12. Kranzkonsolen

Ir. A. VAN DEN BEUKEL

Vor einer Begriffsbestimmung einer Kranzkonsole wird erst eine normale Konsole betrachtet – Bild 12.1. Diese Konstruktion ist sicher bekannt.

Eine sehr einfache Form ist in Bild 12.2 aufgeführt worden. Für die Berechnung der Traglast F ist es üblich, eine Fachwerkanalogie anzuwenden. In diesem Fall ein sehr einfaches statisch bestimmtes Fachwerk.

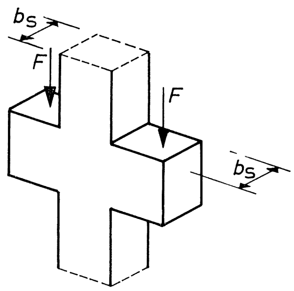


Bild 12.1. Konsole.

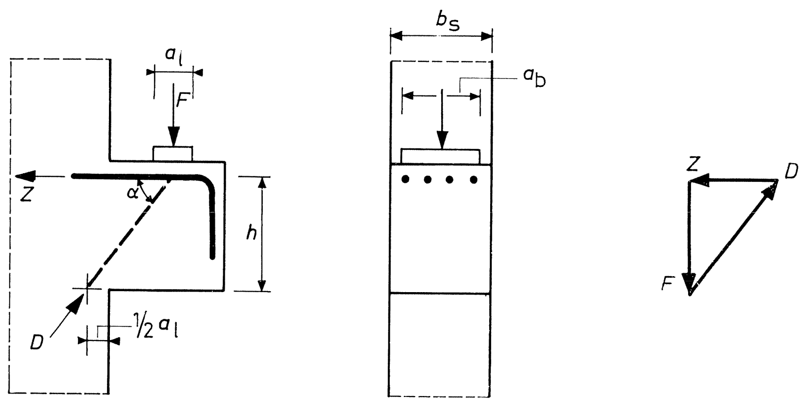


Bild 12.2. Übertragung der Last in einer einfachen Konsole.

Nun wird die Frage gestellt, in welcher Weise die Traglast einer Konsole vergrössert werden kann. Es stehen dann vier Möglichkeiten zur Verfügung – Bild 12.3. Im ersten Fall wird zusätzlich horizontale und vertikale Bewehrung beigelegt. Im zweiten Fall wird die Nutzhöhe vergrössert. Der dritte Fall ist eine Kombination der Fälle eins und zwei.

Die letzte Möglichkeit wird durch das Vergrössern der Konsolbreite in solcher Weise erreicht, dass ein die Stütze umfassender Kranz entsteht. Siehe auch Bild 12.4. Über die Traglast dieser sogenannten Kranzkonsole wird hier berichtet.

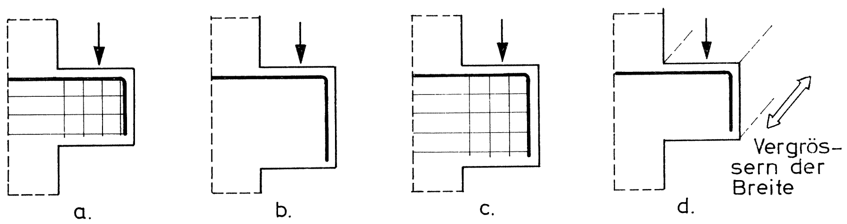


Bild 12.3. Möglichkeiten zum Vergrössern der Traglast.

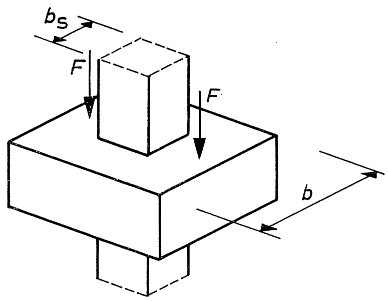


Bild 12.4. Kranzkonsole.

Das „Warum" dieser Konstruktion, abgesehen von berufsmässiger Neugier, entstand durch den Wunsch, um im Fertigteilbau ein flexibles Bauelement zur Verfügung zu haben. Das heisst: ein Konsolelement, das mehrere Lasteintragungsstellen besitzt. Auch wegen architektonischer Gründe ist vielfach eine Mindesthöhe gewünscht.

Es wird deutlich sein, dass eine eventuelle Erhöhung der Traglast (oder Kapazität) einer Kranzkonsole, im Vergleich mit einer normalen Konsole, ohne weiteres zuzuschreiben ist der Umleitung eines Teiles der Last zu der Seitenfläche der Stütze.

