Archive of SID

1th.Miaad University National Conference on
Civil Engineering , Architecture
۱۵-December 2017, Shahid Beheshti University , Tehran , Iran

ساختارهای دیاگرید: انعطاف پذیری و بهره گیری از جزئیات اجرایی در معماری

فاطمه خواجه میری [۱*] و افسانه ستوده [۲]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه معماری دیجیتال، موسسه آموزش عالی رسام، کرج، ایران

[۲] کارشناسی ارشد، گروه معماری دیجیتال، موسسه آموزش عالی رسام، کرج، ایران

***نویسنده مسئول:** فاطمه خواجه میری E-mail:Tarlan.Khajehmiri@yahoo.com

چکیده:

نظر به اینکه سازه های دیاگرید یکی از نوآورانه ترین و پیشرفته ترین سیستم های شناخته شده با رویکرد انعطاف پذیر برای ساخت و ساز در این هزاره می باشند و تنوع این سازه ها در ساختمان های بلند مرتبه و دهانه های عریض با فرم های خاص به بهینه ترین شکل ممکن انعکاس پیدا می کند. همچنین به دلیل افزایش روزافزون بلند مرتبه سازی در شهرها به خصوص در منطقه لرزه خیز و لزوم کاهش استفاده از مصالح و استفاده از زمین جهت فضای سبز شهری که از دیگر عوامل مهم در شهرهای امروزی می باشد این موضوع از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. در این پژوهش به بررسی تحولات تاریخی در سازه های دیاگرید، نقش آنها در کاهش مصالح مصرفی، بهینه سازی لرزه ای در کنار انعطاف پذیری طراحی در معماری و جزئیات، با استفاده از مطالعه نمونه های موردی می پردازیم. در ادامه نتایج حاصل به صورت معیار هایی ساده و کاربردی ارائه شده است.

کلید واژه: دیاگرید، بلند مرتبه سازی، انعطاف پذیری، معیار.

۱- پیش نوشتار

نیاز گسترده و روزافزون جامعه به ساختمان و مسکن، ضورت استفاده از سیستم های ساختمانی و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت، سبک سازی، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان ها در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح ساخته است. در این راستا ارتقاء سطح علمی و تخصصی جامعه مهندسی کشور و آشنایی با سیستم ها و مصالح جدید ساختمانی امری اجتناب ناپذیر می باشد. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا، عمر مفید کم و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان ها در بخش مسکن نیازمند ارائه راهکارهایی به منظور استفاده عملی از سیستم های ساختمانی نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن، کاهش زمان ساخت، دوام بیشتر و نهایتا کاهش هزینه اجرا می باشد. این اقدامات در دراز مدت موجب بهینه سازی ساخت، افزایش تولید مسکن در کشور و رسیدن به شرایط اجرایی مطلوب خواهد شد. از سوی دیگر چنین تحولاتی موجب گسترش سرمایه گذاری های زیر بنایی و یا کلیه اصولی در بخش مسکن علی الخصوص توسط بخش خصوصی خواهد شد این امر دولت را نیز در رسیدن به اهداف خود در بخش مسکن یاری خواهند نمود. (گلابچی، ۱۳۸۵) یکی از شیوه های نوین ساخت و ساز که پاسخگوی معیار های فوق می باشد، گونه نوینی از سیستم های مورب سازه ای، با نام دیاگرید بوده که سیستم سازه ای قطری است که اولین بار در سازه پیرامونی برج ۱۰۰ طبقه جان هنکاک با تلفیق سازه اصلی لوله ای استفاده شد. سیستم دیاگرید به علت مزایای ساختاری و معماری از محبوبیت بالایی در ساختمان های بلند مرتبه برخوردار بوده و مطالعات در مورد سیستم های سازه ای نوین در سازه های بلند می تواند در جهت تعیین رفتار سازه در هنگام اعمال نیرو و نیز کاهش خطرات ناشی از

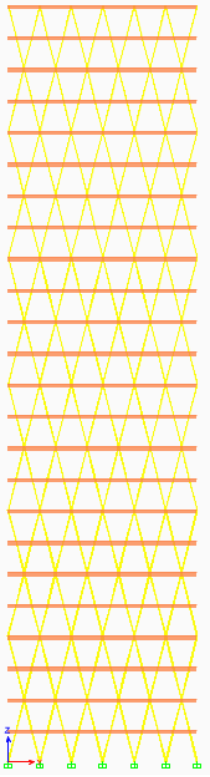
www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر نیروی های جانبی بر سازه های بلند، موثر واقع گردد. هدف اصلی این پژوهش بررسی ویژگی های سازه دیاگرید از طریق بررسی نمونه های موردی و دستیابی به معیار های مفید جهت طراحی چنین سازه هایی می باشد.

