بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه آزاداسلامی
دانشکده فنی و مهندسی
پروژه تکنولوژی معماری

موضوع: طراحی سازه استادیوم ورزشی

استاد ارجمند:
دانشجویان:

فهرست:

- دسته بندی سیستم های سازه ای
- سیستم های ترکیبی
- ظوابط فیفا در مورد سقف استادیوم
- منابع

درابتدا این موضوع توضیح مختصری در مورد انواع سازه ارائه شده است. در ادامه انتخاب و بکارگیری سازه مناسب برای استادیوم ها را بررسی میکنیم.

دسته بندی سیستم های سازه ای

هاینریش انگل در کتاب "سیستم های سازه ای"، سازه ها را به پنج خانواده تقسیم میکند:

سیستم های فرم فعال

در این نوع سیستم ها انعطاف پذیر و غیر صلب هستند و انتقال نیرو در آنها در اثر فرم خاص آن ها است. در واقع نیرو در جهت فرم مصالح منتقل خواهد شد.
سیستم های فرم فعال خود به چهار دسته تقسیم میشوند:

سیستم های کابلی : شعاعی- محوری - خرپای کابلی

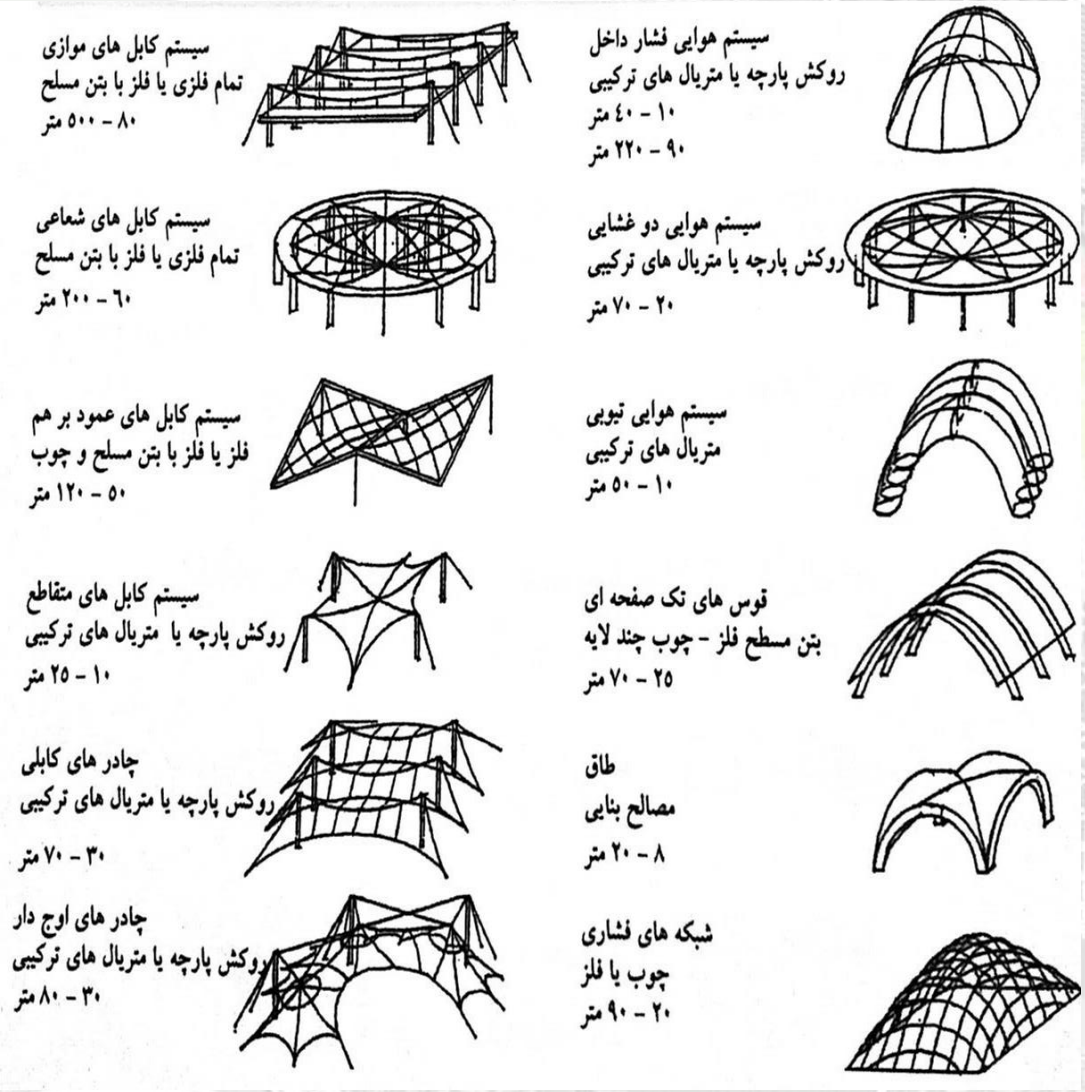
سیستم های چادری : سیستم های محدب(دارای یک نقطه اوج)– سیستم های مقعر– سیستم های دارای چند نقطه اوج

سیستم های قوسی : قوس های منفرد – طاق ها – شبکه های فشاری

سیستم های بادی : سیستم های فشار داخل – سیستم های دوغشائی

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۳۰)

سیستم های سازه ای با فرم فعال
شامل سیستم های کابلی-چادری-قوسی-بادی
اعداد نشان دهنده حداقل و حداکثر دهانه استاندارد هر نوع سیستم است



سیستم های بردار فعال

سیستم های کوتاه ، صلب و مستقیم که انتقال نیرو در آنها به وسیله بردارهای نیرو در جهت اعضا انجام می گیرد. به این ترتیب جهات مختلف نیرو در نهایت به یک نیروی فشاری و یا کششی درعضو پایان می یابد.
سیستم های بردار فعال به سه دسته تقسیم میشوند:

خرپاهای مسطح (صفحه ای) :
خرپاهای با یال بالا – خرپاهای با یال پایین – خرپاهای دو رأسی

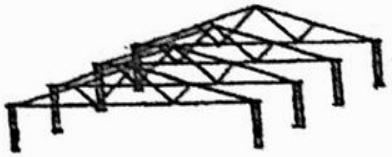
خرپاهای خمیده :
خرپاهای استوانه ای – خرپا های زین شکل – خرپاهای گنبدی شکل – خرپاهای کروی

خرپاهای فضایی (Spaceframe) :
خرپاهای مسطح – خرپاهای تا شده – خرپاهای قوسی – خرپاهای خطی

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۳۰)

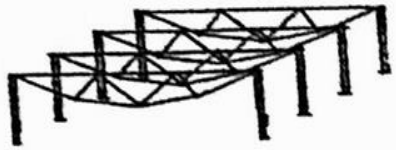
سیستم های سازه ای با بردار فعال
شامل سیستم های خرپاهای مسطح-خرپاهای خمیده-خرپاهای فضایی(اسپیس فریم)
اعداد نشان دهنده حداقل و حداکثر دهانه استاندارد هر نوع سیستم است

خرپاهای یال بالا
چوب ۱۵ – ۳۰ متر
فولاد ۱۵ – ۳۰ متر

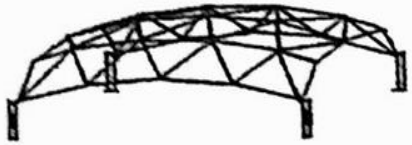


خرپاهای استوانه ای
چوب ۱۲ – ۲۵ متر
فولاد ۲۰ – ۸۰ متر

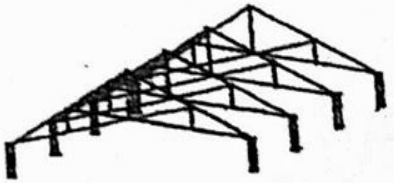
خرپاهای یال پایین
چوب ۲۰ – ۵۰ متر
فولاد ۲۰ – ۸۰ متر



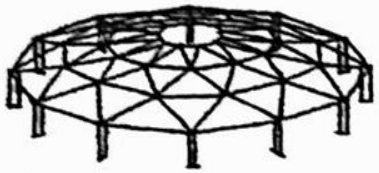
خرپاهای گنبدی
چوب ۱۵ – ۲۵ متر
فولاد ۲۰ – ۸۰ متر



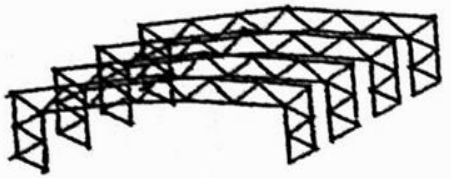
خرپاهای دو رأسی
چوب ۱۰ – ۲۰ متر
فولاد ۱۰ – ۲۵ متر



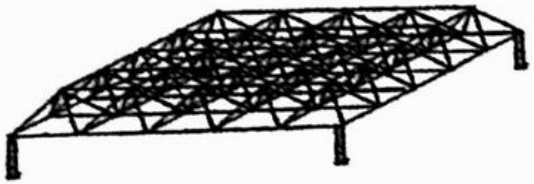
خرپاهای کره ای
چوب ۴۰ – ۱۶۰ متر
فولاد ۵۰ – ۱۹۰ متر



خرپاهای خمیده
چوب ۲۰ – ۵۰ متر
فولاد ۲۵ – ۱۰۰ متر



خرپاهای فضایی مسطح
چوب ۱۵ – ۶۰ متر
فولاد ۲۵ – ۱۰۰ متر

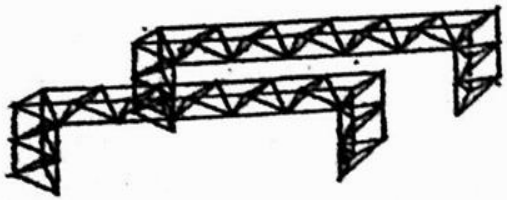


خرپاهای تاشده
چوب ۱۵ – ۲۵ متر
فولاد ۲۰ – ۸۰ متر

خرپاهای فضایی خمیده
چوب ۱۵ – ۶۰ متر
فولاد ۲۵ – ۱۰۰ متر

خرپاهای متقاطع
چوب ۱۵ – ۳۵ متر
فولاد ۱۵ – ۶۰ متر

خرپاهای فضایی خطی
چوب ۲۰ – ۵۰ متر
فولاد ۲۵ – ۱۲۰ متر



(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۳۲)

سیستم های جسم فعال

این نوع سیستم به عنوان سیستم مقطع فعال هم شناخته می شود و خصوصیت اجزای آن سخت، صلب و مستقیم بودن است. انتقال نیرو در این اجزا از طریق نیروهای داخلی و مولکول های جسم است وبا تمامی مقطع جسم، نیرو منتقل میشود.
شکل های مختلف این سیستم عبارتند از:

سیستم های تیر: تیرهای یک طرفه – تیرهای ممتد – تیرهای طره – تیرهای اتصالی مفصلی

سیستم های قابی: قاب های تک دهانه – قاب های چند دهانه – قاب های چند طبقه

سیستم های شبکه و تبر و ورق .

سیستم های دال: دال یکپارچه – دال وافل (دندانه دار) – دال یک طرفه – دال دو طرفه – دال طره

سیستم های سطح فعال

سیستم های انعطاف پذیر که در برابر فشار و تنش برشی مقاومت می کند و انتقال نیرو به وسیله مقاومت سطح و فرم خاص آن صورت می گیرد.
دسته بندی سازه ای این نوع سیستم عبارت است از:

سازه های صفحه ای : یک طرفه – ممتد – طره – صفحات متداخل

صفحات تا شده : منشوری – هرمی – متداخل – صفحات تاشده خطی

صفحات پوسته ای : استوانه ای – گنبدی – زین اسبی – صفحات ممتد

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۳۳)

سیستم های قائم

در این سیستم ها انتقال نیرو در جهات قائم و با الحاق عناصر خاص به روی هم صورت می گیرد. برای مثال انتقال نیروی طبقات و نیروی باد در سازه های بلند با سیستم های خاص صورت می گیرد.

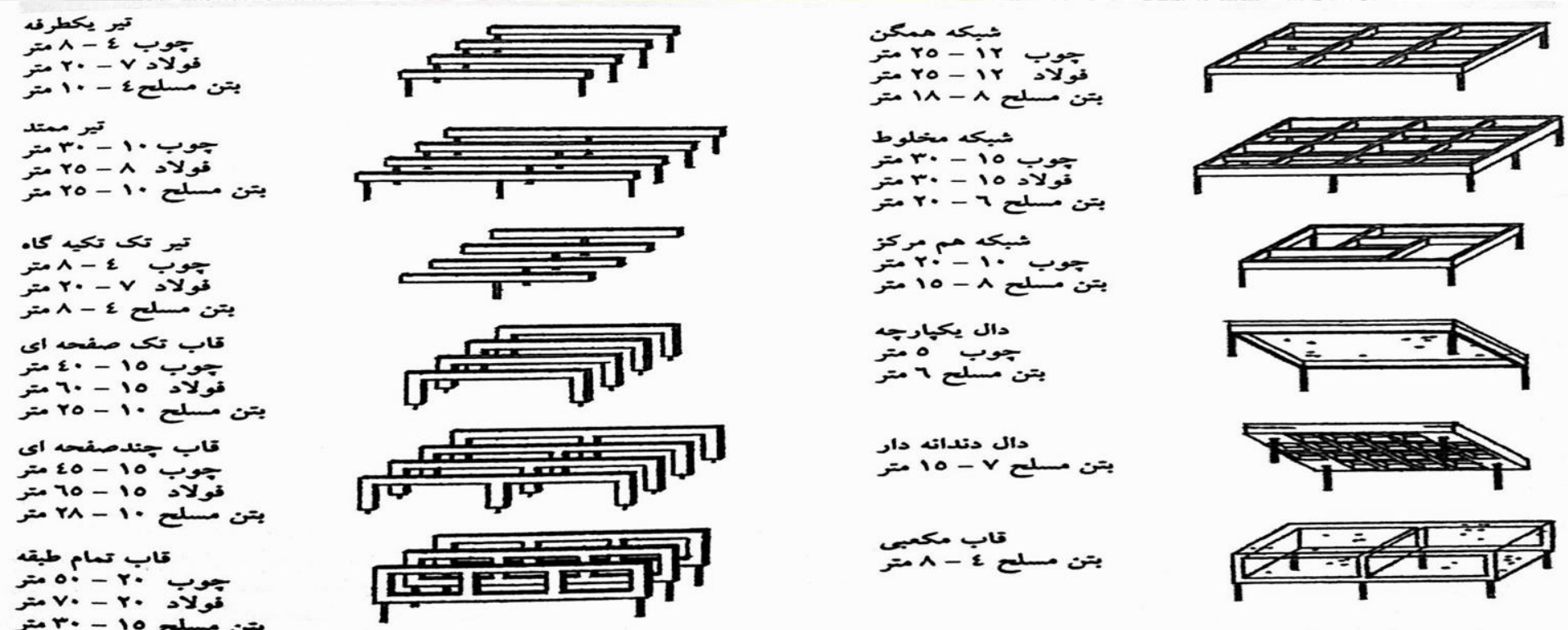
انواع آن عبارتند از:

سیستم های قابی : قاب ها – خرپاها – تیر وستون – دیوار برشی

سیستم های هسته مرکزی : هسته های طره ای – هسته های غیر مستقیم – چند هسته ای ترکیبی

سیستم های بلند با سیستم پل .

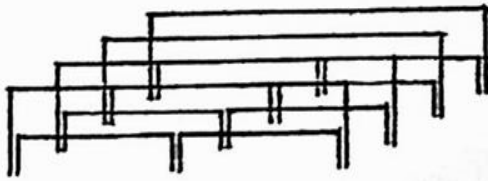
سیستم های سازه ای با جسم فعال
شامل سیستم های تیر-قاب-شبکه ها-دال ها
اعداد نشان دهنده حداقل و حداکثر دهانه استاندارد هر نوع سیستم است



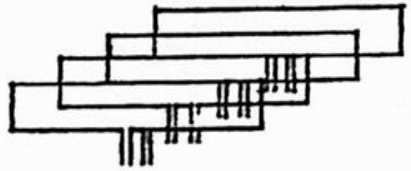
سیستم های سازه ای با سطح فعال
شامل سیستم های صفحه ای-صفحات تا شده-پوسته ها
اعداد نشان دهنده حداقل و حداکثر دهانه استاندارد هر نوع سیستم است

صفحات یک دهانه ای
چوب ۸ – ۳۰ متر
بتن مسلح ۱۰ – ۴۰ متر

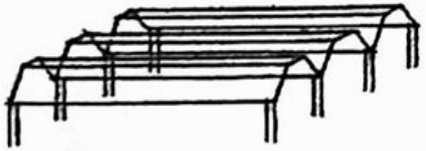
صفحات ممتد
چوب ۱۰ – ۴۰ متر
بتن مسلح ۱۵ – ۵۰ متر



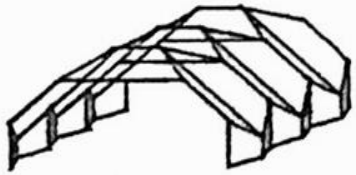
صفحات مفصل دار
چوب ۵ – ۱۵ متر
بتن مسلح ۸ – ۲۰ متر



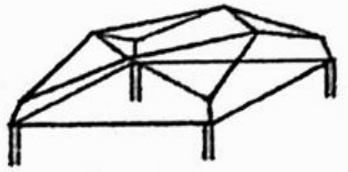
صفحات تاشده
چوب ۱۰ – ۴۰ متر
بتن مسلح ۱۵ – ۵۰ متر



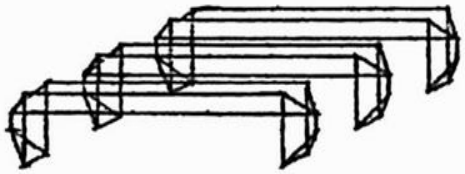
طاق از صفحات تاشده
چوب ۲۰ – ۱۲۰ متر
بتن مسلح ۲۵ – ۱۵۰ متر



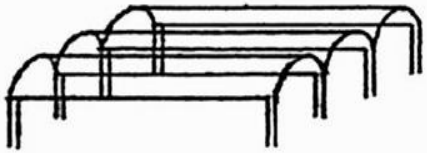
صفحات تا شده هرمی
چوب ۲۰ – ۶۰ متر
بتن مسلح ۲۵ – ۸۰ متر



قاب از صفحات تا شده
چوب ۱۵ – ۶۰ متر
بتن مسلح ۲۰ – ۷۰ متر

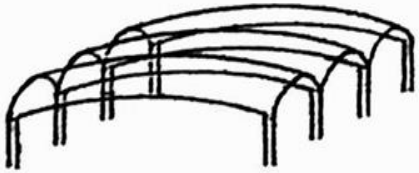


پوسته استوانه ای
بتن مسلح ۲۰ – ۶۰ متر



پوسته گنبدی
بتن مسلح ۴۰ – ۱۵۰ متر

پوسته خمیده
بتن مسلح ۲۵ – ۷۰ متر



پوسته زین اسبی
چوب ۲۰ – ۵۰ متر
بتن مسلح ۲۵ – ۶۰ متر

قاب پوسته ای
بتن مسلح ۲۵ – ۸۰ متر

سیستم های ترکیبی

در سال ۱۹۶۷میلادی هاینریش انگل واژه ای را تحت عنوان سازه های ترکیبی کرد که در آن خصوصیات مختلف سیستم های مختلف سازه ای بار بر با روش های مختلف انتقال نیرو را در کنار هم قرار داد. سیستم های ترکیبی را نمی توان به عنوان یک مقوله مستقل از سیستم های سازه ای پایه مطرح کرد؛ زیرا این نوع سازه ها نه رفتار کاملا جدیدی را ارائه می دهند و نه در رفتار نیرو های درون سازه شرایط متفاوتی پیش می آورد.

