

FRISCHBETONVERBUNDSYSTEME AUF DEM PRÜFSTAND

Frischbetonverbundsysteme sind in der Abdichtungswelt nicht mehr wegzudenken. Bislang unterliegen sie jedoch keinen normierten Mindestanforderungen. Die Bauherren sind auf die Erfahrung ihres Planungsteams und die Garantien der ausführenden Unternehmen angewiesen. Die technischen Mindestanforderungen sollen daher nun – bis sie allenfalls normiert werden – von einer Fachgruppe von PAVIDENSA formuliert und als Merkblatt herausgegeben werden.

 Axel Köpfer, Fachgruppe Ingenieur- und Tiefbauabdichtungen PAVIDENSA, Sika Schweiz AG, Winterthur

Seit Jahrzehnten sind in der SIA 272 Abdichtungssysteme beschrieben und als Stand der Technik etabliert. Natürlich entwickeln sich Faktoren wie Inhaltsstoffe oder Anwendungstechnik einzelner Produkte immer weiter. Die ursprüngliche Funktionsweise der Systeme hat sich jedoch nicht massgeblich verändert.

Mit dem Anspruch an die Qualität, Nachhaltigkeit und Kostenoptimierung wächst auch der Druck auf die Anbieter, die Leistungsfähigkeit ihrer Produkte anzupassen. Im Fall der wasserdichten Betonkonstruktionen (WDB) hat sich eine Eigenheit des Systems immer häufiger als Ausschlusskriterium für hochwertig ausgebaute Räume oder für solche mit sensiblen Nutzungen hervorgehoben. Die Rede

ist von wasserführenden Rissen oder Fehlstellen in der Konstruktion, die zu Undichtigkeiten führen.

Mit sorgfältiger Planung, hochwertigen Produkten für die Betonherstellung und in der Abdichtungstechnik sowie handwerklich einwandfreier Ausführung lässt sich das Risiko der Rissbildung auf ein geringes Mass reduzieren. Das ist vielen Bauherren für ihre Server-, Lager-, Technik- und Wohnräume, die unter Terrain erstellt werden, jedoch nicht genug. Durch Beratung, Aufklärung oder eigene Erfahrungswerte sind sich die Be- und Ersteller von Gebäuden mit Untergeschossen mittlerweile bewusst, dass in Stahlbetonkonstruktionen Risse entstehen können. Ob Undichtigkeiten saniert

werden oder feuchte Stellen zu akzeptieren sind, hängt von der vertraglich vereinbarten Dichtigkeitsklasse nach SIA 272 ab. Sollte die Zugänglichkeit zur WDB nur mit hohem Aufwand oder gar nicht mehr möglich sein, können hohe Kosten durch zusätzliche abdichtende Massnahmen, durch Wasserschäden und die De- und Wiedermontage des Innenausbaus (Dämmung, Bodenheizung, Monoblöcke, Putz etc.) entstehen. Das Bewusstsein um dieses latente Risiko hat zum Bedürfnis nach zusätzlichen Sicherheiten geführt.

Die Problematik der Abdichtung von Fugen und Durchdringungen bei einer WDB kann technisch als gelöst betrachtet werden. Welches Fugenabdichtungsprinzip zur Anwendung kommt, wird individuell für das

LES SYSTÈMES COMPOSITES POUR BÉTON FRAIS AU BANC D'ESSAI

Les systèmes composites pour béton frais sont devenus incontournables dans l'univers de l'étanchéité. Mais à ce jour, ils ne sont soumis à aucune exigence minimale normée. Les maîtres d'ouvrage sont tributaires de l'expérience de leur équipe de planification et des garanties des entreprises réalisant les travaux. Ainsi, il s'agit maintenant de formuler les prérequis techniques minimaux – jusqu'à ce qu'ils soient normés éventuellement – par un groupe spécialisé de PAVIDENSA pour être publiés sous forme de fiche technique.

 Axel Köpfer, groupe spécialisé étanchéité d'ouvrages génie civil PAVIDENSA, Sika Suisse SA, Winterthur

Depuis des décennies, la norme SIA 272 décrit des systèmes d'étanchéité et les établit comme état de la technique. Il va de soi que des facteurs comme les composants ou la technologie d'application de certains produits continuent d'évoluer. Mais le principe de fonctionnement initial des systèmes n'a pas connu de modification notable.

En même temps que les exigences en termes de qualité, de durabilité et d'optimisation des coûts, la pression subie par les fournisseurs à adapter la performance de leurs produits augmente également. Dans le cas des constructions en béton étanche à l'eau (imperméable), une particularité du système a été mise en évidence de plus en

plus souvent comme critère d'exclusion pour des locaux à l'aménagement haut de gamme ou destinés à une utilisation sensible. Il s'agit de fissures aquifères ou de défauts dans la construction qui entraînent des défauts d'étanchéité.