۲- ۱ تفاوت سیستم بادبند مورب با سیستم دیاگرید

پیش تر سازه های بلند مرتبه با سازه قاب بندی شده از جنس آهن یا استیل شکل گرفته و در این سیستم بازشو های بزرگ به وجود آمده مابین اعضای سازه ای با شیشه های شفاف یا مصالح غیر شفاف روکش می شدند. با توجه به عدم دسترسی به تکنیک های پیشرفته تحلیلی و نرم افزار های کامپیوتری بسیاری از ساختمان های بلند مرتبه با استفاده از سیستم قاب فولادی که با بادبند مهار می شدند شکل می گرفتند. بعد ها این موضوع منجر به گسترش کرتین وال ها و مقدمه ای بر سیستم های سازه ای نوین گردید. توسعه سیستم های سازه ای همچون سازه های کامپوزیت، مگا فریم ها، سیستم لوله ای، هسته مرکزی و... بخشی از سازه های توسعه یافته بر پایه سازه های ۱۹۶۰ را تشکیل می دهند؛ که دیاگرید یکی از آخرین سیستم های سازه ای مورد استفاده در بلند مرتبه سازی می باشد. مطالعات کاهش ۲۰ درصدی استفاده از فولاد در سازه دیاگرید نسبت به سازه بادبند مورب را نشان می دهند. (کارنیش، ۲۰۰۸) بر اساس مطالعات انجام شده در این مقاله و با توجه به مباحث بهینه سازی لرزه ای در سازه های بلند مرتبه و نحوه انتقال نیرو ها در این دو سازه استفاده از سیستم دیاگرید نسبت به بادبند مورب پیشنهاد می گردد. (شکل ۱- ۱ تا ۴- ۱)

