

Spannkabelverankerung für geringe Betonfestigkeiten: Entwicklung, Funktionsweise und Anwendungsbereiche

Autor(en): **Däniker, Jürg / Mäder, Armin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 4

PDF erstellt am: **23.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74415>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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/mm^2 ; 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

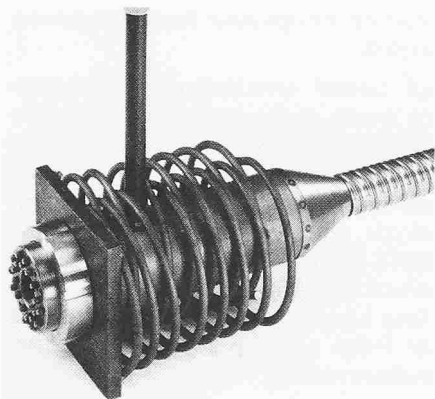


Bild 1. BBRV-Rapid-Verankerung Typ BR-1000 (22 Ø 7 mm)

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

Unternehmer wie auch Vorspannfirmer 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/mm^2 in einem Arbeitsgang auf die volle Kraft vorgespannt werden können. Der Wert von 20 N/mm^2 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 diejenigen 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.

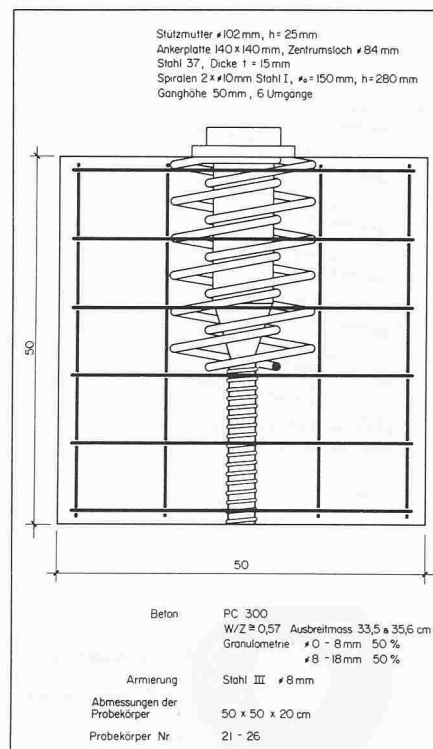


Bild 2. Aufbau der Probekörper mit variabler Plattenstärke zur Ermittlung des Einflusses der Plattensteifigkeit

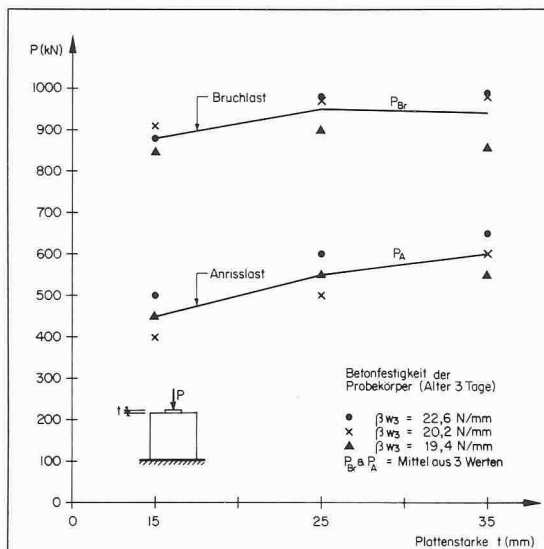


Bild 3. Einfluss der Plattenstärke t auf die Anrisslast und Bruchlast.

