Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 104 (1986)
Heft: 20

Artikel: Tragverhalten von Hallen mit V-Faltendächern
Autor: Rosman, Riko
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76157

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: 08.08.2025

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

ka Voraussetzung waren, brachen die meisten Dämme und ihre Staubecken verfielen an den Urwald zurück. Viele der gewöhnlich nur kurzen Bruchstellen wurden ab Mitte des 19. Jh. n.Chr. geschlossen und die Speicher wieder in Betrieb genommen.

Schlussfolgerungen

Das ungefähre Dutzend an eben behandelten vorrömischen Talsperren umfasst natürlich nicht alle, von denen man Kenntnis hat. Einige wurden ihres geringeren Interesses wegen übergangen, viele aber zufolge ihrer erst dürftigen Erforschung bzw. mangels leicht zugänglicher Veröffentlichung allfälliger Forschungsergebnisse. Aber auch so ergibt sich ein recht vielfältiges Bild der Anwendung in verschiedenen Weltgegenden und zu verschiedenen Zeiten von einer oder gleich mehreren Talsperren, sei es zur Speicherung des Lebenselementes Wasser oder nur zu seiner Anhebung und Ableitung, sei's um sich vor seiner Gewalt zu schützen. Als Bautyp herrschte, wie eingangs erwähnt, der Schüttdamm vor, des öftern in Kombination mit Mauern.

Interessant ist auch, dass nur eines der behandelten Bauwerke aus technischen Gründen versagte (Damm Kafara). Alle anderen, mit Ausnahme des noch funktionierenden Umleitdammes von Kofini gingen zu Grunde, weil sich ihr gesellschaftliches und wirtschaftliches Umfeld mehr oder weniger rasch verändert hatte. Bei den Sperren Marib, Purron und Keşiş Gölü sowie auf Sri Lanka dauerte dies immerhin je über der Anwendung in verschiedenen Welt-1000 Jahre, so dass auch die natürlichen Erzfeinde von Talsperren, die Verlandung und seltene Hochwasser, ihren Zoll fordern konnten. Die heute in diesem Zusammenhang so gefürchteten Erdbeben spielten dabei keine Rolle. Im Grunde genommen sind aber auch dies menschliche Probleme, da sie durch sorgfältige Beobachtung, laufenden Unterhalt und rechtzeitige Massnahmen bei ausserordentlichem Verhalten beherrschbar sind.

Adresse des Verfassers: *N. Schnitter*, dipl. Ing. ETH/SIA, Direktor, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.

Tragverhalten von Hallen mit V-Faltendächern

Von Riko Rosman, Zagreb

Erfolgreiches konstruktives Entwerfen setzt Kennen und Verstehen des Tragverhaltens voraus. Im Folgenden wird das Tragverhalten von Hallen mit prismatischen V-Faltendächern besprochen.

V-Faltendach auf vertikalen Stützen

Es sei das Tragwerk aus V-Falten gemäss Bild 1a untersucht. Die Anzahl der Falten ist üblicherweise gross; zur Vereinfachung der Zeichnung ist sie mit lediglich 5 Falten gewählt. Die Falten sind auf Stützen in den Längsfassaden gelagert. Die Stützenköpfe sind in jeder der beiden Längsfassaden durch einen Riegel verbunden. Anstatt Riegel können natürlich Giebelscheiben Anwendung finden. Zur seitlichen Aussteifung der Halle ist in jeder der vier Fassaden ein Verband angeordnet. Sämtliche Knoten stellt man sich als gelenkig vor. Die Bedeutung einiger Bezeichnungen ist aus Bild 2a ersichtlich.

Eine beliebige Falte kann man, indem man sie auf eine zu B parallele vertikale Ebene projiziert, sich als Balken rechteckigen Querschnitts derselben Höhe und Querschnittsfläche vorstellen (Bild 2b, oben). Dieselbe Falte kann man sich ausserdem, indem man sie auf eine horizontale Ebene projiziert, als Balken rechteckigen Querschnitts derselben Breite und Querschnittsfläche vorstellen (Bild 2b, unten).

