

Entwicklung einer klebstoffbasierten Fügelösung für Rahmenschalungssysteme

Development of an adhesive-based joining solution for framed formwork systems

Projektleiter

Project leader

Rodger Scheffler

Projektbearbeiter

Persons in charge:

Dirk Hohlfeld,
Stefan Feuersenger

Fördermittelgeber

Co-funded by:

BMWK (INNO-KOM)

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Bei den derzeit eingesetzten Rahmenschalungen werden auf einen pulverbeschichteten oder verzinkten Schalrahmen vorrangig lagenholz-basierte Schalungsplatten (befilmte Sperrholz- oder 3-Schichtplatten) meist per Niet- oder Schraubverbindung befestigt. In diesen Bereichen kann Feuchtigkeit in die Schalungsplatte eindringen und neben einer Herabsetzung der Festigkeitseigenschaften können durch Quellerscheinungen der Schalhautoberfläche Rippings auf der Betonoberfläche entstehen oder biologische Schaderreger die Holzsubstanz angreifen. Alternativen sind am Markt vorhanden, jedoch handelt es sich hier vor allem um kostenintensive Kunststoffschalhäute, die meist ebenfalls per Schraubverbindung am Stahlrahmen befestigt werden, oder komplette Kunststoffsysteme, bei denen die Schalhaut über eine rückseitige Steckverbindung im Schalrahmen fixiert wird.

Ziel war daher die Entwicklung einer Verbindungslösung für Schalhäute in Rahmenschalungen auf Basis einer Klebtechnologie, die zur Herstellung anspruchsvoller Betonflächen geeignet ist. Hierbei sollten bestehende stahl- bzw. aluminiumbasierte Rahmensysteme und sperrholz-basierte Schalhäute genutzt werden. Es wurde angestrebt, die Klebfuge zwischen Schalungsplattenschmalfläche und Schalrahmen bzw., wenn nötig, zusätzlich zwischen Schalhaut und Schalrahmen zu platzieren. Im Bereich der Schmalfläche kombiniert das elastische Klebstoffsystem die Funktion des Klebens und des Abdichtens.

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

In frame-based formwork currently in use, preferably plywood-based formwork panels (film-coated plywood or three layer panels) are fixed – usually riveted or screwed – to a powder-coated or galvanised formwork frame. In these areas, moisture can penetrate the formwork panel and, apart from deteriorating the strength properties, rippling may occur on the concrete surface due to swelling of the form lining, or biological pests can attack the wood substance. Alternatives are available on the market, but these are mainly cost-intensive plastic form liners, which are usually also screwed to the steel frame, or complete plastic systems in which the form liners are fixed in the formwork frame with a plug-in connection on the back.

Therefore, the goal was to develop a joining solution for form liners in framed formwork based on an adhesive technology that is suitable to create top-quality concrete surfaces. Existing steel or aluminium-based frame systems and plywood-based formwork skins are to be used for this purpose. It is endeavoured to place the gluing joint between the narrow edge of the formwork panel and the formwork frame or, if necessary, additionally between the formwork skin and the formwork frame. In the area of the narrow edge, the elastic adhesive system combines the function of bonding and sealing.