ترکیب سیستم های سازه ای مختلف به سه صورت انجام می شود:
ترکیب موازی : قرار گرفتن سیستم ها بر روی هم و یا هم محور بودن در امتداد هم دیگر.
ترکیب متوالی : که با مفصل و یا مهار به یکدیگر متصل می شود.
ترکیب متداخل : درون هم رفتن سیستم های سازه ای مختلف به عنوان جزئی از سازه دیگر.

سازه های اصلی استادیوم را میتوان با پوشش سقف ها و اجزای کمکی آن تشخیص داد. در واقع تحمل بار مرده، بار برف و نیرو های باد از طریق این سازه صورت می گیرد. سازه های ترکیبی در استادیوم ها برای مسقف کردن سکوهای تماشاگران و گاهی هم برای سقف زمین مسابقه به کار می روند.ترکیب سیستم های بردار فعال و سیستم های جسم فعال با شبکه های کابلی و کابل های مهاری متداول ترین نوع ترکیب هستند. باید دقت کرد که پوشاندن دهانه های بزرگ تنها با ترکیب مناسب مصالح با سیستم های سازه ای امکان پذیر می شود.
سقف های استادیوم باید بدون ستون باشند تا دید بدون مانع به زمین مسابقه را برای تماشاگران فراهم کند. به همین علت سازه ها معمولا به صورت طره از پشت سکوها به جلو می آیند. گزینه دیگر که دراین رابطه استفاده می شود سقف های چرخی هستند که به صورت طره های شعاعی عمل می کنند و ممان خمشی در محل اتصال ایجاد نمی کنند.
سیستم های ترکیبی مورد استفاده در استادیوم ها را به دو دسته سیستم های خطی و سیستم های فضایی تقسیم می کنیم وابتدا به بررسی سیستم های خطی می پردازیم.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۳۶)

سیستم های ترکیبی رایج در استادیوم های ورزشی

سیستم‌های سازه ای ترکیبی

سیستم‌های خطی

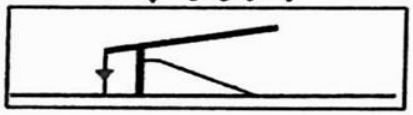
A — سیستم‌های شعاعی

نوع ۱ — سیستم های طره ای ساده

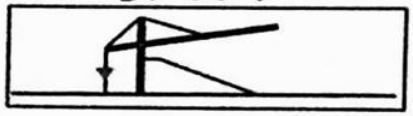
نوع ۲ — با تکیه گاه ثانوی

با تکیه گاه ممتد طولی

نوع ۳ — با مهار میله پشت

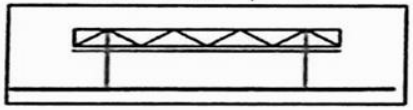


با مهار کابلی

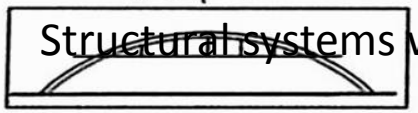


B — سیستم‌های محوری

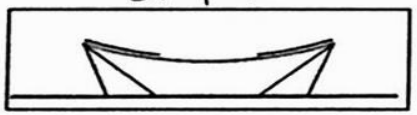
سیستم خرپای طولی



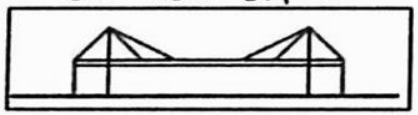
سیستم قوس



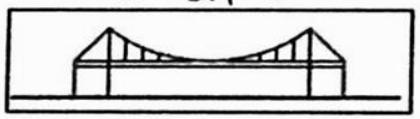
سیستم کابلی



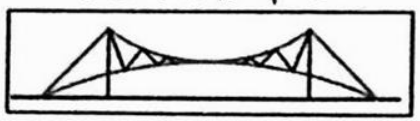
سیستم پل کابلی باد بزنی



سیستم پل معلق



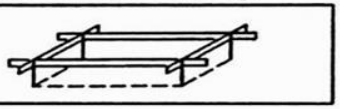
سیستم خرپای جاورس



سیستم‌های فضایی

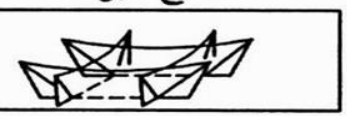
C — سیستم‌های شبه فضایی

تقاطع تیر یا خرپاهای طولی



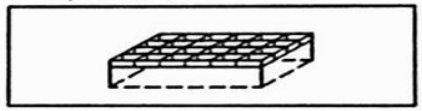
تقاطع قوس ها

تقاطع کابل ها

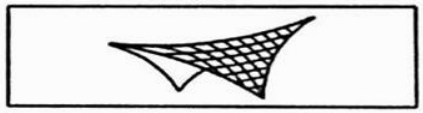


D — سیستم‌های فضایی کامل

سازه فضاکار(اسپیس فریم)



سازه های پارچه ای

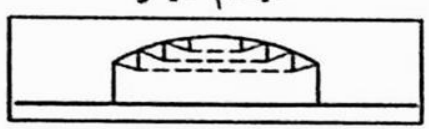


شبکه های کابلی

سیستم چرخی نوع ۱

سیستم چرخی نوع ۲

سیستم گایگر



Structural systems with surface active

سیستم های ترکیبی خطی

سیستم های ترکیبی خطی خود به دو نوع **شعاعی و محوری** تقسیم می شوند. نوع رایج این نوع سیستم تیرهای طره ای و یا خرپا های منفرد هستند که از پشت سکوها به سمت زمین مسابقه طره می شوند و تمامی استادیوم را دور می زنند.
سیستم های طره ای شعاعی ، بر خلاف سیستم های خطی محوری که تیرها موازی محورهای زمین مسابقه قرار می گیرند به صورت شعاعی تمامی استادیوم را دور می زنند. انواع سیستم های طره ای شعاعی به سه دسته تقسیم می شوند:

نوع ۱ : سیستم طره ای ساده

نوع ۲ : سیستم طره ای با تکیه گاه ثانوی

نوع ۳ : سیستم طره ای با ممان مخالف و یا با کابل مهاری

از آنجا که تیر طره ساده در برابر ممان خمشی کاملا مطمئن عمل نمی کند، تیرها به صورت حلقه دور تا دور سکوهای تماشاگران چیده می شود و با مهاربندی به هم متصل می شوند تا بتوانند اثر یکدیگر را متعادل کنند.اگر تیر ساده و یا خرپا خطی (نوع۱) نتواند ممان گوشه سازه را تحمل کند، ارتفاع استاتیکی را با افزودن یک پایه ویا تکیه گاه اضافی کاهش می دهند(نوع۲). همچنین می توان با امتداد خرپا در پشت سازه ممانی درعکس جهت ایجاد و سازه را متعادل کرد(نوع۳).اگر در این حالت هم نتوان سازه را متعادل و پایدار کرد،با استفاده ار کابل های مهاری آن را به فونداسیون محکمی متصل می کنند. در ادامه چند مثال در مورد انواع سازه های خطی شعاعی بررسی می شود.

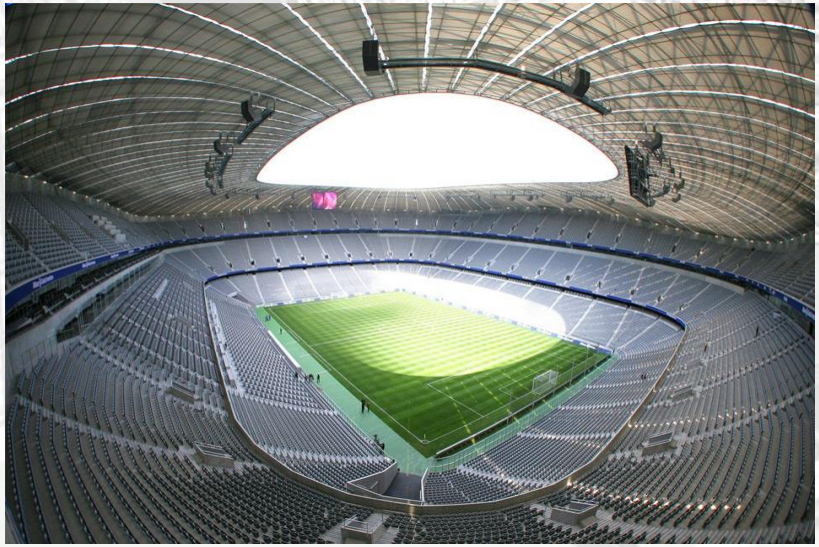
(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۳۶)

نوع ۱ : سیستم طره ای ساده

استادیوم تازه ساز آلیانز آرنا در شهر مونیخ آلمان دارای سقف فولادی طره ای است. این سقف از ۹۶ تیر طره به صورت ۴۸ زوج تیر با ارتفاع ۸ تا ۱۲ متر تشکیل شده است و طول پیش آمدگی آن بیش از ۶۰ متر است. انتهای طره ها بر روی لبه خارجی سازه سکو می نشیند.بر روی سازه اصلی استادیوم سازه های هوایی دو غشایی نصب می شود تا نما و سقف استادیوم را بپوشاند. این سازه هوایی بر روی اسکلت فلزی با شبکه های لوزی شکل که روی سازه اصلی قرار می گیرد، نصب می شود. این اسکلت ثانویه بر روی نما هم قرار می گیرد و برای مهار آن از تیرهای طره در امتداد تیرهای سازه سکوها استفاده خواهد شد. این اسکلت ثانویه نقش استاتیکی ایفا نمی کند وتنها برای قرارگیری بالشتک های هوا تعبیه می شود. برای رسیدن نور طبیعی به زمین مسابقه، پوشش زیرین سقف در جهات شرقی و غربی استادیوم مانند کرکره قابل جمع شدن و متحرک است ولی در جهات شمال و جنوب پوشش دائمی نصب شده است.

آلیانز آرنا درمونیخ

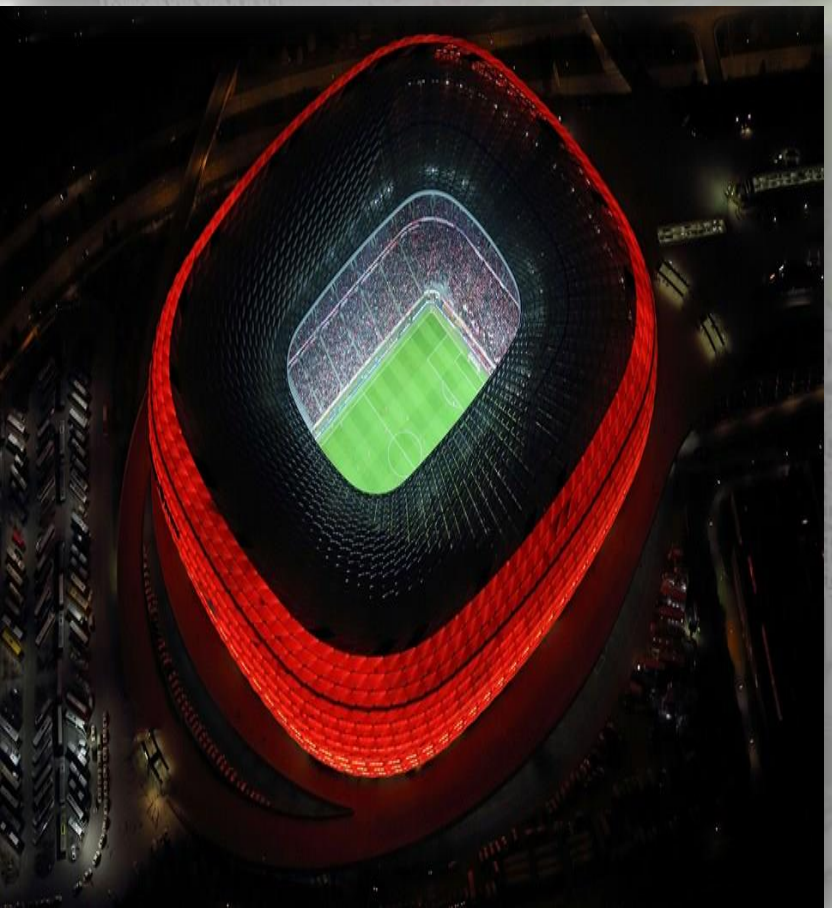
نمونه ای سیستم طره ساده سازه ثانویه بر روی طره های سقف و نما نصب میشود و بالشتک های لوزی شکل بر روی آن قرار می گیرند



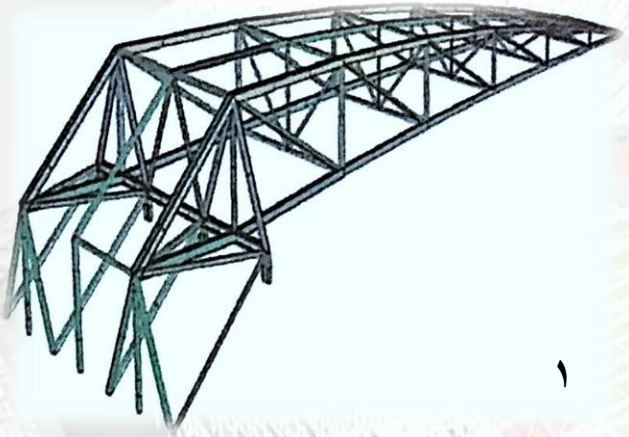
آلیانز آرنا درمونیخ

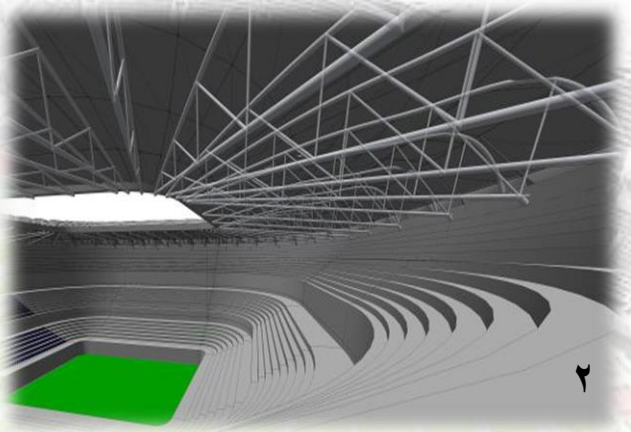
پوشش های متحرک قابل جمع شدن در زیز طره های سقف مشخص است. این پوشش ها به وسیله چرخش و با ریل به سمت تکیه گاه طره جمع می شوند