Einfluss der Vertikallast (Ständige + Schneelast)

Das Tragverhalten des Dachtragwerks setzt sich aus einer Plattenwirkung in der Hallenlängsrichtung und einer Membran-, auch Scheiben- oder Balkenwirkung genannt, in der Querrichtung zusammen.

Plattenwirkung: In der Längsrichtung der Halle verhält sich das Dachtragwerk als längs der Kehlen und der inneren Firste gelagerte durchlaufende einachsig gespannte Platte. Von der Randstörung an ihren Querenden abgesehen, bemisst man die Platte etwa mittels der Biegemomente $q\ (l/2)^2/16$ (kNm/m), wobei q (kN/m²) die gesamte Vertikallast je Grundrissflächeneinheit und $l/2$ (m) eine halbe Faltenbreite bezeichnen.

Membranwirkung: Man vernachlässigt die längs der Firste wirkenden Schubkräfte, durch die sich die Falten gegenseitig beeinflussen. Für eine Voruntersuchung ist dies allenfalls gerechtfertigt. Das Dach wirkt hiermit als Serie in der Hallenquerrichtung verlaufender einfacher Balken, die die Last zu den Stützen abtragen (Bild 1b). Mit Q' ist die auf eine Falte und hiermit einen Balken anfallende, mit Q die gesamte Dachlast bezeichnet (Bild 2a). Der Grösstwert des Biegemoments eines Balkens entsteht inmitten der Spannweite und beträgt $Q'B/8$. Die Überprüfung der gewählten Abmessungen kann mittels der im Stahlbetonbau üblichen Bemessungsverfahren für Rechteckquerschnitte erfolgen.

Im Falle sehr grosser Spannweiten und/oder verhältnismässig kleiner Faltenhöhen kann man durch Anwendung parabolischer Spannglieder, bei einem Parabelstich f und einer Spannkraft $1{,}15 \cdot G'B/(8f)$ je Falte, die ständige Last, G' je Falte, durch Umlenkkräfte ausgleichen. Die Faltenquerschnitte sind dann, wenn keine Nutzlast vorhanden ist, lediglich auf mittigen Druck beansprucht.

Die Auflagerkräfte, $Q'/2$, der Balken werden von den Stützen aufgenommen und in die Grundkörper geleitet.

Einfluss einer Horizontallast in der Hallenquerrichtung

Man stellt sich vor, dass die Last durch gleichmässig auf das Volumen der gefalteten Dachplatte verteilte Massenkräfte zustande kommt. Solche Kräfte ergeben sich etwa bei Erdbeben bei einer Bodenerregung in der Hallenquerrichtung. In Bild 1c ist die Last