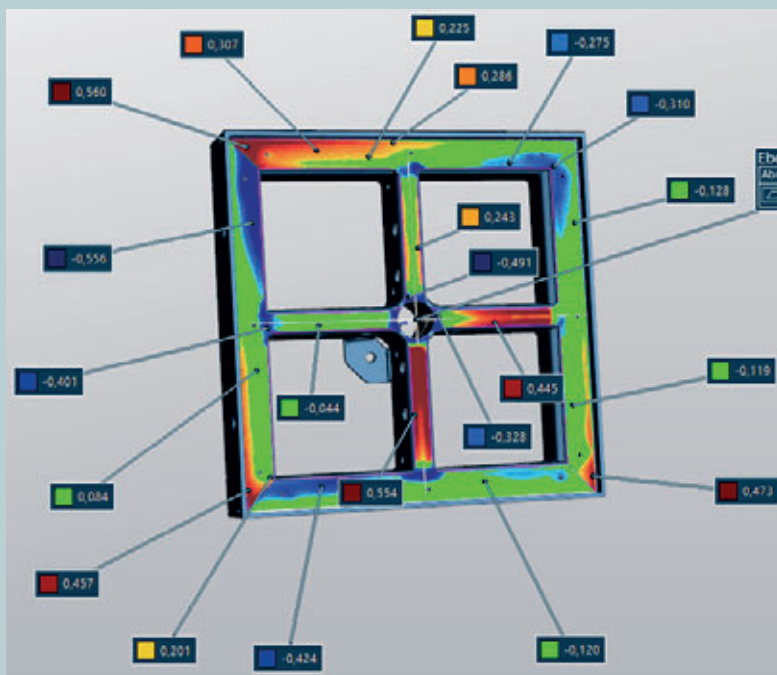


Abb. 1: Abweichungen der Oberflächentopographie eines Schalungsrahmes ermittelt im 3D-Scanner

Fig. 1: Deviations of the surface topography of a formwork frame identified with the help of a 3D scanner

VORGEHENSWEISE

Zur Vorauswahl geeigneter Klebstoffsysteme (1K MS-Polymer, 2K SE-Polymer, Silikon) sowie zur Bestimmung technologischer Parameter (Auftragsort sowie Breite und Dicke der Klebfuge) wurden die Auswirkungen mechanischer sowie klimatischer Belastungen (Quellerscheinungen der Schalungsplatte, Betondruck, Ausschalkräfte sowie Umgebungstemperatur beim Betoniervorgang) auf das geklebte Rahmenschalungssystem mittels numerischer Simulationen untersucht. Hierzu mussten fehlende Materialkennwerte durch Herstellung und anschließende Prüfung von Klebstoffsubstanzproben ermittelt werden. Zur Untersuchung der Qualität und des Alterungsverhaltens der

APPROACH

For the pre-selection of suitable adhesive systems (1C MS polymer, 2C SE polymer, silicone) as well as for the determination of technological parameters (place of application as well as width and thickness of the adhesive joint), the effects of mechanical as well as climatic loads (swelling phenomena of the formwork panel, pressure by concrete, stripping forces as well as ambient temperature during the concreting process) on the bonded frame formwork system were investigated by means of numerical simulations. For that purpose, missing material parameters had to be determined by creating and subsequently testing adhesive substance samples. For investigating the

Verklebung wurden auf Basis der Simulationsergebnisse bauteilähnliche Proben (z. B. Zugscherprüfkörper) hergestellt.

Die anschließende Erprobung der finalen Klebstoffvarianten erfolgte an kleinen Schalungsrahmen (600 mm x 600 mm). Um die benötigte Auftragsmenge zur Realisierung einer definierten Klebfugenbreite und insbesondere ausreichenden Dicke besser steuern zu können, wurde die Oberflächentopographie der eingesetzten Schalungsrahmen mittels 3D-Scanner geometrisch vermessen.

Zur Wiederverwendung von Schalungsrahmen und ggf. auch der Schalungsplatte (nach Aufarbeitung) sollten Möglichkeiten zum Auftrennen der Klebfuge und Aufarbeitung der Fügeiteiloberflächen untersucht werden.

ERGEBNISSE

Der favorisierte 1K MS-Polymerklebstoff gehört zu den elastischen Klebstoffen und eignet sich zur Verklebung von gepulverten Schalungsrahmen und Sperrholzschalungsplatten mit Phenolbeschichtung. Die durchgeführten Alterungsuntersuchungen (u. a. künstliche Bewitterung, alkalische Beständigkeit, Stoßbelastung) führten zu keiner bzw. nur zu einer unwesentlichen Verringerung der Klebfestigkeiten. Untersuchungen mittels FTIR-Spektroskopie konnten lediglich an der Klebstoffoberfläche Degradationsprozesse nachweisen, während das Klebfugeninnere unverändert blieb.

