

Upcrete® and SCC

A new production method for precast elements to meet highest demands

Upcrete® und SVB

Eine neue Verfahrenstechnik für Fertigteile höchster Ansprüche

Autor



Jörg Reymann,
Dipl.-Wirtschaftsingenieur,
seit 1998 geschäftsführender
Gesellschafter bei der
Firma Reymann Technik/
Ratec GmbH.
info@reymann-technik.de

Moving out of its previous niche position, self-compacting concrete (SCC) is currently becoming an immensely popular construction material. Its application had previously been mainly limited to special projects that could not be realized using conventional concrete. The development of the Upcrete method, in which the concrete is pumped from the bottom into vertical molds, is now opening up new fields of use to SCC, as well as a considerable cost-saving potential.

In the Benelux countries, however, the financial benefit of SCC for standard products has been recognized and implemented in precast plants early on. In the meantime, SCC has become increasingly popular with a growing number of precast producers. Obvious arguments speak in favor of using SCC in precast plants, such as its low-noise processing eliminating the need for vibration systems, the excellent surface quality of the products, the sharp edges of the concrete elements, and the resource-saving handling of molds as an asset. But the range of options this new material offers is not being fully utilized yet.

Development of the new method

In 2003, Reymann Technik GmbH was faced with the issue of ensuring an effective and efficient use of SCC in the course of designing a vertical circulation line (battery production), and was confronted, for the first time, with a problem in the mold-filling process. In the design developed at that time, the filling of the vertical molds (wall elements) at a height of 2.80 m and a thickness of 140 mm, and with a top and bottom reduction in the cross section, turned out to be the bottleneck of the production line: On the one hand, the concrete should de-aerate completely in the mold; on the other, an excellent surface quality was to be achieved.

Two years later, Reymann Technik was commissioned with the development of a modular building system using monolithic room components. This project also posed a great variety of challenges: an outstanding surface quality, thin cross sections and the use of the lowest possible amount of material. In addition, the production process should eliminate the need to turn/tilt the room module.

At the prototype stage, a portion of the element to be completely enclosed by formwork was used to test various casting options in order to produce one floor and two walls as monolithic elements in their final assembly positions. The best option identified in this testing exercise was to

Selbstverdichtender Beton (SVB) entwickelt sich derzeit aus seinem Schattendasein zu einem höchst populären Konstruktionswerkstoff. Sein Einsatz beschränkte sich bisher zumeist auf Sonderaufgaben, die man mit herkömmlichen Betonen nicht verwirklichen konnte. Die Entwicklung des Upcrete-Verfahrens – bei dem der Beton von unten in stehende Schalungen gepumpt wird – liefert nun neue Nutzungsmöglichkeiten für SVB sowie Rationalisierungspotenzial.

In den Benelux-Ländern hat man jedoch schon frühzeitig auch den finanziellen Nutzen des SVB für Standardprodukte erkannt und in Fertigteilwerken umgesetzt. Inzwischen erfreut sich SVB in immer mehr Werken einer wachsenden Beliebtheit. Offensichtliche Argumente wie die geräuscharme Verarbeitung aufgrund nicht mehr benötigter Rütteleinrichtungen, die exzellente Oberflächenqualität der Produkte, die scharfen Kanten der Betonteile und der schonende Umgang mit der Investition Schalung sprechen für den Einsatz des SVB in Betonfertigteilwerken. Trotzdem nutzt man die Möglichkeiten des neuen Materials noch nicht ausreichend.

Die Entwicklung des neuen Verfahrens

Die Reymann Technik GmbH wurde im Jahre 2003 bei der Projektierung einer vertikalen Umlaufanlage (Batteriefertigung) damit konfrontiert, eine effektive und effiziente Nutzung des Baustoffs SVB umzusetzen, und sah sich erstmals vor einem Problem bei der Befüllung von Schalungen. In der damaligen Konzeption wurde das Befüllen der vertikalen Schalungen (Wandelemente) mit einer Höhe von 2,80 m und einer Dicke von 140 mm sowie mit oberer und unterer Querschnittsverjüngung zum Engpass der Anlage: Der Beton sollte zum einen in der Schalung vollständig entlüften, zum anderen sollten hervorragende Oberflächen erreicht werden.