Il est possible de réduire le risque de formation de fissures à une faible proportion grâce à une planification méticuleuse, à des produits de grande qualité pour la fabrication du béton et dans la technologie d'étanchéité ainsi que grâce à une réalisation irréprochable par les artisans. Mais pour beaucoup de maîtres d'ouvrage qui font construire des locaux destinés aux serveurs, au stockage, des locaux techniques et d'habitation en sous-sol, cela ne

suffit pas. Suite aux conseils, aux informations ou à leur propre expérience, les acheteurs et constructeurs de bâtiments comportant des sous-sols ont désormais conscience du fait que des fissures peuvent se former dans des constructions en béton armé. C'est la classe d'étanchéité convenue selon SIA 272 qui détermine s'il faut assainir les défauts d'étanchéité ou accepter des endroits humides. Si l'accès au béton imperméable devait être extrêmement difficile, voire ne plus être possible du tout, des frais élevés peuvent être causés par des mesures d'étanchéement supplémentaires, des dégâts des eaux et le démontage et la remise en place de l'aménagement intérieur (isolation, chauffage par le sol, monoblocs, crépis,

Projekt entschieden. Die Betonfläche jedoch, die nach dem Wortlaut des WDB-Systems «wasserdicht» ist, bleibt ein unsicherer Faktor. Nicht unbedingt, weil Planer oder Unternehmer schlechte Arbeit leisten, sondern weil der Unterschied zwischen trockenem und wasserführendem Riss oftmals nur die sprichwörtliche Haaresbreite ist. Die Erfolgchancen, dass ein Beton vollflächig ohne wasserführende Trennrisse auskommt, hängt von verschiedenen Faktoren ab: dem Tragwerkskonzept, dem Fugenkonzept, der konstruktiven Durchbildung, der Bewehrung, den Eigenschaften und der

konstanten Qualität des Betons inklusive dessen Nachbehandlung, der Witterung, den Temperaturdifferenzen etc. Einige davon sind schwer oder gar nicht beeinfluss- und kontrollierbar.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass Bauten unter Terrain, die mit einem WDB-Konzept ausgeführt werden, in sehr vielen Fällen dicht sind und bleiben. Um das Restrisiko zu minimieren, hat sich hauptsächlich für hochwertig ausgebaute Innenräume etabliert, die «Weisse Wanne» mit einem weiteren System zu kombinieren: Es wird zusätzlich eine Frischbetonver-

bundfolie (FBV) verlegt. Zum besseren Verständnis und zur Vereinfachung des weiteren Textes dienen die folgenden Abkürzungen und Begriffserklärungen:

- Als Frischbetonverbundbahn (FBV-Bahn) wird nur die Membrane bezeichnet.
- Das Frischbetonverbundsystem (FBV-System) ist die Membrane inkl. dem herstellerspezifischen Zubehör wie zum Beispiel Klebebänder, vorgefabrizierte Ecken, Durchdringungsabdichtungen, etc.
- Die Frischbetonverbundabdichtung (FBV-Abdichtung) schliesslich umfasst zusätzlich zum System noch die wasserdichte Betonkonstruktion inklusive deren weiteren zugehörigen Massnahmen.

Beispiele Verbundschichten.



Exemples de couches composites.

etc.). La conscience de ce risque latent a entraîné un besoin de sécurités supplémentaires.

La problématique de l'étanchéité des joints et traversées pour les constructions en béton étanche peut être considérée comme résolue sur le plan technique. Le principe d'étanchéité des joints à utiliser sera décidé au cas par cas pour chaque projet. Mais la surface en béton «étanche à l'eau» selon les termes du système de béton imperméable demeure un facteur incertain. Et ceci pas forcément parce que le travail des planificateurs ou entrepreneurs est mal fait, mais parce que la différence entre une fissure sèche et une fissure aquifère ne tient souvent qu'au fameux cheveu. Les chances de réussite

permettant à un béton de se passer de fissures traversantes aquifères dépendent de différents facteurs:

du concept de la structure porteuse, du concept des joints, du développement constructif, de l'armature, des propriétés et de la qualité constante du béton, y compris son traitement ultérieur, des conditions météorologiques, des différences de température, etc. Certains d'entre eux sont difficiles ou impossibles à influencer et à contrôler.

L'expérience a montré que les constructions en sous-sol réalisées au moyen d'un concept de béton imperméable sont étanches et le restent dans un très grand nombre de cas. Pour minimiser les risques résiduels, notamment pour les locaux in-

Zur Erklärung der Technologie der FBV-Systeme wird im Folgenden ein Ausschnitt aus dem Heft 44 des DBV (Deutscher Beton- und Bautechnik Verein e.V.), Kapitel 4.1, zitiert:

«FBV-Systeme bestehen aus FBV-Bahnen, die mit Fügenähten und weiteren FBV-Systemkomponenten zu einer geschlossenen Fläche zusammengefügt werden. Sie bestehen aus einer dehnfähigen

térieurs dotés d'un aménagement haut de gamme, s'est établi l'approche de combiner la «cuve blanche» avec un autre système: la pose d'une membrane composite pour béton frais (FPO). Les abréviations et explications des notions suivantes servent à une meilleure compréhension et à la simplification de la suite du texte:

- Seule la membrane est désignée sous le terme de lé d'étanchéité du béton frais (lé FPO).
- Le système composite pour béton frais (système FPO) désigne la membrane avec les accessoires spécifiques au fabricant comme les bandes adhésives, angles préfabriqués, étanchéités pour traversées, etc.
- Pour finir, l'étanchéité composite pour béton frais (étanchéité FPO) comprend, en plus du système, la construction en béton étanche à l'eau, y compris les autres mesures y afférentes.

