Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 99 (1981)

Heft: 4

Artikel: Spannkabelverankerung für geringe Betonfestigkeiten: Entwicklung, Funktionsweise und Anwendungsbereiche

Autor: Däniker, Jürg / Mäder, Armin

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74415

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 24.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Spannkabelverankerung für geringe Betonfestigkeiten

Entwicklung, Funktionsweise und Anwendungsbereiche

Von Jürg Däniker, und Armin Mäder, Zürich

Ausgehend von den Wünschen der Unternehmer und Ingenieure nach früheren Spannterminen darf festgestellt werden, dass mit der BBRV-Rapid-Verankerung ein Mittel zur Verfügung steht, das den vielseitigen Anforderungen voll entspricht: erprobte Verankerung für volle Vorspannkraft bei einer Betonfestigkeit von 20 N/mm²; vorteilhafte Konstruktion: kompakte Verankerung mit ausreichendem Platzangebot für die Bewehrung und für eine genügende Betonüberdeckung; Wirtschaftlichkeit: geringe Mehrkosten bei der Herstellung der Verankerung, jedoch keine Mehraufwendungen für den Unternehmer. Die Rapid-Verankerung als patentrechtlich geschützte Neuheit stellt eine Ergänzung des BBRV-Ankersortimentes dar, welches auf moderne Baumethoden zugeschnitten ist.

Einleitung

Beim Vorspannen von Betonkonstruktionen mit Spannkabeln werden meistens grosse Kräfte konzentriert eingeleitet, die im Verankerungsbereich eine hohe Betonfestigkeit voraussetzen. Die für das Vorspannen nötige Betonfestigkeit wird erst nach einer gewissen Wartezeit erreicht oder setzt die Anwendung spezieller, beschleunigender Massnahmen voraus.

Längere Wartezeiten stehen jedoch, besonders bei in Etappen hergestellten

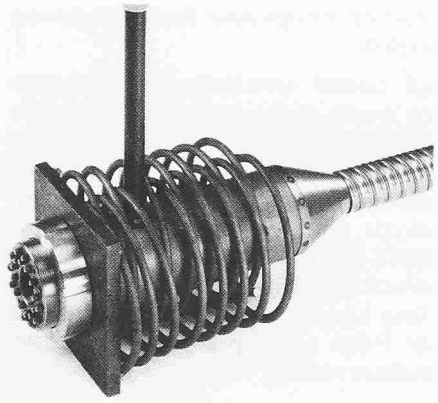


Bild 1. BBRV-Rapid-Verankerung Typ BR-1000 (22 ∅ 7 mm)

Spannbetonkonstruktionen, im Widerspruch zur wirtschaftlichen Forderung nach möglichst rascher Wiederverwendung des Gerüst- und Schalungsmaterials.

Unternehmer wie auch Vorspannfirmen sind deshalb an Lösungen interessiert, die das Vorspannen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt erlauben. Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten:

1. Beeinflussung des Betons zur Erzielung einer hohen Frühfestigkeit, zum Beispiel durch entsprechende Betonrezeptur, durch Zugabe von Abbindebeschleunigern oder durch Zufuhr von Wärme [1, 2].

   Oftmals verursachen solche Massnahmen höhere Kosten oder führen zur Verschlechterung von anderen wichtigen Betoneigenschaften wie zum Beispiel Schwinden, Kriechen, Endfestigkeit.

2. Anwendung von Spezialverankerungen für Spannkabel mit dem Ziel, die lokale Beanspruchung des Betons im Bereiche der Verankerung möglichst gering zu halten.

Der an zweiter Stelle genannten Möglichkeit ist eindeutig der Vorzug zu geben, weil sie auf der Baustelle zu keinem zusätzlichen Aufwand führt und deshalb unternehmerfreundlich ist. Im vorliegenden Aufsatz werden die Entwicklung, die Eigenschaften sowie die Anwendungsmöglichkeiten einer BBRV-Spezialverankerung für geringe Betonfestigkeit beschrieben. (Bild 1)

Zielsetzung und Anforderungen

Als Ziel wurde festgelegt, dass Spannkabel mit der zu entwickelnden Spezialverankerung bei einer Betonfestigkeit von 20 N/mm² in einem Arbeitsgang auf die volle Kraft vorgspannt werden können. Der Wert von 20 N/mm² ist mit hochwertigem Beton zuverlässig nach spätestens 2 bis 3 Tagen zu erreichen [2].