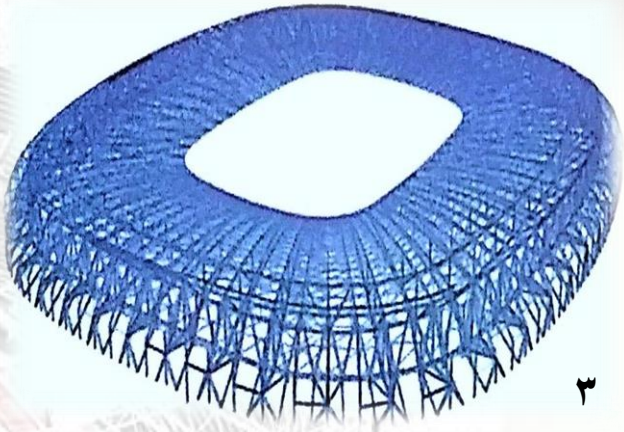
استادیوم آلیانز آرنا درمونیخ

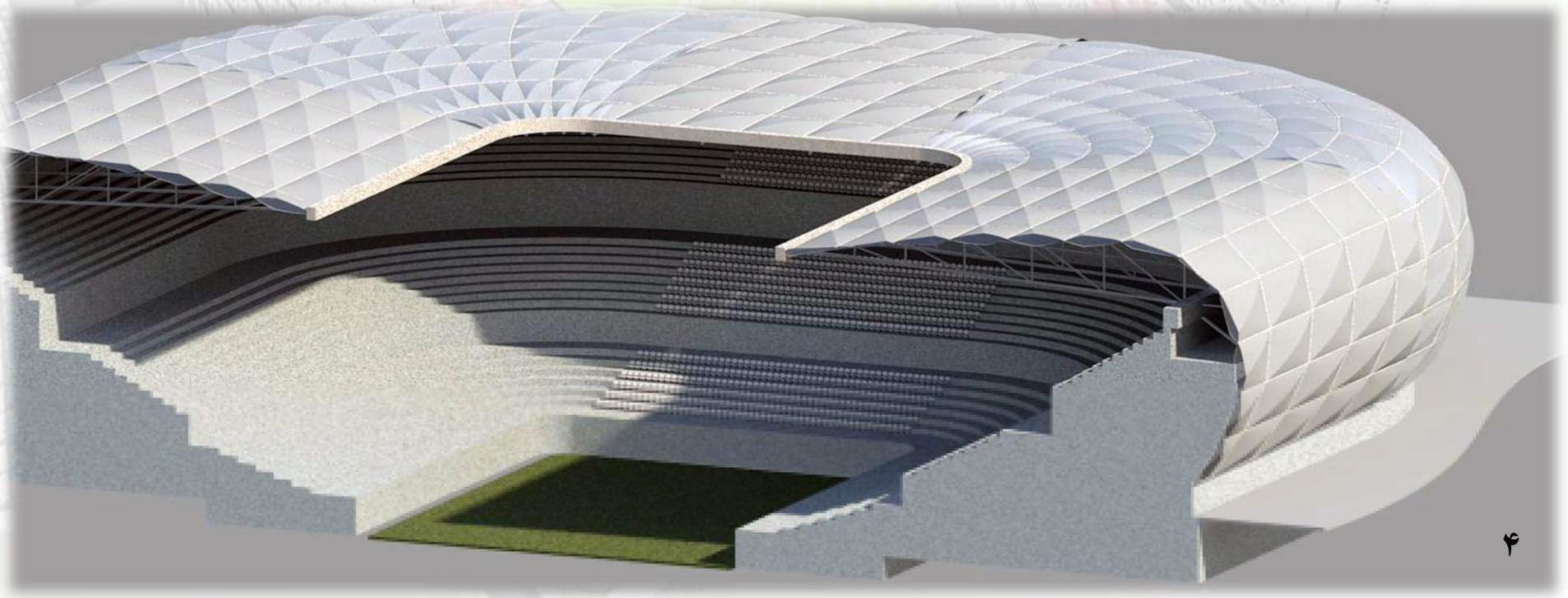


مدل خرپای طره سقف در استادیوم آلیانز آرنا
تکیه گاه طره های سقف که بر روی ستون های سازه سکوها قرار می گیرند
مدل سه بعدی سقف در استادیوم آلیانز آرنا که ۴۸طره و مهار بین آن ها سا ختته میشود
تیر های قطری روی سازه اصلی استادیوم برای نصب با لشتک های هوایی لوزی شکل

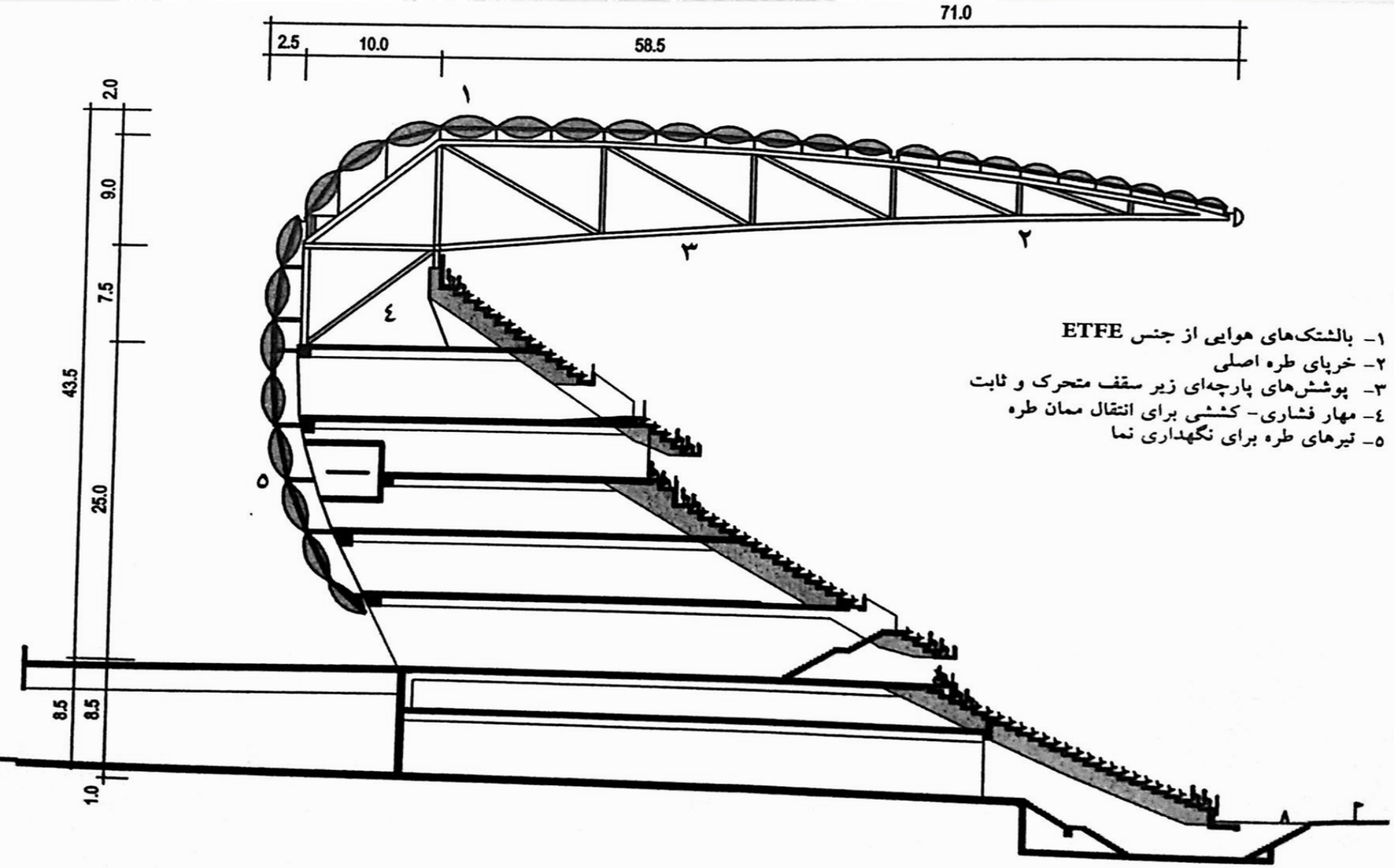

۱


۲


۳


۴

مقطع استادیوم آلیانز آرنا در مونیخ
طره سقف از تکیه گاهی به عمق ۱۰ متر که بر روی لبه خارجی سکوها می نشیند آویخته می شود. بالشتک های هوایی از جنس ETFEبه وسبله سازه ثانویه بر روی طرهای سقف و نما قرار می گیرند. امتداد تیرهای سازه سکوها سازه ثانویه سقف را مهار می کند. پوشش های متحرک و ثابت در زیر طره سقف نصب شده است.



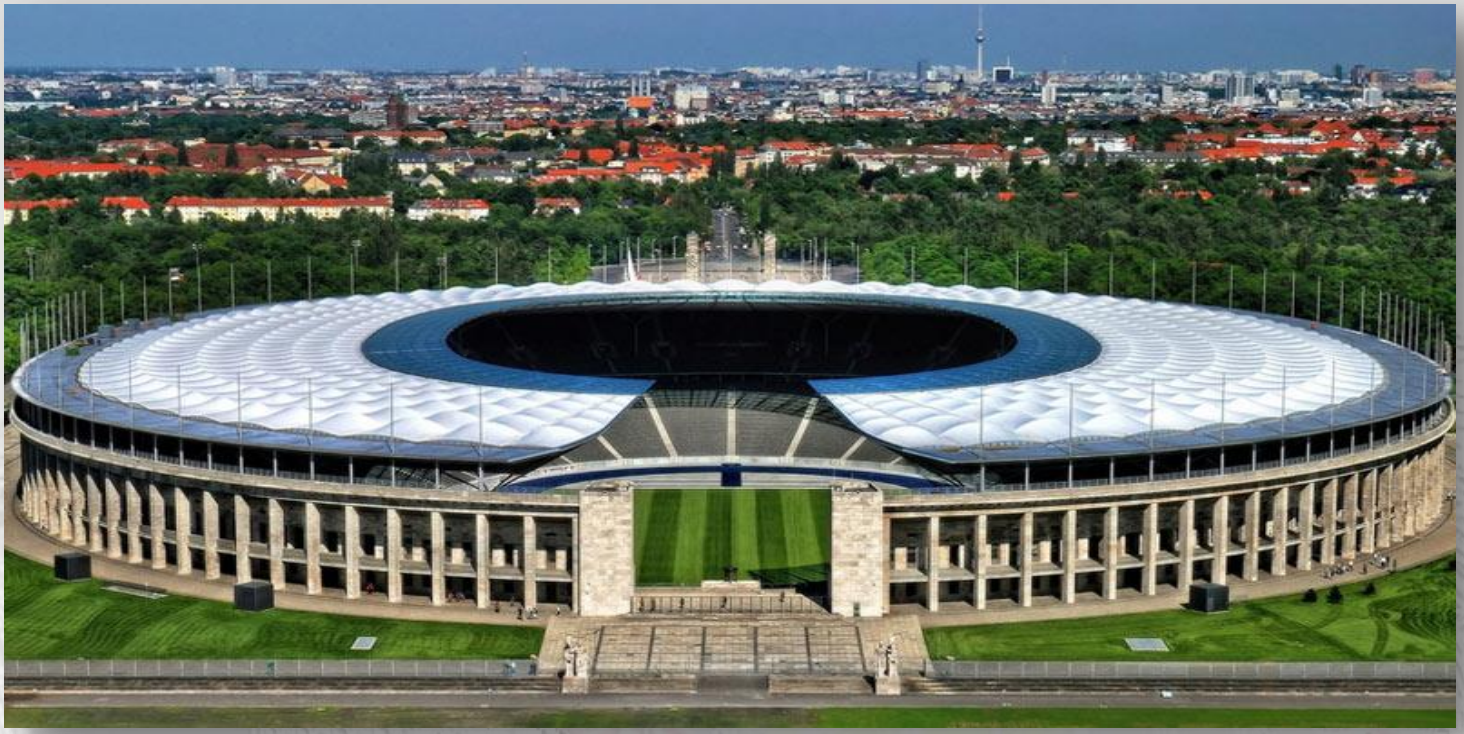
نوع ۲ : سیستم طره ای با تکیه گاه ثانوی

سقف استادیوم المپیک برلین از نوع سقف طره ای با تکیه گاه ثانوی است. سازه سقف علاوه بر داشتن تکیه گاه اصلی در قسمت بیرونی، یک تکیه گاه اضافی در یک چهارم طول تیرها، نزدیک به تکیه گاه اصلی دارد.لبه بیرونی سقف از حلقه فشاری با بتن مسلح است و بر روی ۱۳۵ ستون مفصلی برای اتصال پشت سازه به زمین قرار گرفته است. سازه سقف متشکل از ۷۶ خرپای دو بازویی است که به صورت شعاعی استادیوم را دور می زنند. ۲۰ تکیه گاه ثانوی هم به صورت ستون های لوله ای درختی بر روی سکوهای بالایی استادیوم قرار می گیرند.

جنس پوشش سقف از پارچه های فایبرگلاس با روکش PTFEاست. برای نورگیری بهتر زمین مسابقه، لبه سقف با ۵ حلقه شیشه ایمنی لمینیت شده پوشانده می شود تا عبور نور به مقدار کافی را تنظیم کند (سقف زاویه آویختگی ۱۵ درجه دارد و در صورت نبود پوشش شیشه ای بر روی زمین سایه کامل می اندازد).
با قرار گیری ستون های ثانویه طول طره ۱۷ متر کاهش یافته و ۴۸ متر رسیده است. این ستون ها در میان سکوها قرار گرفته اند و دید تماشاگران پشت سر را به زمین مسابقه محدود خواهد کرد. به همین علت پشت ستون فقط در شرایط خاص مورد بهره برداری قرار می گیرند.

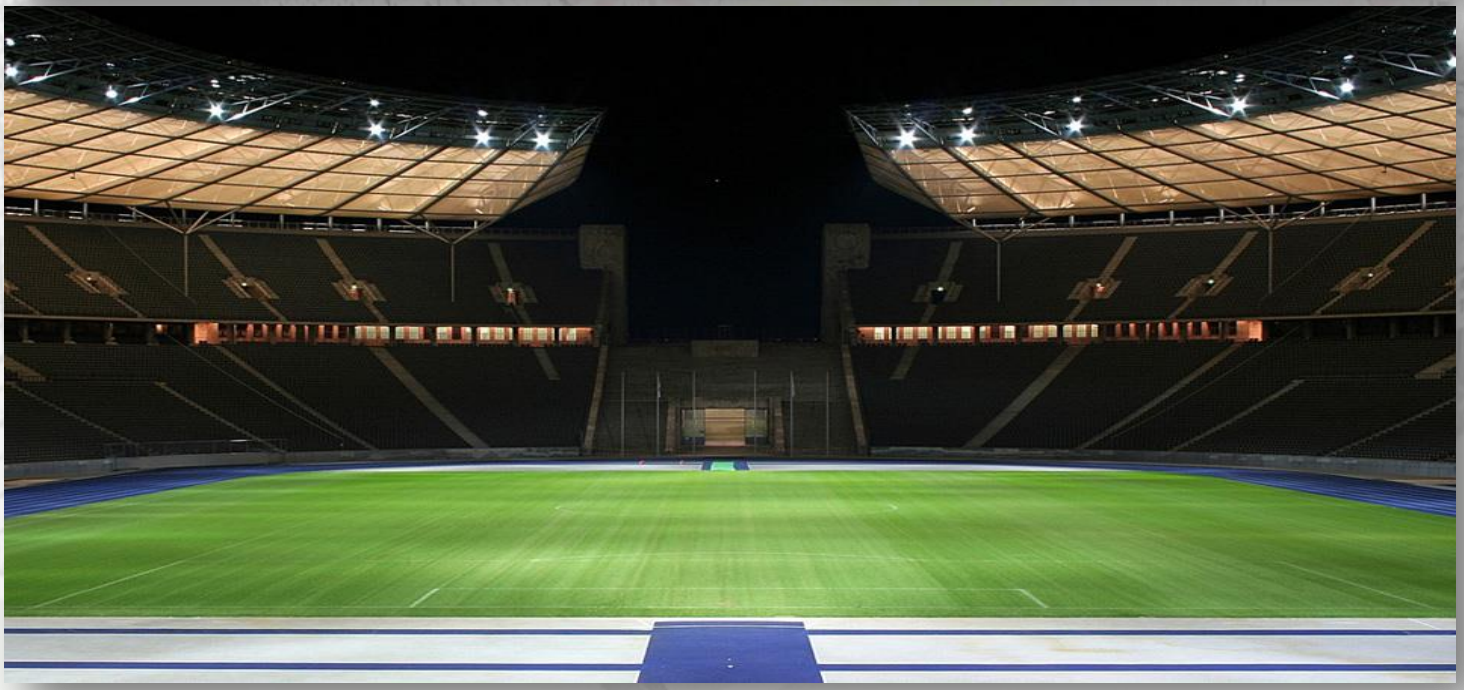
این استادیوم در مسابقات المپیک سال ۱۹۳۶ میلادی مورد استفاده قرار گرفت و در آن زمان پوشش سقف نداشت.در استادیوم یک ورودی بزرگ به عنوان ورودی مسابقات دوی ماراتن المپیک ایجاد شده بود.در طرح سقفی که به استادیوم اضافه شد، برای احترام و حفظ این اثر تاریخی، بر روی این ورودی سقفی قرار نداده شد وسازه سقف در کنار آن به پایان می رسد.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۴۲)



استادیوم المپیک برلین

ورودی استادیوم برای مسابقات دوی ماراتن مشخص است.
در مواقع مورد نیاز میتوان از سکوهای متحرک برای پوشاندن این قسمت از استادیوم استفاده کرد.