Zwei Jahre später wurde Reymann Technik mit der Entwicklung eines modularen Haussystems unter Verwendung monolithischer Raummodule beauftragt. Auch hierbei waren die Anforderungen vielfältig: hervorragende Oberflächenqualitäten, dünnwandige Querschnitte und Minimierung des Materialeinsatzes. Außerdem sollte beim Produktionsprozess auf das Wenden/Kippen des Raummoduls verzichtet werden.

In einer Prototypphase testete man an einem Ausschnitt des komplett zu schalenden Elementes verschiedene Möglichkeiten der Befüllung, um einen Fußboden und zwei Wände als Monolithen in Einbaulage herzustellen.

develop the SCC mix design further and to pump the concrete into the mold in such a way that it could rise from the bottom. This approach enabled very short casting times while eliminating the vibration step. No longer was a concrete distribution unit needed while the low-cost special concrete could be used to produce horizontally covered surfaces to a good quality standard.

The concrete placement method used reveals similarities to a die-cast process, i.e. the filling of horizontally covered areas by flushing out the air and, as mentioned above, the casting of concrete rising from the bottom. The somewhat long-winded term “die-cast, flush-rising concreting method” (which is the equivalent of the similarly unwieldy German term “Druckguss-Steigspülungs-Betonier-Verfahren”) was replaced with the more appealing, shorter process designation Upcrete®.

Definition: Upcrete® (i.e. “to place concrete in upward direction”) designates the concreting method applied to manufacture most complex precast elements, using the die-cast, flush-rising concrete placement process that combines all-round fair-faced concrete surfaces and production in assembly position with maximum economic efficiency.

Fig. 1 illustrates the elements of the process, **Fig. 2** shows a room component, including window and door cutouts, manufactured in a single concreting process where 6 m³ of concrete were pumped during a period of 25 minutes.

The die-cast, flush-rising concreting, or Upcrete®, technology brings about a large number of benefits: Casting is carried out at the concreting pressure, which exceeds ambient air pressure. The use of previously de-aerated, self-compacting concretes simplifies the process so that most complex element geometries can be cast completely. The filling of the molds progresses from the bottom, with the concrete rising to the top, which enables the production of complex concrete items in their assembly position. The resulting surfaces are smooth on all sides or textured as a result of using structured molds (all-round tongue-and-groove connections are also possible now), which eliminates the need for smoothing or leveling the surfaces. In addition, only a minute amount of residual concrete is generated. The technology enables a very high dimensional accuracy of the precast element, as well as highest output levels (up to 300 l/min). In addition, the method ensures a low-noise, material-saving, efficient precast production process that also has a low impact on employees.

Further development of solutions

On the basis of the conclusions drawn from module production, the elements of the process have been developed further, with the aim to transfer the method to vertical production.

A key component of this new manufacturing process is the Upcrete® Peristaltic Pump (UPP), which is also termed hose or rotor pump (**Fig. 3**). This system enables the pumping of small concrete quantities. It is perfectly suited to the needs of the Upcrete® technology and the precast plant production environment. The pump comes complete with an integrated cleaning unit and is 3,000 mm long, approx. 1,500 mm wide and 1,700 mm high. It weighs 2.3 t, is easy to transport by crane or forklift, and can be operated by just one employee using a

len. Als Ergebnis konnten eine weiterentwickelte SVB-Rezeptur sowie das Pumpen der Schalung im steigenden Strom von unten als beste Möglichkeit herausgefunden werden. Dies erlaubte sehr kurze Füllzeiten, das Rütteln entfiel, eine Verteilhilfe wurde nicht mehr benötigt und mit dem günstigen Spezialbeton war es möglich, horizontal gedeckelte Flächen in guter Qualität herzustellen.

