

Eignung von ziegelreichen Recycling-Baustoffen für Tragschichten ohne Bindemittel

FA 6.073

Forschungsstelle: Ruhr-Universität Bochum, Institut für Straßenwesen und Eisenbahnbau (Prof. Dr.-Ing. K. Krass)

Bearbeiter: Kollar, J.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Januar 2003

1. Aufgabenstellung

Die Aufbereitung von Baurestmassen zu Recycling-Baustoffen erfolgt nahezu mit gleich großen Mengen an Bauschutt aus der Straße und aus dem Hochbau. Hochbauabbruch enthält häufig Ziegel bzw. Ziegelmauerwerk. Die Mengen sind regional unterschiedlich. Die TL Min-StB 2000 begrenzen die zulässigen Anteile an dichten hartgebrannten Ziegeln auf max. 25 M.-% sowie an porösen, weichgebrannten Ziegeln auf max. 5 M.-%. In bisherigen Laboruntersuchungen wurde festgestellt, dass höhere Anteile an Ziegeln in einem RC-Baustoff möglich scheinen. Ziel der Forschungsarbeit sollte die Klärung der Fragen sein, ob höhere Anteile an Ziegeln in den RC-Baustoffen tatsächlich von Nachteil für die Qualität der Tragschichten ohne Bindemittel sind. Dabei sollten die Wirkungen von Ziegelbruch unterschiedlicher Qualität sowie von Anteilen an Mörtel und Putzen in den RC-Korngemischen insbesondere im Hinblick auf die Frostempfindlichkeit, Kornverfeinerung, Tragfähigkeit sowie Wasserdurchlässigkeit untersucht werden.

Die Beurteilung der bautechnischen Eigenschaften und der Eignung von RC-Baustoffen erfolgt derzeit in Anlehnung an Prüfverfahren, die für bestimmte Körnungen gelten. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Ergebnisse der Prüfverfahren an Körnungen mit den Ergebnissen der Untersuchungen an verdichteten Korngemischen verglichen.

2. Untersuchungsmethodik

Um den Einfluss der Ziegelkomponenten im RC-Gemisch zu beschreiben, wurden zunächst die Eigenschaften von unterschiedlichen Ziegelsorten untersucht. Die Ziegelsorten wurden aufgeteilt in:

- Dichte, so genannte hartgebrannte Ziegel; in dieser Gruppe, bezeichnet mit ZH, wurden alle Ziegelarten zusammengefasst, die im Außenbereich unmittelbar der Witterung ausgesetzt sind, wie Vormauerziegel, Klinker (Pflasterklinker) sowie Dachziegel (Tondachziegel),
- Hintermauerziegel unterschiedlicher Porosität, so genannte weichgebrannte Ziegel; dieser Gruppe, bezeichnet mit ZW, wurden auch Ziegel niedriger Festigkeit zugeordnet,
- Gemische aus Mauerwerksbruch mit gemischten bzw. unsortierten Ziegel-, Mörtel- und Putzanteilen,
- Als Referenzmaterial wurde ein Recycling-Baustoff ohne Ziegel, der zu rund 95 % aus Betonbruch bestand, verwendet. Mit diesem Material, bezeichnet als RC-Beton, wurden im Labor Gemische mit Anteilen an Ziegeln untersucht.

Insgesamt wurden 13 Ziegelmaterialien, die noch weiter in gebraucht und ungebraucht sowie in sortenrein und sortenunrein unterteilt waren, untersucht. An den Ausgangsmaterialien wurden die allgemeinen Eigenschaften der Stoffe, wie Korngrößen-

verteilung, Kornform, stoffliche Zusammensetzung, Dichte, Wasseraufnahme, Frostbeständigkeit sowie die Schlagfestigkeit ermittelt. An Korngemischen 0/22 mm aus den Ausgangsmaterialien wurden Proctor- und CBR-Versuche sowie Frosthebungsversuche durchgeführt.

Anschließend wurden Prüfungen an Gemischen aus RC-Beton und den Ziegelvarianten ZH, ZW und MZ mit jeweils 20 und 40 M.-% Ziegelanteil durchgeführt.

In einer weiteren Untersuchungsstufe wurden an ausgewählten Gemischen 0/32 mm bei veränderter Körnungslinie der Einfluss des Gehaltes der Körnung 0/2 mm sowie der Einfluss einer höheren Lagerungsdichte der Korngemische geprüft. An den in modifizierter Verdichtung nach Proctor eingebauten Proben wurden CBR-Wert, Wasserdurchlässigkeit sowie Frosthebung ermittelt.

3. Untersuchungsergebnisse

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse zur Kennzeichnung der unterschiedlichen Ziegelarten konnte festgestellt werden, dass eine Zuordnung der Ziegel nach hart- und weichgebrannt allein nach der äußeren Beschaffenheit der Ziegel nicht eindeutig genug ist. Dies kann zur fehlerhaften Einschätzung der Anteile an unterschiedlichen Ziegeln bei der stofflichen Zusammensetzung führen.