استادیوم المپیک برلین

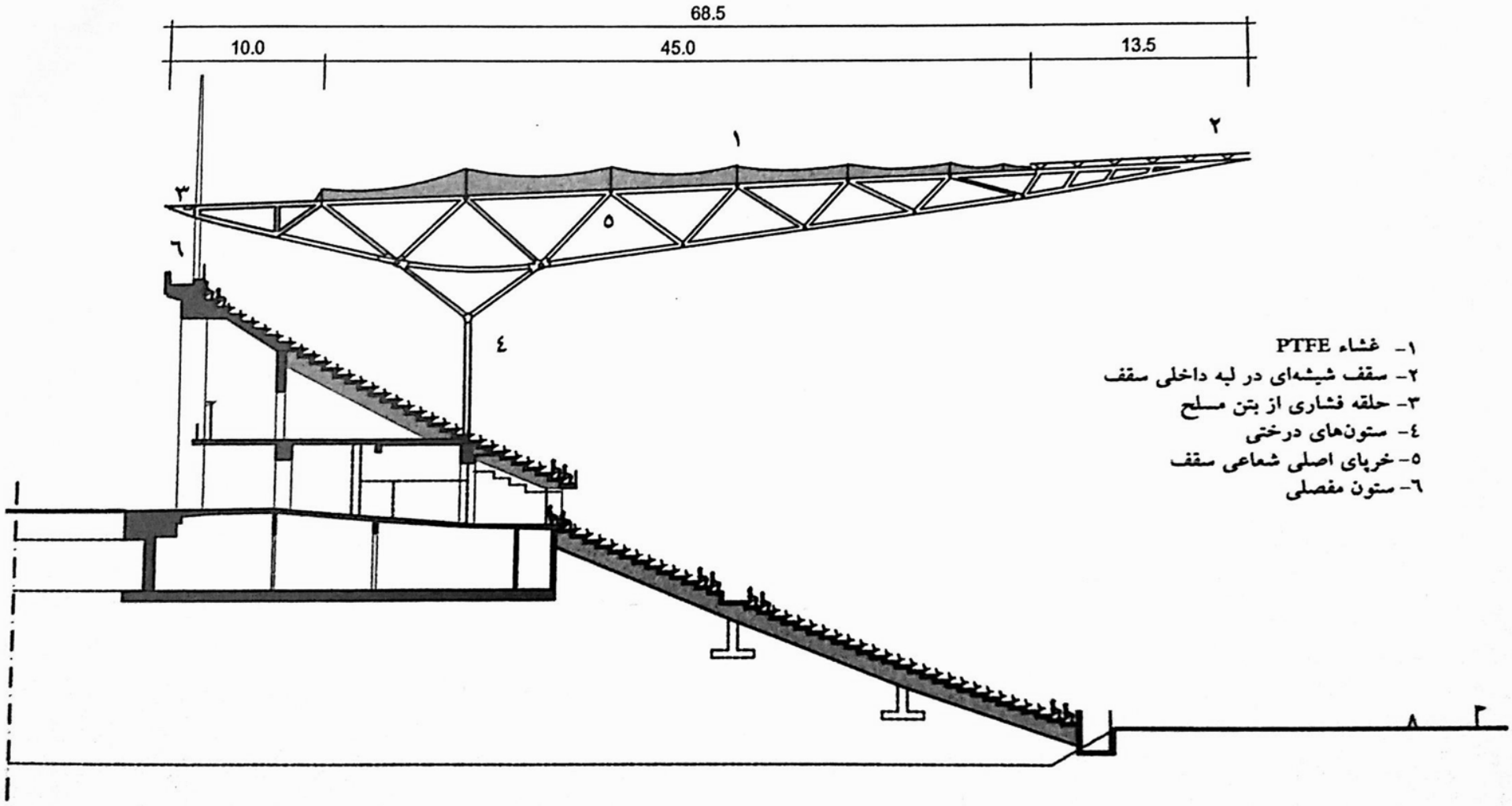
در شکل ستون های درختی ثانویه در میان سکو های لایه بالا مشخص است.
سقف با دو جنس متریال شیشه و غشاء PTFE پوشانده می شود

استادیوم المپیک برلین
قرار گیری ستون های ثانوی در میان سکوها

استادیوم المپیک برلین
پنج حلقه شیشه ای درلبه سقف با سیستم اسپایدر به سازه اصلی متصل شده اند.
غشاء PTFE هم بر روی سقف و هم بر زیز آن نصب می شود

استاديوم المپيک برلين

مقطع المپیک برلین
قرارگیری خرپای سقف بر روی دو ستون از ممان خمشی ایجاد شده می کاهد. ستون های اصلی و فرعی بر روی ستون های سازه سکوها قرار داده می شوند. ستون های درختی در میان سکوها مانع از دید تماشاگران پشت سر خواهد شد.



نوع ۳ : طره با ممان مخالف و کابل های مهاری

فرانکن اشتادیون در شهر نورنبرگ آلمان قرار دارد و در سال ۱۹۹۱ میلادی طرح گسترش و بازسازی آن به انجام رسید.شکل هندسی این استادیوم یک هشت ضلعی کشیده شده است و سازه سقف آن مانند سازه های جرثقیل است که از پشت با کابل مهار شده است.

سازه از دو خرپا با میله و کابل (اعضای کششی با کابل و اعضای فشاری با میله) ساخته شده اند تشکیل شده و سقف شفاف داخل استادیوم را نگهداری می کند.

سقف شفاف زاویه ای بر خلاف سازه بیرونی سقف دارد وشیب آن به سمت داخل زمین مسابقه است و این امر موجب می شود تا تماشاگران سکوهای بالایی دید به سکوهای سمت مخالف استادیوم نداشته باشند و سقف مانع از دید آن ها خواهد شد.

کابل های کششی فولادی در لبه خارجی سقف در بیرون استادیوم نیروی مهاری سقف طره شده را فراهم می کند ونیروی آن را به صورت عمودی به فونداسیون کششی منتقل می کند. ستون های اصلی سازه ۲۲ متر طول دارند وطول میله متصل به کابل های مهاری پشت ۷ متر است.

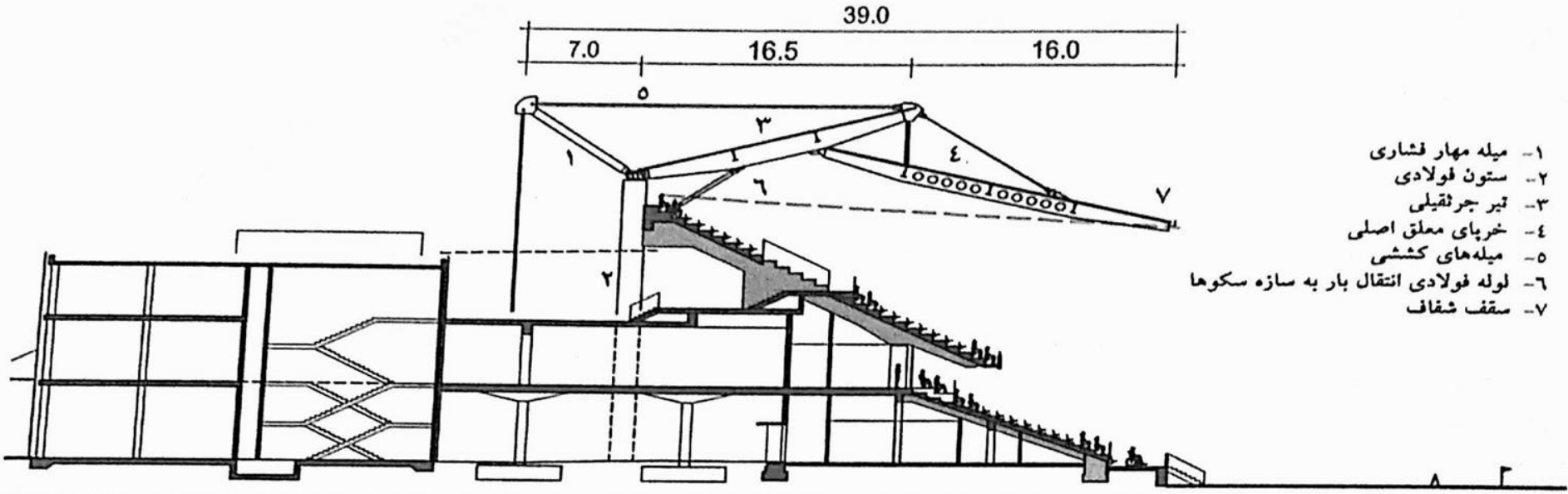
استادیوم شهر نورنبرگ
کابل های مهاری که به فونداسیون کششی متصل می شوند.قسمت بالای سازه با وجود این کابل و تیر سقف و میله مایل متصل به کابل تشکیل یک خرپای بزرگ صفحه ای می دهد.

استادیوم شهر نورنبرگ
نحوی اتصال کابل های مهاری و ستون و تیرهای اصلی سقف مشخص شده است.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۴۶)

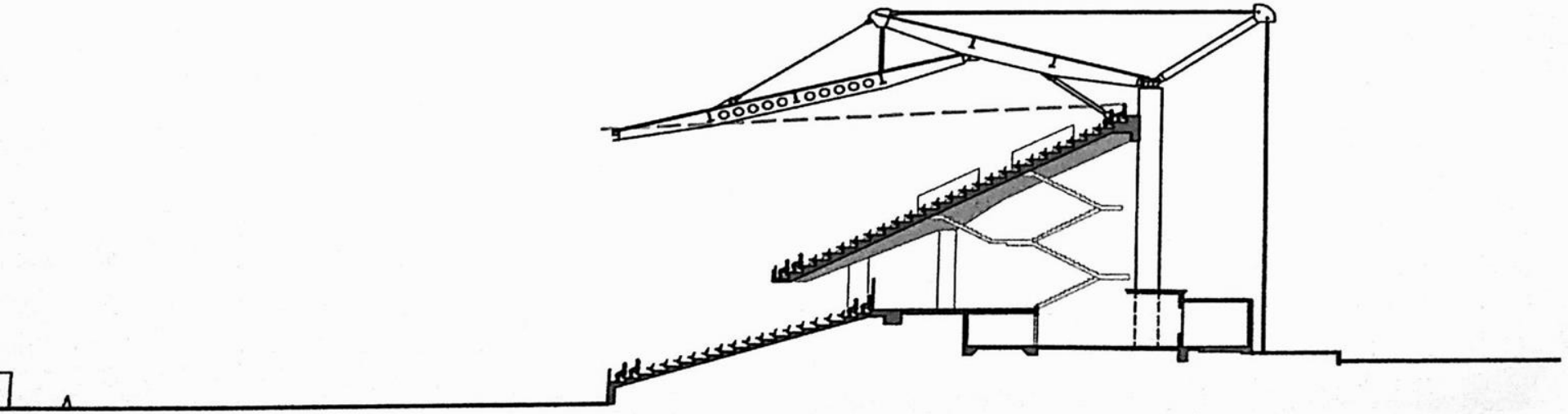
استادیوم شهر نورنبرگ
سقف استادیوم از دو بخش شفاف و غیر شفاف تشکیل شده است. بخش بیرونی بخش غیر شفاف است که شیب آن به سمت خارج استادیوم است و بخش شفاف در زیر آن،با شیب به سمت داخل استادیوم قرار گرفته است

استادیوم شهر نورنبرگ
تیرهای نگهدارنده سقف شفاف که به تیرهای اصلی سقف با شیب مخالف متصل می شوند.



استادیوم شهر نورنبرگ / بالا مقطع عرضی – پایین مقطع طولی

با توجه به این که این نوع مهار به علت رفتار کششی آن در دسته سازه های کابلی قرار می گیرد،می توان از میله های فولادی به جای کابل همانند آنچه که در استادیوم استفاده شده بهره برد.در شکل زیر محدود شدن مستقیم دید تماشاگران به علت شیب سقف داخلی مشخص شده است.با این حال دید کامل به زمین وجود دارد.



سیستم های محوری

نوع دیگر سیستم های ترکیبی خطی، **سیستم های محوری** هستند که سیستم هایی با خرپاهای خمیده و یا قوس که درجهت موازی محور زمین مسابقه قرار می گیرند و نحوه کار آن مشابه سازه های طنابی، پل های کابلی و پل های طره کابلی است. همانطوری که اشاره شد تفاوت مهم این نوع سیستم، قرارگیری سازه های اصلی نگهدارنده به صورت موازی با محورهای زمین مسابقه است.

در زنترال اشتادیون در شهر لایپزیک آلمان دوخرپای کابلی قوسی با طول ۲۲۰ متر و زاویه ۲۶ درجه تمامی سقف سکوهای جهات طوای استادیوم را نگه می دارد.

مهاربندی کابلی بر سختی سقف می افزاید. حلقه فشاری بیرونی که قوس را مهار می کند، بر روی۶۴ستون مفصلی که ادامه ستون های سازه سکوها هستند قرار می گیرد. سقف در جهات عرضی استادیوم بر روی پایه های V شکل که بر روی سکوهای استادیوم سوار شده اند، قرار می گیرد. واز نوع طره ساده است. پوشش سقف از پنل های فلزی موجدار است که با پرلین بر روی خرپاهای سقف نصب می شود. بعد از آزمایش مدل سایه، برای رسیدن نور مناسب خورشید به زمین، تصمیم برآن شد که در لبه داخلی سقف به جای پنل های فلزی، صفحات شفاف از جنس پلی کربنات قرار گیرد. در طرح اولیه این استادیوم سقف متحرک برای آن در نظر گرفته شده بود که به علت محدودیت های مالی اجرا نشد.

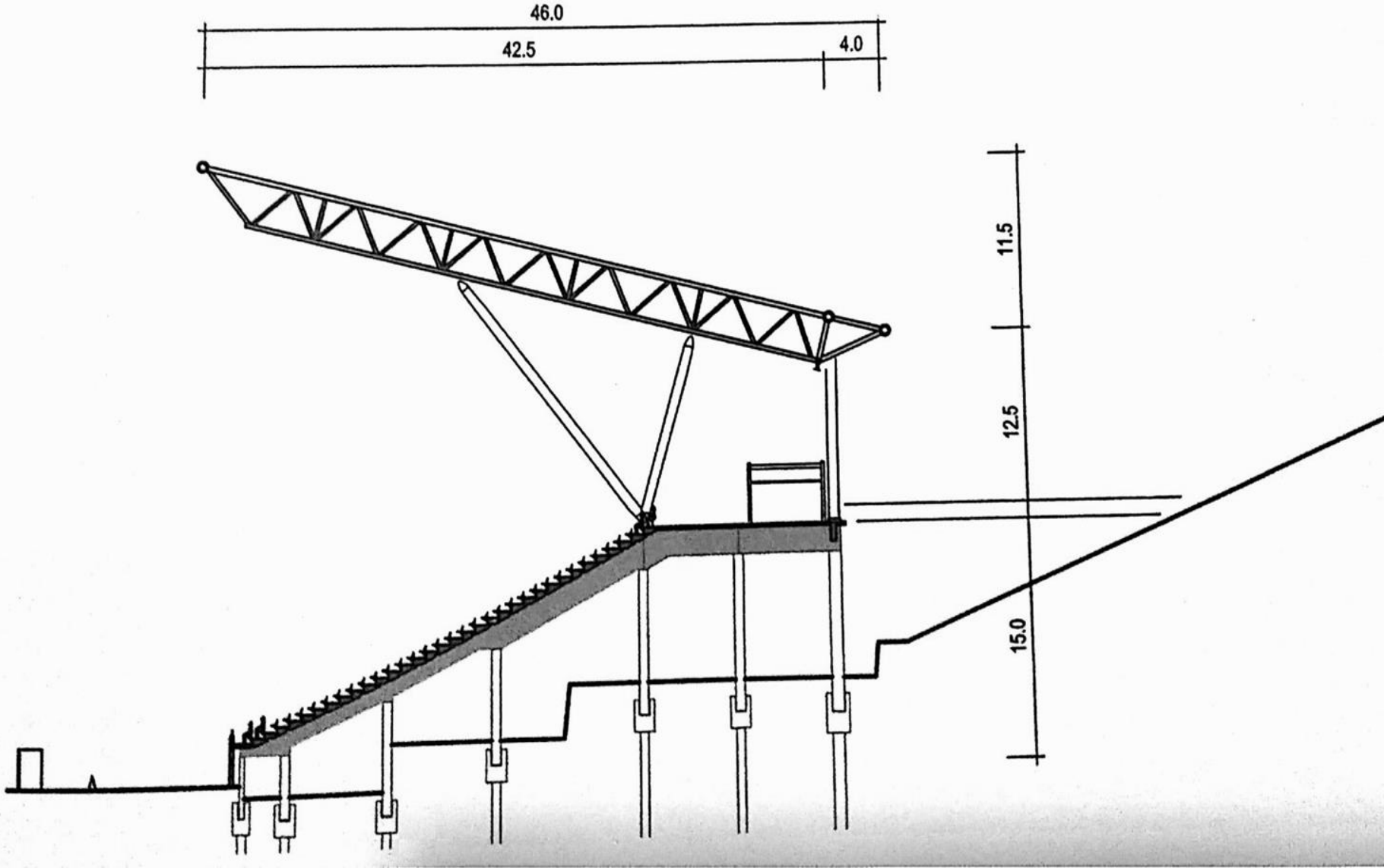
زنترال اشتادیون لایپزیک
مهارهای V سازه سقف در جهات عرضی استادیوم را نگه می دارند.
و به زیر شبکه سازه فضاکار متصل می شوند

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۵۰)

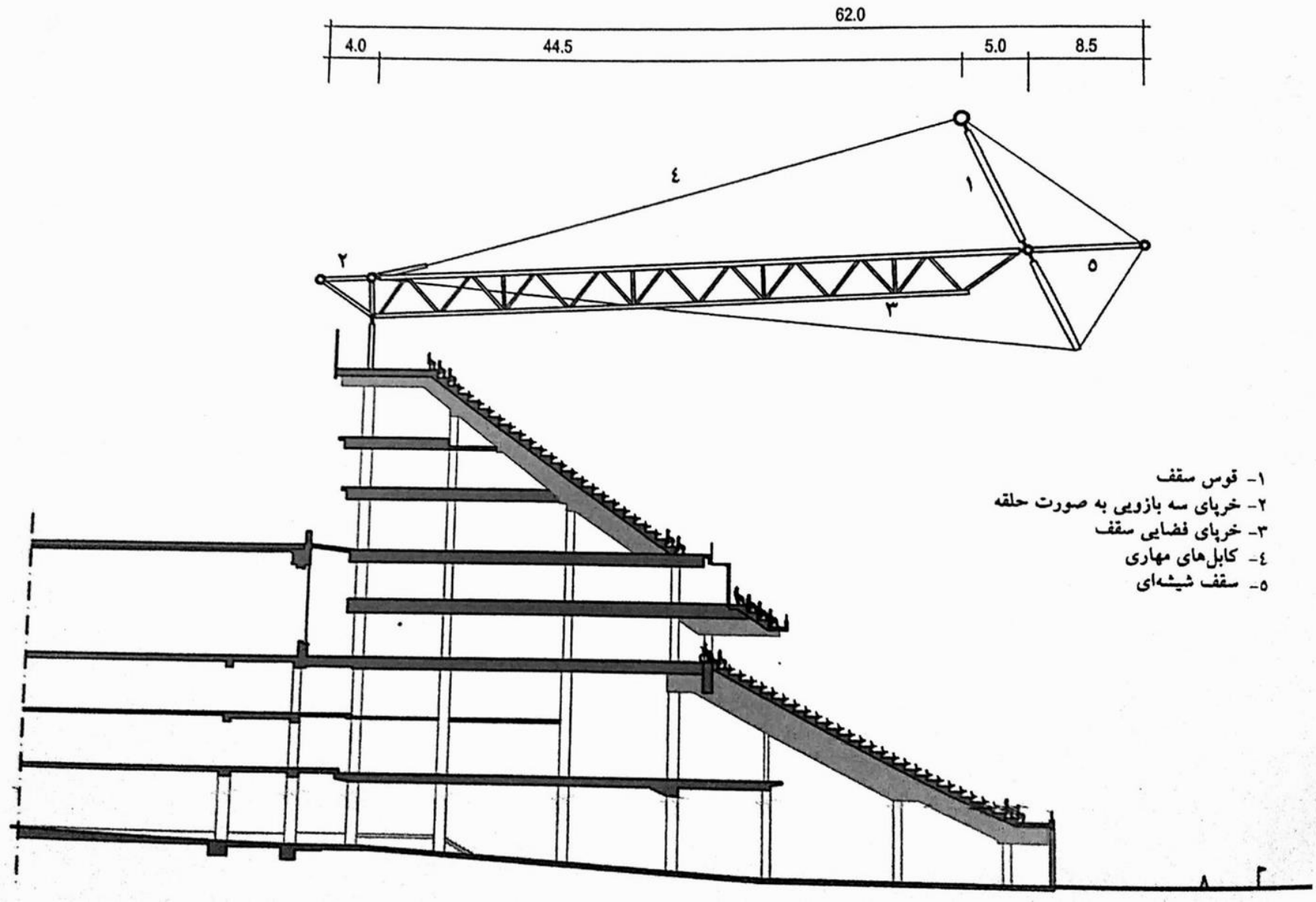
زنترال اشتادیون لایپزیک
دو قوس بزرگ در جهات طولی استادیوم با کابل به سقف متصلند وبار آن را در انتها به حلقه بیرونی انتقال می دهند.