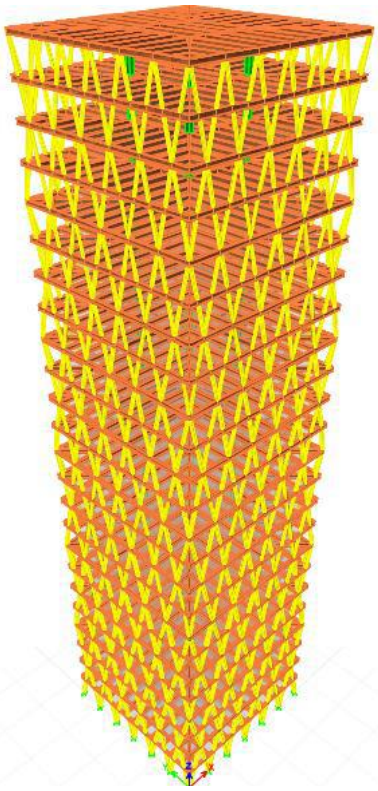


شکل ۱-۱ نمای سیستم بادبند

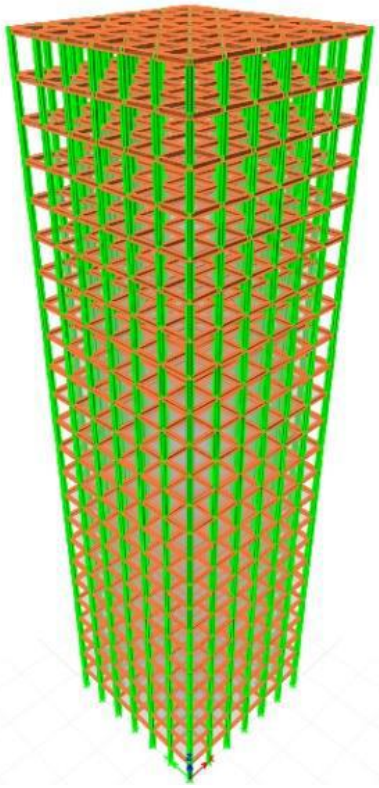
شکل ۱-۲ نمای سیستم دیاگرید

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- ۱ پرسپکتیو سیستم بادبند



شکل ٤-۱ پرسپکتیو سیستم دیاگرید

۲- ۱ طراحی فرم های خاص با توجه به انعطاف پذیری سازه دیاگرید

هندسه در شکل گیری دیاگرید و توزیع نیرو های محوری داخلی و همچنین دستیابی به استحکام برشی و خمشی در سازه نقش مهمی را ایفا می کند. تنوع فرمی نیز از رویکرد های مورد توجه در طراحی امروز می باشد. به خصوص در ایران به شکل استفاده از انواع سنگ و نما در روی کار به چشم می خورد، تنوع طلبی بدین شکل و عدم استفاده از استاندارد های روز دنیا در صنعت نماسازی منجر به ایجاد ریسک بالا در اجرا به خصوص در هنگام وقوع زلزله می شود، این موضوع به خصوص در این برهه زمانی و پس از مشاهده آثار زلزله اخیر در کرمانشاه قابل لمس تر بوده و با توجه به انعطاف پذیری سازه دیاگرید در زمینه نماسازی و در عین حال داشتن نقش سازه ای اعضا در کنار نقش زیبایی شناسی، استفاده از این سازه جهت رفع مشکل جدا شدن نما از سازه در هنگام زلزله توصیه می گردد. دو عامل موثر در شکل گیری این هندسه یعنی مدول و زاویه اعضای مورب که هر دو نقش کلیدی در ساختار، معماری و مفاهیم زیبایی شناسی در این سازه ها را دارا می باشند، با تعیین معیار هایی مناسب می توان به سازه کارآمد و زیبا دست یافت. یکی از نمونه ها با شکل منحصر به فرد در حال اجرا در ایران مجتمع تجاری آوا سنتر از مشاورین حرکت سیال به شکل دیاگرید بتنی می باشد. که در ادامه بررسی خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- نقش گره ها درطراحی و پایداری سازه فولادی

گره‌ها بخش مهم طراحی سیستم دیاگرید را تشکیل می دهند. از آنجاییکه همه بخش‌های مورب و قطری به کمک گره‌ها به یکدیگر متصل شده، این گره‌ها باید برای دو نوع بار عمودی و بار برشی طراحی شوند. با توجه به نحوه اتصال این گره‌ها که با جوش کاری یا پیچ به بخش‌های دیگر متصل می‌شوند و نقش انتقال نیرو را ایفا می کنند. با توجه به محل قرار گیری گره ها در سازه نحوه ساخت و نصب آنها شکل می گیرد. در حال حاضر علی رغم پژوهش های فراوان انجام شده بر روی این موضوع، این سازه هنوز با اقبال در ایران مواجه نشده و مورد توجه قرار نگرفته است، برای پیدا کردن دلایل عدم استقبال از این سازه نیاز به شناخت اجرایی از این سازه می باشد که در ادامه مقاله به بخشی از آنها خواهیم پرداخت.

۱- ۲ سازه فولادی غیر نمایان

از دغدغه های اصلی در طراحی گره ها مسائل مرتبط با نصب و بارگذاری بوده که با غیر نمایان ساختن آن می توان به رفع مشکل دیده شدن جزئیات سازه ای از جمله پیچ و مهره ها کمک نمود، با پوشش به وسیله روکش های سبک، امکان ساخت چنین گره ای در کارخانه و نصب در محل به شکل پیچ و مهره امکان پذیر شده و به سرعت و دقت در کار کمک می کند. پس از انجام مطالعات و با اشراف به عدم دسترسی به کارخانه های ساخت چنین گره هایی در کشور می توان به دلیل عدم استفاده از چنین سازه ای در ایران پی برد.

۲- ۲ سازه فولادی نمایان

تصمیم به نمایش دیاگرید به شکل اکسپوز به تولید ماتریکسی جهت زیبایی شناسی پروژه کمک می کند. از طرفی اجرای این گره نیاز به اتصالات کامل به روش جوشکاری در محل و اجرای بدون درز در سطح را دارد که ریسک اتصال نامناسب و فشار روی عوامل اجرایی را جهت رسیدن به اتصالی بدون نقص و هم تراز را بالا می برد. با این وجود مطالعات حاکی از آن است که درمواردی پذیرش چنین ریسکی با توجه به دستیابی به ظاهر مناسب قابل قبول خواهد بود.

