



تحلیل کارایی سقف های ورق تاشده بتنی نیمه پیش ساخته

سه‌ند جلالی

دانشجو ارشد معماری دانشگاه تربیت مدرس
Sahand.jalali@modares.ac.ir

چکیده

موضوع این مقاله بررسی کارایی سقف های ورق تاشده بتنی و نحوه ساخت و اجرا سقف های ورق تاشده بتنی نیمه پیش ساخته است. نتایج مطالعه نشان می دهد سقف های ورق تاشده نیمه پیش ساخته علاوه بر رفع محدودیت ها و مشکلات موجود در اجرای سقف های ورق تاشده بتنی درجا ، مزیت های بسیار دیگری را نیز شامل می شوند که این نوع سقف ها را به یکی از بهترین گزینه ها برای پوشش دهانه های بزرگ مخصوصا برای کاربری های صنعتی در ایران تبدیل می کند . علاوه بر مطالعه مزایا و معایب این نوع سقف ها ، شرایط و نحوه اجرا و دیتیل های اجرایی نیز در این پژوهش ارائه شده است. روش مطالعه این پژوهش روش تحلیلی - توصیفی و بر اساس مطالعات اسنادی است که دو نوع ورق تاشده بتنی نیمه پیش ساخته متکی بر تیر و متکی بر کابل را مورد مطالعه قرار داده و مراحل اجرای آن ها را بررسی می کند.

کلمات کلیدی: سقف بتنی ، ورق تاشده ، پیش ساخته ، دیتیل ، اجرا

۱. مقدمه

سقف های ورق تاشده سازه هایی هستند که سختی و ظرفیت باربری زیادشان به علت شکل تاشده ی آن ها است . به عبارتی سقف های ورق تاشده ساختار های سه بعدی هستند که اندازه اجزا در این سقف ها نسبت به دهانه ای که پوشش می دهند بسیار کم است . همچنین به این نوع سقف ها سازه های اورینگامی نیز اطلاق می شود (Sekularac et al., 2016). سقف های ورق تاشده بتنی نسبت به دهانه ای که پوشش می دهند سبک اند و معمولا برای پوشش دهانه های بیشتر از ۳۰ متر استفاده می شوند. بنابراین باعث ایجاد فضایی بدون ستون و انعطاف پذیر در فضای زیر خود می شوند و همچنین به علت که مصالح اصلی بتن است این نوع سقف ها بطور ذاتی در برابر حریق ، تغییر شکل سقف در طول زمان و خوردگی در برابر عوامل محیطی مقاوم اند (Wilby , 1997 , chap.1). برای اولین بار ایدن فریسننت سازه ورق تاشده بتنی را در آشیانه هواپیمایی در فرودگاه اورلی پاریس در سال ۱۹۲۳ اجرا کرد (Sekularac et al., 2016). علاوه بر مزایا ، سقف های ورق تاشده بتنی در جا دارای معایب و مشکلاتی هم هستند . مشکلاتی اعم از هزینه بر بودن قالب بندی و بتن ریزی (L.Peurifoy & D.Oberlender , 2011) و نیاز به نظارت مکرر و دقیق حین اجرا و نیاز به حفاظت از بتن ریخته شده بخصوص در مناطقی که میزان تابش آفتاب در طول سال اندک است (Wilby , 1997 , chap.5). بنابراین ایده ساخت سازه ورق تاشده بتنی نیمه پیش ساخته در سال ۱۹۹۱ مطرح شد . ویژگی اصلی این روش ساخت این است که اجزای ورق

¹ . Eudene Freyssinet

² . Orly Airport

تاشده در بهینه ترین و اقتصادی ترین حالت بصورت پیش ساخته تولید شده و در کارگاه با روش های ساده ای بصورت دقیق کنار یکدیگر نصب و می شوند (Zhenqiang & Arguello-Carazo , 1991).

۲. سقف ورق تاشده

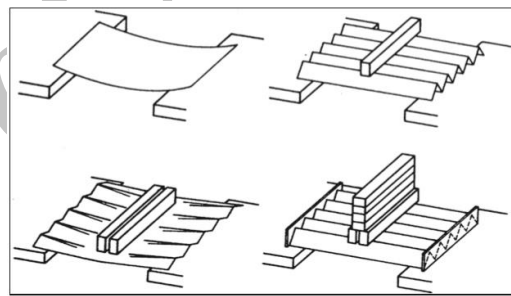
سقف های ورق تاشده ساختار های سه بعدی هستند که اندازه اجزا در این سقف ها نسبت به دهانه ای که پوشش می دهند بسیار کم است و ظرفیت باربری بالایشان نه به علت افزایش مقدار مصالح بلکه نتیجه شکل تاشده آن ها است (Sekularac et al., 2016).