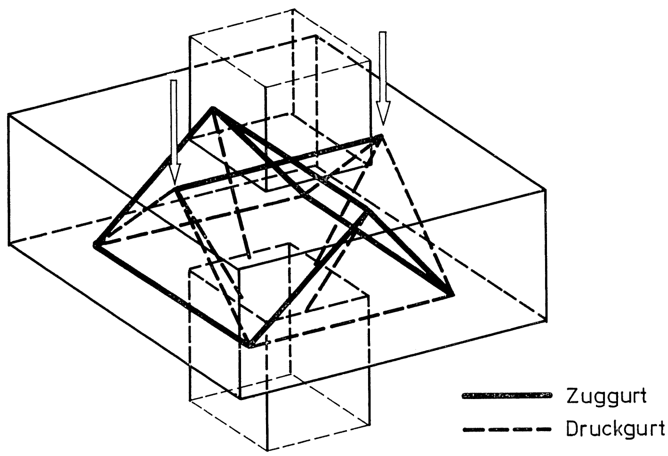


Bild 12.5. Beispiel eines räumlichen Fachwerkes.

In qualitativer Weise ist damit das Problem erfasst. Für die quantitative Lösung wird auch hier die Fachwerkanalogie angewendet, und zwar ein räumliches Fachwerk. Ein Beispiel eines räumlichen Fachwerkes ist im Bild 12.5 dargestellt. Die Analogie führt darauf zurück, dass Zuggurte durch Bewehrungsstäbe ersetzt werden können, und Druckgurte durch Betondruckstreben.

Wegen der grossen Verschiedenheit von Bewehrungsmöglichkeiten bedeutet dies, dass auch viele Fachwerke denkbar sind. Es wird nun angenommen, dass ein räumliches Fachwerk, das sich einer gewählten Bewehrung gut annähert, angewendet werden darf für die Berechnung der Traglast. Beispielsweise sind im Bild 12.6 eine praktische Bewehrung und das zugehörige Fachwerk aufgeführt worden.

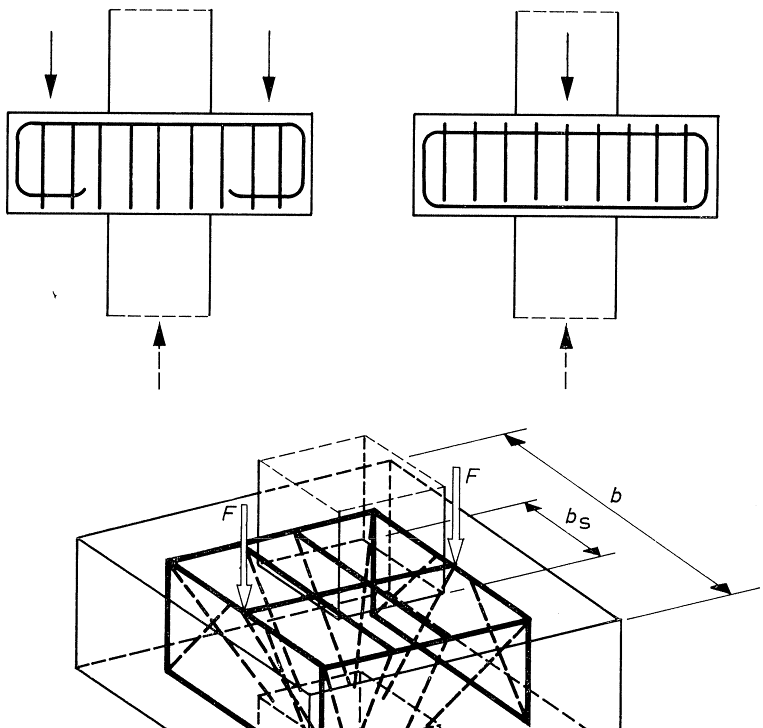
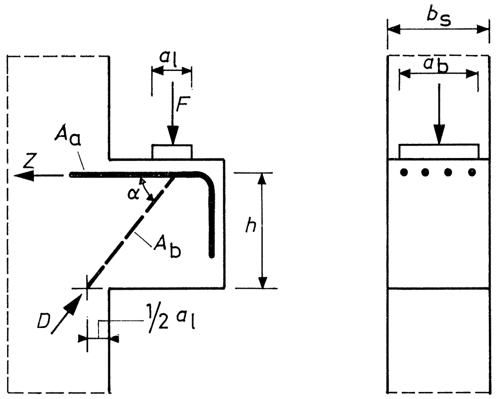


Bild 12.6. Kranzkonsolenbewehrung und zugehöriges Fachwerk.

