

Zukunft Bau

STRUKTUR / GLIEDERUNG KURZBERICHT

Titel

Innovative Hybridverankerungen von Zuggliedern aus ultra-hochfesten Betonen und faserverstärkten Kunststoffen

Anlass/ Ausgangslage

Bisher wird die Lastübertragung von Zuggliedern auf das Bauwerk meist durch sehr massive Stahlplatten sichergestellt. Durch die Entwicklung von Hybridverankerungen, die aus einem Kern aus ultrahochfestem Beton (UHPC) und einem, den Kern umschnürenden, Zugring aus Stahl oder Faserverbundkunststoffen (FVK) bestehen, soll eine neue, leichtere, ressourcenschonende und wirtschaftliche Alternative zu den Stahlplatten geschaffen werden.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Hybridankerplatten sollen gegenüber den bisher üblicherweise verwendeten schweren Stahlplatten eine neuartige Lösung für die Lastweiterleitung und Lastverteilung von hochfesten Zuggliedern auf das darunter liegende Bauwerk darstellen. Die großen Kräfte aus den Zuggliedern sollen dabei durch einen Kern aus ultrahochfestem Beton, der eine optimale Aufnahme des Verankerungselements (Mutter, Lochscheibe, Ankerkopf) bewerkstelligt, und eine zugfeste Umschnürung aus Stahl oder Faserverbundwerkstoffen aufgenommen und in das Bauwerk weitergeleitet werden (vgl. Bild 1). Durch die Verwendung von UHPC und die Reduzierung des benötigten Stahls soll unter anderem eine erhebliche Reduzierung des Gewichts erreicht werden.

Um Hybridanker für die zukünftige Anwendung als Verankerungselement zu entwickeln, wird zunächst eine Formfindung und Vordimensionierung der Hybridankerplatten durchgeführt. Hierfür wurden die statischen Einwirkungen entsprechend der Europäischen Richtlinie zur Zulassung von Spannverfahren (ETAG 013), sowie die zu erwartenden charakteristischen Materialeigenschaften der verwendeten Materialien herangezogen. Bei der Bestimmung der Abmessungen wurde ein Druckstrebenmodell für die Lastverteilung innerhalb der Hybridankerplatte und eine Analogie aus der Geotechnik für starre Körper auf weichem Untergrund für die Lastweiterleitung unterhalb der Hybridankerplatte genutzt (vgl. Bild 2).

Der tatsächliche mechanische Bauteilwiderstand der ermittelten Hybridankergeometrien wurde durch ein umfangreiches experimentelles Versuchsprogramm untersucht. Dies umfasste Druckversuche und Lastübertragungsversuche an Hybridankerplatten unter Variation der Parameter UHPC-Festigkeit, Umschnürungsart, Verankerungsart, Auflagersituation und Hybridankerabmessungen zur Ermittlung des mechanischen Kurzzeitverhaltens sowie Ermüdungsversuche und Dauerstandversuche zur Bestimmung der Einflüsse aus einer Langzeitbelastung. Neben Hybridankerplatten mit einem außenliegenden Zugring aus Stahl oder Faserverbundkunststoffen wurde hierbei auch eine Variante mit einer einbetonierten Wendelbewehrung als Um-

schnürung getestet. Die Druckversuche (vgl. Bild 3) zeigten unter anderem, dass die Hybridankerplatten entlang der Verbindungslinie zwischen der Auflagerlinie des Verankerungselements und der Öffnung im Untergrund durch ein Durchstanzen des UHPC versagten (vgl. Bild 7). Die Lastübertragungsversuche nach ETAG 013 (vgl. Bild 4) zeigten, dass die Traglasten abhängig von der Steifigkeit des Betonkörpers sind und bestätigten das zur Vordimensionierung herangezogene Modell aus der Geotechnik. In den Ermüdungsversuchen nach ETAG 013 (vgl. Bild 5) konnte sowohl für eine Schwingbreite von 80 als auch von 100 MPa kein Versagen nach zwei Millionen Lastwechseln festgestellt werden. Die Dauerstandfestigkeit der Hybridankerplatten wurde mit den durchgeführten Dauerstandversuchen (vgl. Bild 6) zu mindestens 90% der kurzzeitig ertragbaren Last ermittelt.

