

## Compression testing machines

### Tests for high-strength and high-performance concrete

#### Druckprüfmaschinen

#### Prüfungen für Hochfesten Beton und Hochleistungsbeton

##### Address/Anschrift

FORM+TEST  
Seidner & Co. GmbH  
Prüfsysteme  
Zwiefalter Strasse 20  
88499 Riedlingen/ Germany  
Tel.: +49 7371 9302-35  
Fax: +49 7371 9302-99  
linker@formtest.de  
www.formtest.de

Von Dennerl KG  
Von Dennerl Str. 1  
88132 Schleswig-Holstein/Germany  
Tel.: +49 832 71 00  
Fax: +49 832 71 00  
info@dennerl.de  
www.dennerl-baustoffe.de

According to the usual definitions high-strength concretes as such are distinguished by a compressive strength  $> 65 \text{ N/mm}^2$  and high-performance concretes as such by a high degree of tightness, resistance to physical or chemical impacts, strength and self-compaction. Using the raw materials and processing methods common in practice it is already possible to realize building components with compressive strengths of about  $150 \text{ N/mm}^2$ .

Mortar and concretes with a compressive strength of up to  $800 \text{ N/mm}^2$  are currently under development. Typical fields of application of high-strength concrete and high-performance concrete are:

- » components subject to compression loading (e.g.: columns and walls)
- » components subject to bending load (e.g.: bridge girders and beams)
- » components subject to high mechanical and environmental load (e.g.: tunnels, industrial floors, road construction parts and offshore structures)
- » components subject to high chemical load (e.g.: cooling towers, agricultural components with protection against fermentation and fodder acids)
- » composite structures (e.g.: steel coated columns)
- » special constructions (e.g.: bank vaults, screw piles)

Therefore, both concrete types, high-strength concretes and high-performance concretes, make very high demands on personnel and equipment concerning manufacturing and processing, surveillance and quality assurance and in particular in terms of compressive strength testing.

Nach den üblichen Definitionen zeichnen sich hochfeste Betone als solche mit Druckfestigkeiten  $> 65 \text{ N/mm}^2$  und Hochleistungsbetone als solche mit hoher Undurchlässigkeit, Widerstand gegen physikalische oder chemische Einwirkungen, Festigkeit und Selbstverdichtung aus. Mit den praxisüblichen Ausgangsstoffen und Verarbeitungsverfahren sind Bauteile mit Druckfestigkeiten um  $150 \text{ N/mm}^2$  bereits realisiert.

Mörtel und Betone mit Druckfestigkeiten bis  $800 \text{ N/mm}^2$  befinden sich aktuell in der Entwicklung. Typische Einsatzbereiche von Hochfestem Beton und Hochleistungsbeton bieten sich bei:

- » druckbeanspruchten Bauteilen (z.B. Stützen und Wände)
  - » biegebeanspruchten Bauteilen (z.B. Brückenträger und Balken)
  - » Bauteilen mit hoher mechanischer und Umweltbelastung (z.B. Tunnel, Industriefußböden, Straßenbau-teile und Offshore-Bauwerke)
  - » Chemisch hoch beanspruchten Bauteilen (z.B. Kühl-türme, landwirtschaftliche Bauteile mit Schutz gegen Gär- und Futtersäuren)
  - » Verbundkonstruktionen (z.B. stahlummantelte Stützen)
  - » Spezialkonstruktionen (z.B. Tresore, Schraubpfähle)
- Beide Betonarten, Hochfeste Betone und Hochleistungsbetone, stellen daher sowohl in der Herstellung und Verarbeitung, Überwachung und Qualitätssicherung insbesondere bei der Druckfestigkeitsprüfung sehr hohe Anforderungen an Personal und Ausrüstung.

**Fig. 1** Illustration of a specimen failure at 3750 images per second.

**Abb. 1** Aufnahme eines Probenbruchs mit 3750 Bildern pro Sekunde.



## Compressive strength testing

The compressive strength is the most important property of concrete. This is used as reference unit for the classification of concrete. For historical reasons but also for the sake of better handling the compressive strength is determined with the aid of cubes and cylinders.

In Germany and Europe for testing purposes concrete cylinders measuring 150 mm in diameter x 300 mm in height and/or concrete cubes with an edge length of 150 x 150 mm after storage are used according to EN 12390-2. The test specimens have to comply with the requirements of EN 12390-1. At the beginning, at least 3 specimens have to be tested from different ready-mix trucks for a maximum of 50 m<sup>3</sup> concrete placed per day. According to EN 12390-4 compression testing machines of at least of quality class 2 in compliance with DIN 51220 / EN 7500-1 are required as testing device. It is however highly recommended to use servo-hydraulic testing machines with adjustable rupture recognition of quality class 1.

In the past, many owners of an „old“ compression testing machines, in particular such with testing frames made of a welded constructions, two-column testing frames but also four-column testing frames with screwed nuts, badly damaged and even partly entirely destroyed their testing frames when testing specimen cylinders and cubes of high-strength concrete.

