Das Hängedach der Sportanlage in Oakland, Kalifornien

Autor(en): **Badoux, J.C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85 (1967)**

Heft 49

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-69605

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Geld her, Bargeld. Weisst noch, wie ich alle Beziehungen spielen liess und in erstaunlich kurzer Zeit die ganze Finanzierung beieinander hatte? Pro m³ umbautem Raum mit 50 Franken gerechnet, hatte ich für das ganze Bauvorhaben Fr. 3 250 000 auf Heller und Pfennig bereitliegen. Grosszügige Unternehmer stellten mir das ganze schöne Geld zur Verfügung, und ich tat das Meine: Pläne, Berechnungen, Gänge zum Baudirektor, Erklärungen, wie ich das möglich machte.

Alle bis dahin Unterrichteten waren begeistert und hatten keinen Zweifel am Erfolg dieses Bauvorhabens beim Finanzdirektor, als oberster und entscheidender Stelle. Ich ging hin, guten Mutes, und freute mich königlich, dass mir so ein Geschäft in schwerer Zeit anzubieten möglich war. Der Herr Finanzdirektor empfing mich freundlich: man werde das Projekt studieren und mir Bericht geben. Dass aber keine Antwort kam, weisst Du auch. Schubladisiert – das kennt man bei Ämtern. Aber warum? Alles lag klar auf der Hand: gute Planung, das Geld. Nicht eine Unklarheit meinerseits. Der bundesrätlichen Aufforderung zu Arbeitsbeschaffung war entsprochen. Was war nun los? Ich musste der Sache auf die Spur kommen und suchte die zuständigen Herren mehrmals auf, ohne Erfolg auf endgültigen positiven Entscheid. Nach Wochen und Wochen – wie haben wir zwei mit Ungeduld die tägliche Post erwartet! – kam der Bescheid, es sei da eine Amortisationsklausel wegen des Landes vorhanden, die mit dem Reglement nicht vereinbar sei, ‹man› bedaure. Statt Arbeit zu beschaffen, wurde mit unserem Projekt Politik getrieben! Der Baudirektor und der Finanzdirektor hatten ihr politisches Heu nicht auf der gleichen Bühne, und es war scheinbar wichtiger, dass einer dem andern ‹eins auswischte›, als dass man Arbeitslosen Brot gab und dringend gebrauchte Wohnungen erstellte.

Das brachte mich auf Touren. Soll wirklich alles Bemühen umsonst gewesen sein? Du weisst auch noch, wie empört die Baufachleute waren. Ich gab mich noch nicht geschlagen – noch nicht. Schliesslich hatte doch der Bundesrat die Inserate aufgegeben, also los, ins Bundeshaus. Ich bekam eine Unterredung zugesagt. Was bekam ich zu hören? ‹Ich, als Bundesrat, kann weder den Kantonen noch der Stadt dreinreden. Wären Sie gekommen und hätten von mir eine Subvention verlangt, so hätte ich Ihnen helfen können.› So war das nun: wäre die Baugruppe als Bettler gekommen, hätte sie Hilfe erhalten und die Bauten stünden nun. Ein restlos finanziertes Projekt (d. h. eine 1. Hypothek in der Höhe von 2 200 000 und die Restfinanzierung von 750 000 Franken gesichert, eine 2. Hypothek von 300 000 Franken von der Stadt zu leisten, die meine Unternehmer in 3 Jahren amortisiert hätten) war aber nicht ausführbar. Hast Du noch Worte, Gottlieb? Ich nicht mehr, lange Zeit nicht mehr. Sage unsern Besuchern im Büro, ich sei auf den Mond geflogen, sage, was Du willst. Ich kann jetzt nicht zurückkommen, ich brauche Ruhe, um die nötige Distanz von solchen Machenschaften zu bekommen. Auf später. Leb wohl. Dein Boss.»

Der städtische Boden ist immer noch nicht überbaut – es wird Tennis darauf gespielt.

Adresse des Verfassers: *Fritz Rüegsegger*, Arch. SIA, 8032 Zürich, Freie Strasse 192.

Das Hängedach der Sportanlage in Oakland, Kalifornien

DK 624.024.26

Von Prof. Dr. **J. C. Badoux**, EPUL, Lausanne

In Oakland, Kalifornien, wurde eine neue Sportanlage gebaut, die nicht nur als Schauplatz sportlicher Wettkämpfe, sondern auch als Ingenieurbauwerk viel Interesse auf sich zieht. Ein Stadion mit 13 000 m² ohne irgendwelche Zwischenabstützungen überdecktem Raum dürfte auch für einen Nichtfachmann beeindruckend sein. Die ganze Sportanlage besteht aus einem offenen Stadion mit 53 000 Sitzplätzen und einer überdeckten Arena mit 15 000 Sitzplätzen. 55 000 m³ Beton wurden dabei mit einem Kostenaufwand von 130 Millionen Schweizer Franken verbaut.