Das Betonierverfahren zeigt Parallelen zum Druckguss, eine Befüllung der horizontal gedeckelten Flächen durch Ausspülen der Luft sowie, wie bereits erwähnt, die Befüllung im steigenden Strom von unten. Aus dem typisch deutschen Wort Druckguss-Steigspülungs-Betonier-Verfahren (DSBV) wurde die verfahrenstechnische Kurzbeschreibung Upcrete®.

Definition: Upcrete® („nach oben betonieren“) bezeichnet das Verfahren zur Betonage komplexester Fertigteilgeometrien im Druckgusssteigspülungs-betonierverfahren, welches allseitige Sichtbetonoberflächen und eine Fertigung in Einbaulage mit höchstmöglicher ökonomischer Effizienz paart.

Abb. 1 zeigt die Elemente des Verfahrens, **Abb. 2** in einem Betoniervorgang mit 6 m³ Beton und 25 Minuten Pumpzeit hergestelltes Raummodul inkl. Fenster- und Türöffnung.

Aus der DSBV bzw. Upcrete®-Technologie ergeben sich viele Vorteile: Die Druckbefüllung erfolgt mit Betonierdruck, größer als atmosphärischer Druck. Der Einsatz vorentlüfteter, selbstverdichtender Betone vereinfacht den Prozess, mit dem sich schwierigste Geometrien vollständig befüllen lassen. Die Schalungsbefüllung erfolgt im steigenden Strom von unten, was wiederum die Fertigung komplexer Betonkörper in Einbaulage ermöglicht. Die entstehenden Oberflächen sind allseits schalungsglatt oder durch den Einsatz von Matrizen strukturiert (allseitige Nut-Feder-Verbindungen sind nun auch möglich), somit entfällt das Abziehen oder Glätten von Oberflächen. Außerdem entstehen nur geringste Mengen von Restbeton. Die Technik erlaubt eine sehr hohe Maßgenauigkeit am Bauteil sowie höchste Leistungsfähigkeit (max. 300 l/min). Zudem ist somit eine leise, materialschonende, effiziente und humane Betonfertigung gewährleistet.

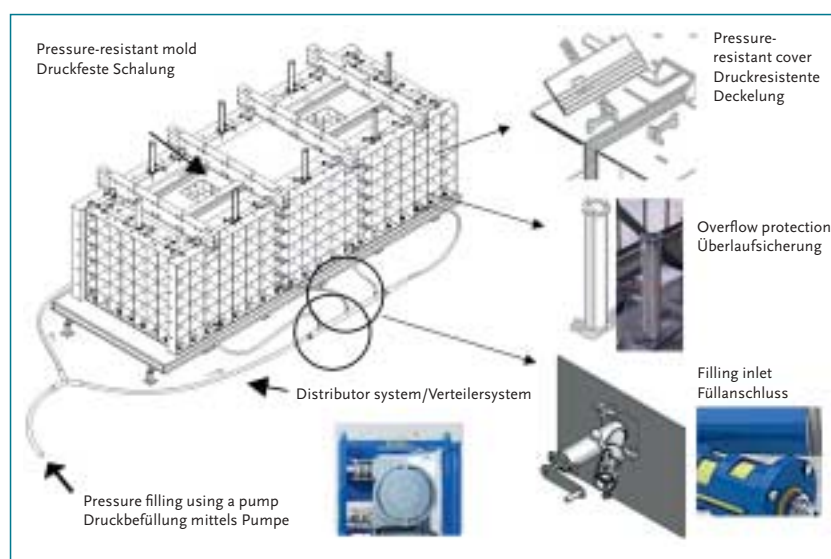


Fig. 1 During the Upcrete process, concrete is pumped into a mold resistant to compression.
Abb. 1 Beim Upcrete-Verfahren wird der Beton in eine druckfeste Schalung gepumpt.



Fig. 2 The method is particularly suitable for room modules. Smooth, perfect surfaces can be achieved on both sides.