۲-۱. لزوم استفاده از سازه ورق تاشده و نمود آن در طبیعت

ظرفیت باربری سقف های مسطح به ضخامت و کیفیت مصالح آن بستگی دارد. بنابراین در پوشش دهانه های بزرگ بسیار ضخیم و سنگین و در نتیجه غیر اقتصادی می باشند. بنابراین نیاز به سقفی با ارتفاع بالا یا ممان اینرسی بالا نسبت به محور افق مانند سقف ورق تاشده ایجاد می شود (شکل ۱). مکانیزم ورق تاشده بسیار در طبیعت وجود دارد. یکی از واضح ترین نمونه ها برگ گیاه هورن بیم^۳ (شکل ۲) است که تاشدگی های سطح آن باعث افزایش سختی و ظرفیت باربری آن شده است (Sekularac et al., 2016).



شکل ۲. برگ درخت هورن بیم



شکل ۱. تاشدگی و ممان اینرسی بالا نسبت به محور افق

۲-۲. ورق تاشده بتنی نیم پیش ساخته

امروزه نیاز به پیش ساخته سازی به علت برخی محدودیت ها از قبیل مشکلات اقتصادی بیش از پیش شده است و به علت مزیت هایی که نسبت به روش های درجاسازی دارد بیش از درجا سازی مورد استقبال قرار گرفته است (Zhenqiang & Arguello-Carazo , 1991).

۲-۲-۱. ورق تاشده بتنی نیم پیش ساخته متکی بر تیر

فرایند ساخت سقف های ورق تاشده بتنی نیم پیش ساخته به دو قسمت تولید قطعات در کارخانه یا پیش ساختن ، نصب و بتن ریزی قطعات در کارگاه یا درجا سازی تقسیم می شود. در مرحله اول اجزای ورق تاشده V شکل در حالت مسطح و روی زمین قالب بندی ، مش بندی (شکل ۳) و بتن ریزی شده (شکل ۴) و دو به دو به همدیگر قلاب شده و تا می شوند (شکل ۵). بنابراین در مرحله اول قطعات سقف ورق تاشده عنصری دو بعدی اند که حمل و نقل (شکل ۶) و نگهداری شان آسان و کم هزینه است (Zhenqiang & Arguello-Carazo , 1991).