زنترال اشتادیون لایپزیک
تفاوت سیستم های سازه ای سقف در جهت عرضی و طولی استادیوم مشخص است.

مقطع طولی زنترال اشتادیون لایپزیک
ستون های V شکل نگهدارنده سقف خرپای فضایی هستند و پایه آن ها در امتداد ستون های اصلی سکوهای استادیوم قرار گرفته است.



مقطع عرضی زنترال اشتادیون لایپزیک
قوس بزرگ ، نگهدارنده بار سقف است و با کابل به حلقه بیرونی در بالای ستون های سکوهای استادیوم متصل می شود. برای مقابله با چرخش سقف در اثر نیروهای باد دو کابل مهاری در زیر آن هم متصل می شود.



استادیوم وستفالن

استادیوم وستفالن در دورتموند آلمان پیش از بازی و گسترش در سال ۲۰۰۵ میلادی دارای دو ستون خرپایی طولی در هر گوشه استادیوم بود که سازه سقف طره را نگهداری می کردند.خرپاهای بزرگ طولی بر روی سکوهای تماشاگران حرکت می کرد و با اتصال به این ستون ها، سقف خرپایی سکوها را نگهداری می کرد.

بعد از عملیات گسترش استادیوم و کامل شدن سکوهای گوشه استادیوم هشت ستون به علت محدود کردن دید از جای خود برداشته شدند و به جای آن هشت سازه مهاری کابل و لوله در بیرون استادیوم قرار گرفتند و خرپای طولی سقف ها را نگهداری می کنند.

سازه مهاری جدید با قاب های بتنی چهار گوشه استادیوم مهاربندی شده اند.هر ستون در یک هسته بتنی به عنوان پلکان قرارگرفته است.

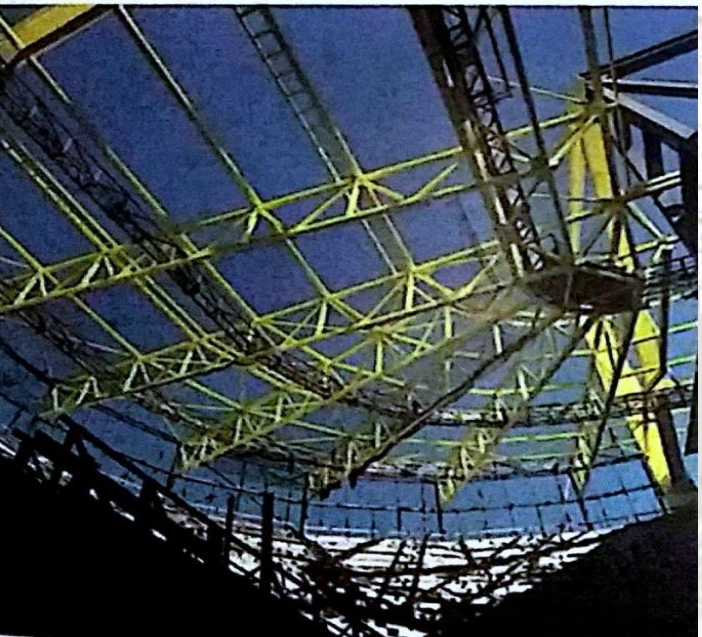
استادیوم وستفالن درشهر دورتموند پیش ازگسترش استادیوم درسال ۲۰۰۵میلادی،دوستون مشبک بزرگ خرپاهای طولی سقف را در گوشه های استادیوم حمل می کردند.

استادیوم وستفالن درشهر دورتموند
ستون های خرپایی جدید استادیوم به رنگ زرد که پس از گسترش استادیوم به عنوان پایه های خرپای طولی سقف در بیرون استادیوم قرار گرفتند .

استادیوم وستفالن درشهر دورتموند
سازه سقف استادیوم از درون خرپاهای بزرگ طولی عبور می کند و خرپاهای کوچکتر به این خرپای بزرگ متصل می شوند

نصب ستون موقت به جای ستون برای نگهداری سقف پیش از نصب ستون های جدید

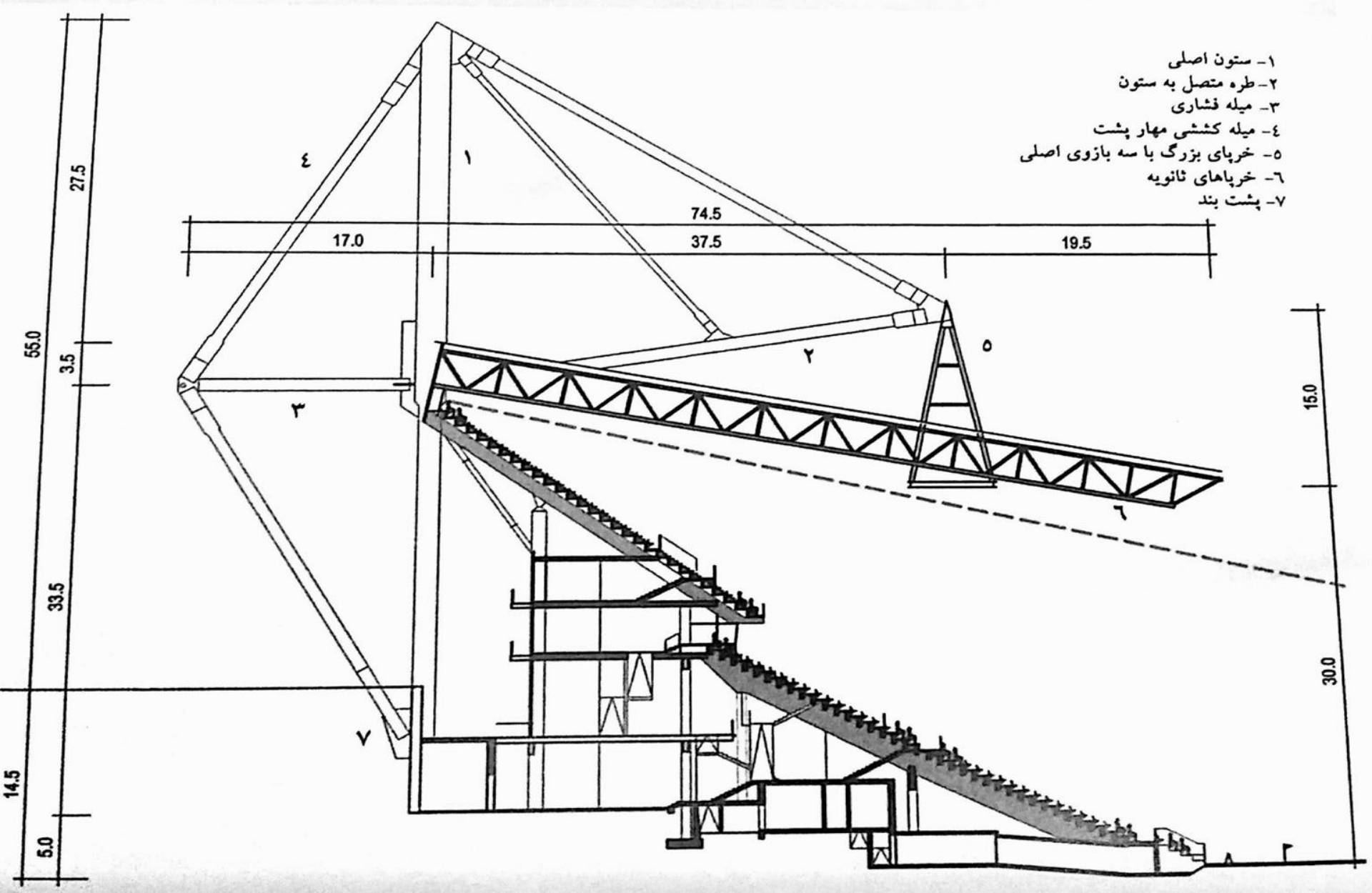
اتصال بازوی بالای خرپای طولی سقف به ستون های جدید



ستون خرپای که پایه آن به درون سازه بتنی می رود

خرپای شعاعی در سقف سکوهای جدیداستادیوم

مقطع استادیوم وستفالن دورتموند
خرپای فضایی بزرگ به عنوان ستون در پشت سازه قرار می گیرد و در جلو به بازوی بالای خرپا طولی استادیوم متصل می شود. خرپاهای سقف از میان خرپای طولی عبور می کنند و به بازوی پایین آن متصل می شوند.



استادیوم فریتزوالتر

استادیوم فریتزوالتر در کایزرسلاترن آلمان یک خرپای اصلی دارد که در طول سه جهت از سکوها (۳۳۰ متر) حرکت می کند وبر روی تکیه گاه بزرگ در گوشه های استادیوم می نشیند.قاب اصلی متشکل از تیرهای طره ای است که هر یک از دو تیر T شکل با ارتفاع جان ۸۰ سانتی متر ساخته شده اند وسکوها را پوشش می دهند و به بازوی بالایی خرپای اصلی متصل می شوند.دو ستون بزرگ در میان سکوهای تماشاگران قرار گرفته است که خرپای اصلی سقف را مهار می کند.انتهای تیرهای سقف به روی ستون هایی برروی لبه بالای سکوها قرار می گیرد. به علت طره بودن قسمت بالای سکوها نسبت به ستون های خارجی مهارهای قطری برای اتصال قسمت طره به ستون ها استفاده شده که بر روی ماهیچه بتنی ستون قرار می گیرند. این مهارها به رنگ قرمز در شکل مشخص هستند.

بر روی بازوی پایینی خرپا تیرهای تکی طره به طول ۱۵متر نصب می شوند و با قرار گرفتن پنل های شفاف بر روی آن امکان رسیدن نور به سکوها ایجاد می شود.این سقف نعل شکل به طور کامل با سازه های فضا کار مهاربندی می شود.برای حفظ شکل تاریخی سکوهای جهت شمال استادیوم به عنوان اولین سکوهای شناخته شده در آن، سقف قدیمی این قسمت بدون تغییر باقی می ماند و سازه آن جدا از سقف نعل شکل عمل می کند.

اجرای خرپای اصلی سقف

اتصال طره سکوها به ماهیچه ستون ها با شمع مایل

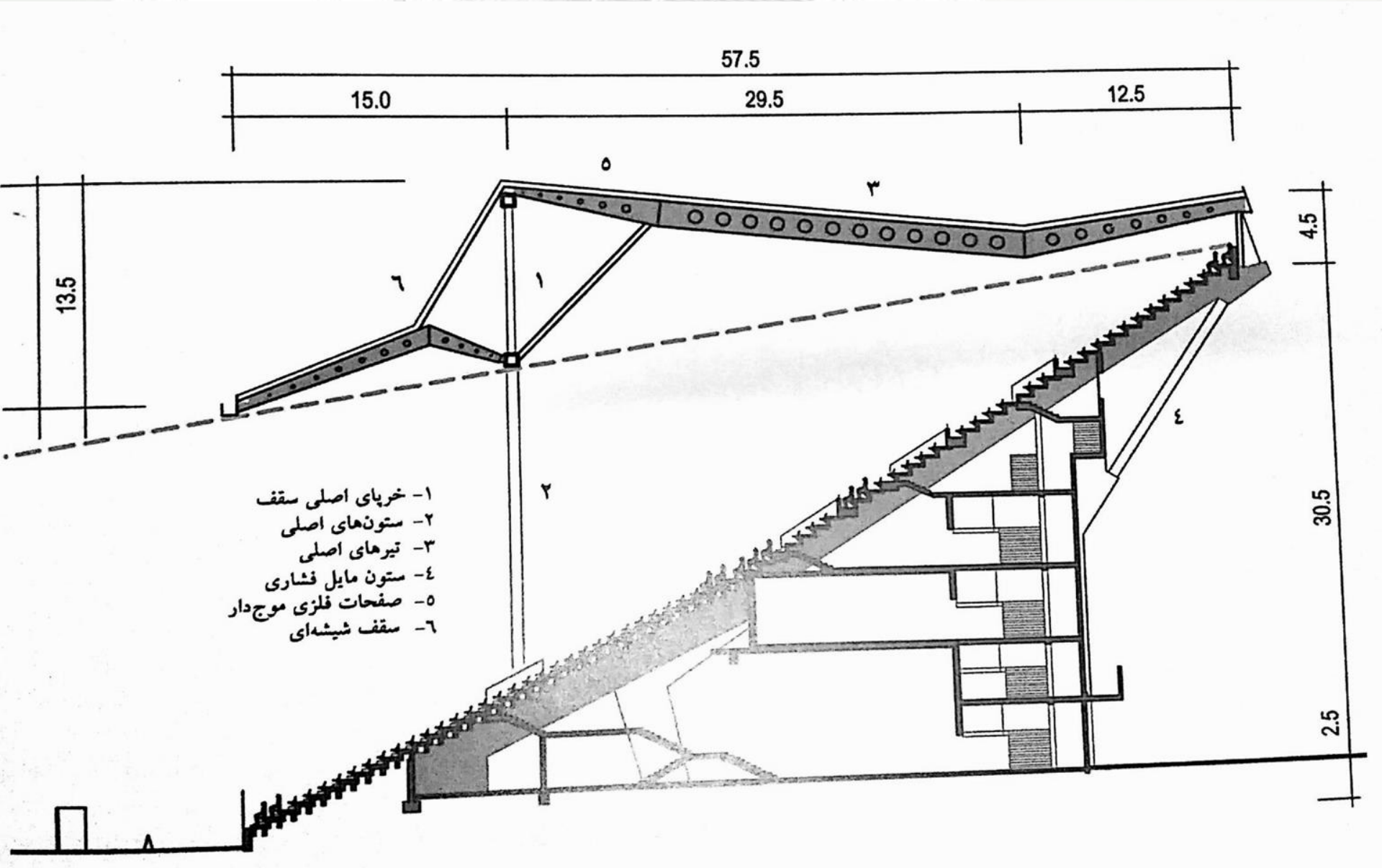
(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۵۸)