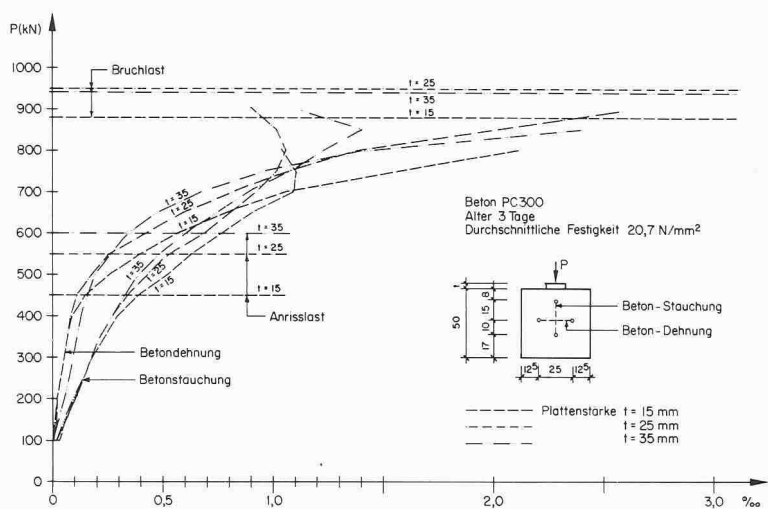


Bild 4. Beton-Dehnungen und Stauchungen in Abhängigkeit der Plattenstärke t (Mittelwerte aus je 3 Versuchen).

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 durch-

geführte Versuche zeigten kein verbessertes Tragverhalten.

- Versteifung der Ankerplatte: Mit zunehmender Steifigkeit der Ankerplatte ist bekanntlich eine gleichmässige 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.

durch die Spreizkraft ausgelöste, parallel zur Trompete verlaufende Riss öffnet sich mit zunehmender Belastung ohne wesentliche Verástelung. 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 umschürzten 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-

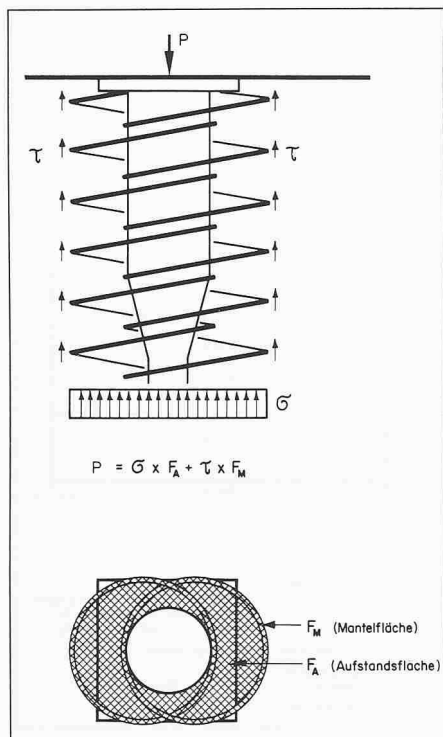


Bild 5. Berechnungsmodell für die Vordimensionierung der Verankerung mit Doppelspirale

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. $f_{ct} = 20$ N/mm², bis zum Bruch belastet.

Die im Bild 3 dargestellten Resultate zeigen den erwarteten Anstieg der Anrisslast (Aufreten des ersten sichtbaren Risses mit einer Rissbreite von $\geq 0,05$ 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 Spannkabel und die Trompete bestimmte im Versuch, unabhängig von der Plattenstärke, die Lage des zuerst auftretenden Risses. Dieser

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.

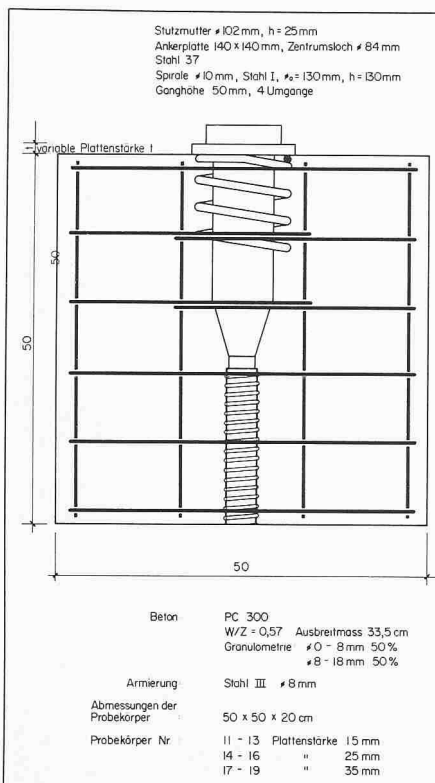


Bild 6. Aufbau der Probekörper mit Doppelspirale

Der Nachweis der Wirkungsweise der Rapid-Verankerung erfolgte an Probekörpern, wie sie im Bild 6 dargestellt sind. Eine minimale schlaaffe 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 Würfel-druckfestigkeit von $\beta_w = 20 \text{ N/mm}^2$ 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 Ein-