³ . Hornbeam leaf



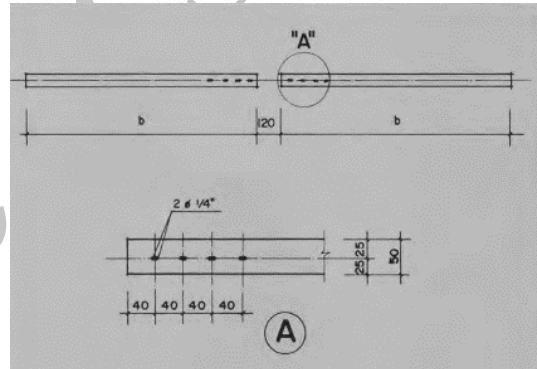
شکل ۴. بتن ریزی



شکل ۳. قالب بندی و مش بندی



شکل ۶. حمل ورق تاشده پیش ساخته به محل کارگاه

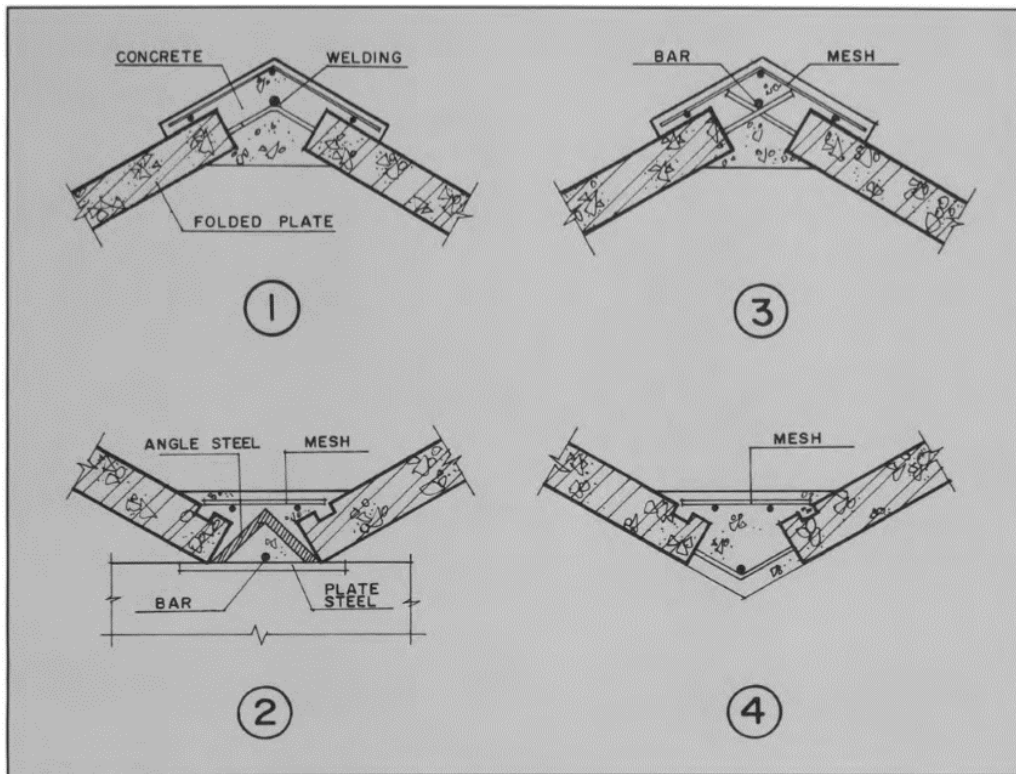


شکل ۵. اتصال دو به دو ورق تاشده با فاصله ۱۲۰ میلیمتر

در مرحله دوم و در کارگاه صفحات دو بعدی به کمک پایه ها و بست های غورباغه ای (شکل ۷) به استفاده از جرثقیل در زاویه مورد نظر قرار می گیرند و بسته به شرایط کارگاه نقاط اتصال صفحات مایل با یکدیگر بر طبق یکی از دیتیل های ارایه شده (شکل ۸) قالب بندی و بتن ریزی می شود. جدول شماره ۱۰ ابعاد و اندازه های صفحات سقف نسبت به طول دهانه ای که قرار است پوشش دهند را نشان می دهد (Zhenqiang & Arguello-Carazo, 1991).



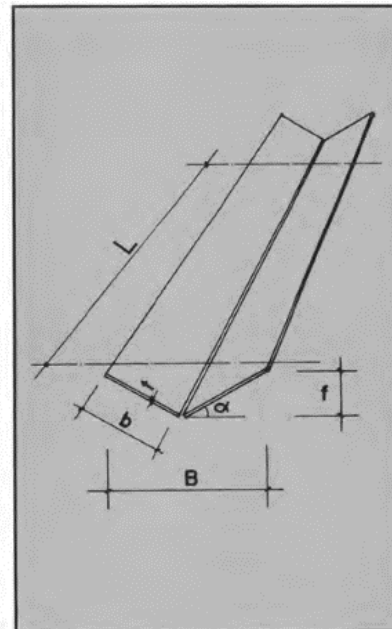
شکل ۷. باز کردن صفحات به اندازه زاویه طراحی شده



شکل ۸. دیتیل های قالب بندی ، آرماتور گذاری و بتن ریزی محل اتصال ورق های مایل با هم دیگر

