

فصل سوم: روش‌های پژوهش در مهندسی سازه

ایده‌آل و ساده کردن مسأله
راست‌آزمایی و اعتبارسنجی
ابزارهای کامپیوتری در مهندسی سازه

روش‌های اجرای تحقیق
روش‌های تجربی
روش‌های تئوری

روش‌های اجرای تحقیق در مهندسی سازه

- مطالعه تجربی رفتار سازه واقعی
- مدل‌سازی آزمایشگاهی در مقیاس واقعی
- مدل‌سازی آزمایشگاهی کوچک مقیاس
- آزمایش خصوصیات مصالح
- روش‌های تحلیلی حل معادلات حاکم بر رفتار سازه
- تحلیل عددی و شبیه‌سازی کامپیوتری رفتار سازه

مطالعه تجربی رفتار سازه واقعی



سیستم ثبت آنی پاسخ پل
برای پایش سلامت (Health Monitoring) سازه

<https://roltamax.com/>



برداشت فرکانس طبیعی ساختمان

<http://news.mit.edu/>

مطالعه تجربی رفتار سازه واقعی



گزارش گروه سازه دانشگاه یاسوج از خسارات زلزله
اردیبهشت سال ۹۷ سی سخت

مدل آزمایشگاهی در مقیاس واقعی



میز لرزه - دانشگاه صنعتی شریف

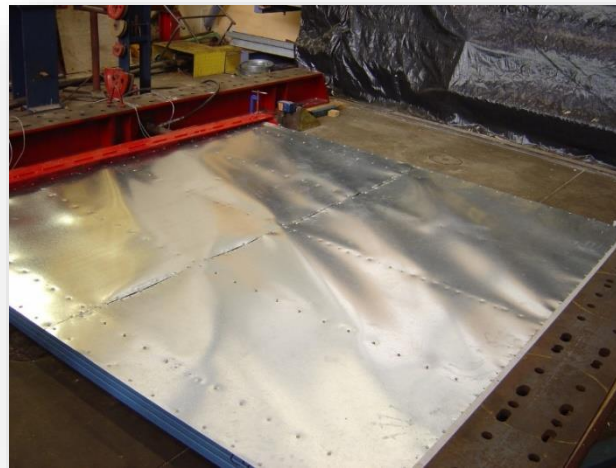


آزمایشگاه اروپایی ارزیابی سازه ای (ELSA)

مدل آزمایشگاهی در مقیاس واقعی



رفتار جانبی دیوارهای برشی فولادی
- دانشگاه خواجه نصیر

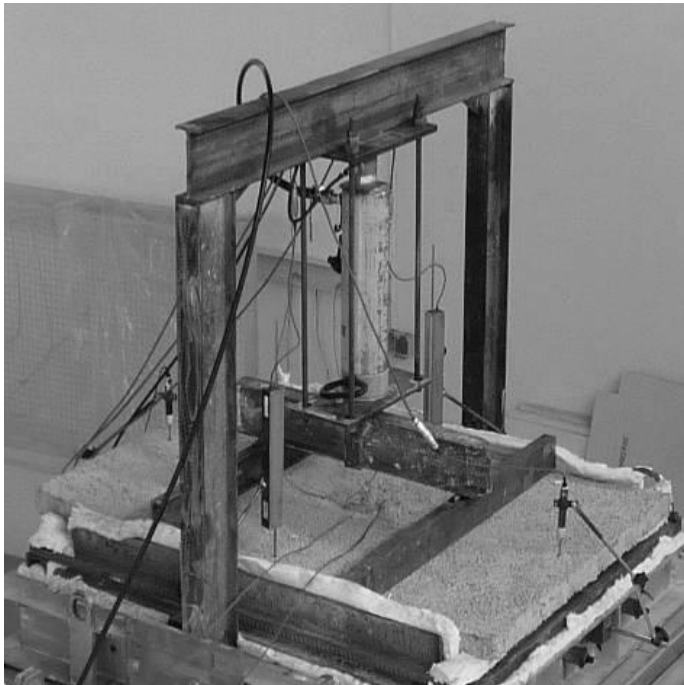


رفتار جانبی دیوارهای برشی
فولادی سبک

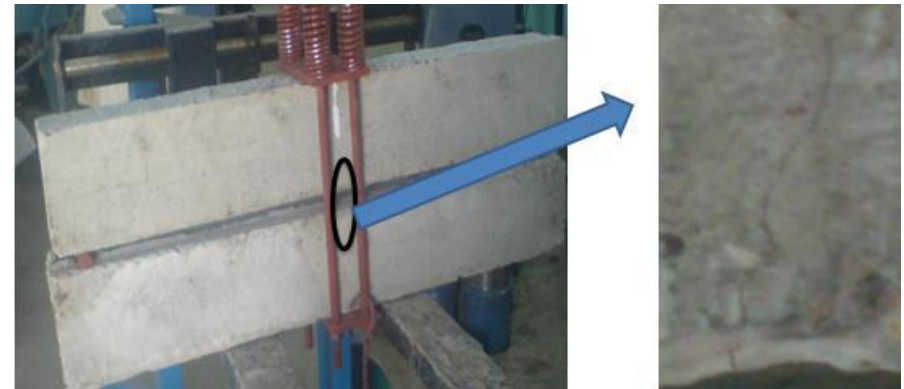
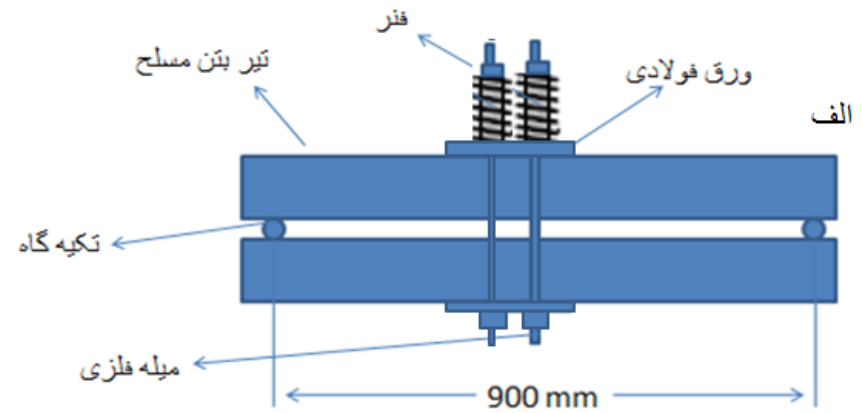


مقاومت اتصالات پرچی

مدل آزمایشگاهی کوچک مقیاس



مقاومت در برابر آتش دال بتن آرمه
تقویت شده با ورقهای FRP -
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

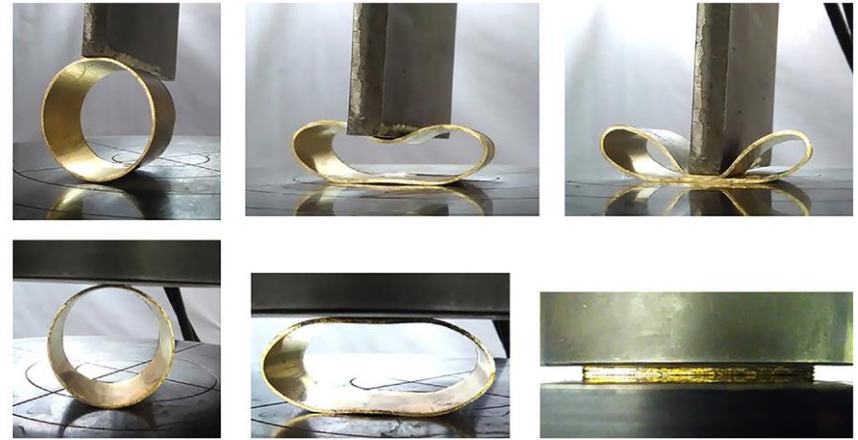


دوام تیر بتن آرمه تحت بار بهره برداری - دانشگاه یاسوج

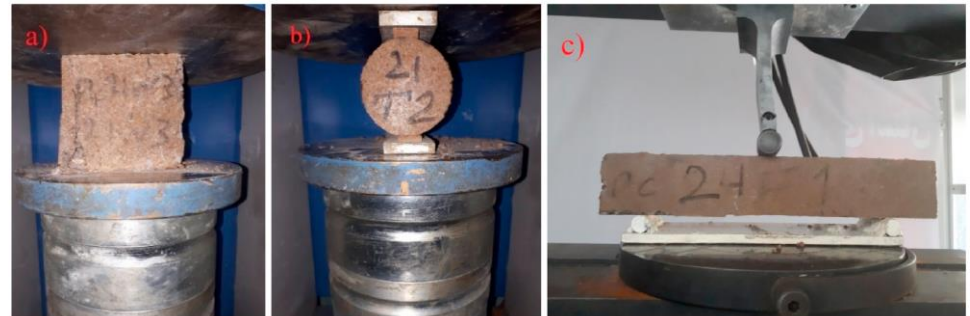
آزمایش خصوصیات مصالح یا قطعات



مقاومت کششی تسمه فولادی



جذب انرژی مقاطع جدار نازک - دانشگاه یاسوج



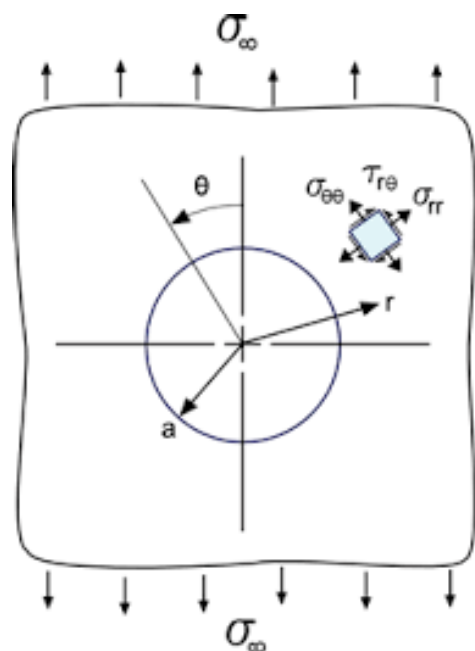
بتن پلیمری سبک - دانشگاه یاسوج

تعریف روش حل تحلیلی

روش حل تحلیلی (Analytical Solution) با استفاده از اصول ریاضی و بدون وارد کردن تقریب، یک معادله را حل می‌کند.