Zusätzlich zur experimentellen Bestimmung des mechanischen Verhaltens erfolgte für ausgewählte Druckversuche eine Überprüfung der Ergebnisse mit Hilfe von Finite-Elemente-Simulationen mit dem Programm ANSYS 14.5.

Der zu erwartende Bauteilwiderstand der Hybridankerplatten gegen chemische und physikalische Einwirkungen, wie beispielsweise Salze, Säuren, Laugen, Temperatur, Feuchte oder Frost, wurde basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche zu den Dauerhaftigkeitseigenschaften der verwendeten Materialien UHPC, Stahl und Faserverbundkunststoff eingeschätzt und sinnvolle zusätzliche Schutzmaßnahmen wurden herausgearbeitet.

Auf Grundlage der experimentellen und theoretischen Untersuchungen wurde ein Bemessungskonzept entwickelt, mit dem die erforderlichen Mindestabmessungen für den Außendurchmesser, die Höhe und die Ringdicke der Hybridankerplatte in Abhängigkeit von der geforderten Bemessungslast bestimmt werden können.

Schließlich werden die gemachten Erfahrungen bei der Fertigung der Hybridankerplatten zusammengefasst und daraus resultierende Vorschläge zur Realisierung einer Serienfertigung vorgestellt. Abschließend wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Herstellung einer Hybridankerplatte durchgeführt und das Ergebnis wurde mit den Kosten für eine herkömmliche Stahlplatte mit gleicher Bemessungslast verglichen.

Fazit

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass Hybridankerplatten Stahlplatten bei der Verankerung von Zuggliedern wirtschaftlich sinnvoll ersetzen können und dabei die Anforderungen hinsichtlich kurzzeitiger und dauerhafter mechanischer Belastung erfüllen sowie ausreichend Widerstand gegenüber den meisten chemischen und physikalischen Einwirkungen bieten.

Das entwickelte Bemessungsmodell ermöglicht die Ermittlung der erforderlichen Mindestabmessungen der Hybridankerplatten in Abhängigkeit von der geforderten Bemessungslast.

Hybridankerplatten mit einbetonierter Wendelbewehrung bieten insbesondere aufgrund des guten Korrosionsschutzes ein hohes Potential und sollten weiter untersucht werden.

Eckdaten

Kurztitel: Hybridverankerungen

Forscher / Projektleitung:

Lehrstuhl für Massivbau (TUM), Projektleiter: Prof. Oliver Fischer

Weiber Hock Forschungs GbR (WHF GbR),

Verantwortlicher: Dr.-Ing. Hermann Weiher

Gesamtkosten: 199.300,00 €

Anteil Bundeszuschuss: 129.300,00 €

Projektlaufzeit: bis 31.03.2014

BILDER/ ABBILDUNGEN:

Bild 1: Prinzip Hybridanker de-eng.jpg

Bildunterschrift: Wirkprinzip der Hybridankerplatten (links: Verankerung eines Stabs mit Kugelbundmutter; rechts: Verankerung von Litzen über Keilträger)

Bild 2: Vordimensionierung de.jpg

Bildunterschrift: Randbedingungen zur Bestimmung der Geometrie der Hybridankerplatten

Bild 3: Druckversuch de.jpg

Bildunterschrift: Exemplarischer und schematischer Versuchsaufbau Druckversuch

Bild 4: Lastübertragungsversuch de.jpg

Bildunterschrift: Exemplarischer und schematischer Versuchsaufbau für Lastübertragungsversuche

Bild 5: Ermüdungsversuch de.tif

Bildunterschrift: Exemplarischer und schematischer Versuchsaufbau für Ermüdungsversuche

Bild 6: Dauerstandversuch de.tif

Bildunterschrift: Exemplarischer und schematischer Versuchsaufbau für Ermüdungsversuche

Bild 7: Hybridanker nach Druckversuch.tif

Bildunterschrift: Exemplarische Hybridankerplatte nach Ende eines Druckversuchs (links: Oberseite des Hybridankers; rechts: Unterseite des Hybridankers)