Die Berechnung der Gurtkräfte ist meistens nicht schwierig. Übersetzt man jede Zuggurtkraft in Stahlzugkraft, dann erfolgt die Traglast aus der vorhandenen Stahlmenge, *wenn der Stahl massgebend ist.*



$F = Z \operatorname{tg} \alpha$

Mit $Z = A_a f_a$ erfolgt:

F_u (Stahl) $= A_a f_a \operatorname{tg} \alpha$

A = bekannt

f_a = „

$F = D \sin \alpha$

Mit $D = A_b f_b'$ erfolgt:

F_u (Beton) $= A_b f_b' \sin \alpha$

$A_b = ?$

$f_b' = ?$

Bild 12.7. Berechnung der Traglast.

Das einfache Fachwerk einer normalen Konsole ergibt zum Beispiel die Formeln, welche im Bild 12.7 angeschrieben sind.

Wenn der Beton massgebend ist, bekommen wir gleich zwei Probleme. Erstens: wie gross ist der Querschnitt der Druckstrebe? Und zweitens was ist die einzuführende Betonfestigkeit? Diese Fragen sind rechts unten im Bild 12.7 angegeben.

Eine befriedigende theoretische Lösung für diese Frage haben wir nicht. Aber viele empirische Daten sind in der Literatur veröffentlicht worden. Von diesen Daten ist folgende Formel für eine normale Konsole abgeleitet worden:

$$F_u(\text{Beton}) = 4 f_b b_s h \sqrt{\frac{a_b a_l}{b_s h}} \cdot c_1$$

$$\text{wobei } c_1 = \frac{1}{1+\operatorname{cotg}^2\alpha} \leqslant 1{,}2;$$

$$f_b = \text{Betonzugfestigkeit.}$$

Diese Formel hat sich schon in der Vergangenheit als eine gute Annäherung der Traglast erwiesen, wenn der Beton massgebend ist.

Unsere Forschung hat gezeigt, dass dieselbe Formel angewendet werden kann, unter der Bedingung, dass die Effektivität α der Kranzbewehrung berücksichtigt wird. Diese Effektivität hat im allgemeinen folgende Bedeutung:

Wenn α gleich 0 ist, bedeutet dies, dass *keine* Kräfteumleitung stattfindet. Und α gleich 1 bedeutet, dass die *ganze* Kranzbreite in gleichem Masse die Last überträgt und maximale Kräfteumleitung stattfindet.

Zu einer befriedigenden Voraussage der experimentellen Ergebnisse kamen wir durch ein additionalles Glied der genannten Formel. Dieses Glied ist von der Effektivität α abhängig. Ausserdem wird die Stützenbreite b_s ersetzt durch die Kranzbreite b. Es gibt:

$$F_u(\text{Beton}) = 4 f_b b h \sqrt{\frac{a_l}{h}} c_1 c_2$$

$$\text{wobei } c_1 = \frac{1}{1+\operatorname{cotg}^2\alpha} \leqq 1{,}2$$

$$c_2 = \sqrt{\frac{a_b}{b} + \frac{b-b_s}{b}\alpha^2}$$

Im Bild 12.8 ist die graphische Darstellung aufgeführt worden. Die Ordinate gibt das Verhältnis F_u (Kranzkonsole)/F_u (Konsole) als Funktion des Breitenverhältnisses b/b_s. Ausserdem ist $a_b = b_s$ angenommen worden.

Die obere Linie, mit 100% Effektivität, zeigt einen linearen Zuwachs mit dem Breitenverhältnis. Man darf dieses Ergebnis beträchtlich nennen.

Die untere Linie ist bezogen auf den Fall $\alpha = 0$. Dabei soll man bedenken, dass zwar eine orthogonale Bewehrungsmatte oben im Kranz liegt, aber dass vertikale oder schieve Bewehrung abwesend ist. Trotzdem findet ein Kapazitätszuwachs statt. Diesen Zuwachs darf man der Beton*zug*festigkeit zuschreiben, weil diese Festigkeit nicht im Modell einkalkuliert worden ist. Die experimentellen Ergebnisse sind nicht in diesem Bild aufgeführt worden. Aber die Überprüfung von insgesammt 24 Kranzkonsolen ergab für das Verhältnis F_u (Prüfung)/F_u (Theor.) ein Mittelwert von 1,17 mit einem Variationskoeffizienten von 12%.