Konstruktive und ausführungstechnische Randbedingungen verschiedener Anwendungsgebiete stellen vielfältige Ansprüche an eine Verankerung dieser Art:

1. Die Spezialverankerung soll keine wesentlich grösseren Abmessungen aufweisen als die entsprechende Normverankerung, dies vor allem im Hinblick auf die Anwendung in Platten und schmalen Stegen (genügende Betonüberdeckung).
2. Die schlaffe Bewehrung in der Verankerungszone, vor allem die Spaltzugbewehrung, muss ohne Schwierigkeiten eingebaut werden können.
3. Dem Unternehmer dürfen keine Mehraufwendungen, zum Beispiel beim Verlegen oder bei der Ausbildung der Ankernischen, entstehen.
4. Die Kosten der Spezialverankerung dürfen nicht wesentlich über denjenigen der entsprechenden Normverankerung liegen.

Neben diesen Anforderungen muss in erster Linie die Gewährleistung einer genügenden Rissesicherheit im Gebrauchszustand, das heisst bei voller Vorspannkraft und reduzierter Betonfestigkeit, erfüllt sein. Eine Steigerung der Bruchlast ist nicht unbedingt erforderlich, da selbst die BBRV-Normanker bei vergleichsweise geringer Betonfestigkeit genügende Bruchsicherheit aufweisen.

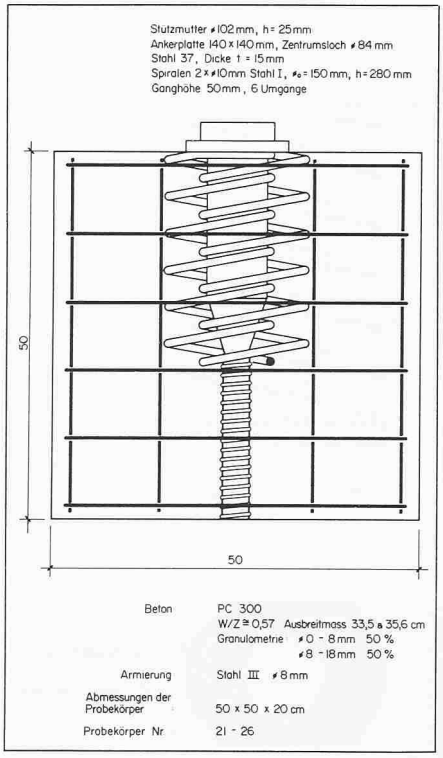


Bild 2. Aufbau der Probekörper mit variabler Plattenstärke t zur Ermittlung des Einflusses der Plattensteifigkeit

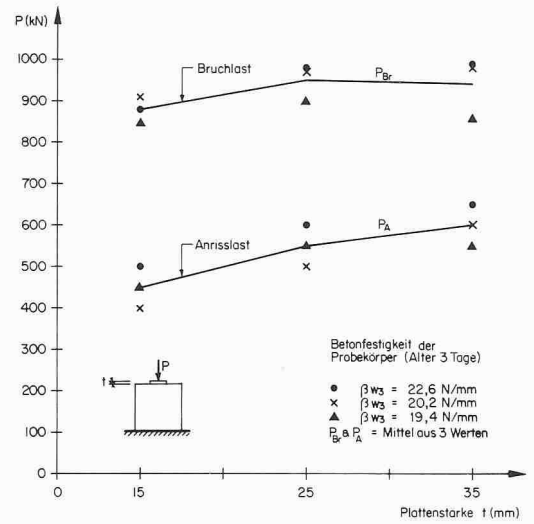


Bild 3. Einfluss der Plattenstärke t auf die Anrisslast und Bruchlast.

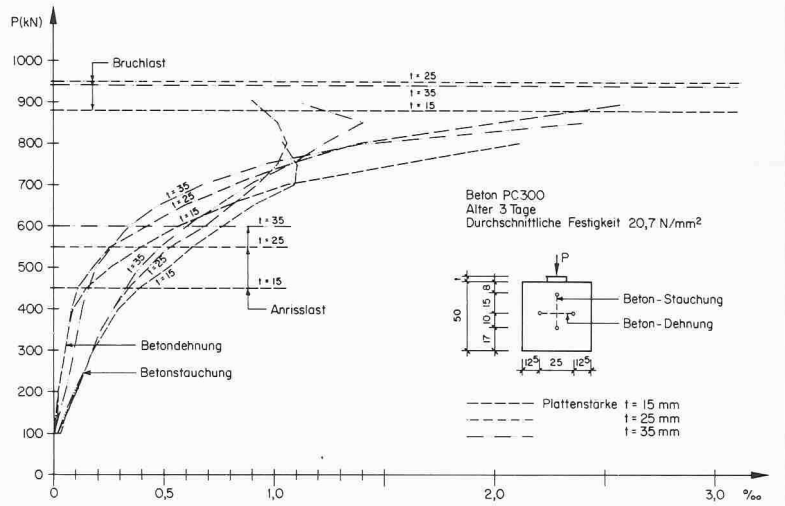


Bild 4. Beton-Dehnungen und Stauchungen in Abhängigkeit der Plattenstärke t (Mittelwerte aus je 3 Versuchen).

