afin de pouvoir analyser l'adhérence entre l'étanchéité et le support en béton sous des sollicitations dynamiques, il a été nécessaire de développer des nouvelles méthodes d'essai. Deux approches ont été évaluées en parallèle : un essai de traction dynamique et un essai de cisaillement dynamique. Dans les deux cas, les paramètres d'essai devaient être définis de telle manière à ce que les systèmes d'étanchéité supportent un grand nombre de cycles de sollicitations sans qu'il y ait perte d'adhérence ou rupture. Afin d'optimiser la répétabilité des résultats, le choix des méthodes s'est porté sur des essais de tractions-cycliques resp. de cisaillements cycliques. Pour ces essais, la charge appliquée varie entre une charge minimale et une charge maximale. Le rapport entre la charge minimale et la charge maximale a été défini à 1:10.

Pour les essais de tractions cycliques et de cisaillements cycliques, des nouvelles méthodes d'essai spécifiques ont été développées et les paramètres d'essai définis : charge minimale et maximale, température d'essai, courbe de charge (Haversine à charge intermittente). Par la suite, la précision des méthodes a été analysée. La répétabilité des essais de tractions cycliques et de cisaillements cycliques a été déterminée par des séries d'essai (reproductibilité avec même appareillage et même opérateur). Une répétabilité de 64% a été déterminée pour l'essai de tractions cycliques et de 16% pour l'essai de cisaillements cycliques. Pour la suite des travaux, il est recommandé de favoriser l'essai de cisaillements cycliques.

Aucune relation systématique n'a pu être démontrée entre les conditions climatiques appliquées avant la pose de la couche de protection et l'adhérence entre l'étanchéité et le support. Dans le cadre de la recherche sur l'adhérence des lés d'étanchéités en PBD sur différents enduits d'accrochage (bitumineux, sur base d'époxy) et différentes surfaces en béton, il a été démontré, qu'en cas d'enduit d'accrochage bitumineux, la teneur en air du béton influence l'adhérence entre l'étanchéité et le support.

En comparant les deux supports en béton avec des teneurs en air de 1.1 resp. 5.4%-vol, l'étanchéité s'est décollée avant 20'000 cycles de charge sur les éprouvettes avec la teneur en air plus élevée. Ce même phénomène a été constaté sur des surfaces en bétons préparées de deux manières différentes : talochage à l'hélicoptère resp. à la règle vibrante. A une teneur en air égale, il s'est avéré que les déformations sont plus faibles (comportement meilleure) en cas de talochage à l'hélicoptère.

Summary

Bridge deck systems have to withstand heavy traffic and high temperature fluctuations. Particularly the bonding between the sealing and the concrete are affected by the shear forces and pumping effects of the passing traffic. These forces can aggravate flaws of the sealing that were present already after the laying of the sealing system. Whether those flaws originate from installation lack or from incompatibility of the used materials is irrelevant. The shear forces reach the sealing and weaken it further at those weak spots.

The aim of this study is to develop a procedure to test bridge sealing systems. This test should give information on the long-term behaviour of the bonding between sealing and concrete.

For the purpose of testing different climate influences, bridge sealing systems were constructed in the lab under controlled environmental conditions. For the sealing liquid plastic waterproofing materials based on PU and PMMA were used as well as a polymer modified bituminous waterproofing membrane (PBD) laid on two different primers. The primers used were a bituminous binder and an epoxy resin. After the application of the sealing layer the specimen were treated to various climatic weather conditions. The simulated weather conditions were chosen as 'perfect conditions', 'rain the day before', and 'dewy' conditions. After the conditioning the protection layer MA 8 was applied.

New methods had to be developed to be able to measure the bonding of the sealing to the base in cycling tests. Two different methods got selected. The so called dynamic tensile test and dynamic shear test were developed. In both cases the testing parameters had to be chosen with the aim to reach a high number of load cycles without breaking of the specimen. To get the best possible repeatability swell tests as been chosen.

For the dynamic shear test and dynamic tensile test the main parameters were evaluated and determined. This includes the lower and upper load, the temperature, and stress curves (Haversine with breaks). The ratio used between the upper and lower load forces was 1:10. Afterwards the precision of the newly developed procedure was tested. Repeated measurements were conducted with the same machine and same operator performing the experiment. For the dynamic tensile test a reproducibility of 64% was reached. For the dynamic shear test the reproducibility is 16%. Therefore for any further tests it is recommended to use the dynamic shear test.

The conditioning of the sealing before being covered by the protective layer showed no systematic influence on the bonding between sealing and base.

Tests with polymer modified bituminous waterproofing membrane on different primers (bituminous and epoxy base) and different concrete surfaces showed, that the air void contents of the concrete has a big influence on the bonding for membranes laid on bituminous primers.

The two different air void contents used were 1.1 Vol.-% and 5.4 Vol.-%. For the one with the higher air void content, the sealing came loose before 2'000 load cycles were achieved. The same weakness could be observed for two different kinds of surface treatment (wet screed/power trowel). A comparison of the different surface treatment methods shows however that the power trowel results in better behaviour and smaller deformations.