تحلیل واجرای سقف مرکب فولادی یک طرفه

جواد فاخری

مربی پردیس دانشکده های فنی- دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۸/۶/۱ ، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۹/۳/۱۷ ، تاریخ تصویب ۸۹/۶/۳۰)

چکیده

دراجرای سقف بتنی، برای سهولت نصب قالب وسپس جدا نمودن ان، موضوع باقی گذاردن قسمتی از قالب درسقف به طور دایمی پیشنهاد می گردد. در تحقیق حاضر یک نوع سقف تیرچه-بلوک که دارای تیرچه فولادی می باشد، و بلوک ان سیمانی و عریض‌تر از بلوک‌های معمول و رایج سفالی و سیمانی است، در جهت براوردن هدف فوق معرفی شده است. درسقف تیرچه-بلوک رایج، بار ثقلی توسط دال روی بلوک‌ها به تیرچه ها و از تیرچه‌ها به تیرهای اصلی، به صورت یک طرفه و در یک امتداد منتقل می گردد. با افزایش عرض بلوک‌ها با استفاده از دو بلوک مجاور هم، سقف سبک‌تر می گردد. جهت افزایش ظرفیت باربری، نیاز به افزایش ضخامت است که باقراردادن ورق‌های پلاستوفوم در ضخامت‌های لازم تامین می شود. بار هنگام بتن ریزی سقف توسط شمع‌های عمودی به زمین منتقل می‌شود و در هنگام بهره برداری توسط تیرچه‌های Tشکل تحمل می شود. در مثال‌های واقعی ازساختمان یک طبقه با اسکلت فولادی تحت بارهای ثقلی و بار معادل استاتیکی زلزله، بادهنه ها و ضخامت‌ها و آرایش های مختلف سقف، بررسی و محاسبه و جزییات لازم ارائه شده است.

واژه های کلیدی: تیرچه بلوک، تیرچه فولادی، دال یک‌طرفه، بلوک سیمانی، بارثقلی

مقدمه

در بسیاری از ساختمان‌های مسکونی، اداری و پارکینگ‌ها برای پوشش از سقف بتنی استفاده می شود. در اجرای این سقف‌ها، سرعت و سهولت نصب و برچیدن قالب امری مهم است. لذا در عمل، قسمتی از قالب‌ها را در سقف، به طور دایمی باقی می‌گذارند. قالب‌های دایمی سخت مورد استفاده دراین مقاله،ورق فولادی و بلوک‌های سیمانی می باشد. دراین سقف تیرچه بلوکی ورق های فولادی با فاصله منظم (مرکزبه مرکز حدود ۷۵ سانتی‌متر و ۱۵۰سانتی‌متر) و دال نازکبتنی روی بلوک‌های سیمانی تشکیل تیرچه‌های T شکل داده و باعث انتقال بارمرده و زنده به تیرهای اصلی می شود. هنگام بتن ریزی سقف ،بار مرده وزنده توسط شمع‌های عمودی به زمین یا طبقه زیرین منتقل می شود. در این سقف چون بارثقلی، توسط دال نازک به تیرجه‌ها در یک امتداد منتقل می شودبه سقف مرکب فولادی یک طرفه موسوم است. تنش‌های ماکزیمم فولاد و بتن در هنگام بهره برداری در مقطع T شکل، باید از تنش‌های مجاز فولاد و بتن کمتر و تغییر شکل ان از تغییر شکل مجاز کمتر باشد. جهت سبک‌تر نمودن سقف از مجاور قراردادن دو بلوک درکنار هم استفاده شده است. جهت تامین ضخامت‌های بیشترسقف دردهانه های بلندتر نیاز به افزودن ورق پلاستوفوم به عنوان تامین کننده مازاد ضخامت برF۲ سانتی‌متر می‌باشد که روی بلوک‌ها نصب می‌گردد. ازمزیت های سقف مرکب یک طرفه فولادی برتیرچه (بتنی)-بلوک رایج، تشکیل تیرچه آن، از ورق و برشگیر است که درکارگاه محل نصب تحت نظارت مجری ساخته می‌شود و اجرا و نصب آن، دارای اطمینان بیشتری است. به علاوه به واسطه استفاده از فولاد نرمه، برخلاف میلگردهای تیرچه، جوشکاری آن بدون نقص خواهد بود. همچنین نسبت به سقف تیرچه-بلوک (فقط پلاستوفومی) حفاظت بیشتری از اسکلت در مقابل آتش می‌کند. در عرض بیش از یک بلوک، ضخامت بلوک (پلاستوفومی) در مرحله اول باید جوابگوی خمش و برش باشد و نتیجتا ضخامت زیادی خواهد داشت، در حالی که در بلوک سیمانی چنانچه نیاز به بیش از ۲۶ سانتی‌متر باشد می‌توان در بقیه ضخامت بیش از ۲۶ سانتی‌متر از پلاستوفوم استفاده کرد. جهت تامین فولاد لازم در ضخامت‌های مختلف لازم سقف، می‌توان ابعاد ورق را تغییر داد یا فولاد اضافی را با نصب میلگردهای اضافی تامین نمود.