Pour expliquer la technologie des systèmes FPO, nous citons ci-après un extrait du cahier 44 de l'association allemande de la technologie du béton et de la construction DBV (Deutscher Beton- und Bautechnik Verein e.V.), chapitre 4.1: «Les systèmes FPO se composent de lés

gen, druckwassergeeigneten Dichtschicht und einer darauf fest applizierten Verbundschicht, die zum Frischbeton hin angeordnet wird.

Dichtschichten können aus Kunststoffen oder aus elastomermodifiziertem Bitumen bestehen. Die Verbundschichten können klebe-adhäsiv, mechanisch-adhäsiv oder bituminös-adhäsiv ausgebildet sein, ...».

Dabei sind die Dichtschichten häufig keine Neuentwicklungen, sondern wurden etablierte Dichtungsmembranen aus Tunnelbau, Gewässerschutz oder Hochbau für den Verbund mit Frischbeton modifiziert. Die Verbundschichten bestehen hierbei aus Vlieslagen, Klebeschichten, Granulaten oder quellfähigen Schichten. Auch Kombinationen daraus sind bei der Vielfalt an Anbietern auf dem Schweizer Markt zu finden. Das Ziel der Verbundschicht ist dabei für alle FBV-Bahnen das gleiche: der vollflächige, dauerhafte und hinterlaufsichere Verbund der Dichtschicht mit dem Beton. Damit soll das Risiko von wasserführenden Rissen im WDB deutlich reduziert werden. Niemand wird dem Bauherrn ein zu 100 % dichtes Bau-

werk ohne entsprechende Nachbesserung verbindlich versprechen können, da auch die FBV-Abdichtung Einflüssen wie Witterung, mechanischer Einwirkung oder Fehlerquellen wie Unachtsamkeit oder menschlichem Versagen unterliegt.

Ein grosser Vorteil der FBV-Systeme liegt neben der zusätzlichen Dichtebene in der Hinterlaufsicherheit. Der vollflächige Verbund soll gewährleisten, dass die FBV-Bahnen nicht auf die gesamte WDB-Konstruktion appliziert werden müssen. Die Bauherrschaft hat die Möglichkeit, die Räume unter Terrain anhand einer Risikoeinschätzung zu bewerten und nur die Flächen mit einem FBV-System zu versehen, wo Rissinjektionen nicht gewünscht oder nachträglich durch den Innenausbau gar nicht mehr möglich sind.

TECHNISCHE MINDESTANFORDERUNGEN

In den vergangenen zehn Jahren haben die FBV-Systeme das Interesse der Bauherren geweckt und damit etliche Hersteller gelockt, eine eigene FBV-Folie zu entwickeln und auf den Markt zu bringen. Das bereits oben beschriebene Ziel einer

FBV-Abdichtung muss die Messlatte für die Hersteller und Verarbeiter sein. Bislang kann die Bauherrschaft das Erreichen der Mindestanforderungen jedoch nur über das Ergebnis im Bau- oder Nutzungszustand überprüfen: dicht oder undicht.

In der SIA 272 sind u.a. Abdichtungssysteme wie WDB, Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (PBD) und Kunststoff-Dichtungsbahnen (KDB) festgelegt und die jeweiligen Anforderungen an die Baustoffe, den Untergrund, die Konstruktion und die Anwendung formuliert. Die FBV-Systeme sind Zusatzmassnahmen zur Weissen Wanne und unterliegen bislang keinen normierten Mindestanforderungen.

Damit haben es Ingenieure in der Ausschreibung schwer, das geeignete System für ihr Projekt mit Eigenschaften und Grenzwerten zu beschreiben, um damit eine Vergleichbarkeit der angebotenen FBV-Systeme zu erhalten.

Das Ziel einer Fachgruppe von PAVIDENSA ist es, einen Rahmen für die technischen Mindestanforderungen zu formu-

FPO assemblés en une surface fermée à l'aide de joints d'assemblage et d'autres composants du système FPO. Ils sont composés d'une couche d'étanchéité extensible et appropriée pour l'eau sous pression et d'une couche composite appliquée solidement et orientée en direction du béton frais.

Les couches d'étanchéité peuvent être composées de matières synthétiques ou de bitume modifié par un élastomère. Les couches composites peuvent être réalisées avec une méthode d'adhésion par colle, mécanique ou bitumineuse, ...»