استادیوم فریتزوالتر
سه جهت از سکوها با یک خرپای فضایی بزرگ طولی پو شانده شده اند

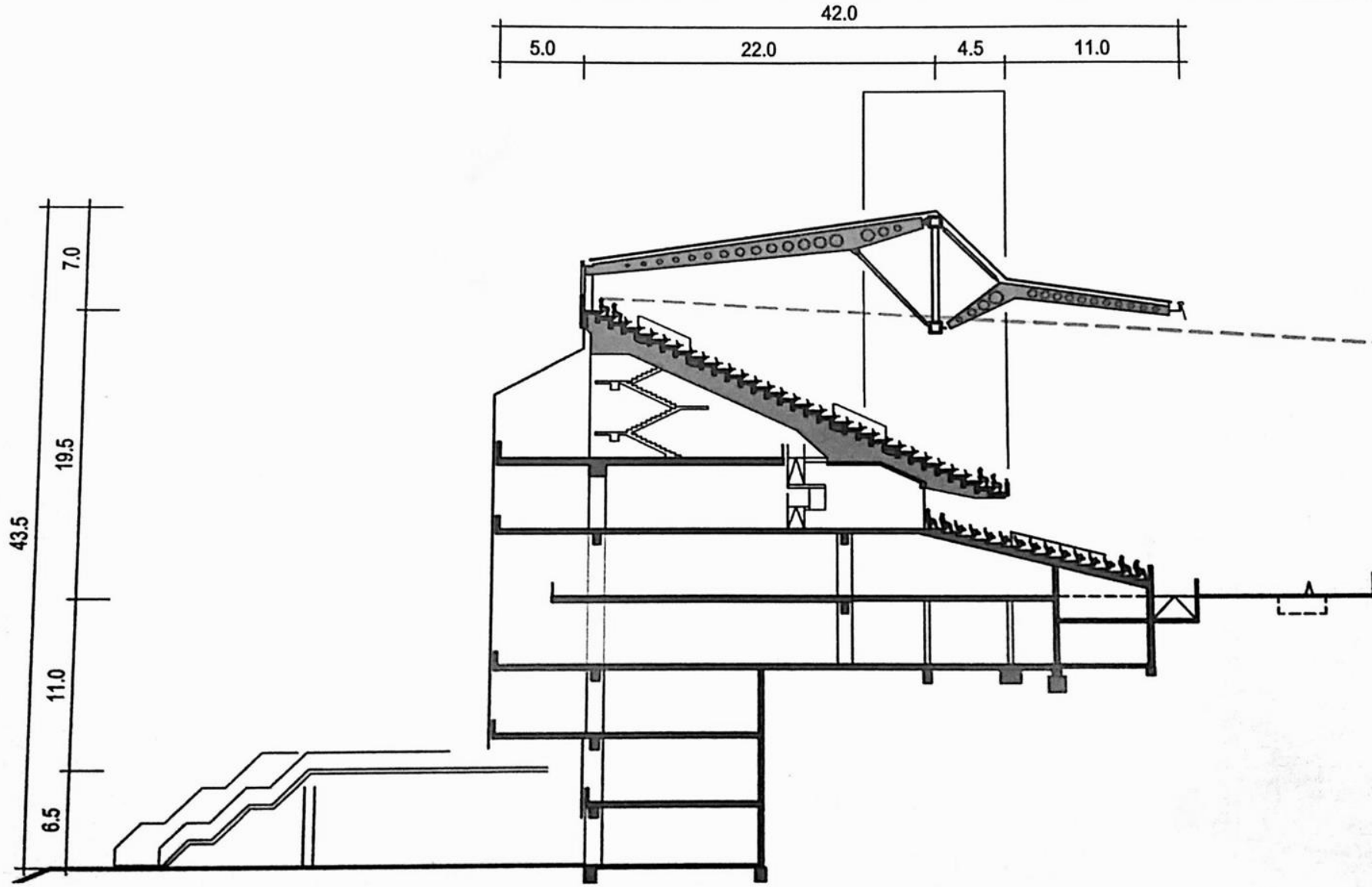
استادیوم فریتزوالتر
خرپای بزرگ طولی در شکل مشخص است و تیرهای مشبک سقف شفاف به بازوی پایین آن و تیرهای سقف فلزی به بازوی بالایی آن متصل می شود

مقطع طولی استادیوم فریتزوالتر

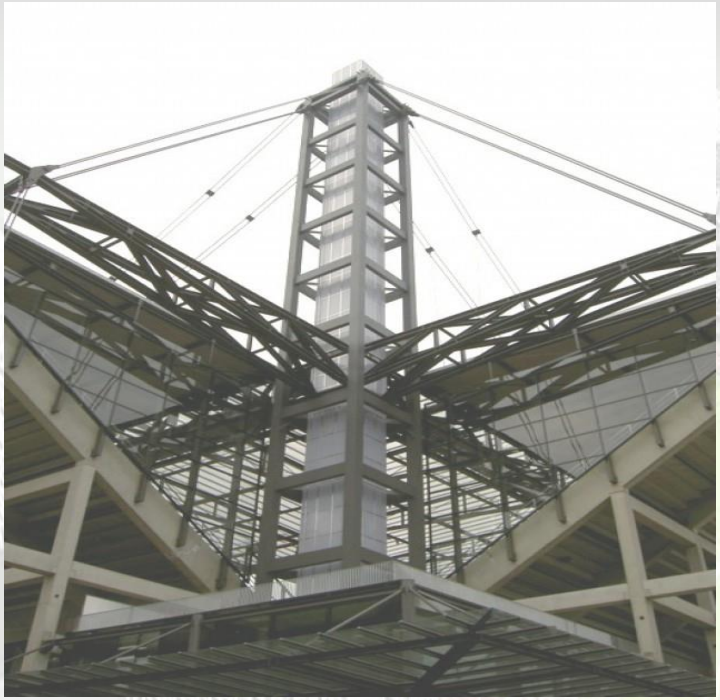
خرپای اصلی سقف بر روی ستون بزرگ در میان سکوها و دو تکیه گاه در گوشه استادیوم قرار می گیرد.تیرهای متصل به بازوی بالای خرپا با پنل های موج دار فلزی پوشیده شده اند وتیرهای متصل به بازوی پایین سقف شفاف شیشه ای را تشکیل می دهند. انتهای سقف بر روی سازه سکوها قرار گرفته که به خارج طره شده اند و برای مهار آن تیر مایل به ماهیچه ستون سکوها متصل شده است.



مقطع عرضی استادیوم فریتزوالتر
مقطع سکوهای شمالی استادیوم که ارتفاع کمتری دارند و خرپای طولی درآن با تکیه گاه های کنار مهار می شود. انتهای سقف بر لبه سازه سکوها می نشیند به علت قرار گرفتن بر روی ستون سکوها نیازی به مهار اضافی مانند شکل قبل ندارد.



راینرژی اشتادیون کلن



راینرژی اشتادیون در شهر کلن آلمان از نوعی سازه به مانند پل های معلق بهره می برد، به طوری که وزن سقف استادیوم بر روی چهار پایه در گوشه های استادیوم وارد می شود. جهت گیری کابل های معلق اصلی موازی یک خرپای طولی است که از درون سقف استادیوم به درون ستون های بزرگ می رود و با عبور از آن ۲۰ متر در خارج ستون طره می شوند. مقطع این خرپای طولی ۲.۵ متر در ۳ متر است و طول آن در مجموع ۲۱۵ متر در جهت طولی استادیوم و ۱۷۰ متر در جهت عرضی آن است.دوجفت کابل ازهر ستون به نگهداری سقف استادیوم و دو جفت هم به عنوان مهار پشت در جهت مخالف عمل می کنند. سازه ثانوی خرپاهای خطی هستند که از خرپای اصلی به سمت داخل استادیوم طره می شوند و در پشت هم بر روی ۶۴ ستون مفصلی با فواصل ۱۰ متر قرار می گیرند.

این سیستم پل معلق که درآخر توضیح داده شد، نقطه گذار از سیستم های خطی به سیستم های فضایی است. در سیستم های فضایی سازه سقف در همه جا یکپارچه عمل می کند. اما در نمونه ذکر شده با وجود اینکه سقف ها در تکیه گاه و ستون ها مشترک هستند، در برابر نیروها مستقل عمل می کنند و در تحمل بارها به سازه سقف جهات دیگر استادیوم مربوط نمی شود.

راینرژی اشتادیون کلن
ستون های اصلی در گوشه های استادیوم که سقف خرپایی را با سیستم پنل معلق نگه می دارد

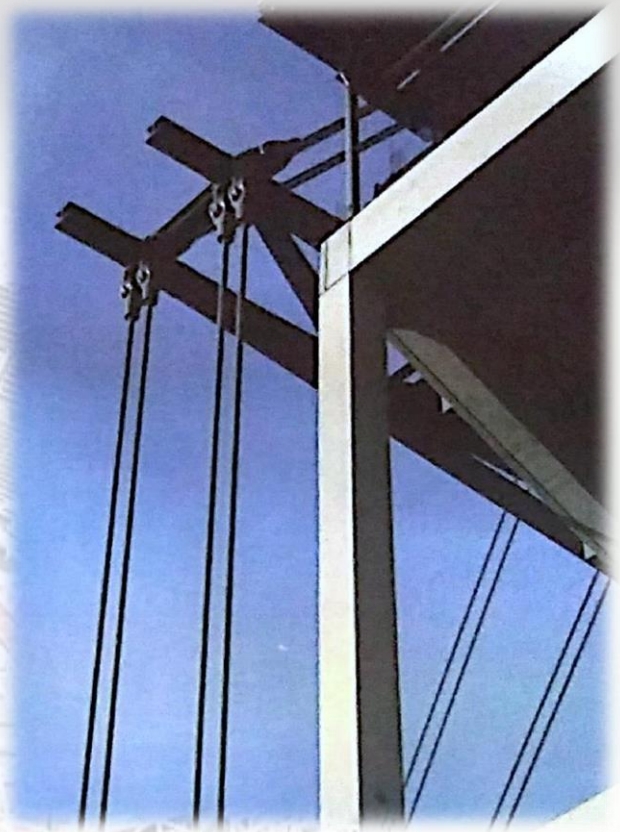
(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۶۲)

راینرژی اشتادیون کلن
سیستم پل معلق با دو جفت کابل مهاری و دو جفت کابل معلق در دو جهت برای هر ستون

راینرژی اشتادیون کلن
خرپای محوری در سازه سقف که عمود بر خرپای اصلی در آن فرو می روند

پایه ستون ها در استادیوم که به صورت مخروط بر روی پس می نشیند

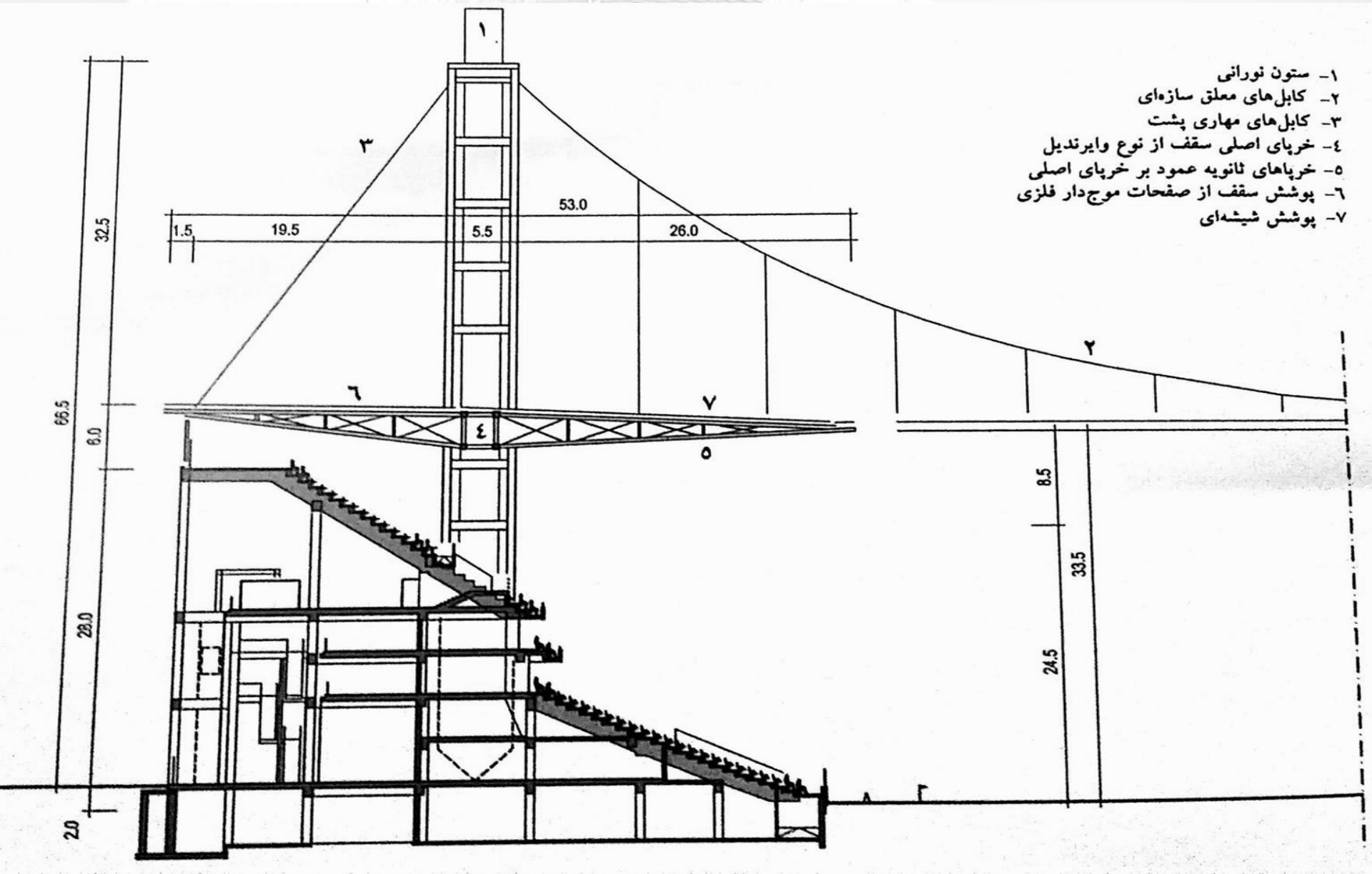
امتداد خرپای اصلی سقف به صورت طره



کابل های مهاری پشت که به امتداد خرپای اصلی و سپس به زمین مهار می شوند

مقطع راینرژی اشتادیون کلن

کابل های معلق به راس ستون متصل می شود و انتهای آن به امتداد طره خرپای اصلی ستون متصل می شود. خرپای سقف در دو طرف خرپای اصلی سقف که از نوع خرپای وایرندیل است طره می شوند. در میان قاب ستون اصلی ستون استوانه ای نورانی قرار داده شده است تا سیستم سازه را نمایان کند.



سیستم های ترکیبی فضایی

سیستم های ترکیبی فضایی به دوسته سیستم های شبه فضایی و سیستم های فضایی کامل تقسیم می شوند. در صورتی که سیستم های خطی که شامل تیرهای مشبک خمیده، قوس ها و یا کابل هایی متقاطع هستند در دو جهت اجرا شوند ولی به صورت یکپارچه عمل کنند. اثری شبیه به سیستم های قاب فضایی به وجود خواهد آمد.در این حالت تکیه گاه طره ها به هم وصل می شوند و نیرو و ممان وارد شده را در دو جهت دیگر هم منتقل می کند.

خرپاهای متقاطع در استادیوم سن سیرو شهر میلان ایتالیا و قوس های هم پایه و متصل به هم در استادیوم دالوز شهر لیسبون پرتقال نمونه های کاملا مشخص از ترکیب شبه فضایی هستند. استادیوم ریبوک در بولتون انگلیس از چهار زوج ستون مایل که در رأس به هم متصلند در سازه خود بهره می برد. چهار خرپای کابلی از نوع خرپای جاورس میان این چهار ستون را نگه می دارند و سقف استادیوم هم به زیر قوس پایین خرپا متصل می شود.برای جلوگیری از چرخش خرپا اتصال آن به سقف با کابل به صورت ۸ شکل است که رأس آن به پایین خرپا متصل می شود.

سقف های کاملا معلق کابلی به صورتی که در استادیوم مونیسیپال براگا پرتقال به کار گرفته شد، به ندرت در ساخت استادیوم ها به کار می رود. سقف این استادیوم با کابل های یک طرفه به صورت معلق در جهت عرض استادیوم، سازه سقف سکوهای رو بروی هم در جهت طولی استادیوم را نگه می دارد. زیر لبه سقف ها خرپای فضایی طولی برای نصب تأسیسات نورپردازی قرار داده شده است.

سقف با کابل های متقاطع دو طرفه تاکنون در استادیوم ها روباز ساخته نشده است وتنها در حد ایده پردازی های اولیه باقی مانده است.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۶۶)

استادیوم دالوز در شهر پرتغال

استادیوم سن سیرو در میلان ایتالیا

استادیوم ریبوک در انگلستان

سیستم های فضایی کامل

تفاوت سیستم های فضایی کامل این است که بارها را در تمامی جهات منتقل می کند و تعادل سازه ای را با تمامی اجزا تأمین می کند.
گروه اول سیستم های فضایی کامل سیستم های بسته مانند سقف های چرخشی هستند که نیازی به کابل های مهاری ندارند.زیرا نیروهای وارد شده را از طریق حلقه های نیرو متعادل و خنثی می کنند(حلقه های کششی و فشاری).
گروه دوم سیستم های فضایی کامل شبکه های کابل و سازه های غشایی هستند که درآن ها پوشش های سقف مانند PTFE،PVC و PESعلاوه بر مقاومت در برابر عوامل مختلف اقلیمی نقش سازه ای اصلی و مقاومت در برابر نیروهای مختلف دارند.سقف های سبک در استادیوم ها ممکن است در معرض لرزش در اثر بادهای شدید، زلزله ها و صدای بسیار زیاد تماشاگران و یا کنسرت ها قرار بگیرند. به همین جهت لازم است اجزای پیش تنیده در جهت عکس قوس های سقف اجرا شود تا مقاومت در برابر حرکت در جهات مختلف تامین شود. ستونک هایی به این منظور برای نگهداری رأس ها و کابل هایی هم در جهت کششی غشاء برای ایجاد خط الرأس ها باید تعبیه شود.
شکل های زین اسبی نوعی از صفحات هایپار هستند که در اثر حرکت کابل ها در مسیر یک قوس به وجود می آیند. با پخش شدن مساوی بارهای وارده این شکل ها به سهموی هذلولی شبیه می شوند. پیش تنیده کردن کابل هایی که در این سازه ها استفاده می شود باید به وسیله فونداسیون های ایمن شود.در واقع این سازه های سبک به علت نیروی ذخیره شده پیش تنیدگی، به فونداسیون هایی به همان قدرت سازه های فشاری نیاز خواهد داشت.

سقف های چرخی شکل

استفاده از سقف های چرخی شکل اقتصادی ترین حالت مسقف کردن دهانه های بزرگ در استادیوم ها است. معمولا حلقه خارجی به عنوان حلقه فشاری وجود دارد که کابل های مهاری را تحمل می کند. علاوه بر کابل های مهاری، کابل های پایدار کننده هم در این سیستم وجود دارند که از حرکات رو به بالا در اثر وزش باد جلوگیری می کنند.
این سقف ها را به دو نوع دسته بندی می کنند:
در نوع اول کابل های پایدار کننده در بالای کابل های مهاری و در نوع دوم در پایین آن قرار می گیرند.

