

Produktentwicklung Ökobeton: Erste Resultate

Vier Betonsorten mit 100% EOS Granulat 0/16 als Zuschlagstoff

1. SCC (Self Compacting Concrete) C40/50 für die Betonfertigteilproduktion
2. Hochbaubeton NPK A C30/37
3. Tiefbaubeton NPK G C45/55
4. Konstruktionsbeton «Ökobeton ohne Norm» C20/25

Wichtigste Erkenntnisse:

- Die 4 Betonsorten wurden erfolgreich mit unterschiedlichsten Anforderungen aus 100% EOS Granulat als Zuschlagstoff entwickelt. Ein selbst verdichtender Beton SCC (Self Compacting Concrete) C40/50 für die Betonfertigteilproduktion, ein Hochbaubeton NPK A C30/37, ein Tiefbaubeton NPK G C45/55 und ein Konstruktionsbeton «Ökobeton ohne Norm» C20/25. Damit unterscheidet sich EOS Beton von Beton aus Recyclingmaterial RC Beton B und RC Beton M, die als Spezialbetone im Frost- Tausalzsbereich, Beton mit sehr hohen Druckfestigkeiten (über C40/50) oder in der Fertigteilproduktion keine oder nur eine geringe Anwendungen finden (siehe KBOB 2007/2).
- Der NPK G EOS Beton konnte die höchsten Anforderungen bezüglich Karbonatisierung- XC4, Frost- Tausalz- XF4 und Chloridwiderstands XD3 erfüllen.
- Das EOS Granulat ist gemäss der Mikrobarprüfung SIA MB 2042 der IMP AG vom 7.12.2018 nicht Alkali-Aggregat reaktiv. Damit unterscheidet es sich von zahlreichen, natürlichen Gesteinskörnungen, die als Beton Zuschlagstoff in der Schweiz verwendet werden.
- EOS Beton zeigt besonders gute Eigenschaften in Bezug auf die Druckfestigkeitsentwicklung und die Wassereindringtiefe. Die IMP AG hat 5 Wassereindringversuche an verschiedenen EOS Betonen durchgeführt. Alle getesteten Betone halten den Grenzwert für wasserdichten Beton (kleiner 50 mm) ein.
- Das EOS Granulat, aufbereitet mit Prallmühle bei ca. 6 cm geöffnetem Brecher aus Ofenschlackenstücken - kompakt 100-300 mm - in der 3ten Versuchsreihe, hat einen wesentlich geringeren Zementleimbedarf als das Standardgranulat. Es konnte - aufgrund des geänderten Brechprozesses und des Materials - ein w/z_{eff} Wert von 0.41 erreicht werden. Durch eine mögliche Reduktion der Zementzugabe hat die Verwendung von diesem EOS Granulat ein grosses, wirtschaftliches und ökologisches Einsparpotential.
- Die Accelerated Aging Tests mit 30 Nässe- Trocknungszyklen sowie 28 Frost- Tauzyklen zeigen keine Auffälligkeiten gegenüber einem Referenzbeton mit einer natürlichen Gesteinskörnung als Referenzbeton.
- Der Accelerated Aging Test nach ASTM-D4792 I bewirkt - im Gegensatz zum Referenzbeton mit natürlicher Gesteinskörnung -geringfügige Abplatzungen von 0.07 bis 0.17 Flächenprozent und bei 4 von 6 Mischungen nimmt die mittlere Druckfestigkeit f_{cm} von -3.5 bis -13.4% ab. Bei der Prüfung ASTM D-4792 II werden die Proben noch zusätzlich 90 Tage draussen ohne direkte Bewitterung gelagert. Während der Lagerung erholt sich der Beton und die mittlere Druckfestigkeit f_{cm} nimmt bezogen auf f_{cm} nach 28 Tagen +16.7 bis +29.3% zu, obwohl die Fläche der sichtbaren Abplatzungen während den 90 Tagen auch zunimmt. Diese Abplatzungen werden durch Hydratation von freiem Kalk oder Magnesium hervorgerufen. Beton mit 100% Ofenschlacke ohne Pfannenschlacke zeigt ebenfalls Abplatzungen. Diese Abplatzungen konnten jedoch bei Lagerung von EOS Beton unter natürlichen, klimatischen Bedingungen nicht festgestellt werden.
- Im Juni 2018 hat die Messling AG das Eluat (TVA-Eluat-Test 1 + 2) von EOS Beton untersucht. EOS Beton ist bezüglich der Grundwasserverträglichkeit mit Primär- und RC-Beton vergleichbar. EOS Beton hält die Grenzwerte der Verordnung des Eidgenössischen Departements des Innern (EDI) über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) ein.
- Die Nachhaltigkeit von EOS-Beton im Vergleich zu Primärbeton und Recycling Beton wurde in den drei Dimensionen Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft analysiert. EOS-Beton schneidet gegenüber seinen Konkurrenten in den Teilkriterien Stoffkreisläufe, Wirtschaftlichkeit und gesellschaftliche Relevanz am Besten ab. Es besteht ein hohes Verbesserungspotential in der Verwendung von Hochofenzement oder Ökozement.