Sachant que les couches d'étanchéité ne proviennent souvent pas d'un développement nouveau mais qu'il s'agit au contraire de membranes utilisées dans la construction de tunnels, dans la protection des eaux ou dans le bâtiment pour le collage sur béton frais et qui ont été modifiées. Ici, les couches composites se composent de couches en matière non tissée, de couches adhésives, de granulats ou de couches aptes à gonfler. Tout comme des combinaisons de celles-ci se trouvent sur le marché suisse avec sa grande diversité de fournisseurs. L'objectif de la couche composite

étant le même pour tous les lés FPO: le collage de la couche d'étanchéité au béton sur toute sa surface, durable et sécurisé contre l'eau qui s'infiltre derrière cette couche. Cela doit permettre de réduire nettement le risque de fissures aquifères dans le béton imperméable. Personne ne pourra promettre avec certitude au maître d'ouvrage un ouvrage étanche à 100 % sans retouches car l'étanchéité FPO est soumise, elle aussi, aux influences comme les conditions météorologiques, les effets mécaniques ou les sources d'erreurs comme l'inattention ou l'erreur humaine.

Outre le niveau d'étanchéité supplémentaire, un grand avantage des systèmes FPO est sa sécurité vis-à-vis de l'eau qui s'infiltre derrière ce système. Le collage sur toute la surface doit faire en sorte qu'il ne soit pas nécessaire d'appliquer les lés FPO sur toute la construction en béton imperméable. La maîtrise d'ouvrage a la possibilité d'évaluer les locaux en sous-sol à l'aide d'une évaluation des risques et de doter d'un système FPO uniquement les surfaces où des injections dans les fissures ne sont pas souhaitées ou ne seront plus possibles ultérieurement à cause de l'aménagement intérieur.

PRÉREQUIS TECHNIQUES MINIMAUX

Au cours des 10 dernières années, les systèmes FPO ont suscité l'intérêt des maîtres d'ouvrage, incitant ainsi un bon nombre de fabricants à développer et mettre sur le marché leur propre membrane FPO. L'objectif déjà décrit plus haut d'une étanchéité FPO doit être le but à viser pour les fabricants et les entreprises qui travaillent avec leurs produits. Jusqu'à présent, la maîtrise d'ouvrage peut vérifier l'atteinte des exigences minimales seulement à travers le résultat à l'état de construction ou d'utilisation de l'ouvrage: étanche ou pas étanche.

La norme SIA 272 définit, entre autres, des systèmes d'étanchéité comme le béton imperméable, les lés d'étanchéité en bitume polymère et les lés d'étanchéité synthétiques et formule les différentes exigences vis-à-vis des matériaux de construction, la construction et l'utilisation. Les systèmes FPO sont des mesures supplémentaires pour la cuve blanche et qui ne sont soumis à aucune exigence minimale normée à ce jour.

lieren und als Merkblatt herauszugeben. Die wichtigsten Faktoren sind hierbei Eigenschaften wie z.B. Dichtigkeit, Hinterlaufsicherheit, Rissüberbrückung oder mechanische Beständigkeit, die durch unabhängige Prüfinstitute nach vereinheitlichten Prüfverfahren getestet werden. Die Dichtigkeit des FBV-Systems soll hierbei nicht nur für die FBV-Bahn nachgewiesen werden, sondern muss auch an potenziellen Schwachstellen wie z.B. an der Fügenaht (verschweisste oder verklebte Nahtstelle oder Überlappungsfuge) oder

bei Durchdringungen und Anschlussdetails geprüft sein.

Zu einem funktionierenden System gehört ausserdem, dass die Verarbeiter geschult sind und ein Detailkatalog vorhanden ist, in dem relevante Detaillösungen in Wort und Bild beschrieben sind. Damit der Ingenieur oder die Bauleitung die Qualität der ausgeführten Arbeiten überprüfen kann, ist vom Hersteller oder Verarbeiter eine Checkliste zur Qualitätssicherung bereit zu stellen.

PRAKTISCHE MINDESTANFORDERUNGEN

Die Prüfung der Funktionsfähigkeit und Belastbarkeit im Labor ergibt nur einen Teil der messbaren Anforderungen. Aufgrund der Erfahrungen der vergangenen Jahre haben sich Problemstellen auf der Baustelle gezeigt, welche nicht ausschliesslich durch das Produkt, sondern massgeblich durch den Verarbeiter beeinflussbar sind. Ziel der PAVIDENSA-Fachgruppe ist es daher, neben den technischen Werten eines FBV-Systems auch Punkte der Qualitäts-

Wand mit teilweiser FBV-Folie.



Mur avec membrane FPO partielle.

Il est donc difficile pour les ingénieurs chargés de rédiger un appel d'offres de décrire le système approprié pour leur projet avec des propriétés et des valeurs seuil pour obtenir ainsi une comparabilité des systèmes FPO proposés.