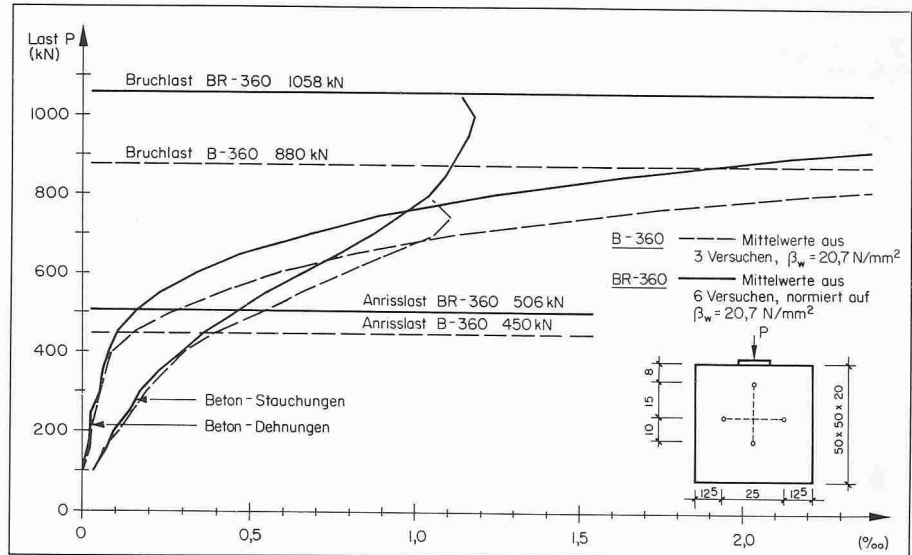


Bild 7. Beton-Dehnungen und Stauchungen (Durchschnittswerte mehrerer Versuche) Vergleich zwischen Normverankerung Typ B-360 und Rapid-Verankerung mit Doppelspirale, Typ BR-360

zelversuchen 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.

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

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

		Feste Verankerung	FR 360	FR 630	FR 1000	FR 1400	BR 360	BR 630	BR 1000	BR 1400
Bezeichnung		Bewegl. Verankerung	AR 360	AR 630	AR 1000	AR 1400				
max. Drahtanzahl			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	ϕ_i / ϕ_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	ϕ_T	40	50	65	76	83	114	127	152
	Länge	L_T	265	270	275	280	180 + ΔI	230 + ΔI	250 + ΔI	300 + ΔI
Spirale	Durchmesser	ϕ_s	150	180	210	250	150	190	230	270
			240	290	330	400	200	245	310	365
Verlegeweg	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