Form + Test Prüfsysteme located in the Swabian city of Riedlingen have carried out extensive studies and tests with high-strength specimen cylinders with a diameter of 150 x 300 mm with various compression testing frames and have documented these test series by means of a high-speed camera with image sequences of 2500 / 3750 and 10000 images per second. These tests confirmed in practice and quite comprehensible for all users the theoretical assumptions and calculations of the development department. The result of this are compression testing machine frames and/or auxiliary equipment for compression testing frames that were especially developed for the testing of high-strength and high-performance concrete. Among others, there is the testing frame that was designed as a four-column model with an extremely high degree of torsional stiffness and the least possible expansion applying maximum test load. The bottom pressure plate of this model is screwed with the piston through clamping elements. The pendulum axles or also called „Kalotte“ is made of special steel as reinforced version in an especially optimized production process. Insulating material at the machine frame provides for best possible stroke absorption.

For load measurement there is a precision liquid pressure transducer with overload protection and recoil throttling. The guard door of the shatter protection is locked by a closable door limit switch. As to realize the fast reaction times required for precise and consistent measured values a very fast reacting servo valve is used. The further developed digital control system DigiMaxx® provides for the high test frequency (sampling rate). Special software is available for measurement logging and data storage as well as for evaluation and issuing of test reports. Further applications are displacement and/or deformation control. It goes without saying that these compression testing machines can also be used for testing the compressive strength of concrete specimens according to EN 12390-3 (compressive strength) and the elasticity module.

## Prüfung der Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit ist die wichtigste Eigenschaft des Betons. Diese wird als Leitgröße für die Klassifizierung verwendet. Aus historischen Gründen - aber auch aus Gründen der besseren Handhabbarkeit - wird die Druckfestigkeit an Würfeln und Zylindern ermittelt.

Bei der Prüfung in Deutschland und Europa werden Betonzyylinder mit den Abmessungen Durchmesser 150 : Höhe 300 mm bzw. Betonwürfel mit der Kantenlänge von 150 x 150 mm nach Lagerung gemäß EN 12390-1 verwendet. Die Probekörper müssen die Anforderungen der EN 12390-1 erfüllen. Aus verschiedenen Fahrmisschier sind zu Beginn mindestens 3 Probekörper für höchstens 50 m<sup>3</sup> je Betoniertag zu prüfen. Als Prüfvorrichtung sind Druckprüfmaschinen nach EN 12390-4 mindestens der Güteklaasse 2 nach DIN 51220 / EN 7500-1 gefordert, dringend empfohlen sind jedoch servohydraulisch geregelt Prüfmaschinen mit einstellbarer Bruchwerterkennung der Güteklaasse 1 zu verwenden.

Viele Besitzer von „alten“ Druckprüfmaschinen, insbesondere mit Prüfrahmen aus Schweißkonstruktionen, 2-Säulen Prüfrahmen aber auch 4-Säulen-Prüfrahmen mit aufgeschraubten Muttern haben in der Vergangenheit mit Prüfungen an Probezyliner und -würfel aus Hochfesten Beton Ihre Prüfrahmen stark beschädigt und zum Teil komplett zerstört.

Form + Test Prüfsysteme aus dem schwäbischen Riedlingen hat umfangreiche Untersuchungen und Prüfungen an hochfesten Probezylinern (150 x 300 mm) an verschiedenen Druckprüfrahmen durchgeführt und diese Testserien mit einer Hochgeschwindigkeitskamera mit Bildfolgen von 2500 / 3750 und 10000 Bilder pro Sekunde dokumentiert. Dabei wurden die theoretischen Annahmen und Berechnungen der Entwicklungsabteilung auch praktisch und für alle Anwender nachvollziehbar bestätigt.

Das Resultat sind speziell für die Prüfungen von Hochfesten und Hochleistungsbetonen entwickelte Druckprüfmaschinenrahmen bzw. Zusatz-Ausrüstungen für diese Druckprüfrahmen. Es handelt sich dabei u.a. um die Konstruktion eines Prüfrahmens in spezieller 4-Säulen-Ausführung der über eine extrem hohe Verwindungssteifigkeit und einer kleinstmöglichen Aufweitung unter maximaler Prüflast verfügt. Die untere Druckplatte wird bei diesen Ausführungen über Spannelemente mit dem Kolben verschraubt. Die Pendelachse oder auch Kalotte genannt wird als verstärkte Ausführungen aus Spezialstahl in der eigens dafür optimierten Produktion gefertigt. Dämmelemente am Maschinenrahmen sorgen für bestmögliche Schlagabsorbierung.

Die Kraftmessung erfolgt durch Präzisions-Flüssigkeitsdruckaufnehmer mit Überlastungsschutz und Rückstoßdrossel. Die Schutztür des Splitterschutzes wird über einen schließbaren Türenschalter verriegelt. Damit die für präzise und reproduzierbare Messwerte notwendigen hohen Reaktionszeiten realisieren werden können, wird ein besonders schnell reagierendes Servoventil verwendet. Der weiterentwickelte Digitalregler DigiMaxx® sorgt für die notwendige hohe Messfrequenz (Abtastrate). Zur Messwertaufzeichnung und -speicherung sowie Auswertung und Erstellung von Prüfprotokollen ist spezielle Software verfügbar. Als zusätzliche Erweiterungen sind Kolbenweg- bzw. Deformationsregelungen einsetzbar. Auch für Prüfungen der Druckfestigkeit an Betonproben nach EN 12390-3 (Druckfestigkeit) und für das Elastizitätsmodul können diese Druckprüfgeräte selbstverständlich verwendet werden.



Fig. 2 Compressive testing machine frame.

Abb. 2 Druckprüfrahmen.