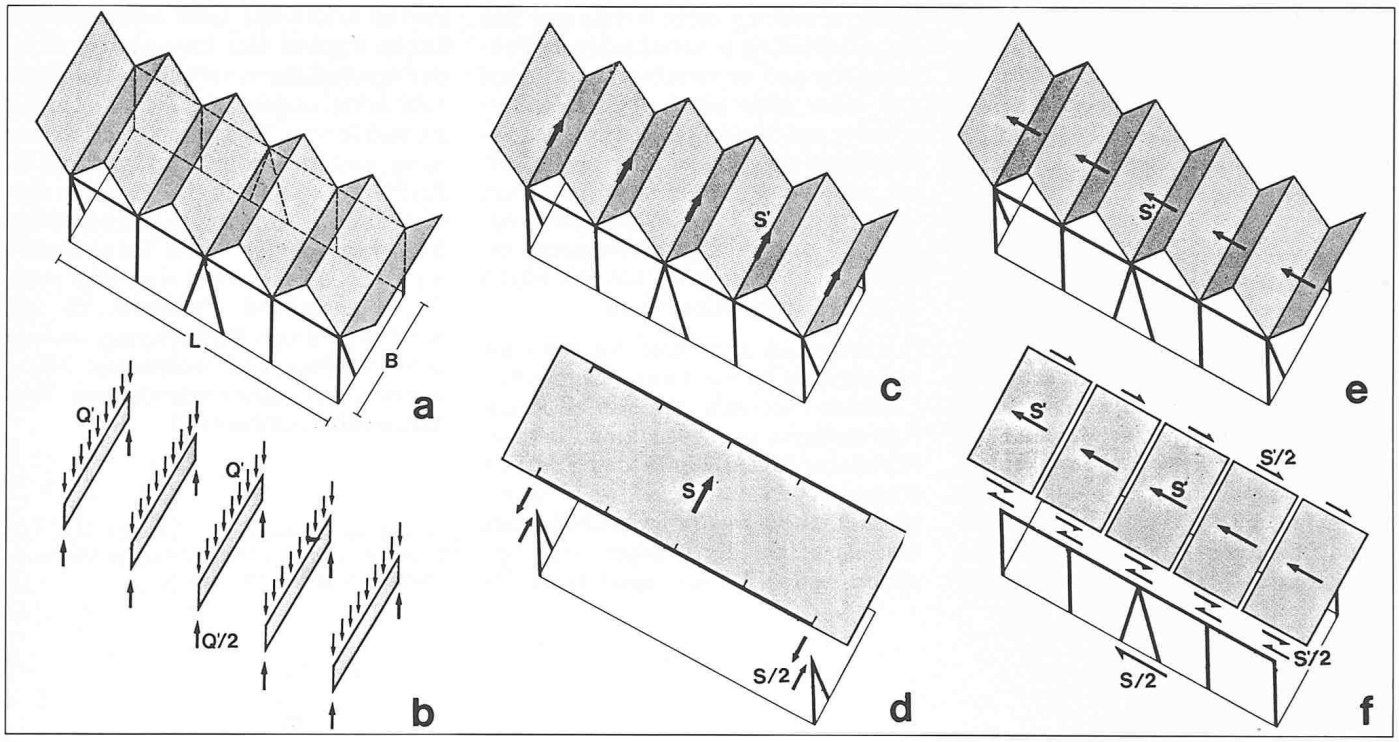
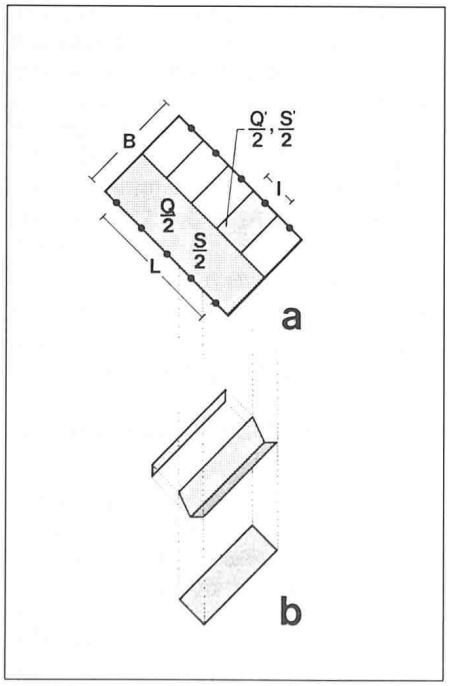


Bild 1. a) Hallentragwerk aus einem V-Faltendach und vertikalen Stützen, b) Membranwirkung des Daches in der Hallenquerrichtung bei Vertikallast, c) Tragwerk und Horizontallast in der Hallenquerrichtung, d) entsprechendes Tragverhalten, e) Tragwerk und Horizontallast in der Hallenlängsrichtung, f) entsprechendes Tragverhalten

zwecks Vereinfachung der Zeichnung durch längs der Kehlen wirkende Einzelkräfte, S′, dargestellt. Es ist S′ = kQ′ mit k als der Erschütterungszahl (Bild 2a). Die gesamte Dachlast ist der Summe der Beiträge sämtlicher Falten gleich, S = ΣS′ = kQ. Der globale Effekt von Wind kann sinngemäss in die Berechnung eingeführt werden.