Die wichtigsten Eigenschaften und Prüfungsergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst:

Tabelle 1 : Zusammenstellung Eigenschaften und Prüfungsergebnisse von den 4 entwickelten EOS – Betonsorten: 1. SCC (Self Compacting Concrete) C40/50, 2. Hochbaubeton NPK A C30/37, 3. Tiefbaubeton NPK G C45/55 und 4. Konstruktionsbeton «Ökobeton ohne Norm» C20/25

		SCC	NPK A	NPK G	Ökobeton ohne Norm
BFH AHB	Druckfestigkeit f_{cm} [N/mm ²] Druckfestigkeitsklasse	57.8 C40/50	47.2 C30/37	56.0, C40/50 (V-Reihe 1) 58.0, C40/50 (V-Reihe 2) 53.9, C35/45(V-Reihe 3 Ofens.) 56.2, C45/55(V-Reihe 3 O+ P Schlacke)	33.2 C20/25
	Accelerated Aging 30 Nässe- Trocknungszyklen	Keine Auffälligkeiten gegenüber Referenzbeton			
	Accelerated Aging 28 Frost- Tauzyklen	Keine Auffälligkeiten gegenüber Referenzbeton			
	Accelerated Aging ASTM D-4792 I 32 Tage 70°C Wasserbad	0.07 - 0.17 Flächenprozent Abplatzungen, 4 von 6 Mischungen Reduktion Druckfestigkeit f_{cm}^* -3.5 bis 13.4 %			
	Accelerated Aging ASTM D-4792 II 32 Tage 70°C Wasserbad + 90 Tage Lagerung	0.21 - 0.53 Flächenprozent Abplatzungen, 5 von 6 Mischungen Erhöhung Druckfestigkeit f_{cm}^* +16.7 bis 29.33 %			
IMP AG	Karbonatisierung XC	-	-	XC4 (V-Reihe 2)	-
	Frost- und Tausalz XF	-	-	XF4 (V-Reihe 3 Ofens.) XF4 (V-Reihe 3 O+ P Schlacke)	-
	Wassereindringtiefe	5mm	-	17 mm (V-Reihe 1) 25 mm (V-Reihe 2)	-
	Chloridwiderstand XD	XD3	-	XD3 (V-Reihe 1) XD3 (V-Reihe 2)	-
Materialkosten [CHF/m ³]		91.2	64.4	87.0 (V-Reihe 2) 85.0 (V-Reihe 3)	51.6
Umweltbelastung [kg CO ₂ eq. / m ³]		356	261	364 (V-Reihe 3)	223

*Bezogen auf f_{cm} nach 28 Tagen

SCC: Versuchsreihe 1
NPK A: Versuchsreihe 2
NPK G: Versuchsreihen 1, 2 und 3
Ökobeton: Versuchsreihe 2