۳- غلاف و رفتار نما

دیاگرید ها تمایل زیادی به جداسازی خود از سایر سازه های بلند مرتبه به واسطه ظاهر منحصر به فردشان دارند. بدین شکل که با توجه به خصوصیات خاص خود می توانند تمامی فرم ها را پوشش دهند.

۱- ۳ طراحی مثلثی

اشکال انحصاری و فرم های منحنی از شکل هایی است که به صورت معمول قابل اجرا نبوده و با استفاده از خواص طراحی های مثلثی می توان به آنها دست یافت، استفاده از هندسه مثلثی که مشابه شبکه مش عمل می کند، اجازه اجرای خطوط منحنی به وسیله خطوط غیر منحنی را می دهد. این بسیار اقتصادی تر از اجرای منحنی های اصلی می باشد. دستیابی به فرم های خاص جهت جذاب تر کردن عملکرد و زیبایی فضای شهری از عوامل موثر در معماری

www.SID.ir

Archive of SID

است که در این پژوهش با بررسی نمونه های موردی همچون برج الدهر در ابوظبی (شکل ۱- ۳) و مجتمع تجاری آوا سنتر (شکل ۲- ۳) در تهران به این موضوع می پردازیم.

شکل ۱- ۳ برج الدهر در ابوظبی

شکل ۲- ۳ تجاری آوا کاری از مشاورین حرکت سیال

۲- ۳ طراحی خطی

طراحی خطی اغلب برای پروژه های با شکل مسطح به کار رفته و نسبت به گزینه های منحنی ارزان تر می باشند. با توجه به مطالعات به طور معمول برای فضاهای اداری که امکان کنترل نور به وسیله سایبان ها، پرده ها و پارتیشن ها در فضا های داخلی وجود دارد، استفاده می شود.

٤- دیاگرید های خارجی نما

سازه دیاگرید ها اغلب در داخل بنا توسعه می یابند به خصوص در اقلیم سرد که باید از ایجاد پل حرارتی اجتناب کرد. به علاوه در محیط های بسیار خورنده نیز هزینه تعمیر و نگهداری از چنین سازه ای بالا خواهد بود. در نتیجه تلاش برای یافتن مصالحی با مقاومت بالا یا راه های تامین و نگهداری مناسب و اقتصادی می تواند به برآورده ساختن نیاز های پروژه و اجرای چنین نمایی از مطالعات مفید در این زمینه خواهد بود.

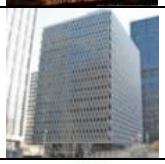
www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه گیری

نتیجه این پژوهش با توجه به مطالعات انجام شده و بررسی نمونه های موردی در (جدول۱- ۵) (خسروی ، مقاره. ۲۰۱۴) به شکل معیار هایی برای طراحی عملکرد های مختلف در معماری با استفاده از این سازه معرفی می گردد. از دیگر دست آورد های این پژوهش شناسایی کمبود ها و راه های رفع این مشکل در ایران به وسیله همکاری مهندسین سازه و معماری در کنار هم و استفاده از نرم افزار های روز دنیا در هر دو رشته جهت طراحی معماری و سازه بهینه و همچنین تجهیز کارخانه ها برای دستیابی به زیر ساخت ها می باشد. بر اساس پژوهش در سازه های میان مرتبه با کاربری تجاری و اداری استفاده از دیاگرید های بتنی و فولادی غیر نمایان توصیه می گردد. در کاربری های مسکونی به شرط مجتمع سازی و تولید انبوه و استفاده از مدول مشخص نیز این سازه ها توجیه اقتصادی خواهند داشت. در سازه های با کاربری حساس همچون ستاد های مدیریت بحران که نیاز به طراحی های ویژه و دارای مقاومت لرزه ای به خصوص در منطقه لرزه خیزی همچون ایران می باشند، یکی از بهترین پیشنهادات دیاگرید هایی با سیستم های کمکی همچون جداساز های لرزه ای و... خواهند بود. در سازههای با دهانه های عریض همچون استادیوم ها که نیاز به جذابیت ظاهری در کنار مقاومت لرزه ای را دارا می باشند نیز چنین سازه ای پیشنهاد می گردد.