مواد و روش‌ها

در اجرای سقف تیرچه-بلوک،تیرچه هاوبلوک های لازم از خارج کارگاه فراهم و در محل کار نصب می‌شود و سپس بتن ریزی می گردد. کارفرما اطمینان کامل نسبت

* نویسنده مسئول : تلفن : ۰۹۱۲۳۲۷۴۸۶۳ ، فاکس : ۳۰۴۰۹۰۶ - ۰۲۹۲ ، Email: jfakheri@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

به میلگرد و بتن تیرچه ندارد. چون میلگرد در پاشنه بتنی مخفی می‌باشد. به این دلیل مشهود بودن اجزای تیرچه، یکی از علل توجه به سقف مرکب فولادی یک طرفه می‌شود. سقف مرکب تک بلوک یک طرفه متشکل از تیرچه‌های فولادی موازی هم و بلوک های سیمانی به طول ۶۸ سانتی‌متر و عرض ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، دارای دال ۶ سانتی‌متری بتنی روی بلوک‌ها و تیرچه فولادی می‌باشد، حداقل ضخامت این دال یک‌طرفه چنانچه تکیه‌گاه‌ها، ساده باشد برابر L/۲۰ می‌باشد تا نیاز به کنترل نباشد.

$$t = L/20 \qquad (1)$$

در صورتی که دال یک طرفه با تکیه‌گاه‌های پیوسته ازد و طرف باشد باید حداقل ضخامت L /۲۸ رادارا باشد. L فاصله محور به محور دو تکیه گاه یا دهانه آزاد دال به علاوه ارتفاع موثر مقطع، d، هرکدام که کوچکتر است، می‌باشد. مقطع سقف بااین نوع تیرچه بلوک در شکل (۵)، نشان داده شده است جهت اجرای این سقف، شمع های عمودی به فاصله ۱/۵ متری از یکدیگر قرار می‌گیرند. روی این شمع‌ها تیرهای قالب و سپس تیرچه های قالب نصب می‌شوند. تیرچه های فولادی روی تیرچه‌های قالب، با فاصله تقریبی حدود ۷۵سانتی‌متر از یکدیگر قرار می گیرند. با نصب بلوک‌ها در ابتدا و انتهای تیرچه ها فاصله دقیق تیرچه های فولادی از یکدیگر مشخص می‌شود، و شمع‌های عمودی در جای دقیق خود محکم می‌شوند[۱] سپس تمام بلوک‌ها در سر جای خودشان قرار می‌گیرند. جهت ایجاد کلاف، جای خالی قرار داده می‌شود و قالب لازم نصب می‌شود. سپس ارتفاع شمع‌ها تنظیم و انتهای تیرچه ها به تیر اصلی جوش می‌شود. بعد آرماتورهای طولی لازم و آرماتورهای برشی (عرضی) تیرچه ها نصب، و آرماتورهای حرارتی و خمشی دال، روی بلوک‌ها قرار داده می‌شود. بار مرده و زنده هنگام بتن ریزی، به وسیله تیرچه فولادی به شمع‌های عمودی و سپس به زمین یا طبقه زیرین منتقل می‌شود. پس از حدود یک ماه شمع‌ها کاملا برداشته شده و بار به وسیله تیرچه T شکل مرکب فولادی تحمل خواهد شد. در تیرچه مرکب فولادی، تنش ماکزیمم فولادی و بتنی باید از تنش‌های مجاز فولاد و بتن کمتر باشد[۶]. همچنین δ ، تغییر شکل ماکزیمم تیرچه های مرکب را باید تعیین نمود، که با روش تنش مجاز قابل تعیین است. تغییر شکل مجاز تیرچه مرکب فولادی از آیین نامه بتن مسلح تعیین می‌شود. چنانچه ضخامت تیرچه مرکب دو انتها ساده، بیش از L/۲۰ باشد نیازی به کنترل تغییر شکل نیست، لیکن جهت تایید و بررسی این نسبت، به خصوص در مورد سقف جفت بلوک یک طرفه، (شکل ۷)،که به دلیل سبک‌تر شدن سقف کاربرد دارد، ناگزیر از برآورد نسبت L/۲۴۰ جهت خیز درازمدت ناشی از کلیه بارهای مرده و خیز ناشی از بارهای زنده در آیین نامه بتن ایران[۲] خواهد بود. با کنترل نسبت فوق در مورد تیرچه T مرکب فولادی به واسطه شباهت آن با تیرچه بتن مسلح T شکل برای تغییر شکل ،δ ناشی از بارهای بهره برداری مطابق روش تنش مجاز، نسبت