Mögliche Lösungen

Die zur Lösung der gestellten Aufgaben führenden Möglichkeiten lassen sich in folgende Gruppen einteilen und sofort auf ihre Eignung beurteilen:

- Verwendung von vorgefertigten Ankerblöcken: sowohl das grosse Volumen als auch das grosse Gewicht wirken sich nachteilig aus.
- Verstärkung der Ankerplatte mit zusätzlichen Stahlteilen, parallel zur Kabelaxe in Form von in den Beton eingreifenden Schlaudern oder quer zur Kabelaxe in Form von zusätzlichen Abstützflächen: Früher durchgeführte Versuche zeigten kein verbessertes Tragverhalten.
- Versteifung der Ankerplatte: Mit zunehmender Steifigkeit der Ankerplatte ist bekanntlich eine gleichmässigere Verteilung der Pressung und somit eine Reduktion der Spreizkräfte zu erwarten. [3, 4, 5, 6]
- Einbau und entsprechende Bemessung einer Zusatzbewehrung unter der Ankerplatte mit dem Zweck, die hochbeanspruchte Zone gegen Ausbrechen des Betons zu sichern.

Von den aufgeführten Möglichkeiten wurden nur die beiden zuletzt erwähnten als erfolgsversprechend weiter untersucht.

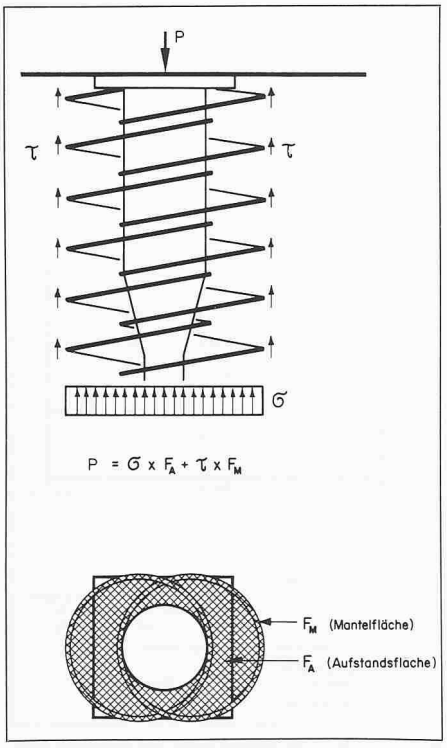


Bild 5. Berechnungsmodell für die Vordimensionierung der Verankerung mit Doppelspirale

Versteifung der Ankerplatte

Der Einfluss der Plattensteifigkeit auf das Tragverhalten einer Vorspannverankerung wurde mit folgenden Versuchen abgeklärt:

9 Probekörper wurden gemäss Bild 2 mit verschiedenen Plattenstärken t = 15, 25 und 35 mm, bei einer Betonfestigkeit von ca. βw = 20 N/mm², bis zum Bruch belastet.

Die im Bild 3 dargestellten Resultate zeigen den erwarteten Anstieg der Anrisslast (Auftreten des ersten sichtbaren Risses mit einer Rissbreite von ≧ 0.05 mm). Die Bruchlast wurde jedoch nur unwesentlich beeinflusst.

Die im Bild 4 eingetragenen Dehnungsmessungen bestätigen die erwartete Reduktion der Spreizkräfte mit zunehmender Plattenstärke.

Die Schwächung des Betonquerschnittes durch den Spannkanal und die Trompete bestimmte im Versuch, unabhängig von der Plattenstärke, die Lage des zuerst auftretenden Risses. Dieser durch die Spreizkraft ausgelöste, parallel zur Trompete verlaufende Riss öffnet sich mit zunehmender Belastung ohne wesentliche Verästelung. Das ungünstige Rissbild ist der Hauptgrund, weshalb die Lösung mit versteifter Ankerplatte nicht weiter verfolgt wurde. Dazu kommt, dass die Zunahme der Ankergewichte und damit die Mehrkosten für Anker und Verlegen nicht unbedeutend gewesen wären.