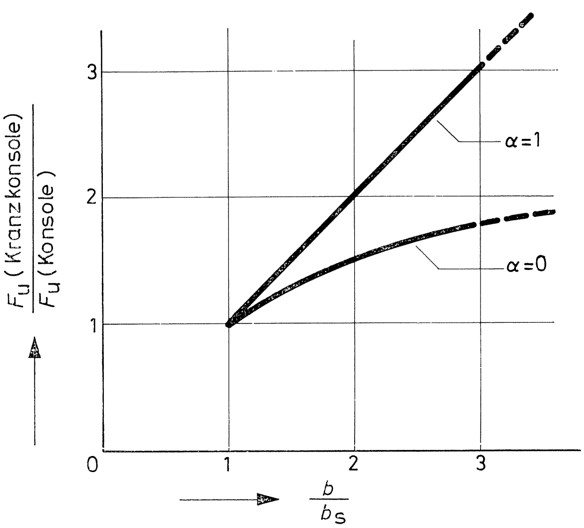


Bild 12.8. Einfluss des Verhältnisses b/b_s.

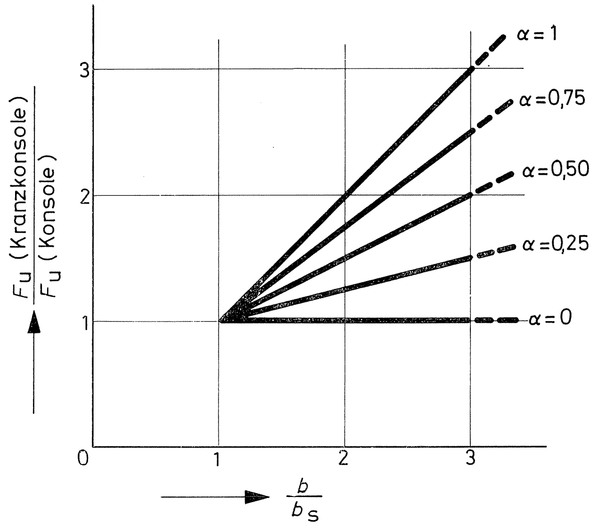


Bild 12.9. Einfluss des Verhältnisses b/b_s (Vorschlag).

Für Entwurfszwecke ist es nicht erwünscht, mit der Zugfestigkeit zu rechnen. Darum wird eine vereinfachte Formel vorgeschlagen, welche die Betonzugfestigkeit vernachlassigt. Diese Formel lautet:

$$F_u(\text{Beton}) = 4 f_b b_s h \sqrt{\frac{a_b a_l}{b_s h}}\, c_1 \left(1 + \frac{b - b_s}{b_s}\alpha\right)$$

Mit $\alpha = 0$ folgt:

$$F_u(\text{Beton}) = 4 f_b b_s h \sqrt{\frac{a_b a_l}{b_s h}}\, c_1 \qquad \text{(gemäss der Konsole)}$$

Mit $\alpha = 1$ folgt:

$$F_u(\text{Beton}) = 4 f_b b h \sqrt{\frac{a_b a_l}{b_s h}}\, c_1$$

Das Ergebnis ist im Bild 12.9 aufgeführt worden.

Für $\alpha = 0$ ergibt sich die alte Formel. Das heisst, dass in diesem Fall eine Vergrösserung der Konsolebreite keinen Nutzen hat, wenn keine Kranzbewehrung vorhanden ist.

Für $\alpha = 1$ ergibt sich die eher erwähnte Relation (wenn $a_b = b_s$).

Zum Schluss einige Bemerkungen über die Effektivität α. Universelle Ausdrücke für α können nicht gegeben werden, denn dieser Faktor ist völlig abhängig von der gewählten Bewehrungsanlage. Aber ein realistisches Verfahren zur Berechnung von α kann wie folgt angegeben werden:

- Die vorhandene Bewehrungslage wird in der Berechnung durch ein räumliches Fachwerk ersetzt.
- Für jeden Fachwerkstab wird die Stabkraft ermittelt.
- Aus einem Vergleich mit der vorhandenen Bewehrung erfolgt die Effektivität pro Stab. Diese ist also gleich dem Verhältnis zwischen der Stabfestigkeit und der berechneten Stabkraft.
- Aus dem Prinzip „eine Kette ist so stark wie das schwächste Glied" folgt, dass die Effektivität α gleich dem Mindestwert der einzelnen α-Werte ist.