Die Untersuchung des Schalungsrahmens mittels 3D-Scanner zeigte Schwankungen des Höhenprofils im Bereich der Klebflächen von bis zu 1,3 mm (Abb. 1). Klebfugendicken unter 2 mm sind somit nicht praktikabel, da

quality and ageing behaviour of the bond, specimens similar to building components (e.g., tensile shear test specimens) were made on the basis of the simulation results. Subsequently, the final adhesive variants were tested on small formwork frames (600 mm x 600 mm). For being able to better control the required application quantity to achieve a defined adhesive joint width and, particularly, sufficient thickness, the surface topography of the formwork frames applied was geometrically measured using a 3D scanner.

For the chance of reusing the formwork frames and possibly also the formwork panels (after reworking them), possibilities for unravelling the glued joint and reconditioning the joint part surfaces should be investigated.

RESULTS

The favoured 1C MS polymer glue counts as an elastic adhesive and is suited for gluing powder-coated formwork frames to phenol-coated plywood panels. The ageing tests performed (including artificial weathering, alkaline resistance, exposure to impact) led to no or only insignificant reduction in adhesive strengths. Investigations using FTIR spectroscopy were only to detect degradation processes merely on the adhesive surface, while the interior of the adhesive joint remained unchanged.

An examination of the formwork frame by means of a 3D scanner showed fluctuations in the height profile in the area of the glued surfaces of up to 1.3 mm (Fig. 1). Thus, glued joint thicknesses below 2 mm are not prac-

es insbesondere in Zonen mit höheren Spannungen (z. B. Randbereiche) zum lokalen Versagen des Klebstoffs kommen kann.

Während bei kleinen Schalungsrahmen mit dem eingesetzten 1K-Klebstoff eine Verklebung an der Schmalfläche ausreichend ist, sollte bei großen Rahmenelementen auf den mittigen Querstegen eine zusätzliche Klebfläche geschaffen werden.

Ein Vorteil der Klebtechnologie zeigt sich zudem beim unkomplizierten Schalungsplattenwechsel, der kein aufwändiges Entfernen von Schrauben oder Aufbohren von Nieten erfordert. Zum Heraustrennen aus dem Rahmen wird lediglich die Klebfuge entlang der kompletten Schmalfläche mit einer Klinge durchtrennt und die Schalungsplatte anschließend mit Hilfe eines Druckzylinders (in Aufarbeitungszentren bereits vorhanden) herausgedrückt. Vor dem Einkleben einer neuen Schalungsplatte werden im Schalungsrahmen verbliebene Klebstoffreste mit einer Flachklinge entfernt und die Oberfläche ggf. mit einem Lösungsmittel gereinigt. Eine rückstandsfreie Entfernung ist jedoch nicht zwingend erforderlich, da sich der verwendete silanbasierte Polymerklebstoff auch mit bereits ausreagierten „Altschichten“ vernetzt, sodass trotz festhaftender Klebstoffreste eine neue tragfähige Klebfuge erzeugt werden kann.

ticable, as local failure of the glue can occur, especially in zones where higher stresses occur (e.g., edge areas).

While bonding on the narrow edge is sufficient for small formwork frames with the 1-component adhesive used, an additional bonding surface should be created on the central crossbars for large frame elements.

An additional advantage of the adhesive technology is the hassle-free exchange of formwork panels, which does not require the time-consuming removal of screws or the drilling out of rivets. To remove it from the frame, simply cut through the adhesive joint along the entire edge with a blade and then press the formwork panel out with the help of a pressure cylinder (already available in processing centres). Prior to gluing in a new formwork panel, any residual glue in the formwork frame is removed with a flat blade and the surface cleaned with a solvent if necessary. However, residue-free removal is not absolutely necessary, as the silane-based polymer adhesive used also crosslinks with “old layers” that have already reacted, so that a new load-bearing adhesive joint can be created despite firmly adhering glue residues.