L'objectif d'un groupe spécialisé de PAVIDENSA consiste à formuler un cadre pour les prérequis techniques minimaux et à le publier sous forme de fiche technique. Dans ce contexte, les facteurs les plus importants sont des propriétés telles l'étanchéité, la sécurité contre l'eau qui s'infiltrerait derrière la couche étanche, le pontage des fissures ou la résistance mécanique testées par des instituts de test selon des méthodes d'essai uniformisées. Ce faisant, il

s'agit non seulement de prouver l'étanchéité du système FPO pour le lé FPO, mais elle doit aussi être vérifiée aux points potentiellement faibles comme aux joints d'assemblage (jonction soudée ou collée ou à recouvrement) ou aux traversées et détails des raccords.

Un système qui fonctionne implique par ailleurs que le personnel de mise en œuvre soit formé et qu'il existe un catalogue des détails décrivant, en texte et en images, les solutions pertinentes pour les différents détails. Pour permettre à l'ingénieur ou à la maîtrise d'œuvre de vérifier la qualité des travaux réalisés, le fabricant ou l'entreprise chargée de la mise en œuvre doit mettre à disposition une check-list en vue de l'assurance qualité.

PRÉREQUIS PRATIQUES MINIMAUX

La vérification du bon fonctionnement et de la résistance en laboratoire ne fournit qu'une partie des exigences mesurables. Sur la base de l'expérience acquise ces dernières années, des points problématiques sur le chantier sont apparus que le produit seul ne pourra pas influencer, mais qui dépendent pour l'essentiel de l'entreprise en charge de la mise en œuvre. L'objectif du groupe spécialisé PAVIDENSA est donc de résumer dans une fiche technique, outre les valeurs techniques d'un système FPO, aussi des points relatifs à l'assurance qualité sur place. Le tableau (page 15) regroupe les points les plus importants.

sicherung bei der Verlegung vor Ort in einem Merkblatt zusammenzufassen. In der der Tabelle (nächste Seite) sind die wichtigsten Punkte zusammengestellt.

PRÜFBARKEIT

Auch wenn die Hersteller Produktdatenblätter, Prüfzeugnisse und Leistungserklärungen zur Verfügung gestellt haben, sind die in der Tabelle beschriebenen Anforderungen auf der Baustelle leider noch nicht sichergestellt. Um die FBV-Systeme fest zu etablieren, wird es Aufgabe der Hersteller und Anwender sein, vereinfachte und einheitliche Prüfmethoden zu entwickeln, die direkt am Objekt durchführbar sind. Eine Prüfung auf Hohlstellen in den vertikalen Flächen mit dem Hammer oder die Kontrolle der Verbundwirkung durch Haft- oder Schälzugprüfungen von Hand ohne hohen technischen Aufwand sind mögliche Verfahren, deren Eignung noch getestet werden muss. Für horizontale Flächen sind aktuell durch die fehlende Zugänglichkeit zur FBV-Bahn keine zerstörungsfreien Methoden möglich. Hier gilt es ebenfalls, geeignete Prüfverfahren zu finden.

Mit derartigen Prüfmechanismen kann sichergestellt werden, dass der Bauherr auch die Qualität erhält, die er bestellt und bezahlt hat. Denn der Eindruck der Bauherrschaft ist, dass zwei Abdichtungssysteme und damit die «doppelte Sicherheit» im Bauwerk eingebaut wurden. Wenn diese aber durch unsachgemässe Planung oder Ausführung, also durch Nichteinhaltung der technischen und praktischen Mindestanforderungen versagen, können hohe Kosten durch Wasserschäden und aufwendige Sanierungsmassnahmen entstehen. Vom Imageschaden für Hersteller, Planer und Verarbeiter ganz zu schweigen.

AUSBLICK

Die FBV-Systeme sind in der Abdichtungswelt nicht mehr wegzudenken. Somit ist zu erwarten, dass sie in Zukunft in einem Merkblatt oder in der Norm SIA 272 behandelt und allenfalls normiert werden. Bis dahin sind die Bauherren auf die Erfahrung ihres Planungsteams und die Garantien der ausführenden Unternehmen angewiesen. Die Bauherrschaft kann momentan weder sinnvolle Vorgaben an die Qualität oder die technischen Eigenschaf-

ten machen noch die sachgemässe Anwendung der FBV-Systeme überprüfen. Hier gibt es definitiv Handlungsbedarf.