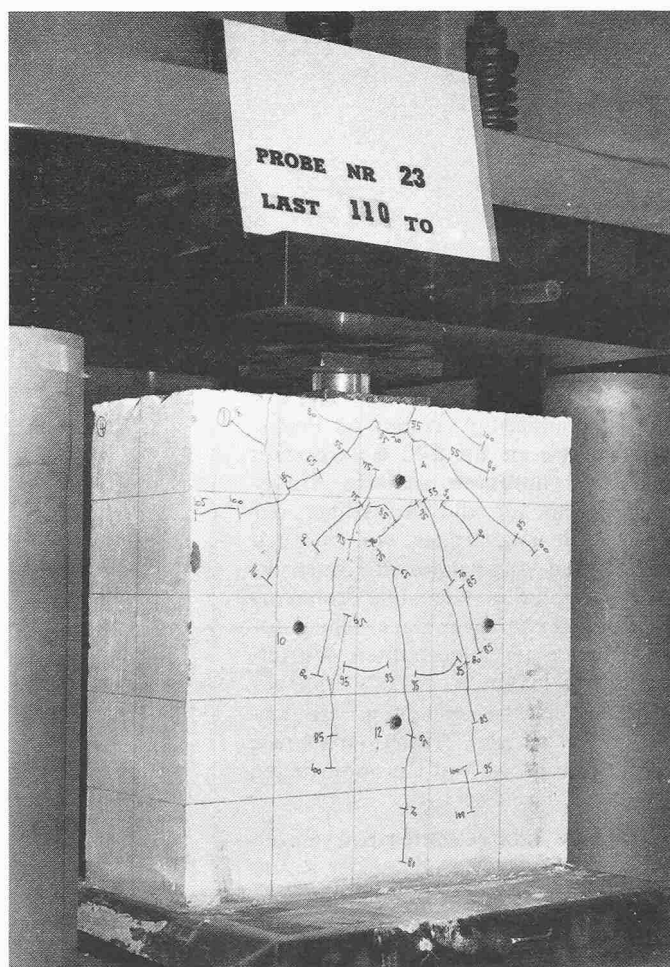
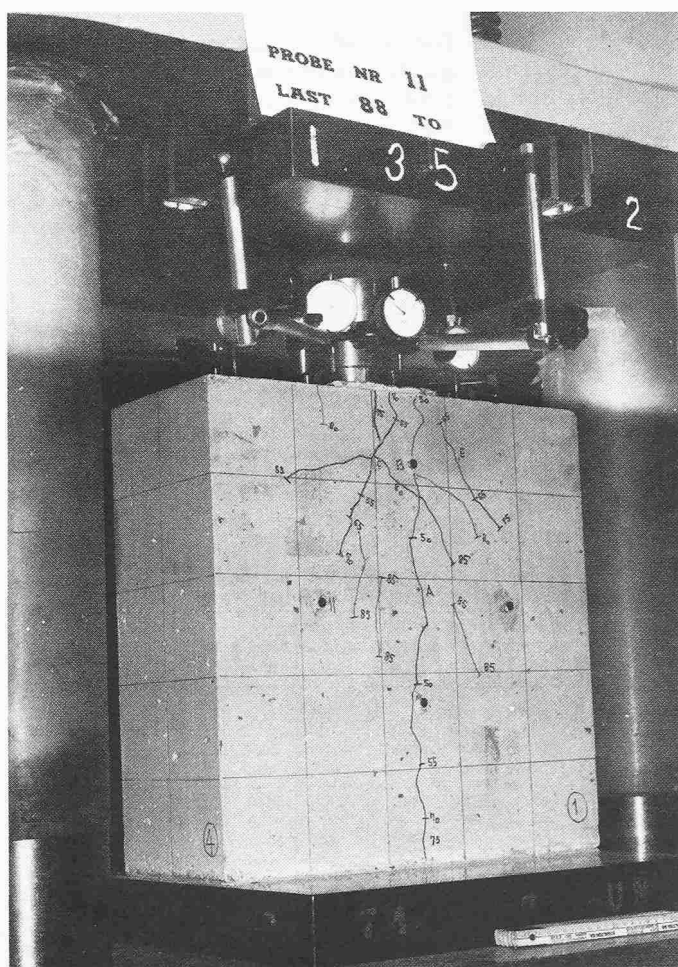