Die Last wird durch einen – aus der gefalteten Dachplatte und den beiden Riegeln gebildeten – Sandwichbalken aufgenommen und zu den Verbänden in den zwei Querfassaden der Halle geleitet (Bild 1d). Der Sandwichbalken ist ein einfacher Balken mit zwei kurzen Kragarmen; seine Spannweite ist der Länge, L, der Halle gleich. Die Balkenquerkräfte werden von der gefalteten Platte, also vom Kern des Sandwichbalkens, aufgenommen. Die Balkenbiegemomente spalten sich in ein Kräftepaar auf, eine Zugkraft in dem einen und eine Druckkraft in dem anderen Riegel. Die Extremwerte der Riegellängskräfte entstehen inmitten der Spannweite und betragen, wenn man die Längen der Auskragungen im Vergleich zur Spannweite vernachlässigt, SL/(8B). Das Längskraftdiagramm der Riegel ist ein Polygon um eine Parabel mit dem angegebenen Wert als Scheitelwert.

Bild 2. a) Bedeutung einiger Bezeichnungen, b) Falte und ihre Projektionen auf eine vertikale und eine horizontale Ebene



Einfluss einer Horizontallast in der Hallenlängsrichtung

In der Hallenlängsrichtung wirken gleichmässig auf das Volumen der gefalteten Dachplatte aufgeteilte Massenkräfte. In Bild 1e sind sie, zwecks Vereinfachung der Zeichnung, durch an der Kote der Kehlen wirkende Einzelkräfte, S′, dargestellt. Die gesamte Dachlast ist wieder der Summe der Beiträge sämtlicher Falten gleich, S = Σ′S = kQ.

Man lässt die längs der Firste wirkenden Schubkräfte, durch die sich die Falten gegenseitig beeinflussen, ausser Acht. Die Falten wirken hiermit als horizontale einfache Balken, die sich auf die beiden Riegel abstützen (Bild 1f). Die Breite und Querschnittsfläche der Balken entsprechen jenen einer Falte (Bild 2b, unten). Die Beanspruchung ist, da S′ lediglich einige Prozente von Q′ beträgt, unbedeutend. Die vorangehende Untersuchung entspricht etwa der Untersuchung eines verdübelten Holzbalkens, bei der der Einfluss der Dübel ausser Acht gelassen ist. Die längs der Firste wirkenden Interaktionskräfte, die die einzelnen Falten zu einem Ganzen verbinden, bauen die ohnehin unbedeutenden Spannungen noch wesentlich ab. Auf die Ermittlung der Beanspruchung des Faltwerks kann daher verzichtet werden. Bei der Bemessung des Verbandes in den Längsfassaden ist aber die Auflagerkraft, S/2, des Faltwerks zu berücksichtigen (Bild 1f).

V-Faltendach auf schrägen Stützen

Das vorher erörterte Faltendach sei nun auf schräge Stützen, die in jeder der beiden Längsfassaden einen Dreieckverband bilden, aufgelagert (Bild 3a).

Einfluss der Vertikallast

Es gilt das vorher Festgestellte (Bild 3b). Die Auflagerkräfte der in der Querrichtung der Halle verlaufenden Faltenbalken spalten sich in längs der Stützen wirkende Druckkräfte auf.