Verankerung mit Doppelspirale

Versuche über Teilflächenbelastung von Normalbeton [7] an der Universität München zeigten, dass eine Spiralbewehrung die optimale Bewehrungsform darstellt.

Auf Grund verschiedener Überlegungen wurde die Verstärkung der Spiralbewehrung durch Anordnung von zwei ineinandergreifenden Spiralen erzeugt. Alle übrigen Bestandteile des Spezialankers entsprechen den üblichen BBRV-Normteilen, so insbesondere Ankerkopf, Ankerplatte und Trompete. Diese Lösung mit Doppelspirale soll in der Folge als Rapid-Verankerung bezeichnet werden.

Wirkungsweise der Rapid-Verankerung

Die Wirkungsweise der Rapid-Verankerung beruht darauf, dass die Ankerplatte zusammen mit der Doppelspirale einen umschnürten Verankerungskörper bildet. Dieser weist gegenüber den Normverankerungen eine wesentlich grössere Aufstands- sowie Mantelfläche auf und ist dadurch in der Lage, die Beanspruchung des Betons (Pressung σ in der Aufstandsfläche und Schubspan-

nung τ entlang der Mantelfläche, Bild 5) wesentlich zu reduzieren.

Mit dem im Bild 5 skizzierten Modell ist eine grobe Vordimensionierung der Verankerung möglich. Für die Dimensionierung wurde die SIA 162 beigezogen; die Betonpressungen hinter dem Verankerungskörper liegen in der Grössenordnung, wie sie im Artikel 5.11 vorgeschrieben sind. Der komplexe Mechanismus der Kraftübertragung vom Ankerkopf auf die Platte und über den von der Doppelspirale umschnürten Verankerungskörper in die umliegende Betonkonstruktion konnte jedoch nur mittels umfangreichen Versuchen erfasst werden.

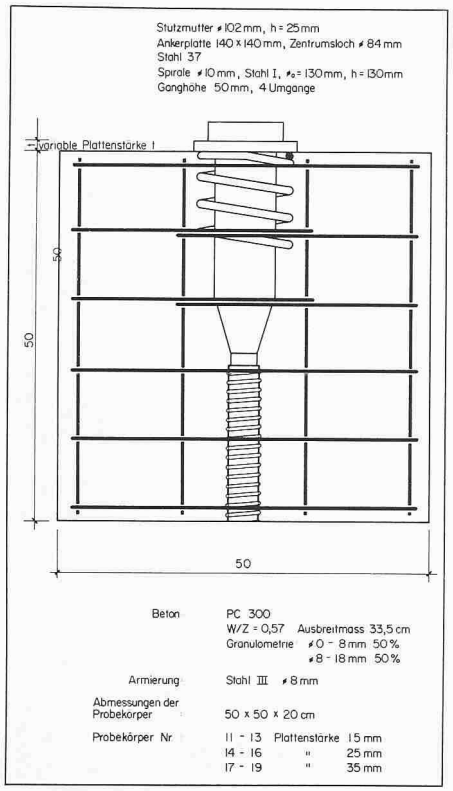


Bild 6. Aufbau der Probekörper mit Doppelspirale

Der Nachweis der Wirkungsweise der Rapid-Verankerung erfolgte an Probekörpern, wie sie im Bild 6 dargestellt sind. Eine minimale schlaffe Armierung wurde für die Aufnahme der Spreizkräfte angeordnet, wie sie auch bei üblichen vorgespannten Konstruktionen erforderlich wäre. Die Probekörper wurden zwei Tage nach dem Betonieren bei einer angestrebten Würfeldruckfestigkeit von $\beta w = 20\ N/mm^2$ geprüft. Die effektiv erreichten Festigkeiten wurden mit dem Prüfhammer sowie mit Würfelproben und Kernbohrungen bestimmt.

Die im Bild 7 dargestellten Kurven zeigen eine Zusammenstellung der Resultate der vergleichenden Hauptversuche zwischen der Normverankerung Typ B 360 und der Rapid-Verankerung Typ BR 360. Die Resultate der Normverankerung stellen Mittelwerte aus drei Einzelversuchen dar, diejenigen der Rapid-Verankerung Mittelwerte aus sechs Einzelversuchen, normiert auf dieselbe Betonfestigkeit wie die Versuche mit der Normverankerung. Bemerkenswert sind die viel geringeren Betonquerdehnungen bei der Rapid-Verankerung, die zu einem günstigeren Rissbild (Bild 8) führen. Die Doppelspirale bewirkt eine Verästelung des sonst mittig und konzentriert auftretenden Risses, zudem öffnen sich die Risse infolge der behinderten Querdehnung entsprechend weniger.