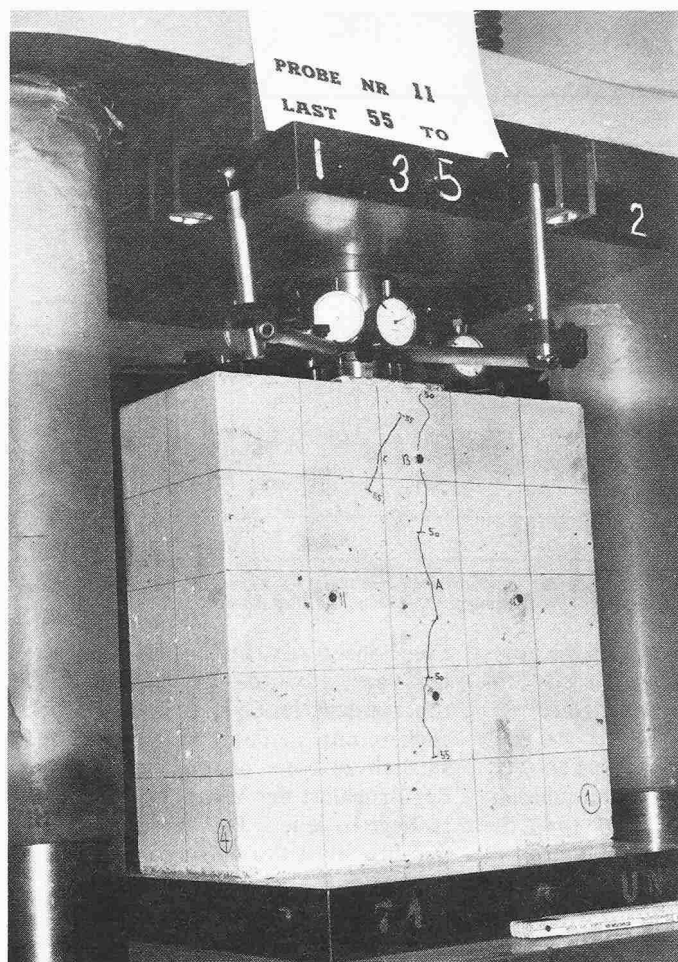
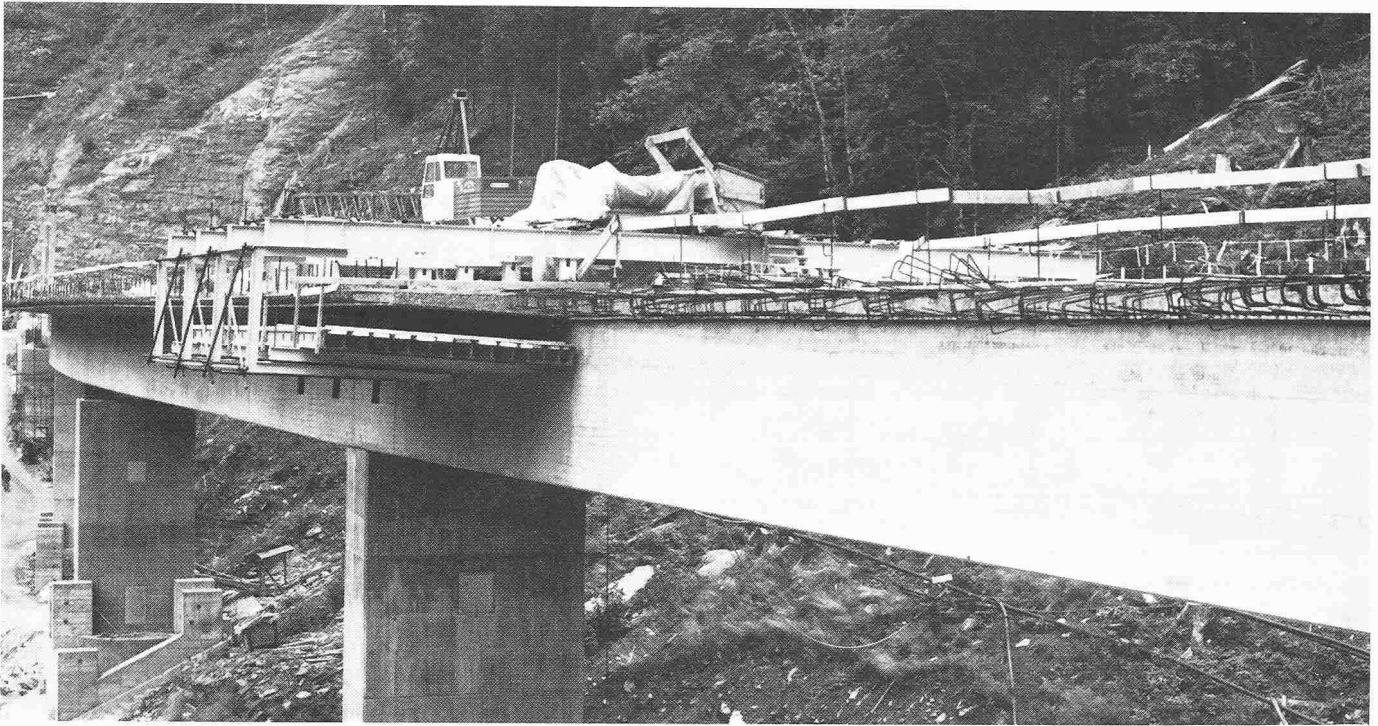