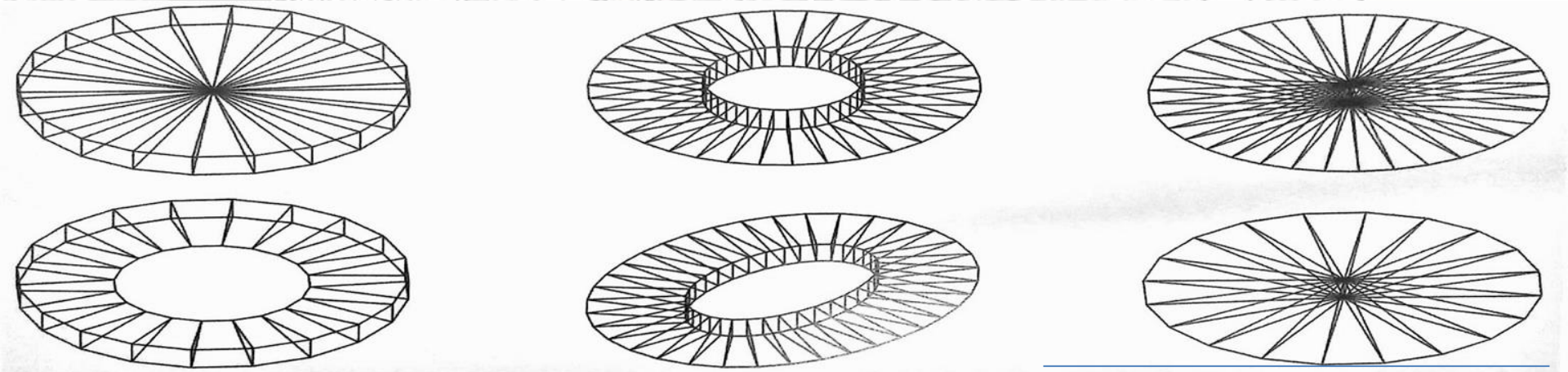
(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص ۳۶۸)

گاهی نیروهای افقی بسیار شدیدی به سقف وارد می شود،به همیت علت کابل های مهاری را در یک شیب بهینه قرار می دهند تا علاوه بر انتقال افقی نیروها به حلقه به صورت عمودی نیز در برابر آن مقاومت کنند.اگر کابل های اصلی در بالای کابل های پایدار کننده قرار گیرند، در بالای سقف به سمت بیرون و در پایین آن به سمت داخل شیب می گیرد. محافظت در برابر عوامل جوی معمولا برای سکوهای تماشاگران طراحی می شود، به همین علت وسط سقف استادیوم و زمین مسابقه را با استفاده از یک حلقه کششی توخالی به صورت باز قرار می دهند.

با قرار گیری کابل های مهاری در قسمت پایین، سازه از بیرون مسطح و از داخل استادیوم و در مرکز رو به بالا حرکت می کند. کابل های پایدار کننده در این حالت به حلقه میانی متصل و به سمت بالا شیب می گیرند.

مشهورترین سازه های چرخی استادیوم ها در کشور آلمان ساخته شد. درطرح سرپوشیدگی چهار استادیوم از استادیوم های مورد استفاده در جام جهانی ۲۰۰۶ میلادی آلمان از این نوع سازه استفاده شد. این استادیوم عبارتند از : استادیوم گوتلیب دایملر در شهر اشتوتگارت، استادیوم کامرزبانک در شهر فرانکفورت،استادیوم اچ.اس.وی در شهر هامبورگ و استادیوم ای.دبلیو.دی آرنا در شهر هانوفر که در ادامه توضیح مختصری به صورت مقایسه راجع به آن ها ارائه شده است.

سقف های چرخی شکل



(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص ۳۶۹)

استادیوم گوتلیب دایملر در اشتوتگارت

پوشش سقف استادیوم گوتلیب دایملر در اشتوتگارت در سال ۱۹۹۳ میلادی ساخته شد و به عنوان یک نمونه در سرتا سر جهان مطرح شد و در طراحی سقف چندین استادیوم از الگوی سازه ای آن بهره گرفته شد. سقف این استادیوم از نوع اول سقف های چرخی است که کابل پایدارکننده در زیر کابل های مهاری قرار گرفته است. سقف در استادیوم های هانوفر و هامبورگ هم از این نوع است.

در استادیوم فرانکفورت کابل پایدار کننده در بالای کابل مهاری قرار گرفته است و به گره مرکزی متصل می شود.در این استادیوم حلقه کششی / فشاری بر روی لبه بالای سازه سکو های استادیوم نصب می شود.این امر با ۴۴ ستون مفصلی که بر محورهای اصلی قرار گرفته اند صورت می گیرد. حلقه داخلی سقف اجازه قرار گیری سقف جمع شونده داخلی را فراهم می کند. ارتقاع موجود بین لایه زیرین و بالایی کابل ها،که با میله های جداکننده از هم فاصله گرفته اند،اجازه قرار گیری کابل های شعاعی دیگر را می دهد تا لایه جمع شونده غشاءPVC در زیر کابل های پایدار کننده قرار گیرد.

شکل بهینه برای حلقه های کششی و فشاری دایره است.اما سازه اغلب استادیوم با توجه به شکل زمین مسابقه مستطیل و یا مانند شکل پیست دو و میدانی بیضی شکل می شود.درطراحی معماری یک استادیوم سعی می شود شکل استادیوم و شکل سقف بر هم منطبق شوند.به همین علت در صورت استفاده از حلقه های کششی و فشاری در استادیوم های مستطیل شکل گوشه های مستطیل را کا ملا گرد می کنند وبا افزودن طول و مقاومت کابل سقف مورد نظر را اجرا می کنند.در استادیوم فرانکفورت هم حلقه با گوشه های گرد شده نگهداری می شود.

دراستادیوم گوتلیب دایملر اشتوتگار، برای بهینه سازی حلقه فشاری، حلقه در جهات طولی قوسی در جهت عمودی گرفته است، این امر طول مناسب را به آن می دهد.به علت محدودیت فضایی امکان بهسازی بیشتر برای این حلقه وجود ندارد.غشاء سقف در هر مقطع با هفت قوس، مماس بر میله های مهاری ایستا می شود. انتقال بار به کابل های پایین به وسیله اتصال گره ای با کابل های بالاتر انجام می گیرد. کابل ها نه تنها وزن غشاء را تحمل می کنند، آن را برابر خمش نیز محافظت می کنند.

بهینه سازی حلقه فشاری در استادیوم هامبورگ هم به صورت زیر انجام شد. با حلقه کششی که از هشت کابل تشکیل شده و ۴۰ ستون خارجی که کابل ها را از حلقه کششی داخلی به رأس آن متصل می شوند و تیرهای انتقال بار که در بالای سکوها از ستون به حلقه فشاری متصل می شوند و دو میله افقی قطری که کابل های مهاری پشت را با زاویه به ستون ها و حلقه متصل می کند، بار نهایی که به حلقه فشاری وارد می شود کاهش می یابد.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص ۳۷۰)

استادیوم گوتلیب دایملر

استادیوم اچ. اس.وی هامبورگ

استادیوم کامرزبانک فرانکفورت

سقف استادیوم هانوفر دارای یک حلقه کششی در داخل است که با میله های نگدارنده هوایی،قسمت داخلی سقف را که دارای غشاء شفاف ETFE است را نگه می دارند. قسمت سکوهای تماشاگران با ورق های موجدار فلزی پوشانده می شود.کابل ها ابتدا روی سکوها (و یا زمین) قرار می گیرند و با کمک جرثقیل کمکی که با جک بر روی لبه بالایی سکوها محکم شده است بالا می روند و با کابل های نگهدارنده در گره ها محکم می شوند. میله های نگهدارنده هوایی با خرپاهای شعاعی پیش ساخته به حلقه میانی در پایین ترین قسمت متصل می شوند. حرکات این حلقه باید توسط کابل های مهاری و شش میله مهاربندی قطری ایمن شود.این نوع سازه چرخی به عنوان سیستم گایگر هم مشهور است ونام دیگر این نوع سازه، سازه کش و بستی است.

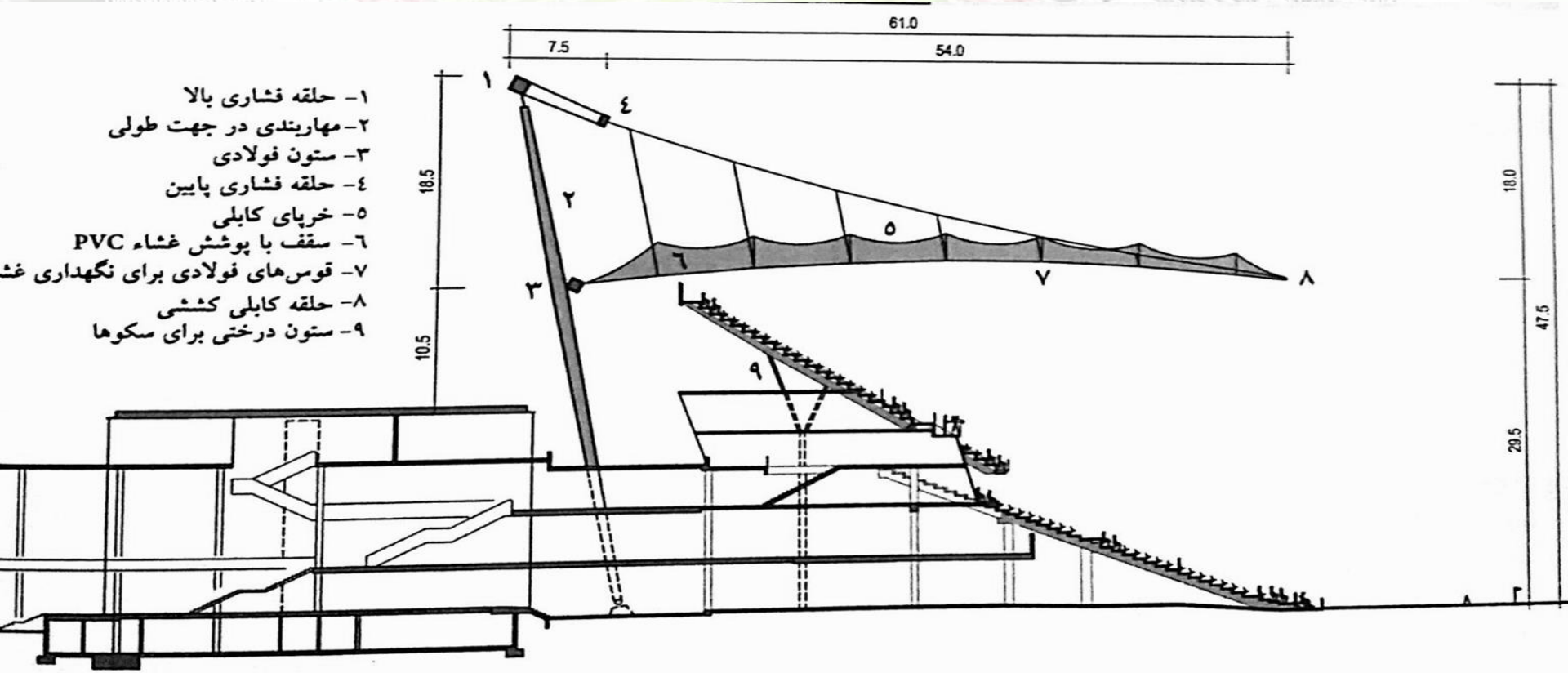
قاب فضایی خمیده

استادیوم گلزنکرشن در آلمان یک اسکلت فضایی مشبک از خرپاهای قوسی در سازه سقف خود دارد. لایه پایین خرپاها به وسیله کابل های قطری مهاربندی شده است. بر روی اعضای لوله ای فولادی سقف پوشش ضد آتش کشیده شده است. حداقل فاصله اجزای سقف از سکوها شش متر است. در گوشه گرد شده سازه شش خرپای منفرد شعاعی به یک گره متصل می شوند. انتهای خرپاها بر روی لبه بالایی سازه سکوهای استادیوم قرار می گیرد.سقف متحرک استادیوم ازدو سازه جدا تشکیل شده است که بر ریل های متصل روی خرپاهای قوسی حرکت می کنند. زمان حرکت سقف برای باز و بسته شدن کامل ۳۰ دقیقه طول می کشد.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص ۳۷۳)