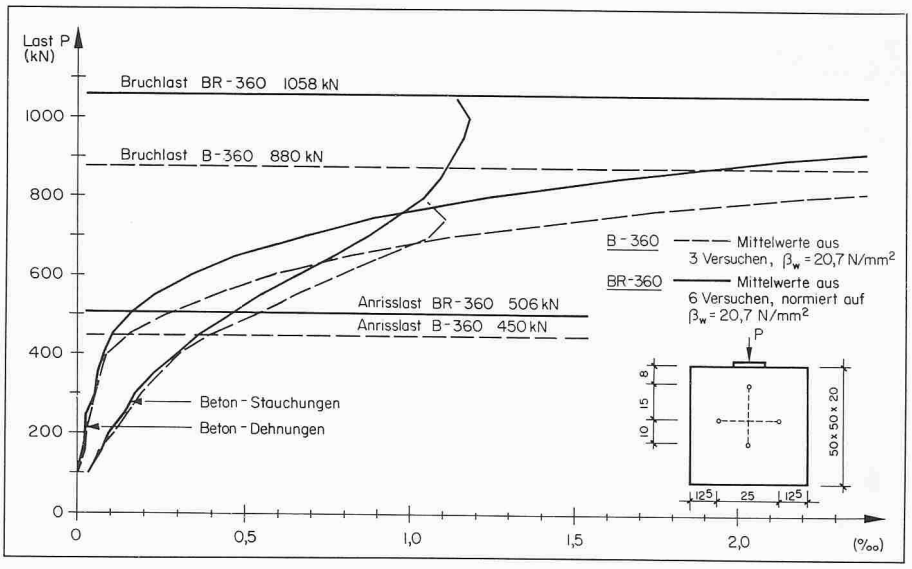
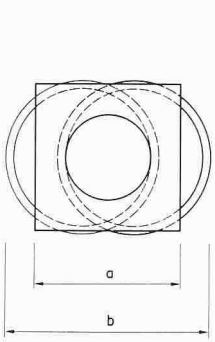


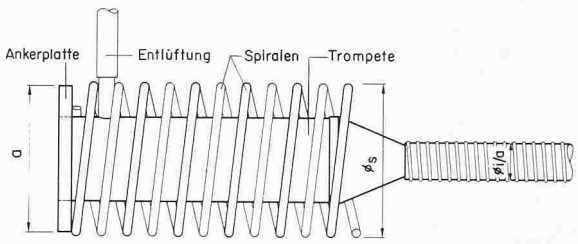
Bild 7. Beton-Dehnungen und Stauchungen (Durchschnittswerte mehrerer Versuche) Vergleich zwischen Normverankerung Typ B-360 und Rapid-Verankerung mit Doppelspirale, Typ BR-360

Die Versuchsergebnisse bestätigen, dass die dem Berechnungsmodell zugrunde gelegten zulässigen Betonpressungen eher konservativ sind, was schon früher in [7] gezeigt wurde. Die Doppelspirale führt zudem, im Gegensatz zu den Versuchen mit steiferer Ankerplatte, zusätzlich zu einer deutlichen Erhöhung der Bruchlast der Verankerung. Letztere liegt in jedem Fall wesentlich über der Bruchlast des entsprechenden Kabels.

Anwendung

Die Rapid-Verankerung zeichnet sich durch eine doppelte Spirale aus, während alle übrigen Bestandteile den Normverankerungen der Typen A, B





Abschalungs- und Verankerungsdetails sind den Typenblättern der Verankerungen Typ A, Typ B sowie Typ F zu entnehmen.