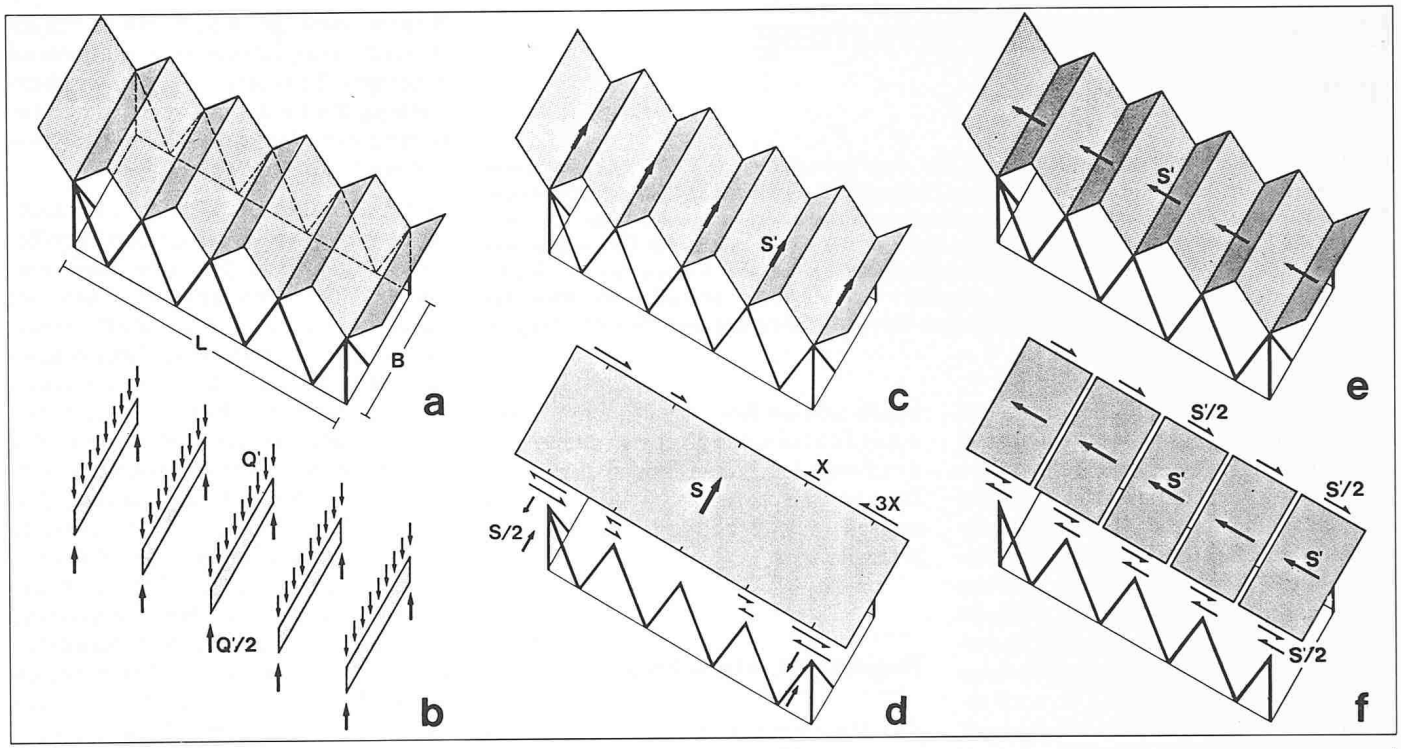


Bild 3. a) Hallentragwerk aus einem V-Faltendach und schrägen Stützen, b) Membranwirkung des Daches in der Hallenquerrichtung bei Vertikallast, c) Tragwerk und Horizontallast in der Hallenquerrichtung, d) entsprechendes Tragverhalten, e) Tragwerk und Horizontallast in der Hallenlängsrichtung, f) entsprechendes Tragverhalten

Einfluss einer Horizontallast in der Hallenquerrichtung

Die aus der Last (Bild 3c) sich ergebenden Balkenquerkräfte werden wieder durch die gefaltete Dachplatte aufgenommen und je zur Hälfte zu den Verbänden in den Querfassaden der Halle geleitet (Bild 3d). Die Balkenbiegemomente werden wieder in Kräftepaare aufgespaltet, die, da aber Riegel nun nicht vorhanden sind, von den Stützenpaaren aufgenommen und in die Gründungen geleitet werden. Die Funktion der Riegel im vorher erörterten System (Bild 1c) wird also nun von den Stützenverbänden wahrgenommen.