جدول ۱. ابعاد و اندازه ورق تاشده بتنی پیش ساخته در دهانه های زیر ۳۰ متر

Span	Valley width	Inclination	Thickness	Rise	Plate width ratio	Height to span ratio	Thickness/width ratio	Width to length	Weight
L, m	B, m	α deg	t, mm	f, m	b, m	f/L	t/b	b/L	T
6	2.0	26	38.1	0.47	1.03	1/12.8	1/21.0	1/5.8	1.57
8	2.0	28	38.1	0.51	1.05	1/15.7	1/21.0	1/7.8	2.00
10	2.0	30	38.1	0.56	1.07	1/17.9	1/28.1	1/9.4	2.45
12	2.0	34	38.1	0.65	1.13	1/18.5	1/29.7	1/10.6	3.01
14	2.0	38	38.1	0.76	1.19	1/18.4	1/31.2	1/11.8	3.62
16	2.0	42	38.1	0.88	1.27	1/18.2	1/33.3	1/12.6	4.35
8	3.0	28	50.8	0.76	1.60	1/10.5	1/31.5	1/5.0	4.06
10	3.0	28	50.8	0.76	1.60	1/13.2	1/31.5	1/6.3	4.88
12	3.0	30	50.8	0.84	1.63	1/14.3	1/32.6	1/7.4	5.80
14	3.0	32	50.8	0.92	1.66	1/15.2	1/32.7	1/8.4	6.75
16	3.0	34	50.8	1.01	1.71	1/15.8	1/33.7	1/9.4	7.82
18	3.0	36	50.8	1.06	1.75	1/17.0	1/34.5	1/10.3	8.89
20	3.0	38	50.8	1.13	1.80	1/17.8	1/35.4	1/11.1	10.08
20	3.0	36	50.8	1.09	1.75	1/18.3	1/34.4	1/11.4	9.78
22	3.0	38	50.8	1.17	1.80	1/18.8	1/35.4	1/12.2	10.97
24	3.0	40	63.5	1.25	1.86	1/19.2	1/29.3	1/12.9	15.35
26	3.0	42	63.5	1.33	1.92	1/19.6	1/30.2	1/13.5	17.07
28	3.0	44	63.5	1.50	1.96	1/18.7	1/30.9	1/14.3	18.67
30	3.2	44	63.5	1.56	2.15	1/19.2	1/33.9	1/14.0	21.84



۲-۲-۲. ورق تاشده بتنی نیم پیش ساخته متکی بر کابل

اصلی ترین عضو این نوع سقف قاب A شکل است که وزن سقف را از طریق کابل ها تحمل می کند. این قاب A شکل (شکل ۹) بصورت درجا در کارگاه قالب بندی شده و بتن ریزی می شود و برای مقابله با نیروی رانش پای آن از یک میله فلزی

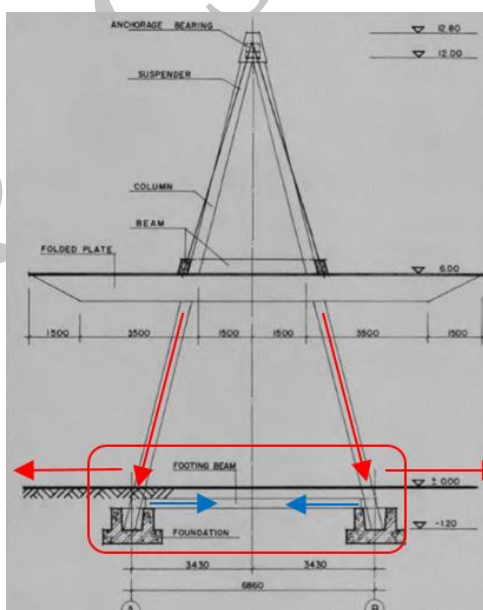
(شکل ۱۰) استفاده می شود. سپس این قاب A شکل توسط جرثقیل (شکل ۱۱) در جای خود و روی پی ها ثابت شده و پایه های برای نگه داری موقت ورق های تاشده پیش ساخته زیر سقف برپا می شود (شکل ۱۲) (Zhenqiang, 1992).



شکل ۹. درجا سازی قاب A شکل

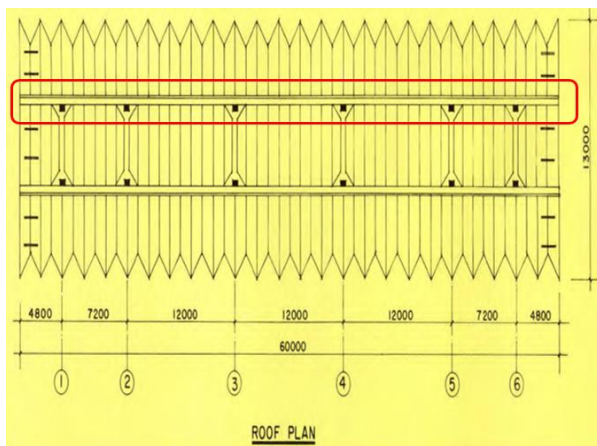


شکل ۱۱. برپاسازی قاب A شکل



شکل ۱۰. میله فلزی برای مقابله با رانش بیرونی

در مرحله بعد ورق های تاشده پیش ساخته توسط جرثقیل بصورت موقت بر روی پایه ها قرار گرفته و همانند سقف ورق تاشده پیش ساخته متکی بر تیر میزان زاویه بین صفحات توسط بست های غورباغه ای تنظیم شده و طبق یکی از دیتیل های ارایه شده (شکل ۸) محل اتصال صفحات مایل بتن ریزی می شود. سپس تیر بتنی (شکل ۱۳) برای یکپارچه کردن سقف در جهت عمود بر طول ورق های تاشده پیش ساخته مش بندی، قالب بندی و بتن ریزی می شود (شکل ۱۴ و ۱۵). کاربرد دیگر این تیر بتنی این است که کابل ها به جای این که به تک تک ورق های تاشده سقف متصل شوند، بر اساس محاسبات انجام شده در فاصله های معینی به این تیر متصل می شوند (Zhenqiang, 1992).