Abb. 2 Das Verfahren eignet sich insbesondere für Raummodule, man erreicht beidseitig schalungsglatte und perfekte Oberflächen.

wireless duplex remote control unit. Designed for aggregate sizes of up to 16 mm, the pump's output can be adjusted continuously, enabling a maximum placement capacity of 18 m³ of concrete per hour. As a matter of course, the pump is fitted with a hose failure sensor and a fill level sensor in the buffer. The fill level sensor also ensures an automated interface to the buffer, the overhead bucket conveyor and the mixing unit. The integrated cleaning unit includes its own water tank and can be used to clean the pump and the feed hose up to the mold connection. At the mold connection, the only remaining work step is then to clean the universal concrete inlet (UCI) after closing.

When integrating the pump into a precast production line, care must be taken to ensure that the amount of air is kept as low as possible during the transfer of the SCC to the pump with or without intermediate buffer.

The Upcrete® method also enables new ways of thinking in vertical production: By casting from the bottom, solid walls and floors can now be manufactured, as well as, for the first time, sandwich walls. This is, in fact, an achievement revolutionizing the industry. As part of a pilot project, Ratec GmbH implemented an expandable

Weiterentwicklung der Lösungen

Aus den Erkenntnissen der Modulfertigung wurden die Elemente des Verfahrens weiterentwickelt sowie die Übertragung auf die vertikale Fertigung angestrebt.

Ein wesentlicher Teil dieses neuen Produktionsverfahrens ist die Upcrete®-Peristaltic-Pumpe (UPP), auch Schlauch- oder Rotorpumpe genannt (**Abb. 3**). Diese Pumpe ermöglicht das Pumpen kleiner Betonmengen und ist ideal auf die Bedürfnisse der Upcrete®-Technologie und die Randbedingungen des Fertigteilerwerks abgestimmt. Die Abmessungen der Pumpe mit integrierter Reinigung sind 3.000 mm (Länge) x ca. 1.500 mm (Breite) x 1.700 mm (Höhe). Sie wiegt 2,3 t, ist kran- und gabelstaplerfähig und kann von einem Mann durch eine bidirektionale Funkfernbedienung gesteuert werden. Die Leistungsfähigkeit der Pumpe, bei der ein Größtkorn von 16 mm eingesetzt werden kann, ist stufenlos regelbar und erlaubt eine Befüllmenge von 18 m³ Beton pro Stunde. Selbstverständlich ist die Pumpe mit einem Schlauchbruch- sowie einem Füllstandssensor im Vorpuffer ausgestattet. Durch den Füllstandssensor ist auch die Schnittstelle zum Vorpuffer, zur Kübelbahn und zur Mischanlage mit einer automatischen Anbindung gewährleistet. Die integrierte Reinigungseinheit mit eigenem Wasserreservoir erlaubt die Reinigung der Pumpe sowie des Förderschlauchs bis zum Anschluss der Schalung. Am Anschluss der Schalung muss nun nach Verschließen des universellen Pumpanschlusses UCI dieser nur noch manuell gereinigt werden.

Bei einer Anbindung der Pumpe im Werk ist darauf zu achten, dass der komplette Transport des SVB hin zur Pumpe mit oder ohne Zwischenpufferung „möglichst“ luftarm geschieht.

Das Upcrete®-Verfahren erlaubt auch ein neues Denken in der vertikalen Fertigung: Durch das Befüllen von unten sind jetzt Massivwände und Massivdecken herstellbar sowie – und das entspricht einer kleinen Revolution – erstmals auch Sandwichwände. In einem Pilotprojekt wurde von der Ratec GmbH ein ausbaufähiges Batterieschalungskonzept verwirklicht, das die Fertigung von flächigen Fertigteilen mit einer Dicke von 60 bis 450 mm (Sandwich) in einer Schalung ermöglicht. Das Konzept besteht dabei aus einem verfahrbaren Außentafelpaar sowie Innentafeln, die im Wechsel in das Außentafelpaar



Fig. 3 The pump developed by Ratec GmbH is a key component of the new production process. Its design has been tailored to the needs of the precast plant environment.

Abb. 3 Die von der Ratec GmbH entwickelte Pumpe ist ein wesentliches Element des neuen Produktionsverfahrens; sie wurde ganz an die Anforderungen im Fertigteilerwerk angepasst.