حل بسته (Closed-Form Solution) یک مسئله، معادله‌ای است متشکل از توابع و عملگرهای ریاضی شناخته‌شده که پاسخ آن مسئله را ارائه می‌کند.

مثال حل تحلیلی



$$\nabla^4 \phi = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right) \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \theta^2} \right) = 0$$

$$\sigma_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \theta^2}$$

$$\sigma_\theta = \frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2}$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} \right)$$

Circular hole in a uniaxially stressed plate

$$\sigma_r = \frac{\sigma}{2} \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) + \frac{\sigma}{2} \left(1 + \frac{3a^4}{r^4} - \frac{4a^2}{r^2} \right) \cos 2\theta$$

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma}{2} \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) - \frac{\sigma}{2} \left(1 + \frac{3a^4}{r^4} \right) \cos 2\theta$$

$$\tau_{r\theta} = -\frac{\sigma}{2} \left(1 - \frac{3a^4}{r^4} + \frac{2a^2}{r^2} \right) \sin 2\theta$$

ویژگی روش‌های حل تحلیلی

- منجر به جواب دقیق مسئله می‌شوند.
- برای مسائل ساده از نظر هندسه، بارگذاری، شرایط مرزی و خصوصیات مصالح قابل کاربردند.
- دانش و حجم کار زیادی برای توسعه فرمول‌بندی این روش‌ها نیاز است اما با یک الگوریتم برنامه‌نویسی ساده به جواب دقیق می‌رسند.
- به عنوان مرجعی برای مقایسه و تعیین صحت و دقت سایر روش‌ها قابل استفاده‌اند.

تعریف روش حل عددی

روش حل عددی (Numerical Solution) تکنیکی برای حل تقریبی مسئله با استفاده از تعداد محدودی جملات ریاضی است.

نمونه مسائل قابل حل به روش عددی:

- حل معادلات دیفرانسیل برای تحلیل تنش یا انتقال حرارت یا ...
- حل مسائل مقادیر ویژه برای کمانش یا ارتعاش آزاد یا ...
- بهینه‌یابی با الگوریتم‌های فرا ابتکاری و ...

ویژگی روش‌های حل عددی

- دقت روش حل عددی وابسته به تعداد جملات بوده و قابل افزایش تا حد انتظار است.
- برای مسائل پیچیده و متنوع از نظر مشخصات هندسی، مصالح و بارگذاری قابل استفاده است.
- برای شبیه‌سازی مسائل فیزیکی واقعی یا آزمایشگاهی مناسب است.
- نرم‌افزارهای تحلیل و طراحی متداول، عموماً بر روش‌های عددی مبتنی هستند.

روش‌های حل عددی

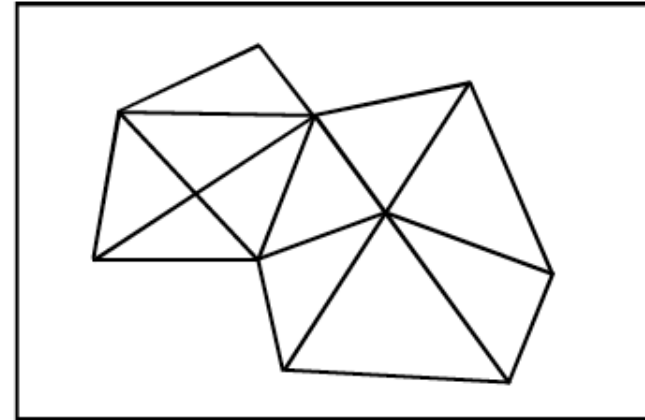
متداول‌ترین روش‌های حل عددی مورد استفاده در تحلیل سازه:

- روش اجزاء محدود Finite Element Method (FEM)
- روش المان مرزی Boundary Element Method (BEM)
- روش المان مجزا Discrete Element Method (DEM)
- روش تفاضل محدود Finite Difference Method (FDM)
- روش رایلی ریتز Rayleigh Ritz Method
- روش‌های بدون شبکه Mesh-Free Methods

...

روش اجزاء محدود (Finite element method)

- حجم سازه به المان‌های خطی، صفحه‌ای یا سه‌بعدی تقسیم‌بندی می‌شود.
- معادلات دیفرانسیل حاکم بر رفتار به دستگاه معادلات جبری خطی تبدیل می‌شوند.
- با مش‌بندی ریز، حجم محاسبات بالا رفته ولی درایه‌های ماتریس سختی در اطراف قطر تمرکز دارند.
- مسائل ناهمگن را به خوبی تحلیل می‌کند.
- نرم‌افزارهای ABAQUS, ANSYS, PERFORM, OpenSees, SAP, ETABS, ... از آن بهره می‌برند.



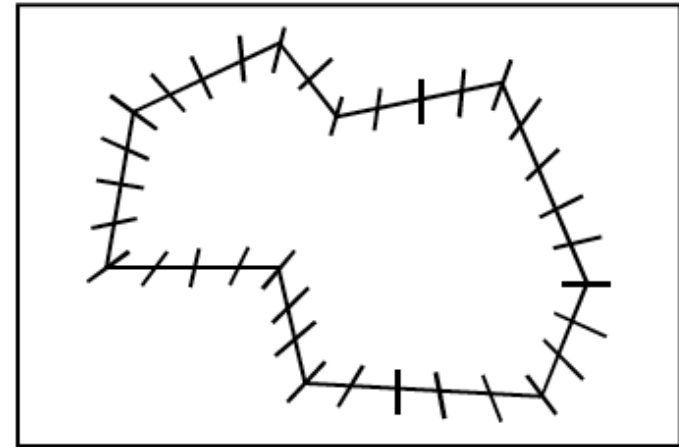
روش المان مرزی (Boundary element method)

- مرزها به المان‌های خطی یا صفحه‌ای تقسیم می‌شوند.

- معادلات دیفرانسیل حاکم بر رفتار به انتگرال‌هایی بر روی مرزها تبدیل شده و این انتگرال‌ها به شکل دستگاه معادلات جبری خطی بیان می‌شوند.

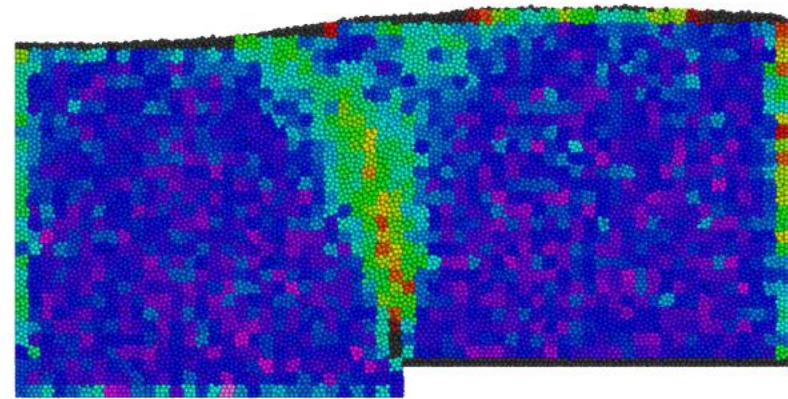
- حجم محاسبات (به دلیل وجود تعداد کمتر المان‌ها) کمتر از اجزاء محدود است ولی ماتریس سختی کامل و غیرممتقارن است.

- برای مسائل ناهمگن مناسب نیست.



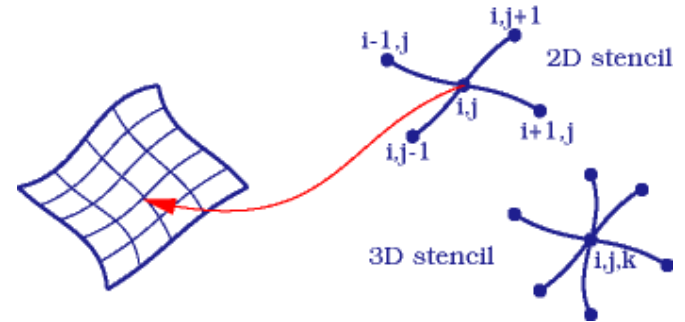
روش المان مجزا (Discrete Element Method)

- حجم اجسام به ذراتی که باهم در تماسند، تقسیم‌بندی می‌شود.
- مکانیک برخورد بین ذرات تحلیل می‌شود.
- برای تعداد زیاد ذرات، حجم محاسبات بسیار زیاد است.
- برای مسائل ناهمگن بسیار مناسب است.
- برای مسائل خاص که اجزاء بر روی هم حرکت دارند همچون تغییر شکل گسل‌ها و روانگرایی خاک‌ها مفید است.