Bei den untersuchten Ziegelgemischen aus Mauerwerksbruch wurden schwankende Anteile der typischen Stoffgruppe festgestellt, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Bereiche der stofflichen Zusammensetzung der untersuchten Ziegelgemische

Stoffgruppe	Anteil [M.-%] in der Körnung 4/32 mm
Ziegel	39,0 bis 76,7
Mörtel/Putz/Porenbeton	12,4 bis 30,9
Beton	2,4 bis 23,7
Naturstein	4,4 bis 12,2
Sonstiges	0,2 bis 10,5

Eine bessere Kennzeichnung der Ziegel kann über die Dichte und über die Wasseraufnahme vorgenommen werden. Bei der Bestimmung der Trockenrohichte mit den Pyknometerverfahren ist allerdings der aufgenommene Wasseranteil bei den porösen Ziegeln zu berücksichtigen.

Für die Kennzeichnung der Widerstandsfähigkeit von Körnungen gegen Frost bestätigt sich bei den untersuchten Ziegelsorten der Wasseraufnahmegrad als Beurteilungskriterium. Die Anforderungen der TL Min-StB 2000 bezüglich des Frostwiderstandes sowie der Schlagfestigkeit konnten nicht von allen Ziegelarten erreicht werden.

Mit den Untersuchungen an Korngemischen 0/22 mm aus reinen Ziegelmaterialien konnten ebenfalls Unterschiede hinsichtlich der Frostempfindlichkeit der einzelnen Ziegelarten herausgestellt werden. Besonders durch die gemessenen Hebungen bei Frosthebungsversuchen sowie durch die Festigkeitsverluste der Proben nach den Frosthebungsversuchen, gekennzeichnet durch den CBR_f -Wert, wurde eine Bewertung der untersuchten Ziegelarten möglich.

Bei den Gemischen aus RC-Beton und Ziegel mit Anteilen von 20 bzw. 40 M.-% konnte festgestellt werden, dass auch bei ei-

nem erhöhten Ziegelanteil von 40 M.-% die Qualität des Gemisches hinsichtlich der Frostempfindlichkeit nicht beeinträchtigt wird. Nach der Frost-Tau-Wechsel-Beanspruchung sind bei den Gemischen aus RC-Beton und Ziegel überwiegend höhere CBR_{F} -Werte im Vergleich zu den CBR_0 -Werten ermittelt worden.

Die festgestellten Kornverfeinerungen der untersuchten Kornmische durch die Beanspruchungen aus Verdichtung, Frost-Tau-Wechsel sowie durch den anschließenden CBR-Versuch sind geringer als auf Grund der Ergebnisse der Schlagversuche an Körnungen zu erwarten ist. Auch bei der höheren Beanspruchung mit der modifizierten Proctorverdichtung wird der Feinkornanteil nicht in schädlichem Maße erhöht.

Die Wasserdurchlässigkeit der untersuchten Gemische liegt je nach Verdichtungsgrad in den Bereichen von 10–6 m/s und 10–7 m/s, jedoch unabhängig von dem Anteil an Ziegeln.

Durch die Begrenzung des Sandanteils allgemein ließ sich die Wasserdurchlässigkeit der Gemische verbessern.

4. Schlussfolgerungen

Bei den durchgeführten Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass grundsätzlich ein qualitativer Unterschied zwischen den dichten, hartgebrannten Vormauerziegeln und Pflasterklinkern sowie den porigen Hintermauerziegeln im Hinblick auf die Kornfestigkeit und die Frostempfindlichkeit besteht. Ein

Unterschied zwischen den gebrauchten und ungebrauchten Ziegeln ist jedoch nicht erkennbar. Darüber hinaus ist die vermutete Frostgefährdung durch die Ergebnisse der Frosthebungsversuche nicht bestätigt worden.

Die Qualität eines Ziegelgemisches aus Mauerwerksbruch wird wesentlich von dem Anteil an Putz und Mörtel beeinflusst. Steigende Anteile an Mörtel und Putz wirken sich negativ auf das Gebrauchsverhalten aus.

Beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit den Anforderungen an RC-Baustoffe nach TL Min-StB erscheint es sinnvoll, für die Beurteilung der Eignung von RC-Baustoffen für Tragschichten ohne Bindemittel spezielle Festlegungen zur Prüfung der Eigenschaften am Gesamtgemisch zu treffen. Gegenüber einer Beurteilung gemäß den geltenden Anforderungen für Schlag- und Frostwiderstand, geprüft an Einzelkörnungen, weisen die Untersuchungen zur Kornverfeinerung sowie die Frosthebungsversuche auf ein positives bautechnisches Verhalten der Gesamtgemische hin.

Ausgehend von den vorliegenden Ergebnissen wird eine Modifizierung der Anforderungen an die stoffliche Zusammensetzung von RC-Baustoffen in den TL Min-StB vorgeschlagen. Danach dürften in einem RC-Baustoff bis zu 30 M.-% Ziegel enthalten sein. Die Unterscheidung der Ziegel nach hart- und weichgebrannt kann entfallen. □