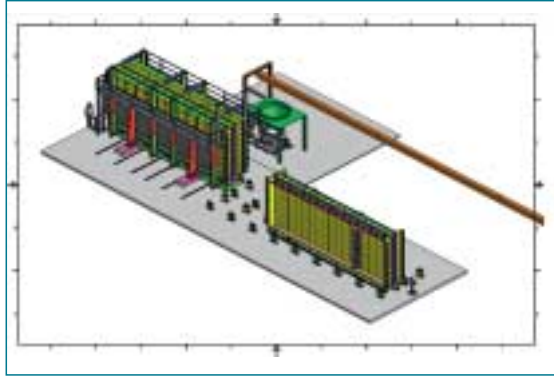


Fig. 4 In addition, Ratec GmbH developed a battery mold design to manufacture flat elements in thicknesses from 60 to 450 mm.



Abb. 4 Weiterhin entwickelte die Ratec GmbH ein Batterieschalungskonzept für flächige Elemente von 60 bis 450 mm Dicke.

battery mold design, which enables the production of flat elements in thicknesses from 60 to 450 mm (sandwich units) in a single mold. This design includes a pair of mobile outside panels and inside panels that move into and out of the outside pair in an alternating pattern similar to the circulation principle (Fig. 4 and 5). The curing time within the pair of external panels amounts to four to five hours. Already after this period, this pair of panels can be re-used. At this stage, the element cannot be lifted yet, and stays on the internal panel for the remainder of the curing period.

Both internal and external panel can be heated in a controlled fashion (Fig. 6). By casting the concrete from the bottom, the original battery production concept has been turned upside down so that the lower bottom need no longer be adjusted while the upper wall height is en-

ein- und ausfahren – ähnlich der Umlauftechnologie (Abb. 4 und 5). Die Verweilzeit im Außentafelpaar beträgt dabei zwischen vier und fünf Stunden, bereits dann kann dieses wiederverwendet werden. Das noch nicht abhebbare Element verbleibt während der restlichen Aushärtezeit auf der Innentafel.

Innen- und Außentafel sind gesteuert heizbar (Abb. 6). Durch das Befüllen von unten wurde die Ursprungstheorie der Batteriefertigung quasi auf den Kopf gestellt, so dass der untere Boden nicht mehr verstellt werden muss und die obere Wandhöhe durch einen magnetischen Absteller gewährleistet wird. Die Einzigartigkeit des Systems wurde durch das erteilte Patent belegt.

Durch eine intelligente Arbeitsvorbereitung kann diese vertikale Fertigung mit geringstem Platzbedarf nicht nur hochrationell betrieben werden; zusätzlich



Fig. 5 The battery mold system can also be used to produce sandwich units.

Abb. 5 In der entwickelten Batterieschalung können auch Sandwichelemente produziert werden.



Fig. 6 The pair of external panels forming part of the battery mold can be used for a new production cycle after a curing period of 4 to 5 hours.

Abb. 6 Das Außentafelpaar der Batterie kann nach einer Verweilzeit von 4 bis 5 Stunden für einen neuen Produktionsprozess genutzt werden.

sured by a magnetic rail. The uniqueness of the system has been confirmed by the patent granted.

Requiring only a minimum footprint, this vertical production setup can be operated in a highly cost-efficient manner by using an intelligent process planning system. In addition, products can be manufactured that would be difficult or impossible to realize in a horizontal process. By including all key circulation components (traversing, friction drives, roller conveyor, control technology), all the benefits can also be utilized within a growing system. During the filling process, appropriate control is ensured by the overflow valve, overflow protection and wireless remote control unit.

Other applications

The new production technology is also suitable for the manufacture of other products and for the integration into an existing mold system. However, this mold system needs to be checked as to its pressure resistance. To date, molds for tunnel lining segments, garbage can boxes, stairs and sound-absorbing walls have been cast with concrete using this technology.