شکل ۱۳. تیر بتنی



شکل ۱۲. جایگذاری موقت عناصر پیش ساخته



شکل ۱۴ و ۱۵. میلگرد گذاری و قالب بندی تیر های یکپارچه کننده

در مرحله آخر برای جلوگیری از وارد شدن نیروهای نقطه ای توسط کابل ها در محل اتصال کابل ها به قاب A شکل و برای جلوگیری از ترکیدن بتن در این منطقه، از یک عضو پیش ساخته فلزی (شکل ۱۶) استفاده می شود (Zhenqiang, 1992)



شکل ۱۶. عضو پیش ساخته فلزی برای اتصال بهتر کابل به قاب بتنی

۳. نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده ظرفیت باربری سقف‌های مسطح به ضخامت و کیفیت مصالح آن بستگی دارد. بنابراین در پوشش دهانه‌های بزرگ بسیار ضخیم و سنگین و در نتیجه غیر اقتصادی می‌باشند. بنابراین نیاز به سقفی با ارتفاع بالا یا ممان اینرسی بالا نسبت به محور افق مانند سقف ورق تا شده ایجاد می‌شود که با حداقل وزن و حداقل مصرف مصالح دهانه بزرگتری را پوشش دهد. نوع نیمه پیش ساخته سقف‌های ورق تا شده مشکلات و هزینه قالب بندی و بتن ریزی و حفاظت از بتن ریخته شده را به حداقل می‌رساند و دیگر نیازی به نظارت مکرر و دقیق و تیم متخصص حین اجرا نمی‌باشد. همچنین دیگر ویژگی‌های سقف‌های ورق تا شده بتنی نیم پیش ساخته اعم از مقاومت ذاتی در برابر حریق و اقتصادی بودن به علت این که مصالح اصلی این نوع سقف‌ها بتن می‌باشد، عدم ایجاد تغییر شکل‌ها در سقف و خوردگی با گذشت زمان در اثر عوامل محیطی و قابل دسترس و ارزان بودن مصالح، این نوع سقف را به یکی از بهترین گزینه‌ها برای پوشش دهانه‌های بزرگ بخصوص کاربری‌های صنعتی در کشور ما ایران بدل می‌کند.

References :

L.pearifoy , Robert. D.Oberlender , Garold.(2011).*Formwork for Concrete Structures*.(Fourth Edition).Newyork:McGrawHill

Sekularac, Nenad. (Ivanovic Sekularac, Jelena & Cिकic Tovarovic, Jasna).(2016).Application of folded structures in modern architecture and engineering constructions.*Technologies Education Management*,4,1522-1529

Wilby, C.B. (1997). *Concrete Folded Plate Roofs*.England: Butterworth-Heinemann

Zhenqiang, Le. (Arguello-Carazo , Xavier).(1991). Construction of precast prestressed Folded plate structures in Honduras. *PCI Journal*, January-February,46-61

Zhenqiang, Le.(1992). Precast Folded Plate Canopy Beautifies Entrance to Industrial Park. *PCI Journal*, November-December,24-32

Efficiency analysis of semi-prefabricated concrete folded ceilings

Sahand Jalali

Department of Architecture, Faculty of Art, University of TarbiatModares,
Address, Tehran, Iran, E-mail: Sahand.jalali@modares.ac.ir

Abstract. This article provides a study on concrete folded plates and then presents construction of semi-prefabricated concrete folded ceilings. The results of the study show that the semi-prefabricated concrete folded ceilings helps removing the limitations and problems encountered in the implementation of on-site concrete folded ceilings and also it includes many other advantages which cause this kind of ceiling to be one of the best alternatives to cover large spans, especially industrial buildings span. In addition to studying the advantages and disadvantages of these type of ceilings, implementation process and executive details are presented in this paper. The method of this study is analytical-descriptive and based on documentary studies which provides a study on two types of semi-prefabricated concrete folded ceilings, relied on cable and based on beam, and their implementation process.

Keywords: Concrete ceilings, Folded Plates, Prefabricated, Detail, Implementation