Bild 8. Rissbilder bei verschiedenen Laststufen. Vergleich der Rapid-Verankerung Typ BR-360 (Probekörper Nr. 23, Bilder rechts) mit Normverankerung Typ B-360 (Probekörper 11, Bilder links)



bzw. F entsprechen. Die Rapid-Verankerung beschränkt sich vorderhand auf Kabelgrößen bis $31 \text{ } \varnothing 7 \text{ mm}$ (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/mm^2) 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 Taktschiebverfahren, 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 Brückenfahrbrücke, deren Konsolen auf einem nachlaufenden Schalungswagen betoniert werden

Literaturverzeichnis

- | | |
|---|--|
| [1] Verein Deutscher Zementwerke «Zement Taschenbuch» Bauverlag GmbH, Wiesbaden | lenkquader» Beton u. Eisen 23 (1924) H 12 |
| [2] Prüfen von Beton an der EMPA (Wegleitung für Ingenieure, Architekten, Bauunternehmer, Berufsschulen) Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt 1974 | [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 |
| [3] Kany, M.: «Berechnungen von Flächen Gründungen» Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin | [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: «Versuche über Teilflächenbelastung von Beton». Heft 286 Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin |
| [4] Leonhardt, F.: «Vorlesungen über Massivbau», 2. Teil Springer Verlag 1975 | [8] Kammenhuber, J., Schneider, J.: «Arbeitsunterlagen für die Berechnung vorgespannter Konstruktionen». Stahlton AG 1974, Ra-Verlag Rapperswil |
| [5] Mörsch, E.: «Über die Berechnung der Ge- | |

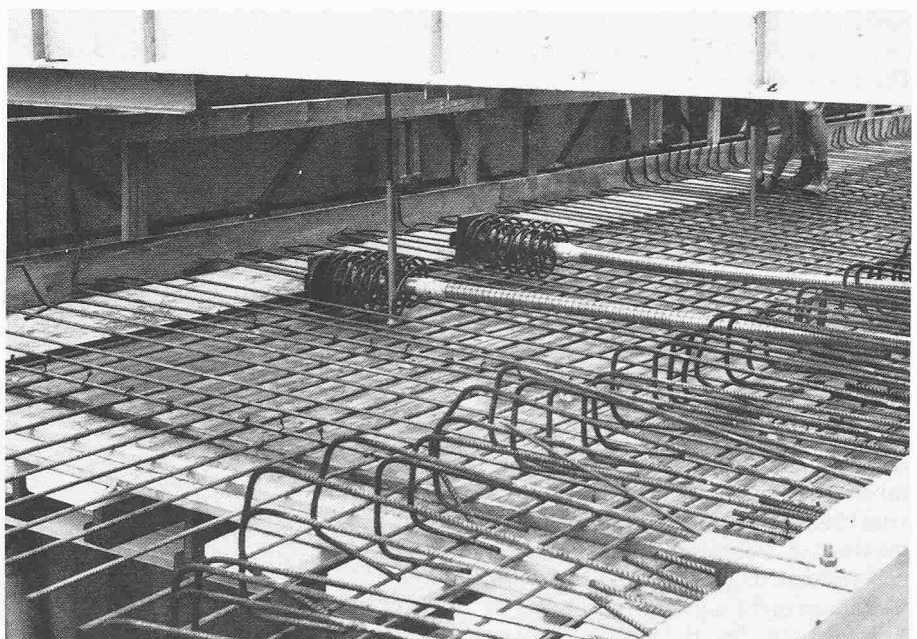


Bild 11. Untere Konsolarmierung mit teilweise verlegten Rapid-Verankerungen