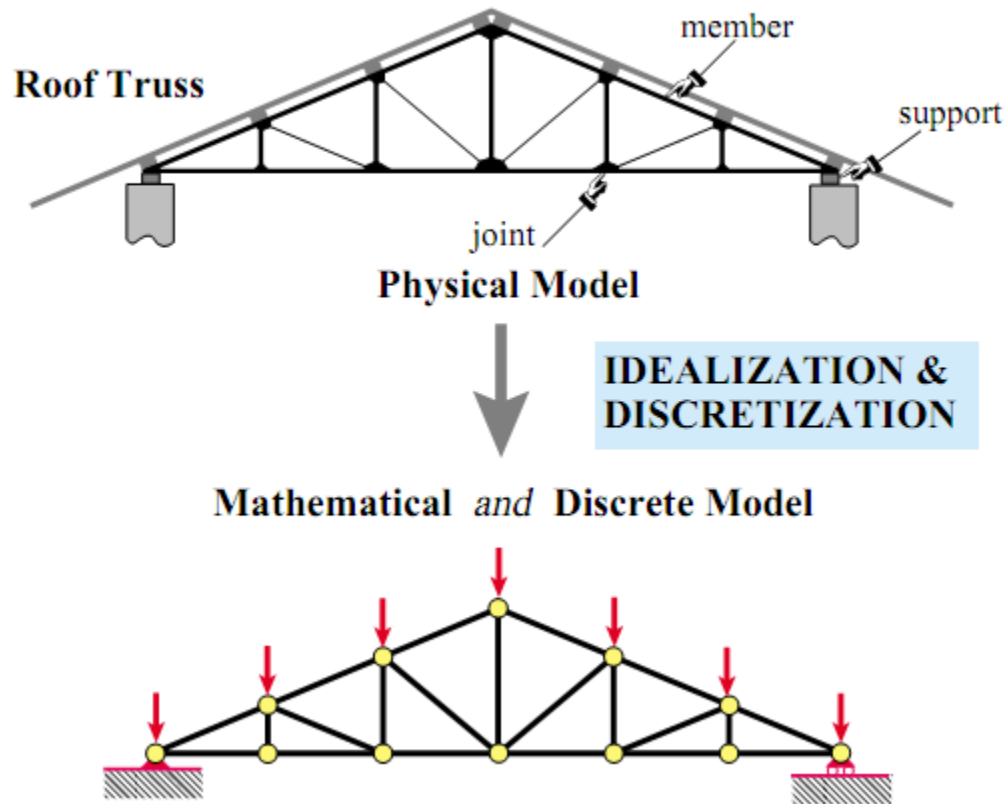


روش تفاضل محدود (Finite Difference Method)

- سازه تقسیم بندی شده و بر اساس نقاط داخلی تحلیل می شود.
- معادلات حاکم بر مسئله به روش حساب تغییرات حل می شود.
- حجم محاسبات کم و برنامه نویسی آن آسان می باشد.
- برای هندسه های پیچیده و نواحی با تمرکز تنش دقت بالایی ندارد.
- برای مسائل برخورد و انتقال حرارت یا جریان سیال مناسب است.

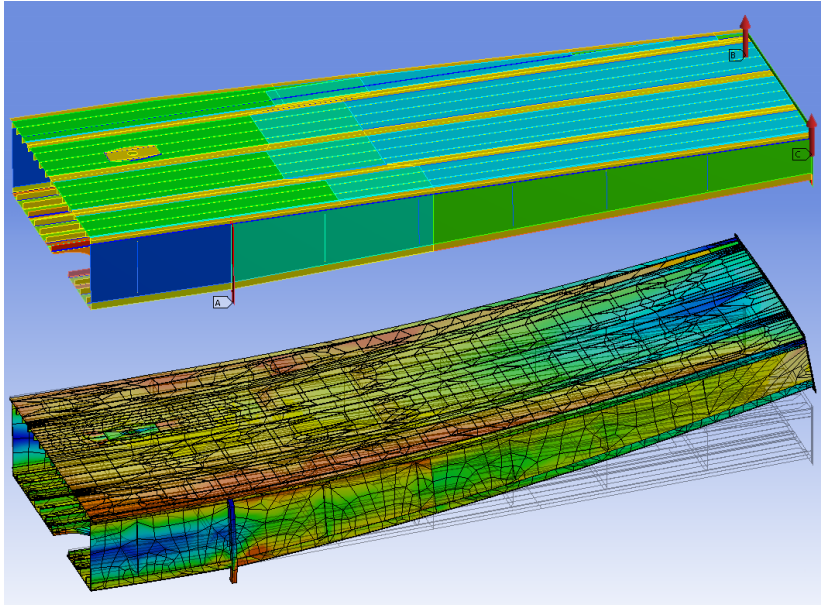


ایده آل و ساده کردن مسأله



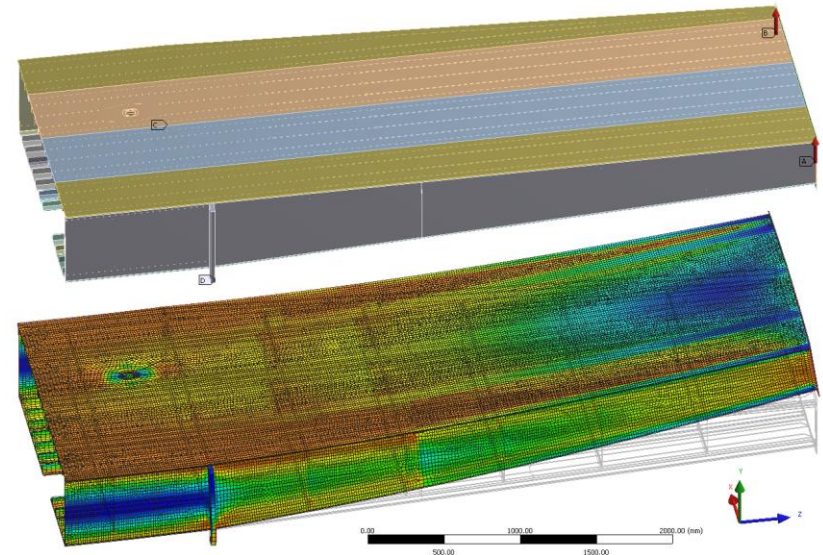
روند ایده آل سازی برای یک سازه ساده

ایده آل و ساده کردن مسأله



۱۲ هزار المان پوسته:

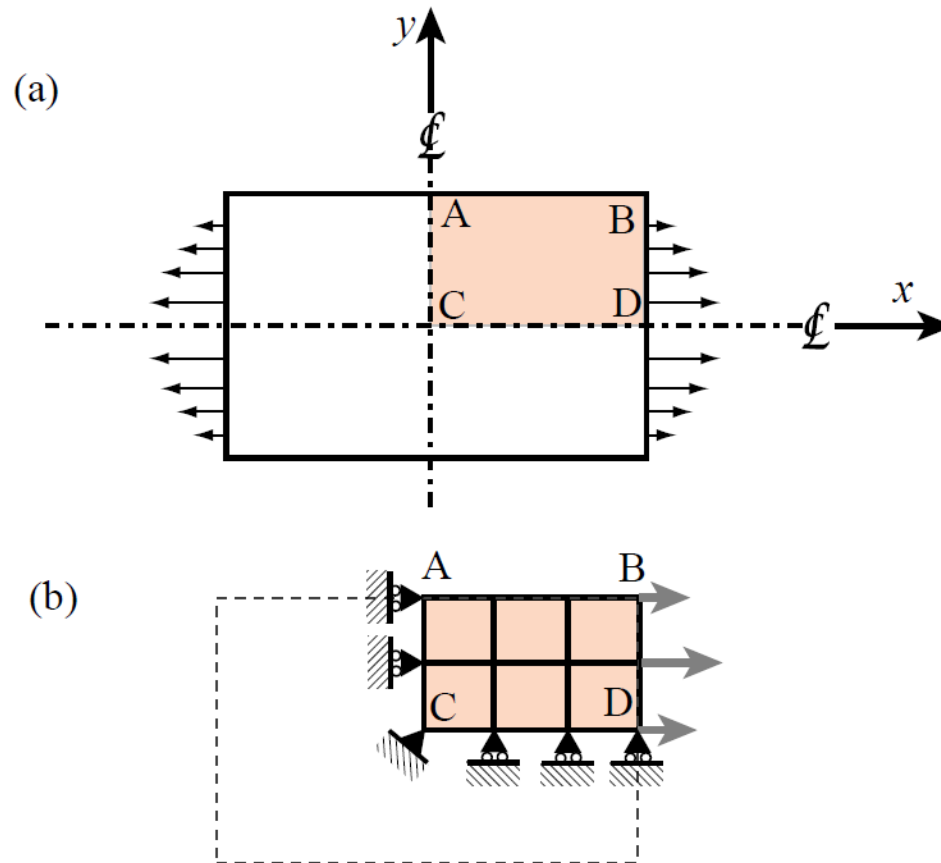
حل مسئله در حدود ۵ دقیقه با کامپیوتری ساده
با دقتی مشابه



۲۵۰ هزار المان سه بعدی:

حل مسئله در حدود ۲۰ دقیقه با کامپیوتری پر قدرت
(پردازنده 4x4.2GHz و حافظه 16 GB RAM)