In a particularly striking example, a curved wall with base was cast with 6 m³ of concrete on its outside face. In this process, the mold was fitted with a cover. Various mix designs were used. These tests aimed to assess the various surface qualities and to make the flow behavior within the mold visible, which was achieved by adding various pigments to the concrete (Fig. 7). In the course of these tests, the casting time could be reduced by over 50%.

Outlook

The benefits of this method have already been demonstrated for various products and under most diverse conditions but there is still a long way to go until all existing options will have been explored.

In previous applications, the following advantages have become apparent:

- » short concreting periods,
- » best surface quality with low air voids ratio,
- » perfect dimensional accuracy,
- » all-round smooth or textured surfaces,
- » the option to manufacture most complex geometries in assembly position,
- » manufacture of new products and huge streamlining potential for existing products due to easy retrofitting and
- » easy up-scaling of production lines in line with market capacities.

This new method is not meant to replace or marginalize the horizontal production process. By contrast, it has opened up new opportunities to make the precast industry even more competitive.



Fig. 7 For this curved wall, various concrete mixes and pigments were used to test different surface qualities and to make the flow behavior within the mold visible.

Abb. 7 Bei dieser gekrümmten Wand wurden unterschiedliche Betonsorten mit entsprechenden Einfärbungen genutzt, um unterschiedliche Oberflächenqualitäten zu erproben sowie das Strömungsverhalten innerhalb der Schalung zu verdeutlichen.

können Produkte produziert werden, die im horizontalen Verfahren schwierig oder unmöglich herzustellen sind. Durch die Einbeziehung aller wichtigen bekannten umlauftechnischen Komponenten (Querfahrt, Reibradantriebe, Rollenbahn, Steuerungstechnik) können alle Vorteile auch in einem wachsenden Konzept realisiert werden. Die Kontrolle während des Befüllvorgangs wird durch die Komponenten Überlaufventil, Überlaufsicherung sowie der Funkfernbedienung ermöglicht.

Weitere Anwendungen

Die neue Verfahrenstechnik eignet sich auch für die Herstellung anderer Produkte sowie zur Integration in eine bestehende Schalungstechnik, die jedoch auf ihre Druckresistenz überprüft werden muss. Bisher wurden auch Schalungen für Tübbinge, Mülltonnenboxen, Treppen und Schallschutzwände mit dieser Technologie befüllt.

In einem besonderen Beispiel wurde eine gekrümmte Wand mit Fuß mit 6 m³ Beton stirnseitig befüllt. Dabei wurde die bestehende Schalung mit einem Deckel versehen und es wurden unterschiedliche Betonrezepturen verwendet. Ziel dieser Versuche war es, die unterschiedlichen Oberflächenqualitäten zu prüfen sowie das Strömungsverhalten in der Schalung erkennbar zu machen – dies wurde durch unterschiedliche Farbgebung des Betons ermöglicht (Abb. 7). Die Befüllzeit konnte in diesen Versuchen mehr als halbiert werden.

Ausblick

Die Vorteile dieser Verfahrenstechnik wurden bereits an verschiedenen Produkten und unter unterschiedlichsten Rahmenbedingungen nachgewiesen, wobei noch lange nicht alle Möglichkeiten untersucht wurden.

Bei den bisherigen Einsätzen haben sich folgende Vorteile herauskristallisiert:

- » schnelle Betonierzeiten,
- » beste Oberflächenqualitäten mit geringem Luftporengehalt,
- » optimale Maßhaltigkeiten,
- » allseits schalungsglatte oder profilierte Oberflächen,
- » Möglichkeit der Herstellung schwierigster Geometrien in Einbaulage,

- » Herstellung neuer Produkte sowie großes Rationalisierungspotenzial bei bestehenden Produkten durch einfache Nachrüstbarkeit sowie
- » einfache Anpassbarkeit wachsender Produktionsanlagen an Marktkapazitäten.

Durch diese neue Verfahrenstechnik, die keineswegs die horizontale Fertigung ersetzen oder verdrängen will, sind Möglichkeiten geschaffen worden, die der Fertigteilindustrie weitere Wettbewerbsvorteile bieten.