Die Entwicklung bei den FBV-Systemen wird jedoch nicht halt machen. Es kommen neue und verbesserte Produkte auf den Markt und teils ist das Vertrauen in die FBV-Systeme bereits so hoch, dass die Anforderungen an die WDB-Konstruktion reduziert werden. Es werden z.B. der Bewehrungsgehalt angepasst oder die normgemässe Mindestbetonstärke von 25 cm unterschritten, da dies offenbar durch Versuche oder Erkenntnisse ausreichend begründet ist. Hier dürfte es in Zukunft noch Optimierungspotenzial geben. Derzeit müssen die Vorgaben an die «Weisse Wanne» eingehalten oder Abweichungen hierzu nachvollziehbar und mit Begründung in der Nutzungsvereinbarung festgehalten werden. Das FBV-System ist eine Zusatzmassnahme zu einer WDB-Konstruktion und kein eigenständiges Abdichtungssystem. Vielleicht ändern Versuche, neue Entwicklungen oder langfristige Erkenntnisse dies in Zukunft einmal. Wir dürfen gespannt sein.

VÉRIFIABILITÉ

Bien que les fabricants aient mis à disposition des fiches de données du produit, des certificats et des déclarations de performance, les exigences décrites au tableau ne sont malheureusement pas encore assurées sur les chantiers. Afin d'établir les systèmes FPO définitivement, la tâche des fabricants et utilisateurs consistera à développer des méthodes d'essai simplifiées et uniformisées, qu'il est possible de réaliser directement sur l'objet. La vérification quant à la présence d'endroits creux dans les surfaces verticales à l'aide d'un marteau ou le contrôle de l'effet de collage au moyen de tests manuels de l'adhérence ou de pelage sont des procédés envisageables dont l'adéquation est encore à tester. Quant aux surfaces horizontales, aucune méthode non destructive n'est possible actuellement en raison de l'inaccessibilité du lé FPO. Ici, il convient également de trouver des méthodes d'essai appropriées.

Ce type de mécanisme d'essai permet d'assurer au maître d'ouvrage qu'il obtient bien la qualité qu'il a commandée et payée. Car la maîtrise d'ouvrage aura l'impression que deux systèmes d'étanchéité

et donc une «double sécurité» ont été installés dans l'ouvrage. Mais si ces derniers sont défectueux en raison d'une planification ou réalisation inappropriées, donc à cause du non-respect des prérequis minimaux techniques et pratiques, cela peut entraîner des frais élevés dus aux dégâts des eaux et aux mesures d'assainissement coûteuses. Sans parler des dommages pour l'image des fabricants, planificateurs et personnes chargées de la mise en œuvre.

PERSPECTIVES

Les systèmes FPO sont devenus incontournables dans l'univers de l'étanchéité. Il faut donc s'attendre à ce qu'ils soient abordés dans une fiche technique ou la norme SIA 272 à l'avenir, pour éventuellement être normés ensuite. D'ici là, les maîtres d'ouvrage sont tributaires de l'expérience de leur équipe de planification et des garanties des entreprises réalisant les travaux. À l'heure actuelle, la maîtrise d'ouvrage n'est pas en mesure de donner des consignes pertinentes quant à la qualité ou aux caractéristiques techniques, ni de vérifier la mise en place correcte des systèmes FPO. Ici, il est définitivement nécessaire d'agir.

Mais l'évolution des systèmes FPO ne s'arrêtera pas. Des produits nouveaux et améliorés arrivent sur le marché et la confiance accordée aux systèmes FPO est telle qu'elle conduit à une baisse des exigences au niveau des constructions en béton imperméable. Ainsi, on adapte par exemple le taux d'armature ou prévoit une épaisseur du béton inférieure à l'épaisseur minimum du béton de 25 cm prévue par les normes, car visiblement, cela est suffisamment justifié par des essais ou des connaissances. Ici, il y a sans doute encore du potentiel d'optimisation à l'avenir. En ce moment, il faut respecter les prescriptions pour la «cuve blanche» ou consigner les différences par rapport à ces prescriptions de manière compréhensible et justifiée dans la convention d'utilisation. Le système FPO est une mesure supplémentaire pour une construction en béton étanche et ne constitue pas un système d'étanchéité autonome. Peut-être cela changera à l'avenir suite aux essais, aux nouvelles évolutions ou aux connaissances acquises à long terme. Nous pouvons être curieux de voir ce que l'avenir nous réserve.