ایده آل و ساده کردن مسئله



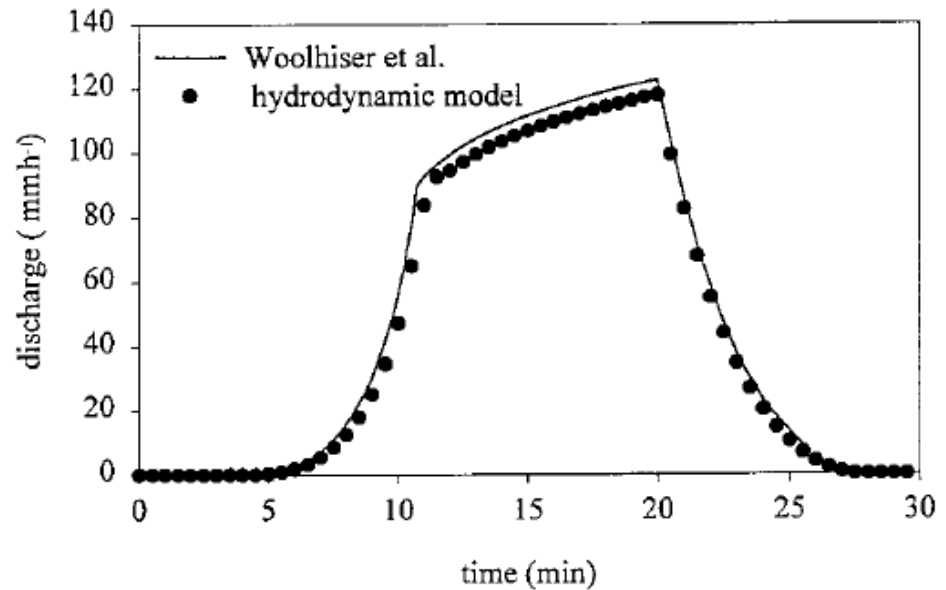
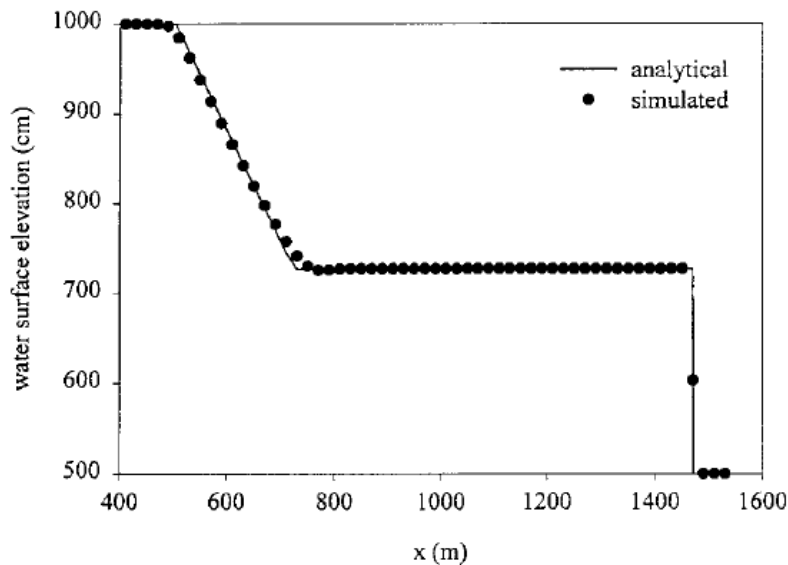
استفاده از تقارن برای کاهش حجم محاسبات

مفاهیم راست آزمایی و اعتبارسنجی

- صحت سنجی (Verification): بررسی صحت حل معادلات توسط برنامه کامپیوتری
- اعتبارسنجی (Validation): بررسی منطقی بودن روند مدلسازی واقعیت فیزیکی
- تنظیم (Calibration): تنظیم پارامترهای مدل برای تطبیق با مشاهدات
- همگرایی (Convergence): نزدیکی حل عددی به حل دقیق با افزایش تعداد جملات حل

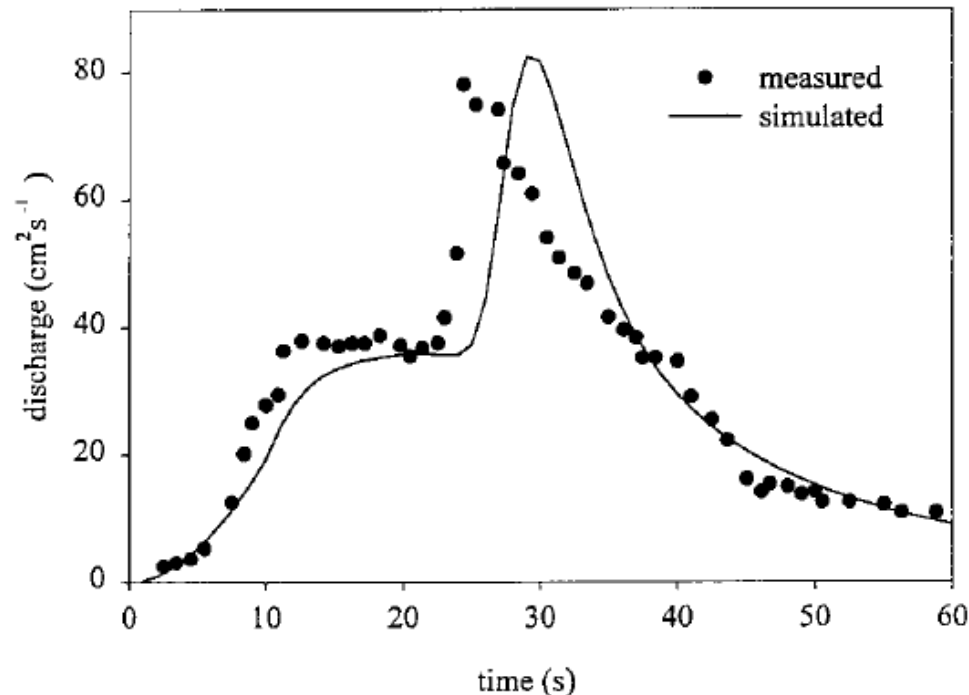
راست آزمایی (Verification)

■ مقایسه نتایج مدل ریاضی (عددی یا تحلیلی) با سایر مدل‌های ریاضی معتبر



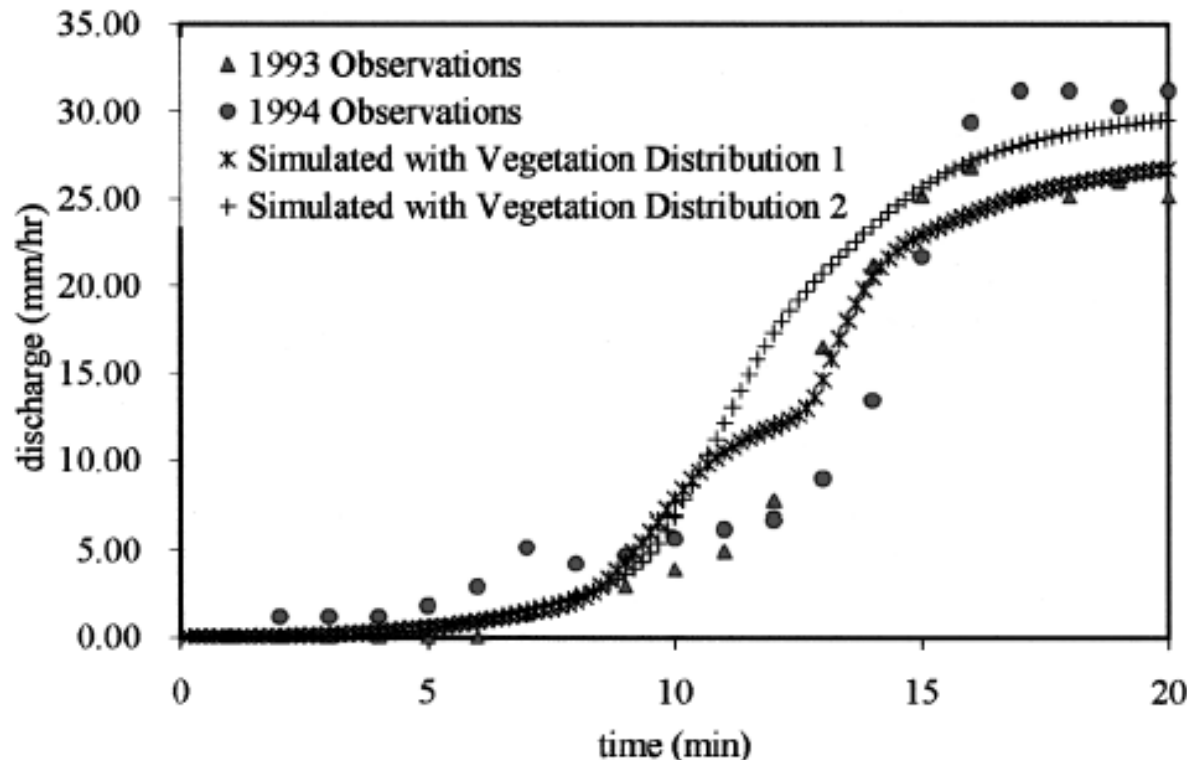
اعتبارسنجی (Validation)

- مقایسه نتایج مدل ریاضی (تحلیلی یا عددی) با واقعیت فیزیکی (سازه واقعی یا نمونه آزمایشگاهی)



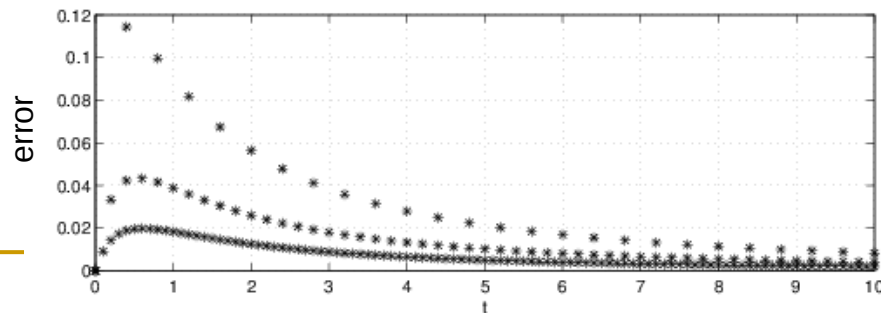
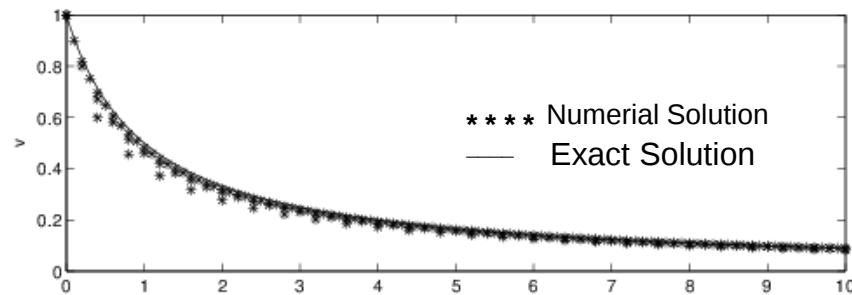
تنظیم (Calibration)

- تنظیم کردن پارامترهای مدل برای انطباق رفتار و نتایج مدل با داده های معتبر



همگرایی (Convergence)

- یک حل گسسته از یک معادله دیفرانسیل همگرا گفته می‌شود اگر هنگامی که نقاط گسستگی کوچک و کوچکتر می‌شوند به حل دقیق معادله پیوسته نزدیک شود.