$$\delta_{\text{مجاز}} = L / ۴۸۰ \qquad (2)$$

می‌باشد. چنانچه مقاومت برشی مقطع T شکل بتنی ، V_c از نیروی برشی نهایی، V_u کمتر باشد، نیاز به خاموت یا فولاد عرضی خواهد بود. فاصله خاموت‌ها از d/۲ در جاهایی که مور دنیاز است نباید تجاوز کند. تنش مجاز برای فولاد برابر f_y ۰.۶۶ و برای بتن[۳] برابر $0.45f_c$ می‌باشد. تیرچه T شکل دارای عرض موثر b_e برابر کوچک‌ترین مقدار L /۴ ، $b_f + 16\, t_s$ و فاصله مرکزبه مرکز تیرچه ها می‌باشد. جهت اتصال ورق فولادی تیرچه به بتن باید از برش‌گیر یا اتصال برشی استفاده کرد. برش‌گیر مورد استفاده، ناودانی ۶ یا ناودانی ۸ یا ناودانی۱۰ است. تعداد برشگیرها از $2\, V_h / q$ نتیجه می‌شود. V_h کوچک‌ترین دو مقدار $0.85 f_c A_c / 2$ و $A_s F_y / 2$ می‌باشد[۴] ، q نیروی برشی مقاوم مجاز یک برش‌گیر

$$q = 0.56W \text{ (ناودانی ۶)}, \quad q = 0.78\, W \text{ (ناودانی ۱۰)} \qquad (3)$$

می‌باشد. ساختمان یک طبقه ای که در دو امتداد مهاربندی شده و با سقف مرکب فولادی یک طرفه تک بلوک و جفت بلوک پوشیده شده است، تحت بار ثقلی و بار معادل استاتیکی زلزله، تحلیل و طراحی و جزییات لازم ارائه شده است.

نتایج وبحث

محاسبات سقف یک طرفه تک بلوک بادهنه ۴.۵متر، جهت سقف ۱۸متر *۱۹.۹۲ متر ذیل که تحت بار ثقلی و بار معادل استاتیکی زلزله است(شکل۱تا۶).

بارمرده: ۳۴۶+۲۵۰ (کفسازی) =596

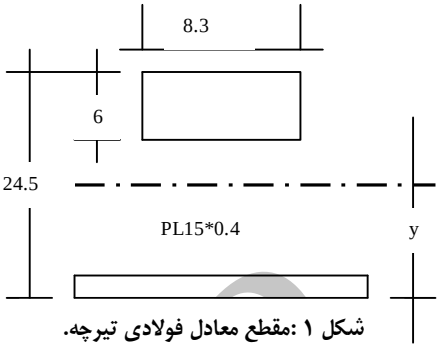
بارزنده:۲۰۰

$596+200=796 kg/m^2$

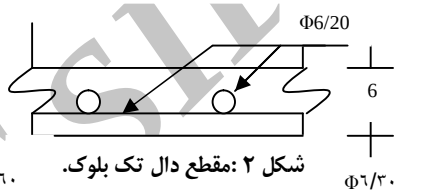
Archive of SID

www.SID.ir

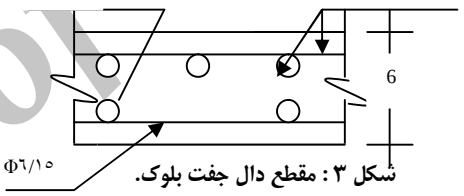
796*.83=661 kg/m
Fy =2400 kg/m^2
b_e=83/10=8.3cm معادل فولاد



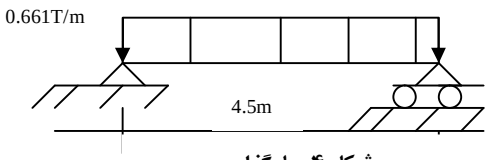
شکل ۱ :مقطع معادل فولادی تیرچه.