جدول ۱- ۵

عکس	ساختمان	محل ساخت	سال ساخت	معمار	ارتفاع یا تعداد طبقات	مساحت مترمربع	دیاگرید	مدول	زاویه دیاگرید
	Shukhov Tower	مسکو	۱۹۲۰ - ۱۹۲۲	Vladimir Shukhov	۳۵۰M	-	فولادی	-	-
	IBM Building	پیتزبورگ	۱۹۶۳	Curtis and Davis	۱۳ طبقه ۵۸M	-	فولادی	۱	-
	City Hall	لندن	۲۰۰۲	Norman Foster	۱۰ طبقه ۴۸M	۱۸۰۰۰	فولادی	-	-
	PRADA Boutique	توکیو	۲۰۰۱ - ۲۰۰۲	Herzog and de Meuron	۶ طبقه روی زمین ۲ طبقه زیرزمین ۲۸M	-	فولادی	۲	۳۳

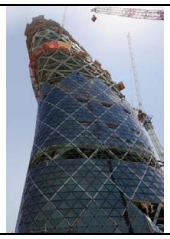
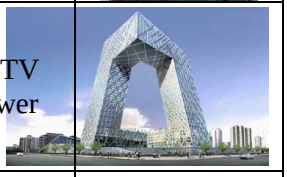
www.SID.ir

Archive of SID

٦٣	٤	فولادی	٤٧٩٥٠	٤٨ طبقه ١٨٠M	Foster and Partners	٢٠٠١ - ٢٠٠٣	لندن	Swiss Re	
٧٠	٨	فولادی	٧٩٥٠٠	٤٦ طبقه ١٨٣M	Foster and Partners	٢٠٠٣ - ٢٠٠٦	نیویورک	Hearst Tower	
٤٥	١	بتنی	١١٠٠٠	٧ طبقه	Rafael Viñoly Architects	٢٠٠٦	واگنینگن هلند	Atlas Building	
-	-	فولادی	-	٦ طبقه	Daniel Libeskind	٢٠٠٦	تورنتو	The Royal Ontario Museum	
٥٤	٦	بتنی	١٨٠٠٠٠	٣٤ طبقه ١٥٠M	S.O.M	٢٠٠٤ - ٢٠٠٧	گوانگجو	Poly Real Estate Headquarters	
٧٢	٦	فولادی	٣٠٠٠٠	٢٤ طبقه ٨٧M	Foster and Partners	٢٠٠٤ - ٢٠٠٨	آمستردام	Vivaldi Tower	
-	٦	فولادی	-	٢٩ طبقه	East China	٢٠٠٨	شانگهای	SIPG Tower	
-	٤	فولادی	٥٨٠٢٩	٥٢ طبقه بالای زمین ٢طبقه زیرزمین ٢٠٠M	C.I.C.O	٢٠٠٦ - ٢٠٠٨	دوحه	Tornado Tower	

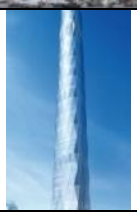
www.SID.ir

Archive of SID

٦١	٤ و ٥	بتنی	١٥٠٠٠	٧طبقه بالای زمین ١طبقه زیر زمین	AHMM	٢٠٠٨	لندن	Yellow Building	
-	٢	فولادی	٣٣٠٠٠	٧ و ١١ طبقه	Fitzpatrick partners	٢٠٠٧ - ٢٠٠٩	سیدنی	One Shelly Street Building	
٧٣	١٢	لوله های پر شده با بتن	٢٥٠٠٩٥	١٠٣ طبقه ٤٤٠M	Wilkinson Eyre Architects	٢٠٠٥ - ٢٠٠٧	گوانگجو	Guangzhou West Tower	
-	-	بتنی	٣١٤٠٠	٢٤ طبقه ١٠٦M	Reiser Umemoto	٢٠١٠	دوبی	O-14 tower	
٦٠	٨	فولادی	١٢٣٠٠	٢٣ طبقه بالا و ٣طبقه زیرزمین ١١٠M	MZ Architects	٢٠١٠	ابوظبی	Al Dar Headquarters	
٦٦	٢	فولادی	٤٢٠٠٠	١٢ طبقه ٥٢,٣M	CAAU	٢٠١٠	هنگ کنگ	Hong Kong Institute of Design	
-	٢	فولادی	٥٣١٠٠	٣٥ طبقه ١٦٠M	RMJM	٢٠٠٧ - ٢٠١١	دوبی	Capital Gate	
-	irregular	فولادی	٤٧٣٠٠	٤٤ طبقه رو و ٣ طبقه زیرزمین ٢٣٤M	Rem Koolhass and OMA	٢٠٠٤ - ٢٠١٢	چین	CCTV Tower	
٤٨	٨	.R.C crossing diagrid columns	١٠٠٠٠	٤٥ طبقه بالا و ٤ طبقه زیرزمین ٢٣١M	John Novel	٢٠٠٥ - ٢٠١٢	دوحه	Doha Tower	