چگونگی نمایش نتایج

■ مقایسه عددی نتایج در جدول

Table 1

Natural frequencies of the SFSF isotropic plate for stationary and moving situations

Mode	Stationary plate ($v = 0$)		Moving plate ($v = 50$ m/s)	
	Ref. [7]	Present FSM	Ref. [7]	Present FSM
1st	54.33	54.32	35.08	35.05
2nd	59.31	59.11	41.37	41.34
3rd	110.63	110.57	75.68	75.61
4th	120.11	120.05	87.47	87.40
5th	139.19	139.19	121.62	121.60
6th	170.84	170.67	125.49	125.37
7th	184.73	184.55	141.64	141.44
8th	189.96	189.92	162.32	162.33
9th	236.39	236.36	186.11	185.61
10th	254.61	254.23	205.71	205.18

■ مقایسه بصری نمودارها

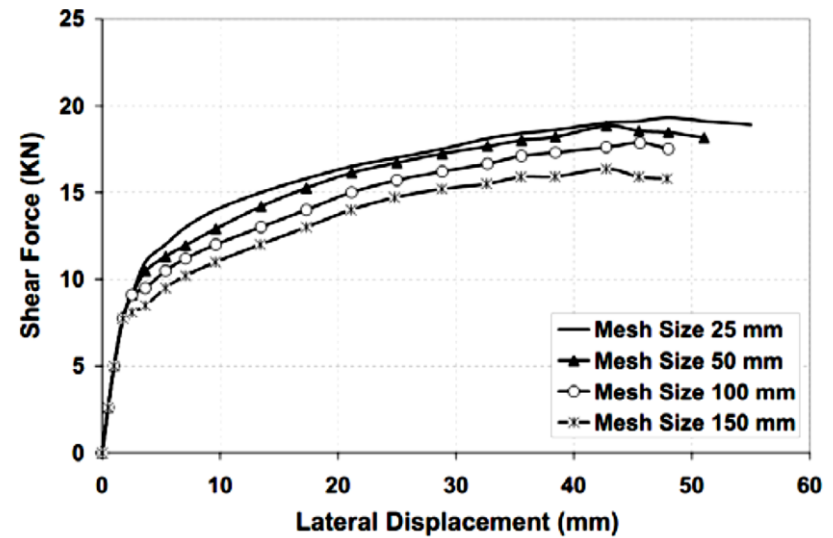


Figure 6. Mesh Size Sensitivity

روش‌های آماری مقایسه نتایج

Q : داده‌های تحلیلی یا آزمایشگاهی

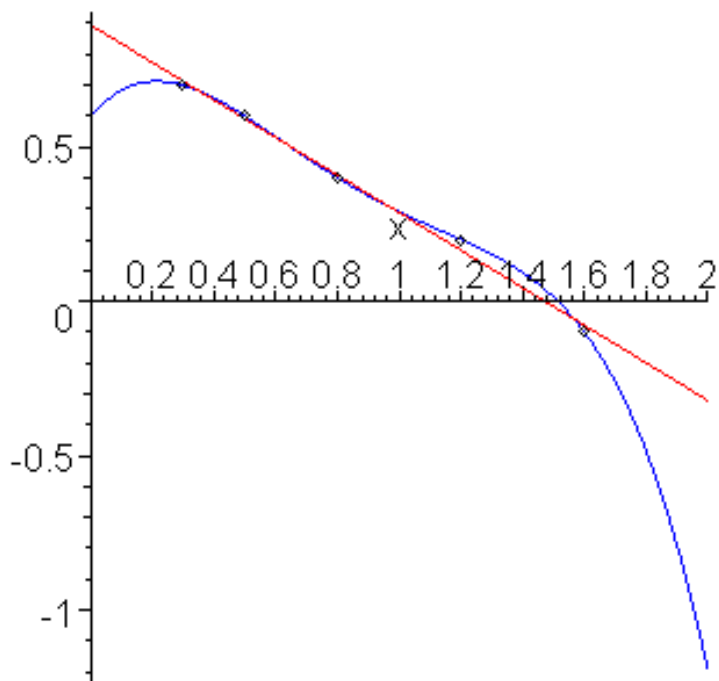
S : داده‌های شبیه‌سازی عددی

■ خطای حداکثر: $ME = \max(S_i - Q_i) \text{ for } i = 1 \text{ to } N$

■ درصد خطای مطلق متوسط $PAAE = \left\{ \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |S_i - Q_i|}{\bar{Q}} \right\} (100)$

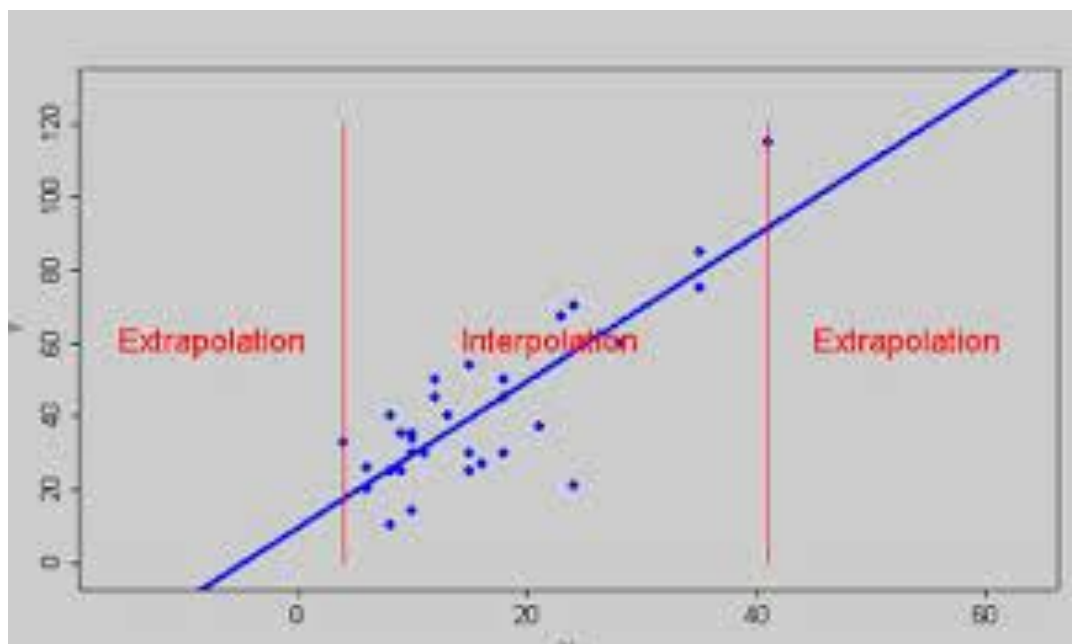
درون‌یابی (Interpolation)

■ درون‌یابی روشی است برای یافتن مقدار تابع درون یک بازه، زمانی که مقدار تابع در تعدادی از نقاط گسسته معلوم است که با انطباق منحنی یا رگرسیون انجام می‌شود.



برونیابی (Extrapolation)

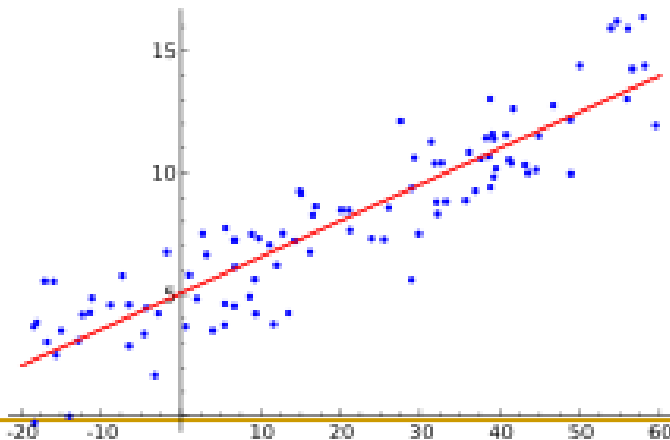
- در برون‌یابی برخلاف درون‌یابی به دنبال پیش‌بینی مقدار داده موردنظر در خارج از محدوده داده‌های موجود هستیم.



رگرسیون (Regression)

■ تعریف: تحلیل رگرسیون، یک فرایند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها می باشد.

■ روش های آشنا همچون رگرسیون خطی و حداقل مربعات که پارامتری هستند، در واقع در آن تابع رگرسیون تحت یک تعداد محدودی از پارامترهای ناشناخته از داده ها تخمین زده شده است.



■ مجموع مربعات خطا

$$\sum_{i=1}^N (S_i - Q_i)^2$$

پراکندگی داده‌های یک متغیر

- **انحراف معیار** عددی است که نشان می‌دهد به طور میانگین داده‌ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله دارند. برای محاسبه انحراف معیار کافی است جذر واریانس را حساب کنیم.

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{"انحراف معیار نمونه"}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x$$

دقت اعداد

■ تعداد ارقام اعشار نشان‌دهنده دقت عدد است؛ پس $1/2$ و $1/2000$ مفهوم متفاوتی دارند.

■ میزان گرد کردن ارقام اعشار، باید با میزان دقت داده‌های اولیه و میزان دقت مورد نیاز داده‌های خروجی، متناسب باشد.