Bezeichnung / max. Drahtanzahl	Feste Verankerung / Bewegl. Verankerung	FR 360 / AR 360	FR 630 / AR 630	FR 1000 / AR 1000	FR 1400 / AR 1400	BR 360	BR 630	BR 1000	BR 1400
		8 Ø 7	14 Ø 7	22 Ø 7	31 Ø 7	8 Ø 7	14 Ø 7	22 Ø 7	31 Ø 7
Hüllrohr									
Durchmesser	$Ø_i / Ø_a$	30 / 36	39 / 45	51 / 57	54 / 60	30 / 36	39 / 45	51 / 57	54 / 60
minimaler Krümmungsradius	min R	2000	3000	3500	4000	2000	3000	3500	4000
Geradenstück vor Verankerung	min g	500	700	900	1100	500	700	900	1100
Ankerplatte Abmessung	a/a	140	170	200	240	140	180	220	260
Trompete Aussendurchmesser	$Ø_T$	40	50	65	76	83	114	127	152
Länge	L_T	265	270	275	280	180 + Δl	230 + Δl	250 + Δl	300 + Δl
Spirale Durchmesser	$Ø_S$	150	180	210	250	150	190	230	270
		240	290	330	400	200	245	310	365
Verlegegewicht	kg	7	10	14	22	9	14	23	34
Änderungen vorbehalten		Pat. angem.							Alle Masse in mm

Bild 9. BBRV-Verankerungen Typ Rapid. Bewegliche Verankerungen Typ AR und BR, feste Verankerungen Typ FR