شکل ۲ :مقطع دال تک بلوک.



شکل ۳ : مقطع دال جفت بلوک.



شکل ۴ : بارگذاری.

σ_b=1.67*10^5*19.21/2578=1244<1584
σ_t=1.67*10^5*5.29/(2578*10)=34.3<90
δ=(5*6.61*450^4)/384*21*10^5*2578)=0.650
.65/450 = 1/692 OK قابل قبول

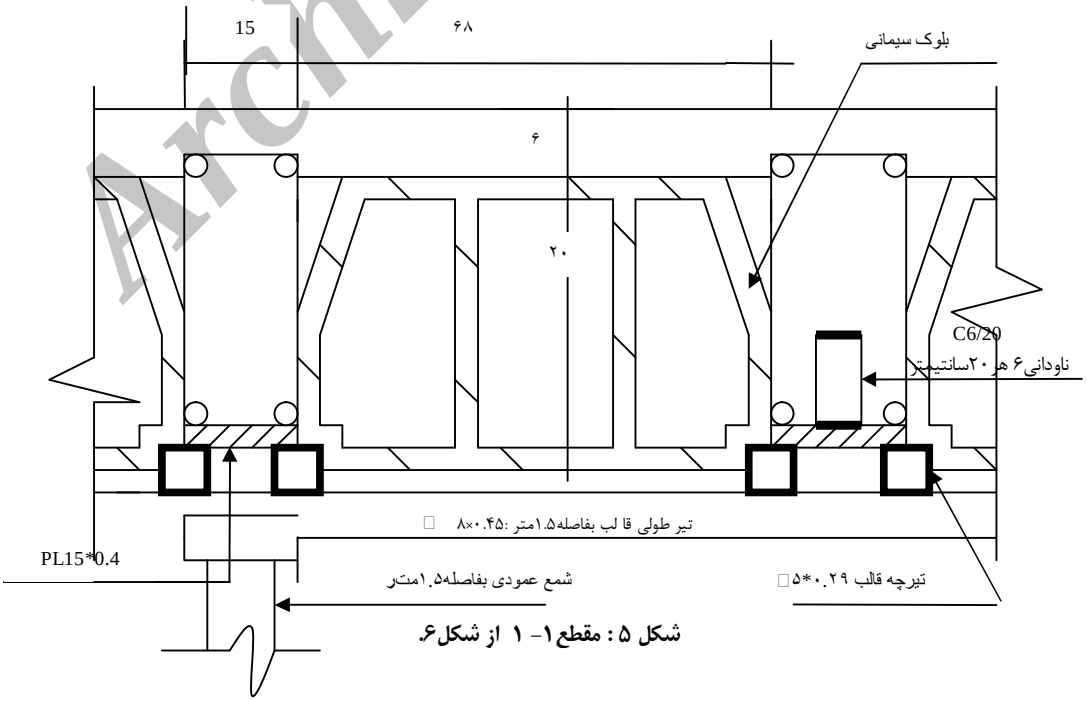
کنترل برش با آیین نامه ایران[۲] صورت گرفته و در نتیجه هر تیرچه در۸۰ سانتی‌متر ابتدا و انتهایش دارای، ۱۲/ Φ۶و در بقیه۲۰/ Φ ۶ می باشد[۵]. محاسبه اتصالات برشی، به تعیین فاصله۲۰ سانتی‌متری جهت ناودانی۶ به طول۴ سانتی‌متر منجر می شود. بعد جوش D=0.4 cm جهت C6/20 .