مثلاً محاسبه تنش تا چندین رقم اعشار (از تقسیم نیرو بر سطح مقطع آزمایشگاهی)، با دقت داده‌های ورودی متناسب نیست و محاسبه طول جوش با چند رقم اعشار با نیاز اجرا همخوانی ندارد.

■ میزان دقت مجموع اعداد تقریبی برابر است با کمترین دقت این اعداد:

$$2.3 + 5.704 + 12.67 = 20.674 \approx 20.7$$

و همین طور است دقت حاصل ضرب یا تقسیم چند عدد:

$$3.564 \times 2.37 = 8.44668 \approx 8.45$$

■ گرد کردن زیاد اعداد و استفاده از تقریب بالا در ابتدای حل، منجر به تزايد خطا تا انتها می شود.

■ تعداد ارقام اعشار یک متغیر در یک جدول، برابر انتخاب شود.

Table 1

Natural frequencies of the SFSF isotropic plate for stationary and moving situations

Mode	Stationary plate ($v = 0$)		Moving plate ($v = 50$ m/s)	
	Ref. [7]	Present FSM	Ref. [7]	Present FSM
1st	54.33	54.32	35.08	35.05
2nd	59.31	59.11	41.37	41.34
3rd	110.63	110.57	75.68	75.61
4th	120.11	120.05	87.47	87.40
5th	139.19	139.19	121.62	121.60
6th	170.84	170.67	125.49	125.37
7th	184.73	184.55	141.64	141.44
8th	189.96	189.92	162.32	162.33
9th	236.39	236.36	186.11	185.61
10th	254.61	254.23	205.71	205.18

ابزارهای کامپیوتری پر کاربرد در مهندسی سازه

انواع ابزارهای کامپیوتری



- برنامه نویسی کامپیوتری
- نرم افزارهای ریاضی
- نرم افزارهای عمومی
- نرم افزارهای تخصصی
- برنامه های VBA اکسل
- برنامه های کاربردی موبایل

برنامه نویسی کامپیوتری

Python ■

C++ ■

JavaScript ■

MATLAB ■



نرم افزارهای ریاضی

MATLAB ■

Mathematica ■



MATLAB در مسائل عددی و
Mathematica در مسائل تحلیلی
قدرتمندند.

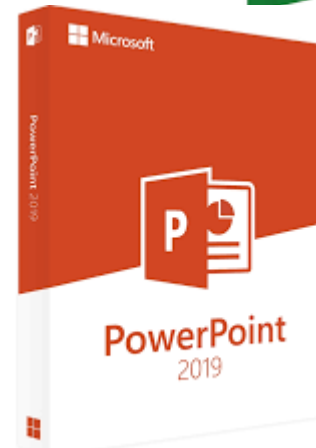
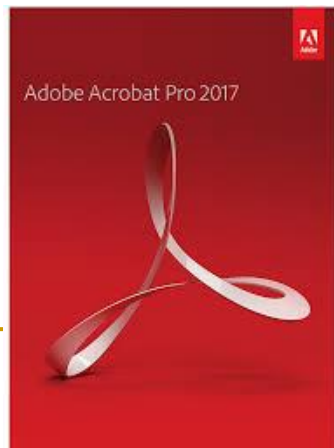
نرم افزارهای عمومی ویرایش و ارائه

Word ■

Excel ■

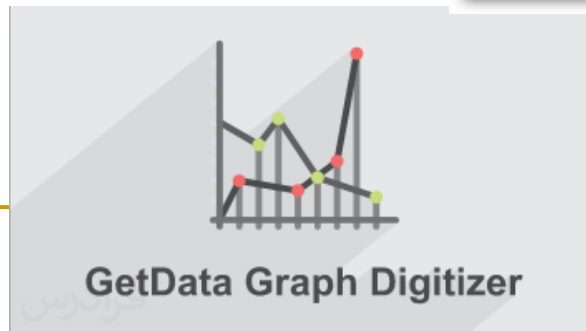
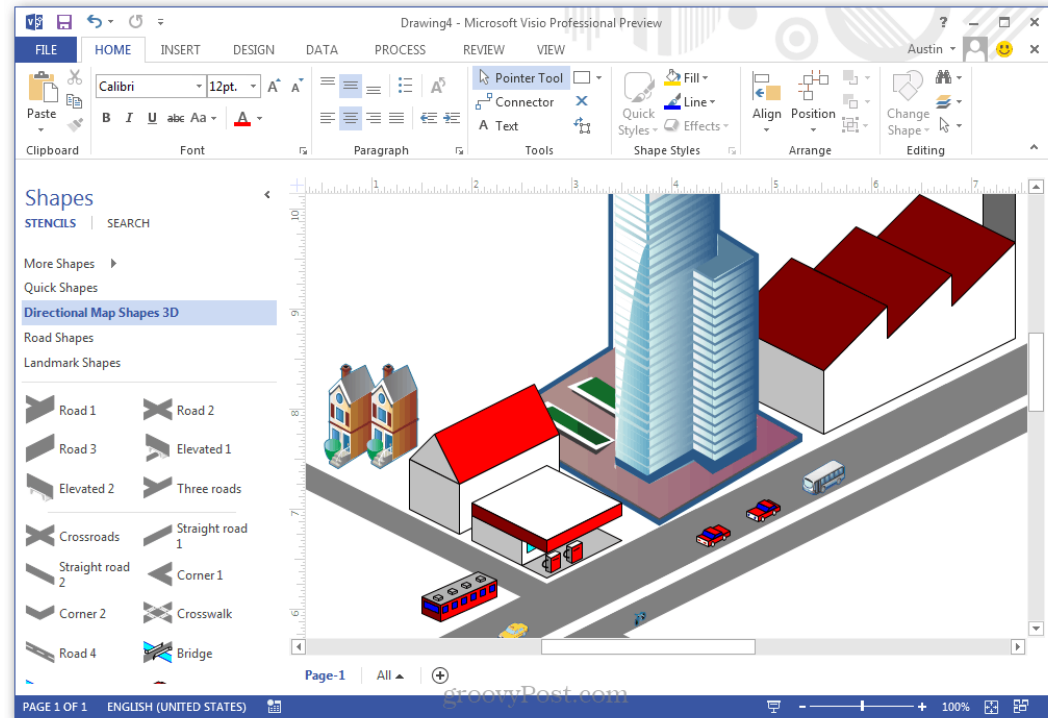
PowerPoint ■

Adobe Acrobat ■



نرم افزارهای ترسیم شکل و نمودار

Visio Microsoft •

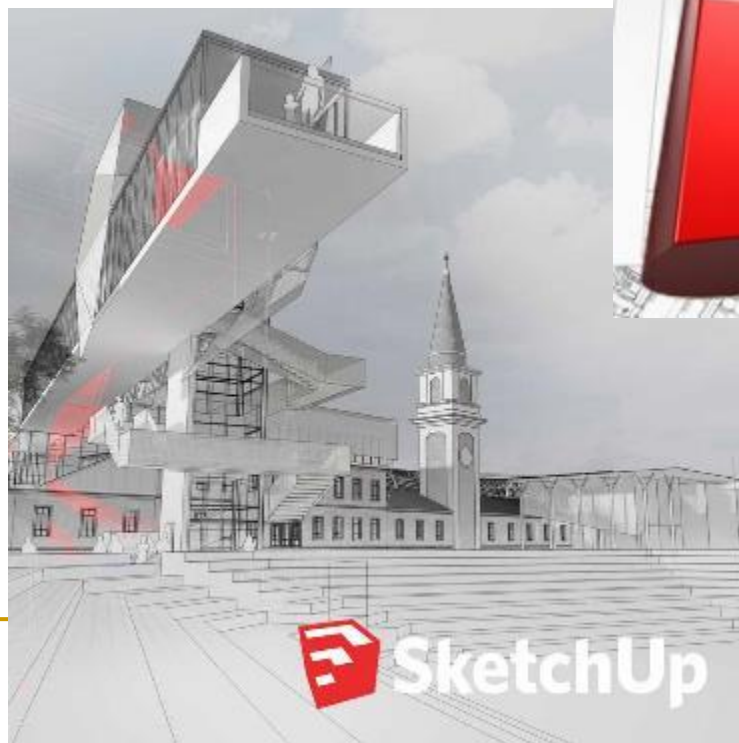


• GetData Graph Digitizer

نرم افزارهای تخصصی ترسیم

AutoCAD ■

SketchUp ■



نرم افزارهای مهندسی سازه

CSI Softwares:

- Tekla Structures

ETABS ■

- Revit Structure

SAP2000 ■

- ABAQUS

SAFE ■

Perform 3D ■

- OpenSees

CSiBridge ■

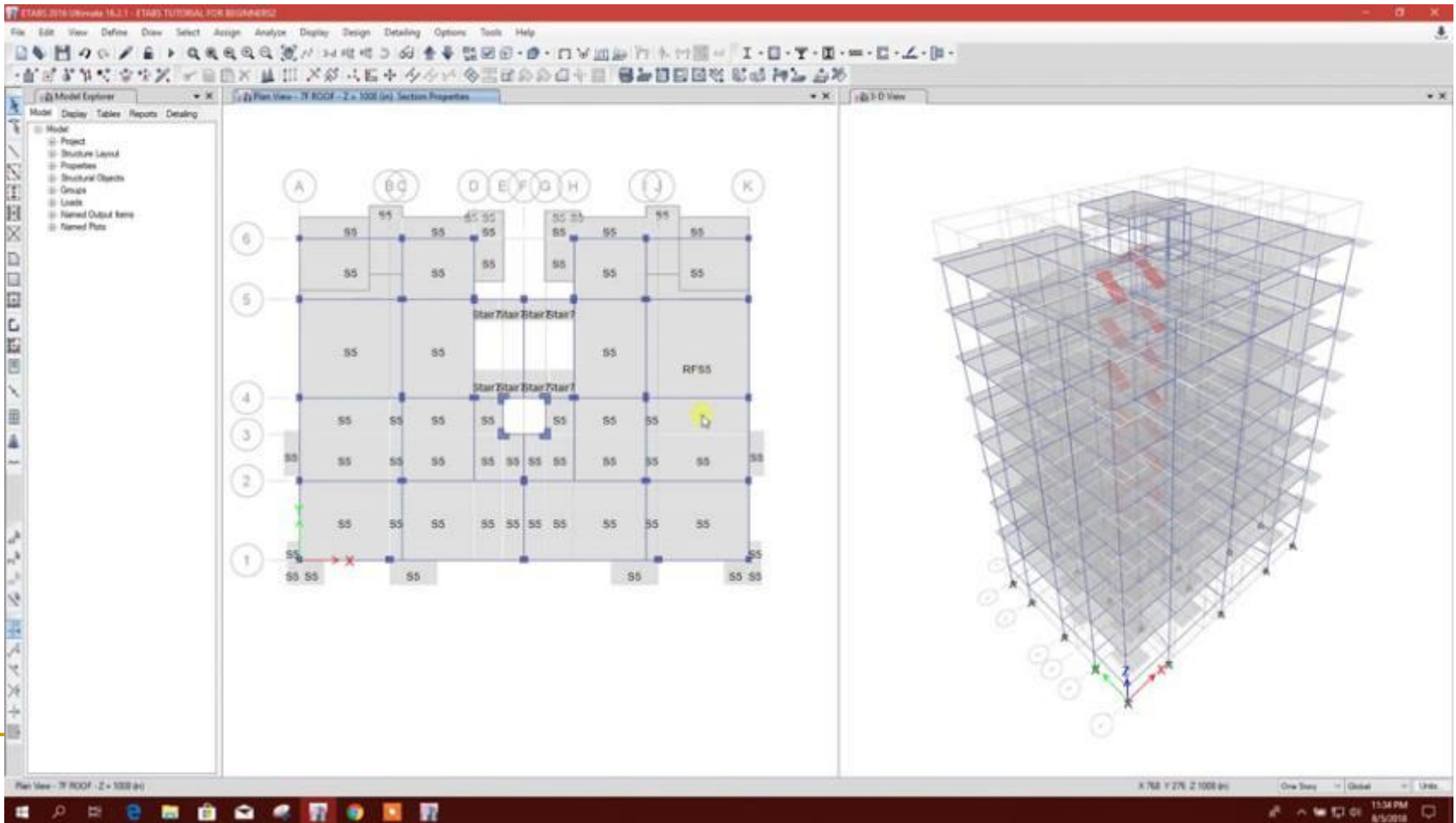
بخش تحلیل سازه نرم افزارهای فوق مبتنی بر روش اجزاء محدود است.

- سازه نگار

- سازه ۹۰

ETABS

تحليل و طراحی سازه فولادی و بتنی



ETABS

ویژگی ها:

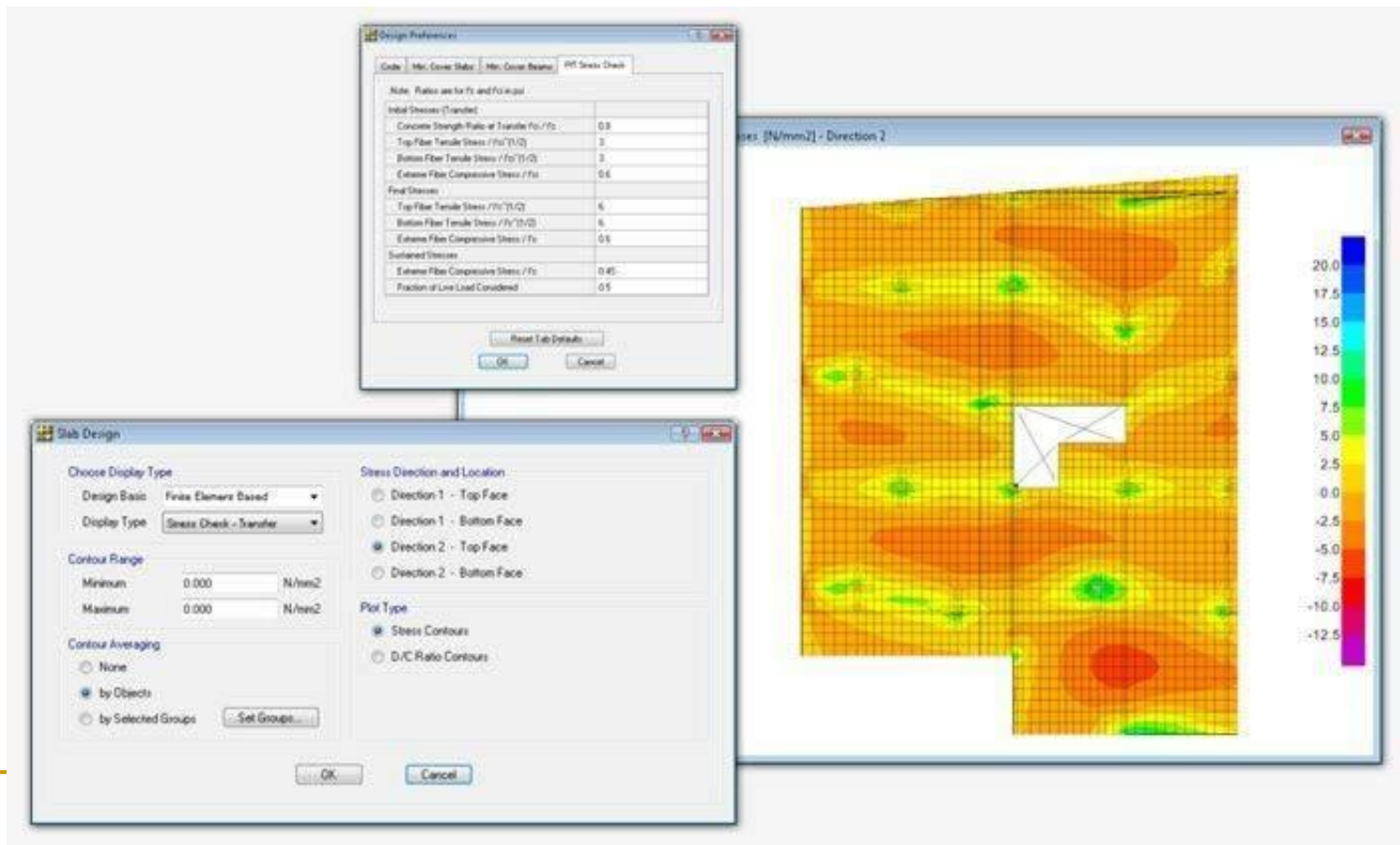
- طراحی انواع قاب های بتنی و فولادی، دیوار برشی و تیر های مرکب
- نرم افزار متداول برای طراحی ساختمان
- استفاده آسان
- خروجی SAP، SAFE و CAD و بلعکس

محدودیت ها:

- عدم طراحی اتصالات فولادی
- ضعف در طراحی پوسته و دیافراگم
- کارایی محدود در هندسه های پیچیده

SAFE

طراحی فونداسیون و دال بتنی



SAFE

ویژگی ها:

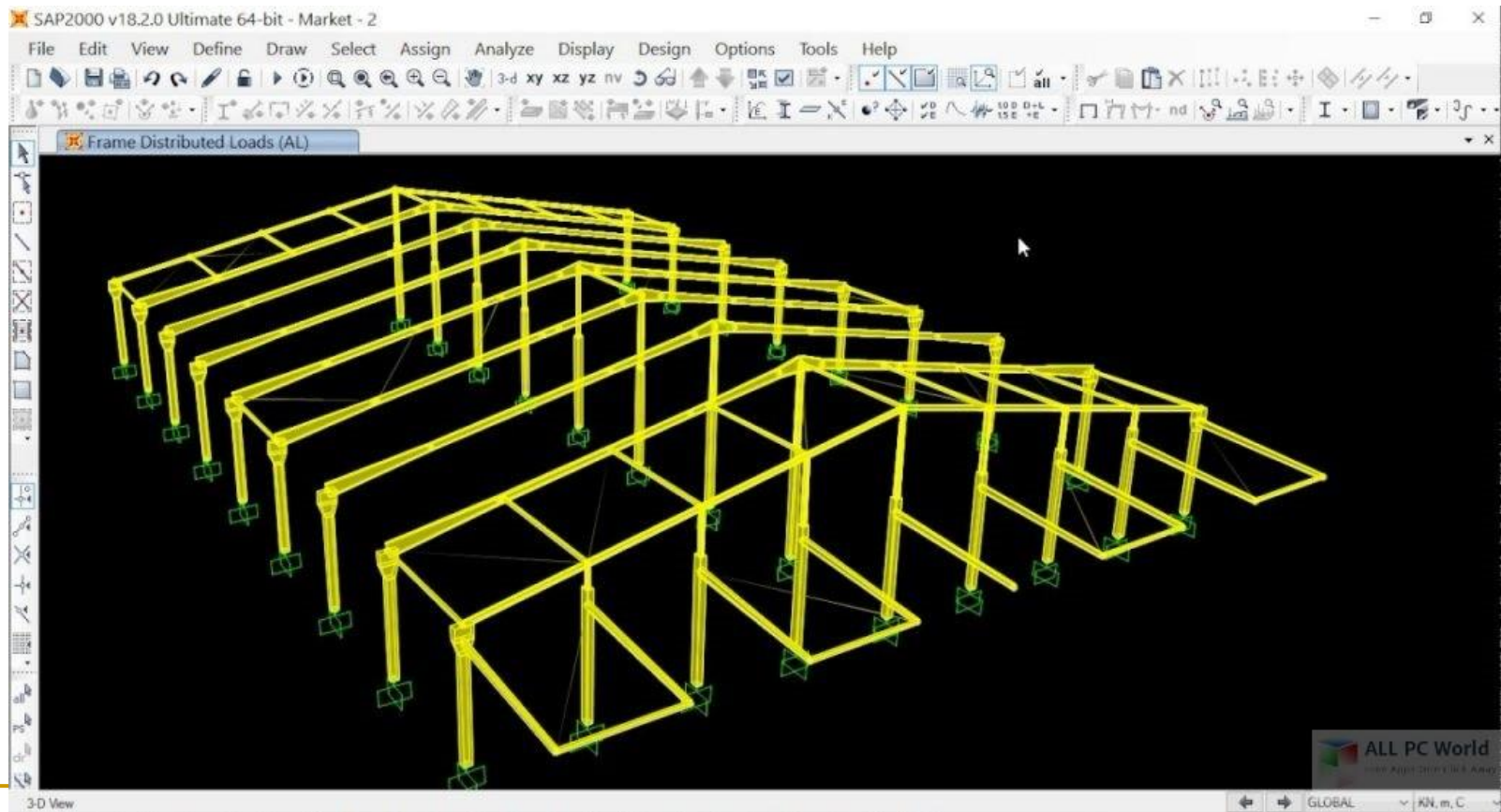
- نرم افزار تخصصی جهت طراحی انواع فونداسیون و دال
- امکان استفاده از خروجی SAP و ETABS