Ist die Faltenzahl ungerade (5 im dargestellten Beispiel) und die Felderanzahl hiermit gerade, 2n, (im dargestellten Beispiel 2n = 4), bestimmt man die Auflagerkräfte des Dachfaltwerks in den Giebelebenen und hiermit die auf die Stützenpaare einwirkenden, horizontalen in der Hallenlängsrichtung wirkenden Kräfte, X_1, X_2, ... X_n, (Bild 4a), wie folgt. Die einzuhüllende Längskraftlinie der nun nicht bestehenden Riegel hat den Scheitel-, also Grösstwert

(1) $\Sigma X = \frac{S\,L}{8\,B}$.

Da sie eine Parabel zweiter Ordnung ist, muss

(2) $X_1 = X, X_2 = 3\,X, X_3 = 5\,X, \ldots X_n = (2n-1)\,X$

sein. Mit

(3) $1 + 3 + 5 + \ldots + (2n-1) = n^2$

ergibt sich die in den Gln. (2) enthaltene unbekannte Grösse,

(4) $X = \frac{\Sigma X}{n^2}$.

Der Grösstwert der auf die Stützenpaare einwirkenden Kräfte entsteht anhand der Gln. (2) an den Hallenenden und beträgt

(5) $X_n = \frac{2n-1}{n^2}\,\Sigma X$.

Für die Felderanzahl 2n = 4 (Bild 3 und Bild 4b) ergibt sich

(6) $X_2 = 3\,X = \frac{3}{4}\Sigma X$,

für die Felderanzahl 2n = 6 (Bild 4c)

(7) $X_3 = 5\,X = \frac{5}{9}\Sigma X$.

Die angegebenen Auflagerkräfte spalten sich in längs der schrägen Stützen wirkende Druck- und Zugkräfte auf und werden so in die Gründungen geleitet.

Einfluss einer Horizontallast in der Hallenlängsrichtung

Die Aufnahme und Weiterleitung der Last (Bild 3c und f) erfolgt sinngemäss wie beim Faltendach auf vertikalen Stützen.

Schlussbemerkung

Mittels elementarer Verfahren der Baustatik ist das Tragverhalten von Hallen mit V-Faltendächer auf vertikalen oder schrägen Stützen analysiert. Anhand von Gleichgewichtsbetrachtungen sind einfache Ausdrücke für die massgebenden Schnittkräfte infolge vertikaler und horizontaler Lasten angegeben. Die Analysen geben eine Einsicht in das Kräftespiel und sollen erfolgreichem konstruktiven Entwerfen derartiger Tragwerke beitragen.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Ing. *Riko Rosman*, Pantovčak 135, YU-4100 Zagreb, Yugoslawien.

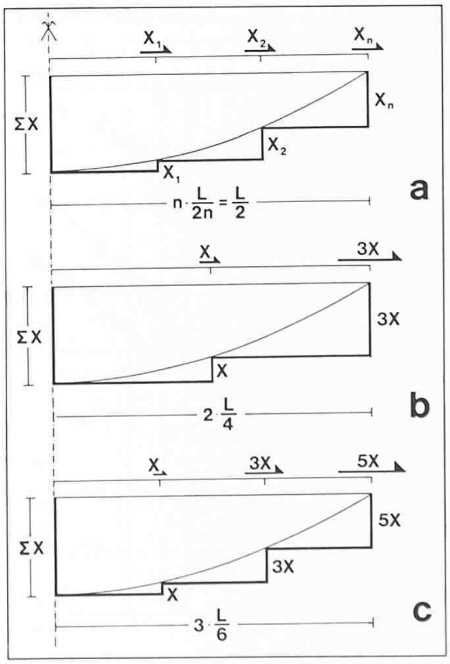



Bild 4. Zur Ermittlung der Auflagekräfte des Dachfaltwerks in den Giebelebenen im Fall einer beliebigen geraden Felderanzahl 2n (a), im Sonderfall der Felderanzahl 2n = 4 (b) und im Sonderfall der Felderanzahl 2n = 6 (c)