کنترل خیز و افتادگی درازمدت شبیه تیرچه بتن مسلح T شکل است (در حالت حدی تغییرشکل):

مقدار خیز بعد از افزودن اعضای غیر سازه ای و باتوجه به خیز درازمدت برابر۱.۷۷سانتی‌متراست[۵]:

1.77/450=1/254<1/240

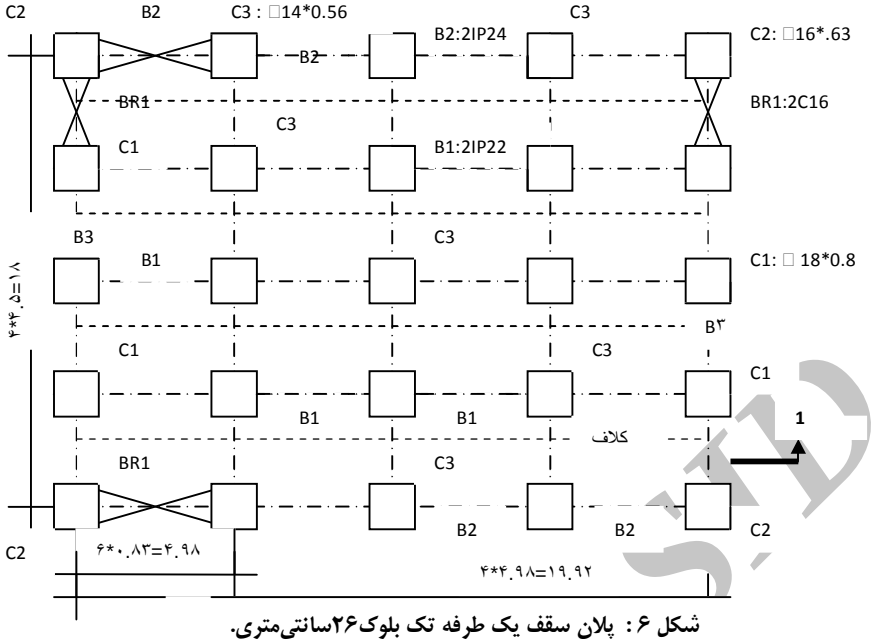
فولاد مصرفی (بالای فونداسیون) برابر۳۷.۹ می‌باشد.



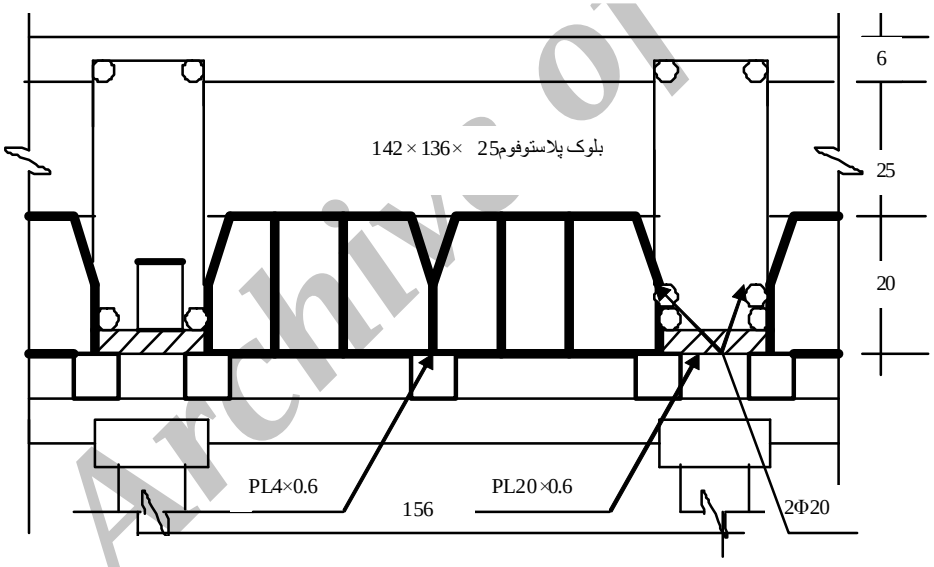
شکل ۵ : مقطع۱- ۱ از شکل۶.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۶ : پلان سقف یک طرفه تک بلوک۲۶سانتی‌متری.



شکل ۷ : مقطع سقف یک طرفه جفت بلوک ۵۰ سانتی متری.

جدول۱: وزن فولادمصرفی ووزن مرده برحسب ضخامت ودهنه تیرچه های استفاده شده در سقف.