Das nach klassischem Vorbild errichtete Stadion ist eine konventionelle Stahlbetonkonstruktion aus Ortsbeton und vorfabrizierten Bauteilen. Die Tragkonstruktion der Zuschauerrampen sind Ortsbetonrahmen, welche in Form eines liegenden ⊏ aus der Fundation auskragen. Neben der Nutzlast musste bei der Berechnung auch die starke Erdbebenbelastung berücksichtigt werden. Die Sitzbänke sind vorfabrizierte, L-förmige Elemente aus Leichtbeton, die bis zu 10,50 m weit gespannt und auf die Ortsbetonrahmen mit Epoxy aufgeklebt sind. Die Klebeverbindungen sind nicht nur kraftschlüssig, sondern ergeben auch wasserdichte Verbindungen zwischen den einzelnen Bänken. Pro Tag wurden bis zu 500 m solcher Elemente in einer Feldfabrik hergestellt. Der Leichtbeton erreichte mit Dampfhärtung nach 24 Stunden eine Festigkeit von 200 kg/cm².

Das interessanteste Bauwerk der Sportanlage ist die in den Bildern 1 und 2 gezeigte Arena mit ihrem riesigen, tellerförmigen Hängedach über kreisförmigem Grundriss von 128 m Durchmesser. Die Haupttragelemente des Daches sind 96 Litzenkabel von 5,5 cm Durchmesser, welche von einem Zugring im Zentrum zu einem Druckring an der Peripherie des Daches radial gespannt sind.

Der zentrale *Zugring* (Bild 3), ein geschweisster Blechträger aus hochwertigem, korrosionsbeständigem Stahl, muss im Endzustand eine Kraft von 2200 t aufnehmen. Der 100 t schwere Ring von 12 m Durchmesser und einem Hohlquerschnitt von 1,20 m mal 1,35 m wurde in vier Segmenten hergestellt, die durch HV-Schrauben verbunden wurden.

Der *Druckring* von 128 m Durchmesser am Rande des Daches wird von Druckkräften gleicher Grössenordnung beansprucht und konnte deshalb aus massivem Ortsbeton mit dem in Bild 4 gezeigten Querschnitt hergestellt werden. Um die Schwindverformungen zu beherrschen, hat man ihn in 11 Teilen von je 35 m Länge aufgebaut, zwischen denen Fugen von 1,80 m Breite nachträglich ausbetoniert wurden. Besonderen Wert hat man auf eine genaue Kreisform des äusseren Dachrandes gelegt; der Radius von 64 m wurde auf ± 2 cm eingehalten. Dieser ringförmige Träger liegt 30 m über dem Boden der Arena und 17 m über dem inneren Zugring (Bild 2). Zur Vermeidung extrem unsymmetrischer Beanspruchung von Zug- und Druckring mussten die Kabel nach einem vorgeschriebenen Programm in mehreren Stufen gespannt werden, was an einem Ende der Kabel eine nachspannbare Verankerung notwendig machte (Bild 3). Die Verlängerung der Kabel betrug bis zu 16 cm.

Zur Aussteifung der Kabel und als Träger der Dachhaut dienen radiale und tangentiale, I-förmige Betonfertigteile, die auf den Kabeln liegen (Bild 5).

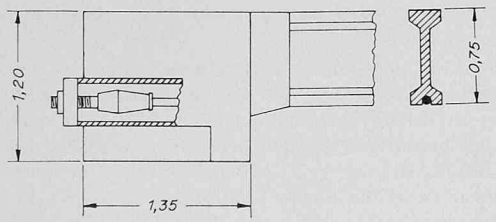

Bild 3. Schematischer Schnitt 1:60 durch den inneren Zugring (Stahl) mit der nachstellbaren Verankerung eines Kabels

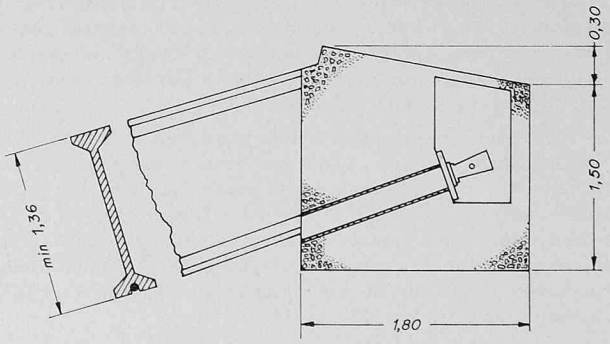

Bild 4. Schematischer Schnitt 1:60 durch den äusseren Druckring (Stahlbeton) und eine Kabelverankerung. Links Schnitt durch den radialen Dachträger