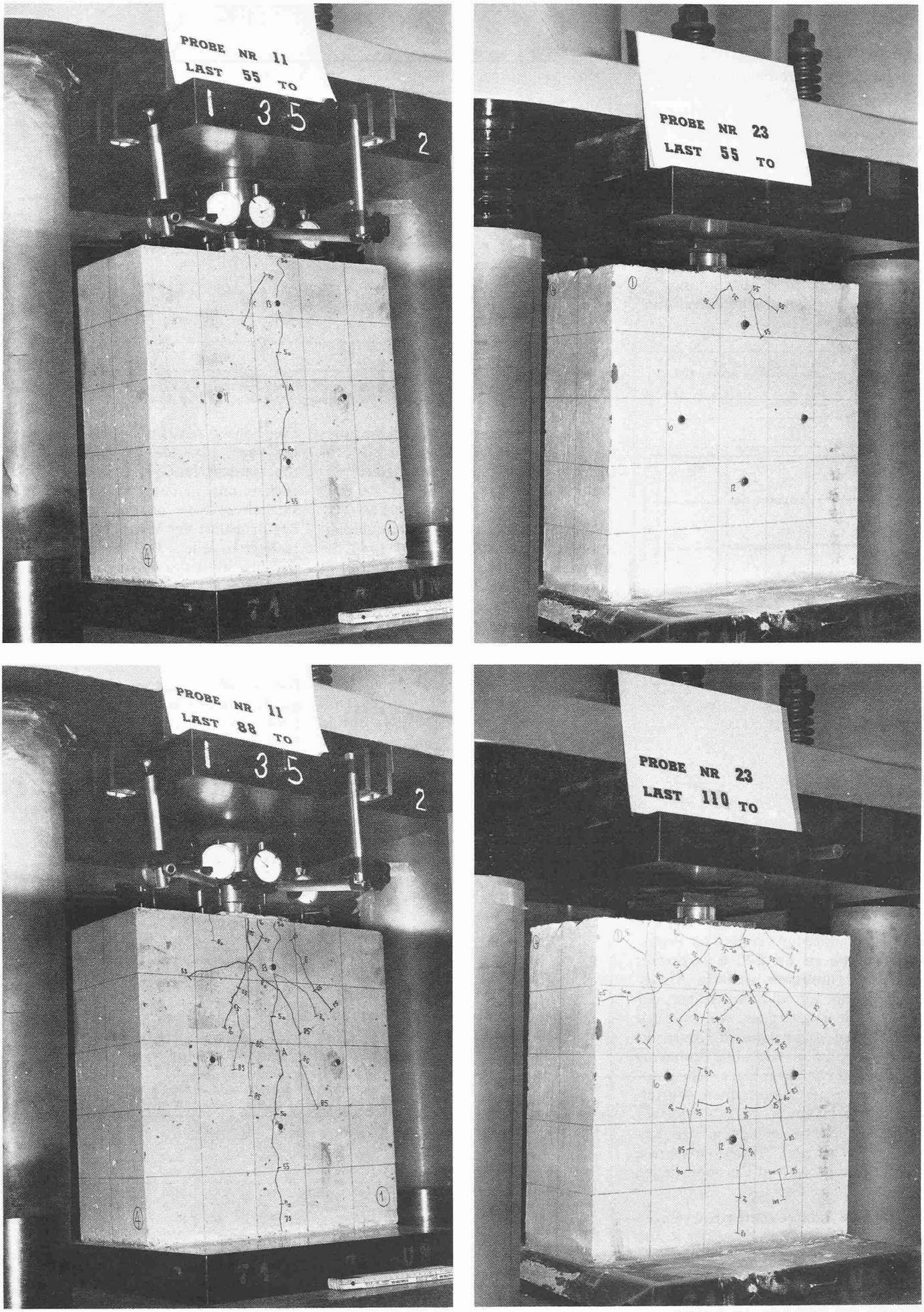
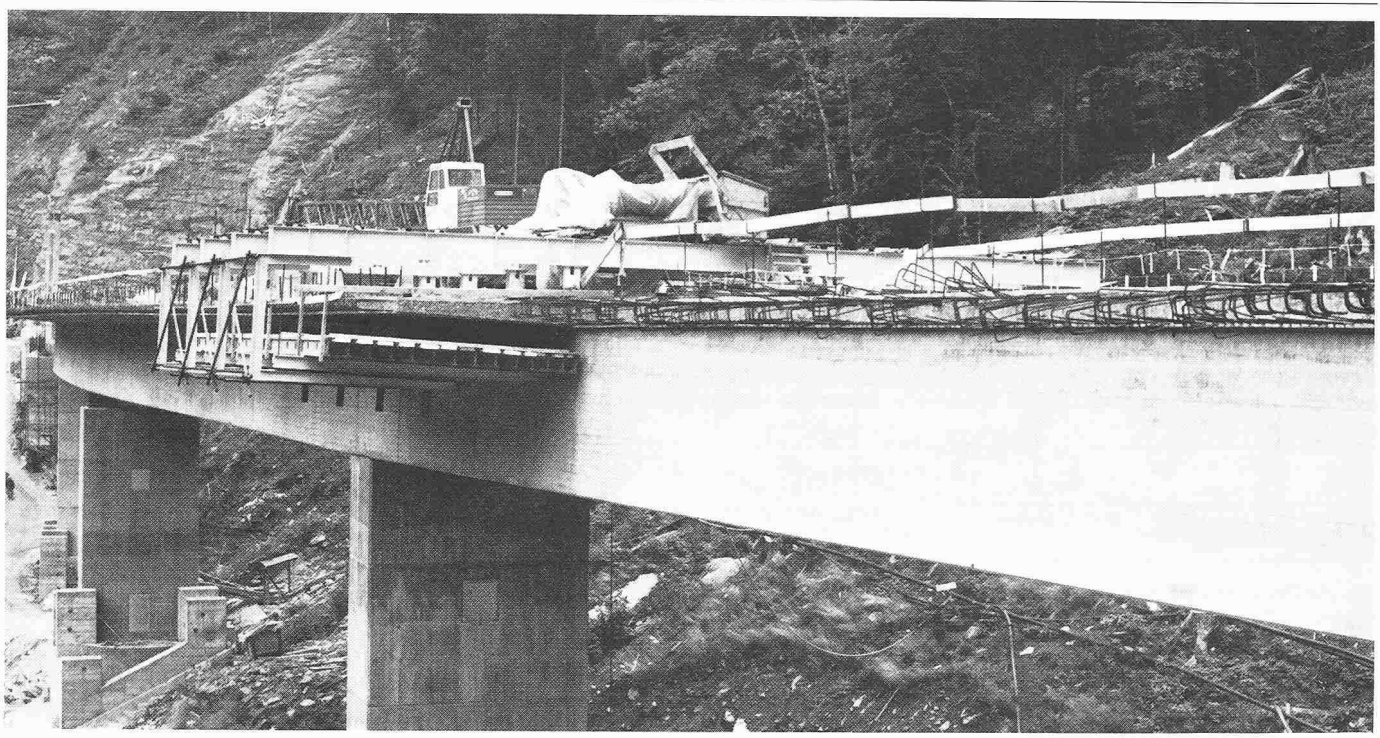


Bild 8. Rissbilder bei verschiedenen Laststufen. Vergleich der Rapid-Verankerung Typ BR-360 (Probekörper Nr. 23, Bilder rechts) mit Normverankerung Typ B-360 (Probekörper 11, Bilder links)



bzw. F entsprechen. Die Rapid-Verankerung beschränkt sich vorderhand auf Kabelgrössen bis 31 ∅ 7 mm (Bild 9).