TABELLE: QUALITÄTSSICHERUNG BEI FBV-SYSTEMEN

BETREFF	MINIMALANFORDERUNG	BEMERKUNG / EMPFEHLUNG
UNTERGRUND		
Magerbeton	Eben. Geglätteter Magerbeton.	Verletzungsgefahr durch spitze oder scharfkantige Fremdstoffe. Keine losen oder spitzen Teile zulässig.
Dämmung	Dämmung vollflächig und lückenlos verlegt.	Keine Lücken oder Hohlstellen. Ebenheit des Untergrunds vereinfacht das Verlegen und vermindert die Verletzungsgefahr der FBV-Bahn. Unfallgefahr durch Unebenheiten.
Holzschalung	Befestigung mit Klammern oder mit Nägeln inkl. Kunststoffschiene.	Minimalabstand der Befestigungsteile gemäss Hersteller. Mögliches Abreißen beim zu frühen Ausschalen durch zu starken Verbund zur Schalung.
Stahlschalung	Befestigung mit Magneten oder Klebeband.	Haftung auf Schalung vorab testen. Alternativ Befestigung ausserhalb der Stahlschalung an separatem Kantholz.
VERLEGUNG		
Nässe während des Verlegens/Verklebens	Trockene oder mattfeuchte Klebstösse.	Kleverbund bei Stössen muss gewährleistet sein.
Temperatur beim Verlegen	Verarbeitbar bei Temperaturen von min. +0 °C bis max. + 35°C ohne zusätzliche Massnahmen.	Verbindung der Fugenstösse und Durchdringungsdetails muss gewährleistet sein. Besonders bei Temperaturen von unter + 5°C sind ggf. Massnahmen zum Erwärmen der Klebefläche notwendig.
Temperaturwechsel	Faltenbildung < Betondeckung	Ausdehnung/Zusammenziehen der Folie kann Einfluss auf die Bewehrung oder die Schalung haben. Kontrolle der Fugennähte vor dem Betonieren. Stösse, Aufbordungen (Bodenplattenstirn) noch einmal prüfen.
Widerstand der Verbundschicht gegen mechanische Belastung	Keine relevante Minderung (siehe Punkt «Sanierung der Dichtungsschicht») der Verbundwirkung durch Baustellengebrauch.	Absanden von besandeten Verbundschichten durch häufige Bewegung der FBV-Bahn, mechanische Belastung (Personen, Material) oder unsachgemässe Verwendung. Brandgefahr bei vlieskaschierten Verbundschichten (Rauchverbot). Verletzung/Abtrag von chemischen Verbundschichten durch mechanische Einwirkung. Prüfung vor dem Betonieren.
Durchgängigkeit der Verbundschicht	Keine Unterbrechung der Verbundschicht.	Innentapes müssen auf der Betonseite eine Verbundschicht aufweisen. Nachträglich verklebte Flächen (z.B. FLK) müssen eine Verbundschicht aufweisen (z.B. Quarzsand).
Sanierung der Verbundschicht	Sanierbarkeit der Verbundschicht vor dem Betonieren möglich.	Ersatz/Erneuerung oder Sanierung der Verbundschicht bei Ablösungen, Verletzungen. Mögliche Details sind in einer Herstellerrichtlinie zu formulieren.
NACH VERLEGUNG		
Nässe vor dem Betonieren	Trockene oder mattfeuchte Fläche.	Stehendes Wasser oder Eis sorgen für Verbundstörungen mit dem Beton. Entfernung mit Sauger, saugfähigem Reinigungsmaterial oder Gebläse. Ggf. Überdachung und/oder Beheizung.
Verschmutzung/Reinigungsfähigkeit	Reinigungsfähigkeit bei Verschmutzung jederzeit möglich.	Verschmutzung sorgt für Verbundstörungen mit dem Beton. Verhindern von Verschmutzung durch Sauberkeit auf der Baustelle oder Abdecken der FBV-Bahnen. Reinigungsanleitung nach Angaben des Herstellers.
Widerstand der Dichtungsschicht gegen mechanische Belastung	Keine Verletzung beim Hinterfüllen.	Hinterfüllschutz nach Angaben des Herstellers. Abhängig von Art der Hinterfüllung. Hinterfüllschutz wird i.d.R. nicht vom Abdichtungsunternehmer, sondern bauseits erstellt. Es benötigt einen Hinweis im Devis des Baumeisters.
Witterungsbeständigkeit	Möglichst langes Zeitfenster vor Hinterfüllung oder Dämmung.	Keine Blasenbildung oder Ablösungen durch Witterung oder UV-Strahlung. Es empfiehlt sich, so bald wie möglich zu hinterfüllen/zu dämmen. Dauer der Widerstandsfähigkeit nach Angaben des Herstellers.
Löcher, Durchdringungen, Verletzungen	Systemkompatible Patches, Tapes oder Dichtungsbahnen zur Sanierung der FBV-Bahn.	Abdichtung von Durchdringungen und Überkleben von Löchern oder Fehlstellen.
Sanierung der Dichtungsschicht	Sanierbarkeit der Verbundschicht vor dem Betonieren möglich.	Ersatz/Erneuerung oder Sanierung bei Flächen, die keinen ausreichenden Verbund aufweisen. Erlaubt sind Fehlstellen < 100 cm² in Anlehnung an die SIA 272. Grössere Fehlstellen werden instandgesetzt. Massnahmen nach Angaben Hersteller.
Dämmung	Systemkompatibler Kleber für Dämmung.	Klebstoff für punktuelle oder flächige Verklebung der gebräuchlichen Dämmelemente nach Angaben des Herstellers.