Die *radialen Träger* sind 75 bis 242 cm hoch und so geformt, dass sie sich der Seilkurve der Kabel genau anpassen. Ihr Querschnitt ist, wie Bild 6 zeigt, ausserordentlich schlank: der stellenweise mehr als 2 m hohe Steg ist nur 6,5 cm stark. Die Träger sind mit je zwei Bewehrungsstäben in den Flanschen und einem Netz im Steg armiert. Sie wurden in zwei Stücken von je 27 m Länge in einer Feldfabrik, nur wenige hundert Meter vom Ort ihrer Verwendung, in Stahlschalungen hergestellt. Auch für diese Träger wurde Leichtbeton verwendet, der dank hochtourigen Schalungsvibratoren und Dampfhärtung nach 24 Stunden eine Festigkeit von 200 kg/cm² erreichte. Nach der Montage der beiden Balkenhälften hat man sie durch Verschweissen der Bewehrung miteinander verbunden und den Zwischenraum ausbetoniert. Die radialen Hauptträger wurden mit Querschotten versehen, die als Ansatzstelle der tangentialen Querausteifungen dienen. Diese wurden ebenfalls durch Verschweissen der Bewehrung mit den Hauptträgern verbunden.

Neben seinem Eigengewicht, der Isolation und einer Wasserlast von total 600 t trägt das Dach einen vorfabrizierten Aufbau von durchschnittlich 3 m Höhe und 80 m Durchmesser, in dem die Ventilations-, Heizungs- und Lüftungsmaschinerieen untergebracht sind (Bild 2). Das Dachwasser wird in einem Tank gesammelt und in die Dachentwässerung gepumpt.

Die ganze, 13000 m² grosse Dachkonstruktion ist nur entlang dem Druckring von Stahlbetonstützen getragen. Diese sind nicht vertikal, sondern formen, wie Bild 1 zeigt, 32 kreuzförmige Rahmen, wodurch nicht nur die Knicklänge reduziert, sondern auch ein günstiges System zur Aufnahme horizontaler Lasten geschaffen wurde. Der rechteckige Querschnitt der 23 m langen Ortsbetonstützen von 45×106 cm ist deshalb ausreichend. Diese X-förmigen Stützen verleihen dem ganzen Bauwerk ein aussergewöhnliches Aussehen, indem sie nicht nur ästhetisch sehr zu befriedigen vermögen, sondern auch die klare Konzeption der Anlage zeigen. Diese wird auch durch die raumschliessende Fassadenkonstruktion aus Glas und leichten Stahlträgern innerhalb der Stützenkreuze nicht verdeckt.

Die Stützen geben ihre Last auf einen unteren Fussring ab, der durch kurze, vertikale Stützen getragen wird, die vorfabriziert sind. Der Baugrund liegt nur rd. 1 m über Meereshöhe und die Felskote ungefähr 100 m tiefer. Zur Fundation wurden deshalb rund 1700 Beton- und 700 Holzpfähle von 6 bis 13 m Länge gebraucht.

Für die Montage des Bauwerkes war ein 140-t-Autokran erforderlich, der eine Reichweite von mehr als 23 m hatte. Dieser Kran war imstande, die 14 t schweren, I-förmigen Träger zu montieren. Für kleinere Lasten wurde er mit einem Ausleger von 75 m gebraucht.

Die Hängedachkonstruktion entspricht, da kein Verbund zwischen den Kabeln und Dachträgern besteht, weitgehend dem statischen System einer Hängebrücke. Anstelle der Pylonen treten die beiden Verankerungsringe der Kabel, und dem Versteifungsträger entsprechen die Dachträger. Die Deformationen solcher Tragkonstruktionen müssen bei der Berechnung der Schnittkräfte berücksichtigt werden, deshalb erhält man dabei im allgemeinen nichtlineare, algebraische Gleichungssysteme, die häufig durch numerische Integration oder Iteration gelöst werden. In der Berechnung des Hängedaches wurden elf verschiedene Belastungsfälle, worunter besonders die Erdbebenwirkung, erfasst. Jeder Lastfall musste für sich berechnet werden, da Superposition nicht zulässig ist. Diese aufwendige Berechnung wurde durch den Einsatz von Computern wesentlich erleichtert.