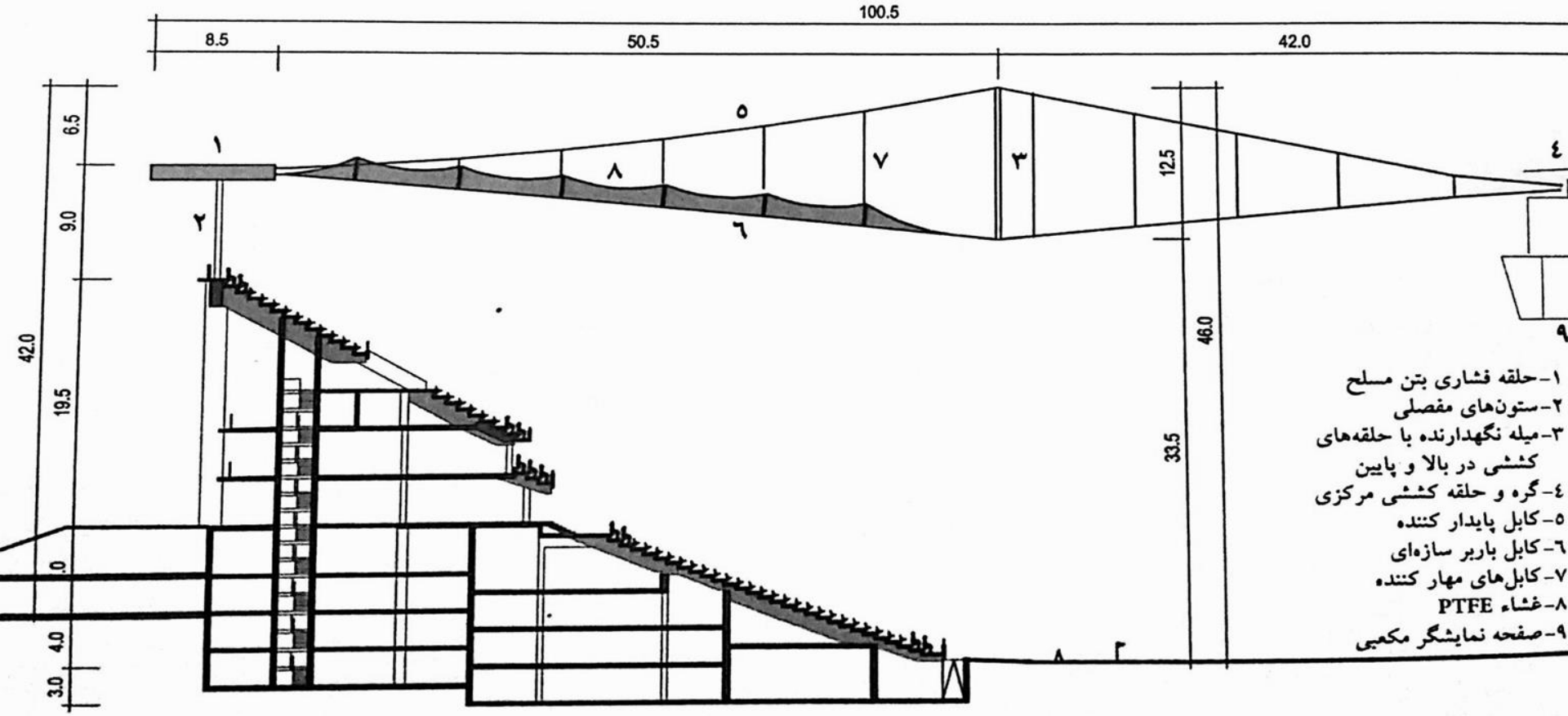
دید داخل استادیوم گوتلیب دایملر

مقطع استادیوم گوتلیب دایملر



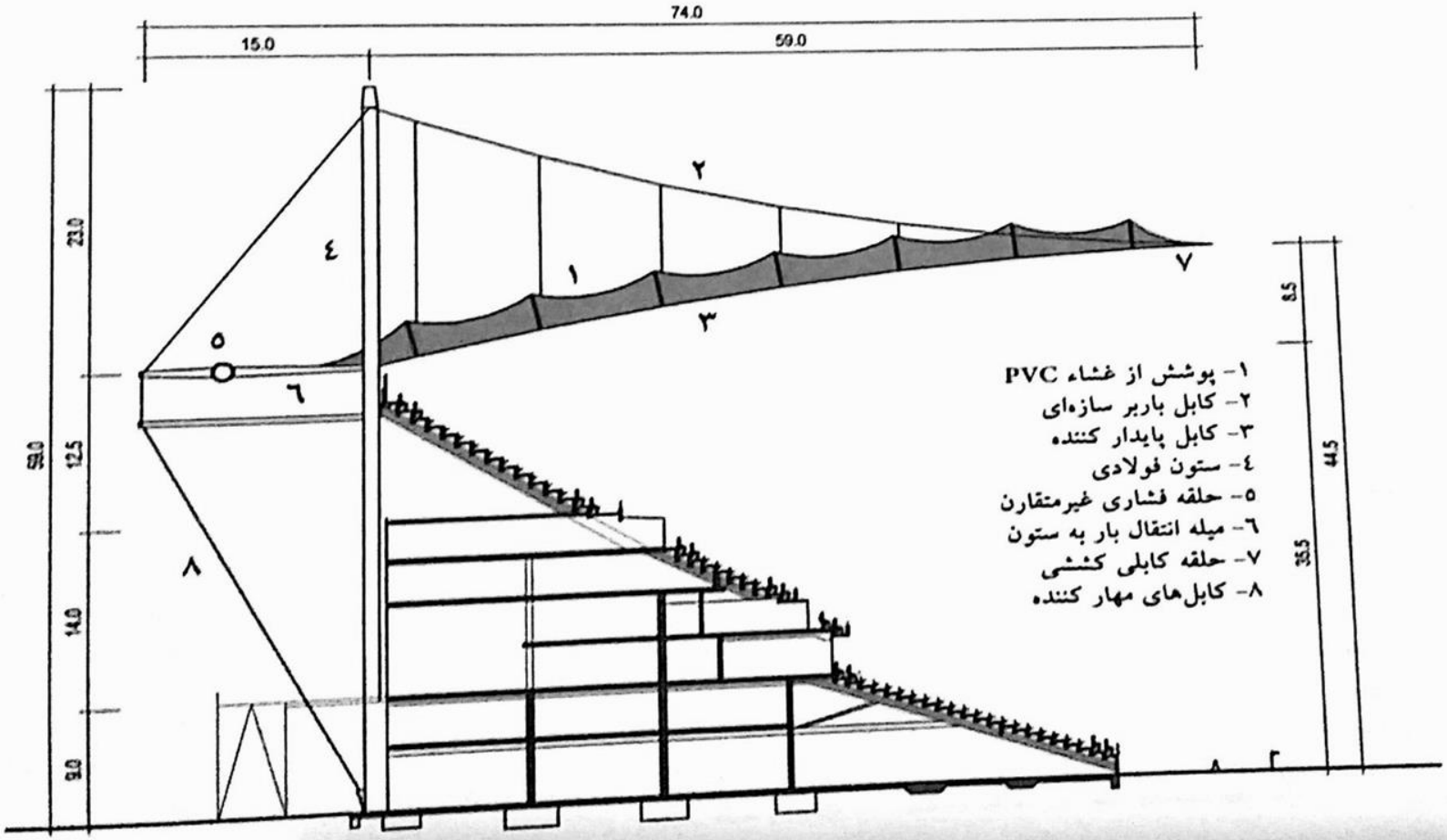
دید داخل استادیوم کامرزبانک فرانکفورت

مقطع استادیوم کامرزبانک فرانکفورت



دید داخل استادیوم اچ. اس.وی هامبورگ

مقطع استادیوم اچ. اس.وی هامبورگ

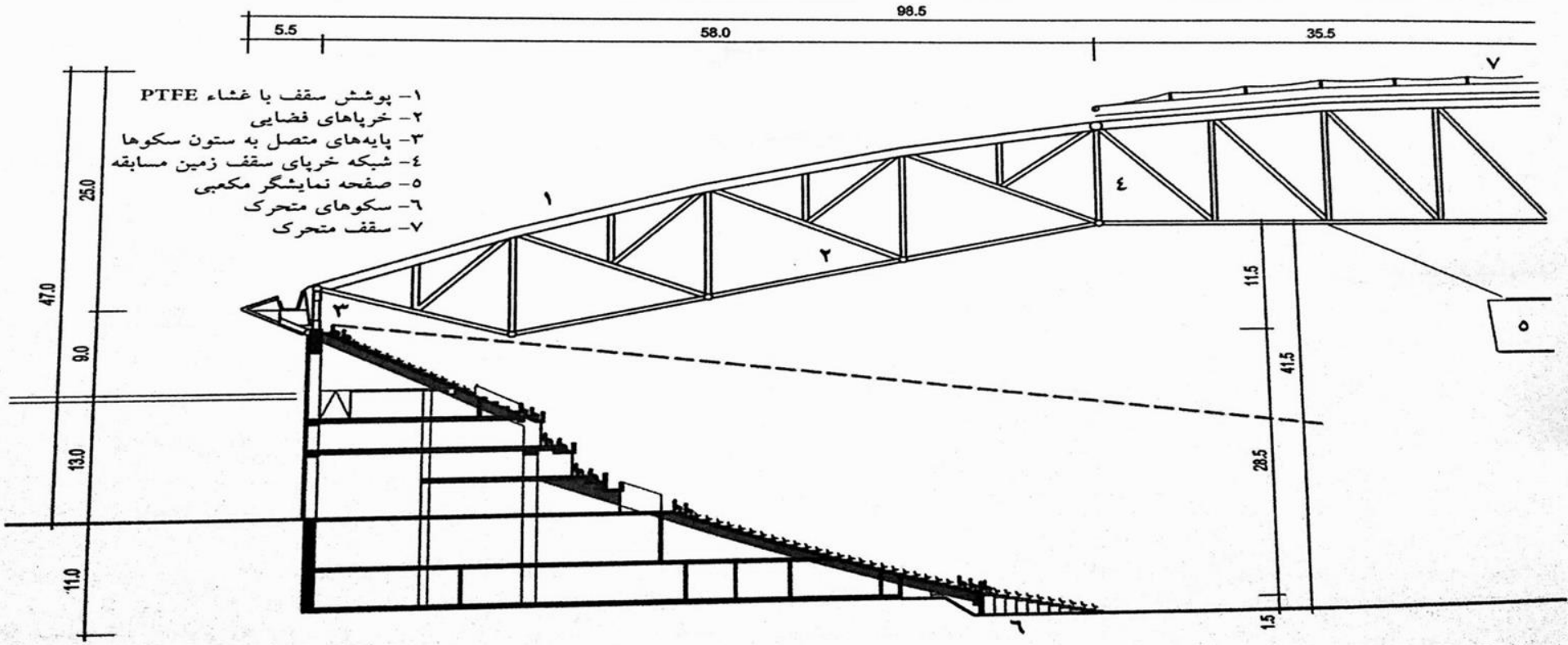


استادیوم گلزنکرشن
استادیوم با سقف خمیده با قابلیت باز و بسته شدن در وسط.زمین چمن متحرک را هم می توان در صورت لزوم از استادیوم خارج کرد

استادیوم گلزنکرشن
خرپای فضایی قوسی شکل سرتاسر دهانه استادیوم را می پوشانند.

قرار گرفتن انتهای خرپاهای سقف بر روی پایه های متصل به بالای سکوهای استادیوم

مقطع استادیوم گلزنکرشن



ضوابط فیفا در مورد سقف استادیوم

نحوه قرار گیری انواع سقف هایی که برای محافظت سکوها در برابر عوامل اقلیمی (باد، باران، برف، تگرگ و نور خورشید) ساخته می شود، به اقلیم محدوده طراحی و نیازهای تماشاگران برای آسایش بستگی خواهد داشت.
برای مثال در برخی از اقلیم ها مانند اقلیم های گرم محافظت در برابر خورشید نسبت به محافظت در برابر برف و باران مهم تر است. درهر صورت فدراسیون بین المللی فوتبال سر پوشیدگی برای سکوهای VIP و سکوهای خبرنگاران را تمامی استادیوم ها الزامی می داند. برای مسابقات بزرگ بین المللی مانند جام جهانی فوتبال تمامی سکوهای ورزشگاه باید دارای سقف محافظ باشند.

زاویه پیش آمدگی سقف نسبت به سکوها

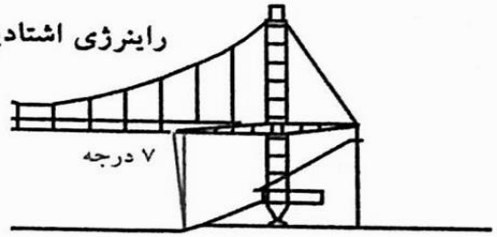
زاویه پیش آمدگی سقف نسبت به سکوها را به صورت زیر تعریف می کنیم:
زاویه بین خط عمودی که از اولین ردیف سکوهای تماشاگران بالا می آید تا انتهای طره سقف را زاویه آویختگی سقف می نامیم.
طبعا هر چه این زاویه بیشتر باشد، پوشیدگی سکوهای تماشاگران هم بیشتر خواهد بود.در استادیوم های جام جهانی ۲۰۰۶ میلادی آلمان این زاویه بین۰ تا ۱۶۰ درجه متغیر بود. با مشاهده نمونه های ساخته شده زاویه ۸ درجه به عنوان حداقل زاویه آویختگی و ۱۲ درجه به عنوان زاویه مناسب در این رابطه پیشنهاد می شود.
همچنین شیب سقف باید طوری تعیین شود که بالاترین ردیف تماشاگران دید کامل به توپ های هوایی داشته باشند و سازه سقف محدودیت در دید آن ها ایجاد نکند.

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص ۳۸۰)

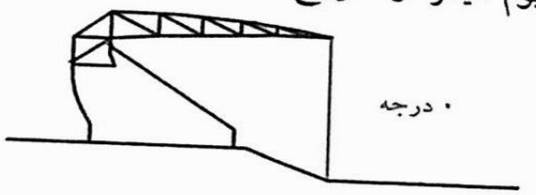
مقاطع شماتیک استادیوم های جام جهانی سال ۲۰۰۶میلادی آلمان

زاویه پیش آمدگی سقف هر استادیوم نسبت به سکوها در کنار آن نوشته شده است.

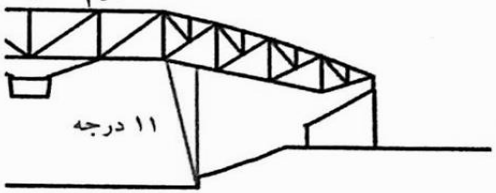
راینرژی اشتادیون کلن



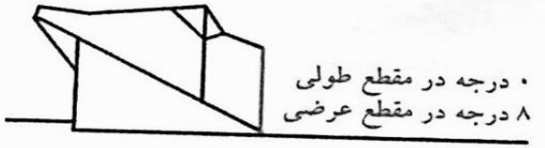
استادیوم آلیانز آرنا مونیخ



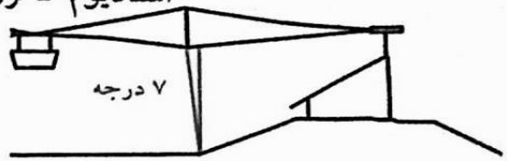
استادیوم گلزنکرشن



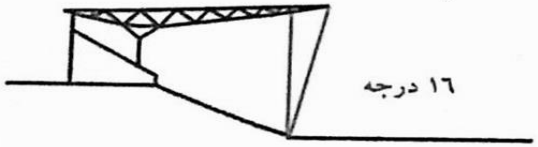
استادیوم فریتزوالتر کایزرسلاترن



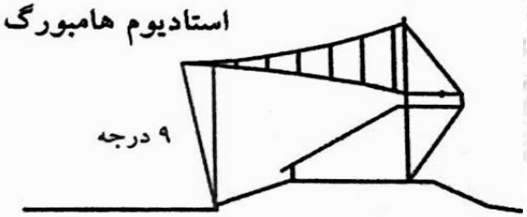
استادیوم کامرزبانک



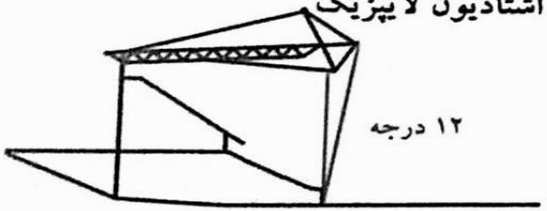
استادیوم المپیک برلین



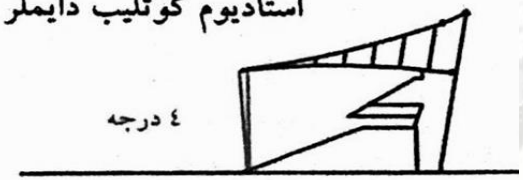
استادیوم هامبورگ



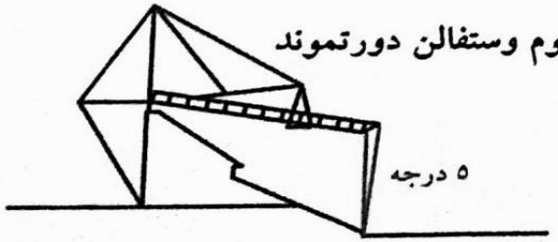
زنترال اشتادیون لایپزیک



استادیوم گوتلیب دایملر



استادیوم وستفالن دورتموند



استادیوم ای.دابلیو.دی آرنا

فرانکن اشتادیون نورنبرگ

در شرایط مختلف باید نیاز چمن طبیعی به گردش هوا و نور خورشید بررسی شود و سقف طوری طراحی شود تا در برابر نور خورشید و باد سایه ایجاد نکند. علاوه بر ایجاد شکاف و بازشو در سازه سکوهای استادیوم برای تهویه داخلی زمین،با ایجاد شکاف در سقف استادیوم هم می توان به این امر کمک کرد. تنها اشکال در این زمینه در اقلیم مرطوب است که ورود هوا به استادیوم مانع از خشک شدن زمین مسابقه پس از آبیاری و یا بارش می شود.

درشکل روبرومحدوده پوشش سقف های استادیوم بر روی سکوهای تماشاگران نشان داده شده است.پوشیدگی سکوها از لحاظ تابش خورشید،بارش باران،جهت و سرعت حرکت بادها بسیار اهمیت دارد. در صفحات قبل زاویه مناسب پیش آمدگی سقف برای پوشیدگی تمامی سکوهای تماشاگران را حداقل ۶ تا ۱۲درجه تعیین کردیم.این اندازه ها تقریبی هستند و برای بدست آوردن محدوده مناسب سقف باید مدل سازی های کامپیوتری و آزمایش تونل باد بر روی آن انجام گیرد.

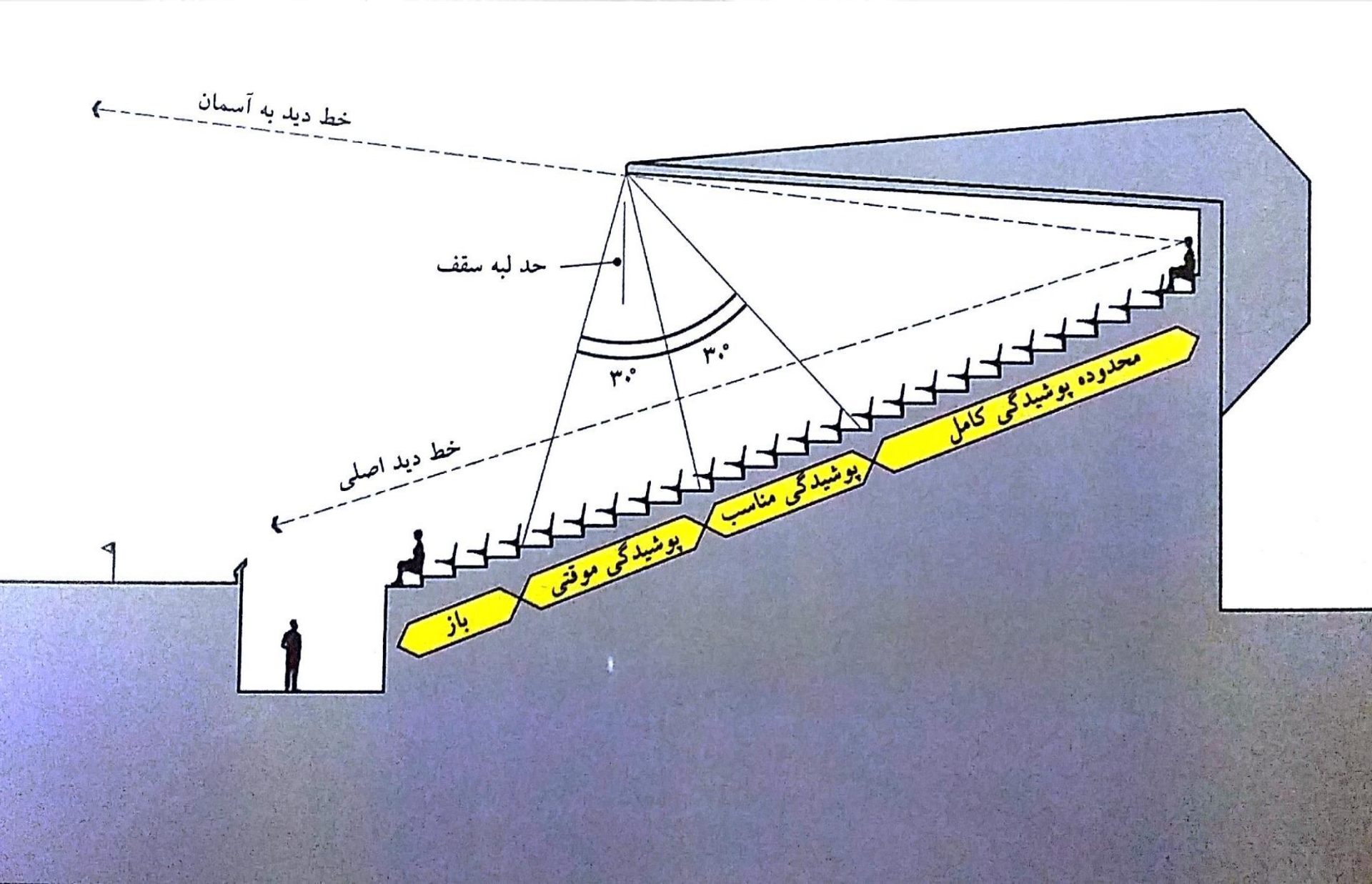
موارد زیر باید بروی مدل ها بررسی شود:

جهت و سرعت باد غالب
جهت بادهای باران آور و دمای حداکثر و حداقل
تلاطم و تغییر جهت بادها با توجه به ساختمان های اطراف و مدل خود استادیوم

(ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی بخش ۱۳ ص۳۸۲)

محدوده پوشیدگی سکوها

محدوده پوشش سقف های استادیوم در شکل زیر مشخص شده است. خط عمود از لبه سقف به سکوهای تماشاگران ترسیم میکنیم. تا زاویه ۳۰ درجه به سمت زمین مسابقه حد پوشش موقت سکوهای تماشاگران و تا زاویه ۳۰ درجه به سمت سکوها حد پوشیدگی مناسب را تعیین می کند.



منابع:

ضوابط و مقررات طراحی استادیوم های ورزشی / دکتر یوسف گرجی

انگل، هاینریش. سیستم های ساختمانی . تعاونی دانشکده هنرهای زیبا،تهران ۱۳۵۹