Die BBRV-Rapid-Verankerung stellt bei ihrer Anwendung keine grösseren Anforderungen als bei jeder vorgespannten Betonkonstruktion ohnehin zu beachten sind:

- Die vorgeschriebene, minimale Festigkeit (in diesem Fall 20 N/mm²) muss zum Zeitpunkt des Vorspannens im Verankerungsbereich gewährleistet sein und ist durch geeignete Massnahmen zu kontrollieren.
- Die Spaltzugkräfte müssen in allen Richtungen sorgfältig ermittelt werden und sind durch zweckmässig angeordnete Bewehrung abzudecken [8].
- Die einwandfreie Verarbeitung und Verdichtung des Betons, vor allem im Verankerungsbereich, ist auch hier von besonderer Bedeutung.

Von den verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten seien an dieser Stelle drei besonders naheliegende herausgegriffen:

- Vorgespannte Flachdecken, die in mehreren Bauabschnitten erstellt werden und bei denen aus wirtschaftlichen Gründen eine rasche Wiederverwendung des Schalungsmaterials erwünscht ist
- Quervorspannung von Brücken, deren Konsolen auf einem nachlaufenden Schalungswagen betoniert werden (Bilder 10 und 11)
- Freivorbau oder Taktschiebeverfahren, wo eine längere Wartezeit bis zum Vorspannen den Arbeitsrhythmus verzögern würden.

Adresse der Verfasser: *J. Däniker, A. Mäder*, Stahlton AG, Riesbachstr. 57, 8034 Zürich

Bild 10. Anwendungsbeispiel von Rapid-Verankerungen für die Quervorspannung einer Brückenfahrbahnplatte, deren Konsolen auf einem nachlaufenden Schalungswagen betoniert werden

Literaturverzeichnis

[1] Verein Deutscher Zementwerke «Zement Taschenbuch» Bauverlag GmbH, Wiesbaden

[2] Prüfen von Beton an der EMPA (Wegleitung für Ingenieure, Architekten, Bauunternehmer, Baufachschulen) Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt 1974

[3] *Kany, M.*: «Berechnungen von Flächengründungen» Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin

[4] *Leonhardt, F.*: «Vorlesungen über Massivbau», 2. Teil Springer Verlag 1975

[5] *Mörsch, E.*: «Über die Berechnung der Gelenkquader» Beton u. Eisen 23 (1924) H 12

[6] *Yeltram, A.L., Robbins, K.*: «Anchorage zone stressed in axially post-tensioned members of uniform rectangular section». Mag. Concr. Res. Vol 21 (1969) No 67

[7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: «Versuche über Teilflächenbelastung von Beton». Heft 286 Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin

[8] *Kammenhuber, J., Schneider, J.*: «Arbeitsunterlagen für die Berechnung vorgespannter Konstruktionen». Stahlton AG 1974, Ra-Verlag Rapperswil

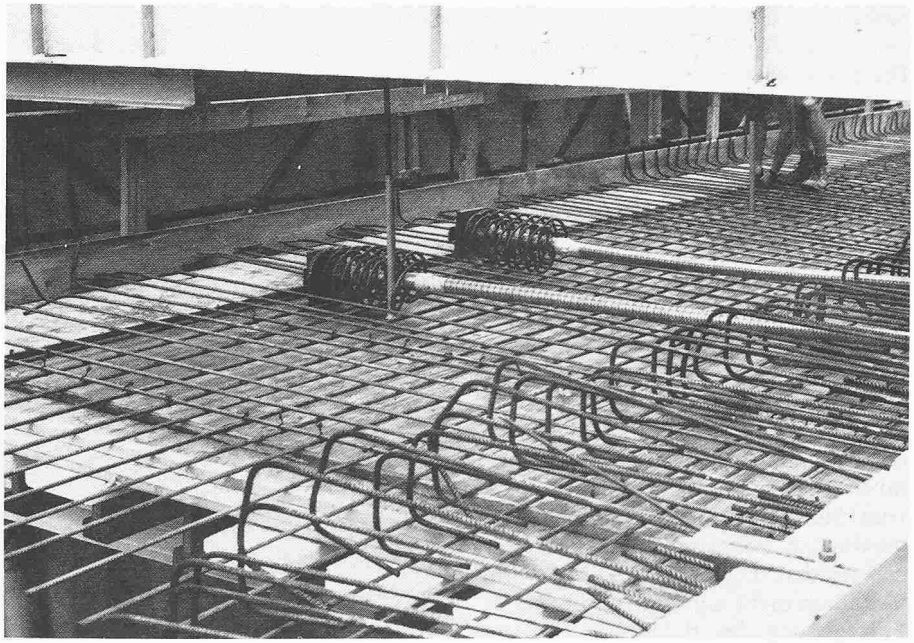


Bild 11. Untere Konsolarmierung mit teilweise verlegten Rapid-Verankerungen