www.SID.ir

Archive of SID

-	۱۲	فولادی	۲۹۲۰۰۰	۵۹ طبقه ۲۳۸M	Norman Foster	۲۰۰۷ - ۲۰۱۲	کانادا	The Bow Tower	
-	irregular	لوله های پر شده با بتن	۱۰۰۰۰۰	۵۷ طبقه ۲۰۰M	Zaha Hadid	۲۰۰۸ - ۲۰۱۳	بخارست	Dorobanti Tower	
-	۲	فولادی	۴۷۳۱۲۲	-	HDR Architecture	۲۰۱۳	ابوظبی	Cleveland Clinic	
-	٤	فولادی	٦٥٠٠٠	٥ طبقه	Warren and Mahoney architects	۲۰۱۳	نیوزلند	Manukau Institute of Technology	
-	٤	فولادی	۸۰۰۰۰۰	بیش از ۲۵ طبقه	James Law	۲۰۱۳	ابوظبی	Technosphere	
متنوع از ٦٠ تا ٧٩	irregular	فولادی	-	۱۲۳ طبقه ٥٥٦M	S.O.M	۲۰۱٤	سئول	Lotte Tower	
متنوع	irregular	قاب دیاگرید فولادی و بتنی پیش ساخته	-	۵۰ طبقه ۲۳۰M	S.O.M	۲۰۱٤	دوحه	West Bay Office Tower	
-	٤	فولادی	۱۱٦۰۰۰	۳۱ طبقه M ۱٦۱,۲	S.O.M	۲۰۱٥	بیجینگ	Poly Internat-ional Plaza	
-	irregular	فولادی	۳۰۰۰۰۰	۱۰۸ طبقه ٥۲۸M	TFP architects	۲۰۱۱ - ۲۰۱٦	بیجینگ	Z15 Tower	

www.SID.ir

Archive of SID

مجوز از:ISC
به شماره : ۹۶۱۷۰-۶۲۰۱۰

٦-منابع

۱.گلابچی, محمود، ۱۳۸۵، ضرورت بهره گیری از فناوری های نوین ساختمانی، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده فنی، https://www.civilica.com/Paper-SCT02-SCT02_011.html

2. Charnish, Barry & Terry McDonnell. “The Bow”: Unique Diagrid Structural System for a Sustainable Tall Building (2008)

۳. Diagrid Structures: Systems, Connections, Details. (2013)

4.http://en.wikipedia.org/wiki/Shukhov_Tower

5.http://www.fosterandpartners.com/projects/city-hall/

6. Nakai M (2008) Unique Architectural Forms Enabled by Base-Isolation. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.

7.Mele E, Toreno M, Arpino R, Brandonisio G, De Luca A (2014) An Overview on Diagrid Structures for Tall Buildings. Structural Design of Tall and Special Buildings 23: 124-125.

8.Park K, Holt N (2010) Parametric Design Process of a Complex Building In Practice Using Programmed Code As Master Model. International Journal of Architectural Computing 8: 359-376.

9. Meijer de JHM (2012) Lateral Stiffness of Hexagrid Structures, Master’s thesis, Eindhoven University of Technology, Department of the Built Environment, Structural Design.

10. Fu X, Wu B, Chen XC, Meng ML, Sun C, et al. (2008) Research on structural design of a super highrise building in Qatar. The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering 1: 186-197.

11. http://www.designbuild-network.com/projects/atlas

12. Korsavi S, Maqhareh MR (2014) The Evolutionary Process of Diagrid Structure Towards Architectural, Structural and Sustainability Concepts: Reviewing Case Studies. Archit Eng Tech 3: 121. doi:10.4172/2168-9717.1000121

www.SID.ir