Verantwortlich: Arbeitsgruppe FBV / Mitglieder: André Maurer, Axel Köpfer, Oliver Haase, Ralph Schärer, René Riedweg, Roland Böni, Urs Kolar

TABLEAU: ASSURANCE QUALITÉ POUR LES SYSTÈMES FPO

OBJET	EXIGENCE MINIMALE	REMARQUE / RECOMMANDATION
SUPPORT		
Béton maigre	Plan. Béton maigre égalisé.	Risque de blessure par matières étrangères pointues ou tranchantes. Éléments non fixés ou pointus interdits.
Isolation	Isolation posée sur toute la surface et en continu.	Aucun espace ou endroit creux. Planéité du support facilite la pose et réduit le risque de blessure du lé FPO. Risque d'accident à cause d'aspérités.
Coffrage bois	Fixation à l'aide d'agrafes ou de clous, y compris rail en matière plastique.	Distance minimale des éléments de fixation selon fabricant. Arrachement possible en décoffrant trop tôt ou en cas d'adhésion trop forte au coffrage.
Coffrage en acier	Fixation à l'aide d'aimants ou de bande adhésive.	Tester l'adhésion sur le coffrage au préalable. Fixation alternative en dehors du coffrage en acier sur un tasseau ou bois équarri séparé.
POSE		
Humidité pendant la pose / le collage	Joints collés secs ou humides au toucher.	L'adhésion du collage doit être garantie aux jonctions.
Température lors de la pose	Mise en œuvre possible en présence de températures d'au moins +0 °C à + 35 °C max. sans mesures supplémentaires.	Liaison des jonctions des joints et des détails traversants doit être garantie. Particulièrement en présence de températures inférieures à + 5 °C, des mesures pour chauffer la surface à coller peuvent être nécessaires.
Changement de température	Formation de plis < couverture de béton	Dilatation / rétraction de la membrane peut influencer sur l'armature ou le coffrage. Contrôle des joints d'assemblage avant de couler le béton. Vérifier encore une fois les joints, remontées (front de la dalle de fondation).
Résistance de la couche composite aux sollicitations mécaniques	Pas de diminution significative (voir point « assainissement de la couche d'étanchéité ») de l'effet composite suite à l'utilisation sur le chantier.	Effritement de couches composites sablées dû au déplacement fréquent du lé FPO et aux charges mécaniques (personnes, matériel) ou à une utilisation non conforme. Risque d'incendie en cas de couches composites recouvertes par matière non tissée (interdiction de fumer). Blessure / enlèvement de couches composites chimiques causé par une action mécanique. Vérification avant de couler le béton.
Continuité de la couche composite	Aucune interruption de la couche composite.	Les bandes intérieures doivent présenter une couche composite du côté du béton. Les surfaces collées ultérieurement (p.ex. membranes synthétiques) doivent présenter une couche composite (p.ex. sable de quartz).
Assainissement de la couche composite	Possibilité d'assainir la couche composite avant de couler le béton.	Remplacement / renouvellement ou assainissement de la couche composite en cas de décollement, de blessure. Les détails possibles sont à formuler dans une directive du fabricant.
APRÈS LA POSE		
Humidité avant de couler le béton	Surface sèche ou humide au toucher.	L'eau stagnante ou la glace perturbent l'adhésion au béton. Élimination à l'aide d'un aspirateur, du matériel de nettoyage absorbant ou un souffleur. Le cas échéant couvrir et / ou chauffer.
Salissure / nettoyabilité	Nettoyabilité en cas de salissure possible à tout moment.	Les salissures perturbent l'adhésion au béton. Éviter les salissures en veillant à la propreté du chantier ou en recouvrant les lés FPO. Instructions de nettoyage selon les indications du fabricant.
Résistance de la couche d'étanchéité aux sollicitations mécaniques	Pas de blessure lors du remblayage.	Protection au remblayage selon les indications du fabricant. En fonction du type de remblayage. En règle générale, la protection au remblayage n'est pas installée par l'entreprise d'étanchéité mais par le client. Cela nécessite une remarque dans le devis de l'entrepreneur.
Résistance aux intempéries	Laps de temps le plus long possible avant le remblayage ou l'isolation.	Pas de formation de bulles ou décollement dû aux conditions météorologiques ou rayonnement UV. Il est recommandé de remblayer / isoler le plus rapidement possible. Durée de résistance selon les indications du fabricant.
Trous, traversées, blessures	Patches, bandes ou lés d'étanchéité compatibles avec le système pour assainir le lé FPO.	Étanchéité des traversées et collage par-dessus des trous ou défauts.
Assainissement de la couche d'étanchéité	Possibilité d'assainir la couche composite avant de couler le béton.	Remplacement / renouvellement ou assainissement de surfaces qui présentent une adhésion insuffisante. Sont autorisés des défauts < 100 cm² en référence à la norme SIA 272. Les défauts de plus grande taille sont remis en état. Mesures selon les indications du fabricant.
Isolation	Colle compatible avec le système pour l'isolation.	Colle pour points de colle ou encollage sur la surface des éléments d'isolation courants selon les indications du fabricant.

Responsable: Groupe de travail FPO/membres: André Maurer, Axel Köpfer, Oliver Haase, Ralph Schärer, René Riedweg, Roland Böni, Urs Kolar