نوع سقف	دهنه m	ابعاد سقف m *m	وزن مرده سقف kg/m^2	وزن فولادمصرفی kg/m^2
سقف یک طرفه تک بلوک۲۶ سانتی‌متری	4.5	19.92*18	۵۹۶	۳۷.۹
سقف یک طرفه تک بلوک۵۰ سانتی‌متری	9.6	19.2*18.92	۷۳۴	۴۳.۲
″ یک طرفه جفت بلوک۲۶ سانتی‌متری	3.7	18.5*18.12	۵۴۱	۳۱.۴
یک طرفه جفت بلوک۵۰ سانتی‌متری(ش۷)	8.4	18.72*16.8	۶۵۰	۴۴.۵

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری و پیشنهاد

سیستم تیرچه بلوک ارائه شده، جدید بوده و تا بحال در جایی دیده نشده است. تیرچه ها در کارگاه به سهولت قابل ساخت می باشد. به دلیل مشهود بودن اجزای آن و ساخت آن در کارگاه زیر نظر مجری، جلب اطمینان بیشتری نسبت به تیرچه های بتنی پیش ساخته در خارج کارگاه می‌کند. در مواردی که ضخامت بیشتری از سقف به واسطه طول زیادتر دهنه، نیاز باشد ضخامت مازاد بر ۲۶ سانتی‌متر، با ورق‌های پلاستوفوم تامین می‌شود. به واسطه ساخت ورق تیرچه از فولاد نرمه، قابل اتصال و جوشکاری به تیرهای فلزی بدون اشکال می باشد. تامین سطح مقطع بیشتر ورق در دهانه‌های بلندتر، با افزایش ابعاد ورق یا قراردادن میلگردهای اضافی روی ورق، میسر می شود. عرض ورق تیرچه، فاصله دو تیرچه قالب را مشخص می‌کند. جهت یکسان ماندن فاصله دو تیرچه قالب، فاصله نگهدار در هر ۱.۵ متر نصب می‌شود. استفاده از دو تیرچه قالب به جای یک تیرچه، موجب نیاز به ضخامت کمتری از ورق می شود. کاربرد جفت بلوک باعث کاهش تعداد تیرچه‌ها و افزایش سرعت قالب بندی و تغییر ناچیز در فولاد مصرفی در بالای فونداسیون می شود. نیاز به سقف کاذب بااستفاده ازبلوک سیمانی رفع می شود، مقاومت در مقابل اتش سوزی افزایش می یابد و کنترل ضخامت ورق پلاستوفوم در مقابل تغییر شکل، در ضخامت های بیشتر از ۲۶ سانتی‌متر سقف نیاز نمی باشد.

وزن مرده سقف ووزن فولاد مصرفی (بالای فونداسیون)= (سطح زیربنا)/(کل فولادمصرفی بدون فولادفونداسیون)، برای چهار نوع سقف(جدول۱) مقایسه شده است. افزایش ضخامت سقف موجب افزایش وزن مرده و وزن فولاد مصرفی می‌شود. مقدار فولاد مصرفی در تک بلوک و جفت بلوک ۵۰ سانتی‌متری حدود ۴۴ بوده لیکن افزایش ضحامت باعث صرفه جویی در تعداد تیرها و به خصوص ستون‌ها شده است. به طور مثال سقف یک طرفه تک بلوک ۲۶ سانتی‌متری دارای ۲۵ ستون و۴۰ تیر و سقف یک طرفه تک بلوک۵۰ سانتی‌متری دارای ۲۱ ستون و ۲۴ تیر می‌باشد. در اولی دهنه ۴/۵ متری و در دومی دهنه ۹/۶ متری می باشد. حالت دوم مناسب سالن اجتماعات بوده و موجب افزایش چندانی در فولاد مصرفی نشده است. این سیستم قابلیت بهبود دهی بیشتر سقف را دارا می باشد که در مقاله بعدی به ان پرداخته خواهدشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله ازطرح پژوهشی "تحلیل واجرای سقف مرکب فولادی" باشماره ۷۳۰۴۰۰۵/۱/۰۱ معاونت پژوهشی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران استخراج شده است .

مراجع

1 - Plan and Budget Organization of Iran. (1992). Publication82, *Guide to performance of joist-block floors,* PP. 181.

2 - Plan and Budget Organization of Iran (1995). Publication120, Iran Concrete Regulation .

3 - National Building Regulations, (1993). "Tenth part guide." *The Ministry of Housing and Urban Development.*

4 - Salmon, G. and Johnson, J. (1994). *Steel structures design and behavior*. Translated by Irani,F, Ferdowsi University of Mashhad Publications,PP. 521.

5 - Tahooni, Sh. (1996). *Design of reinforced concrete structures*, University of Tehran Press,PP. 807.

6 - Jack C. Mc Cormac, (1992). *Structural steel design*, Harper Collins Publishers, PP.726

Archive of SID

www.SID.ir