Entwurf und Berechnung dieses ausserordentlichen Ingenieurbauwerkes stammen von *Skidmore, Owing & Merril* und ihrem Mitarbeiter *Stephen Jabuston*.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *J. C. Badoux*, EPUL, 1000 Lausanne, Avenue de Cour 33. Übersetzung von *E. Witta*, dipl. Ing. ETH/SIA, im Ingenieurbüro Basler & Hofmann, 8008 Zürich, Forchstrasse 84.

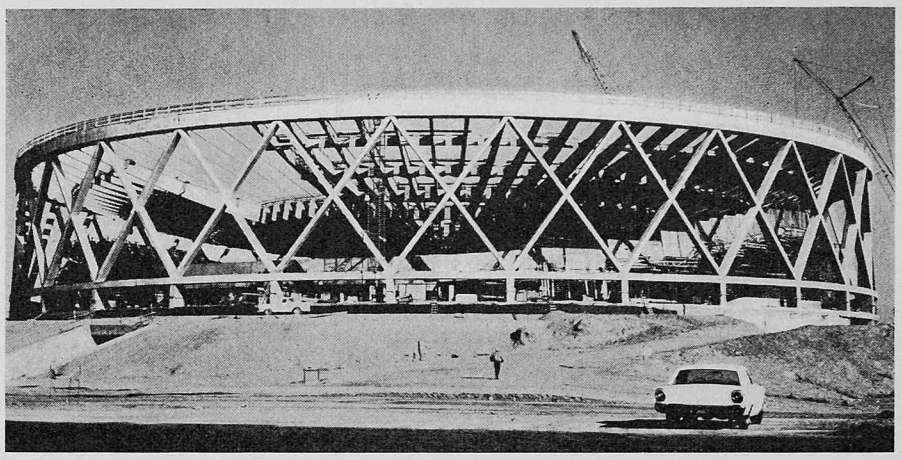

Bild 1. Das Stadion in Oakland, Cal., im Bauzustand

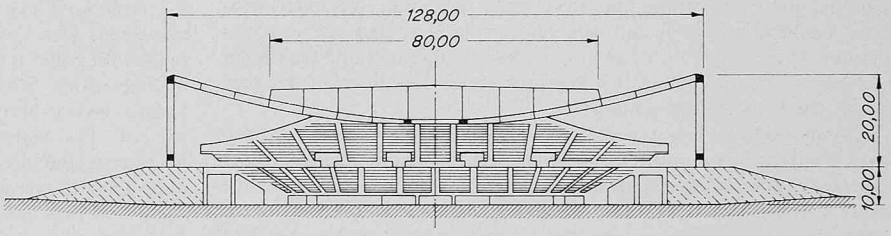

Bild 2. Schematischer Schnitt durch das Stadion, Masstab 1:1800

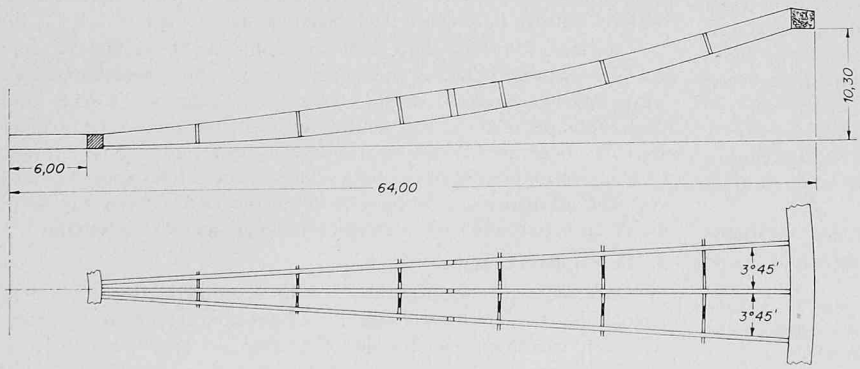

Bild 5. Grundriss und Ansicht eines der radialen Dachträger, die auf den Kabeln liegen und durch tangentiale Träger ausgesteift werden. Masstab 1:600

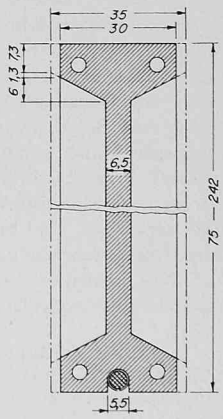

Bild 6. Schnitt 1:60 durch einen der radialen Dachträger