محدودیت ها:

- ترسیم نسبتاً ضعیف
- محدودیت ارائه جزئیات اجرایی

SAP2000

تحليل و طراحی سازه فولادی و بتنی



SAP2000

ویژگی ها:

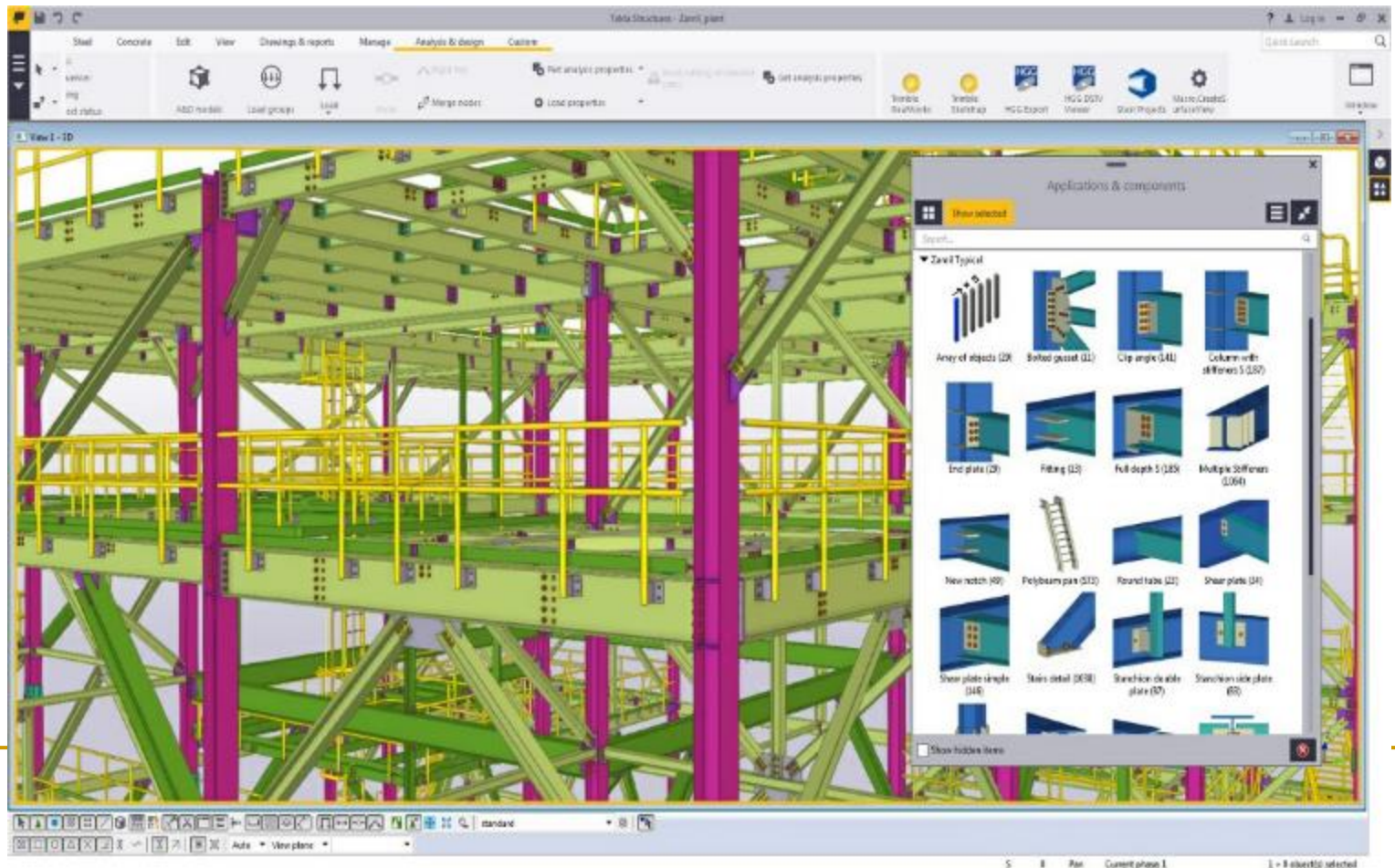
- طراحی انواع سازه اعم از ساختمان، سوله، پل، سازه های فضاکار
- طراحی انواع پوسته، دیافراگم، سقف و ...
- تحلیل خطی و غیر خطی، تحلیل بار متحرک

محدودیت ها:

- المان های ترسیمی کم

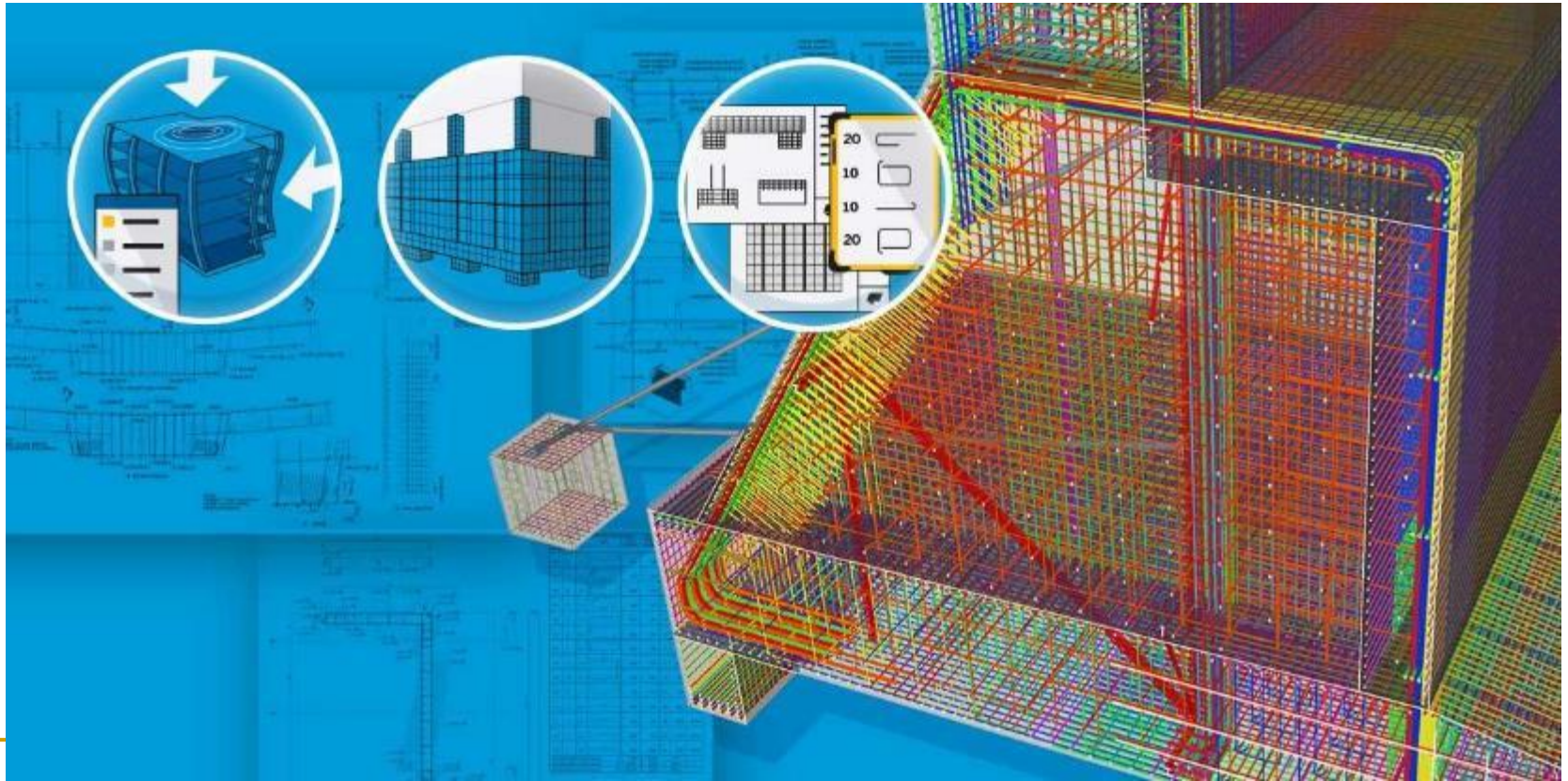
Tekla Structures

تحليل و مدلسازی اتصالات فولادی و بتنی



Tekla Structures

تحليل و مدلسازی سازه و اتصالات فولادی و بتنی



Tekla Structures

ویژگی ها:

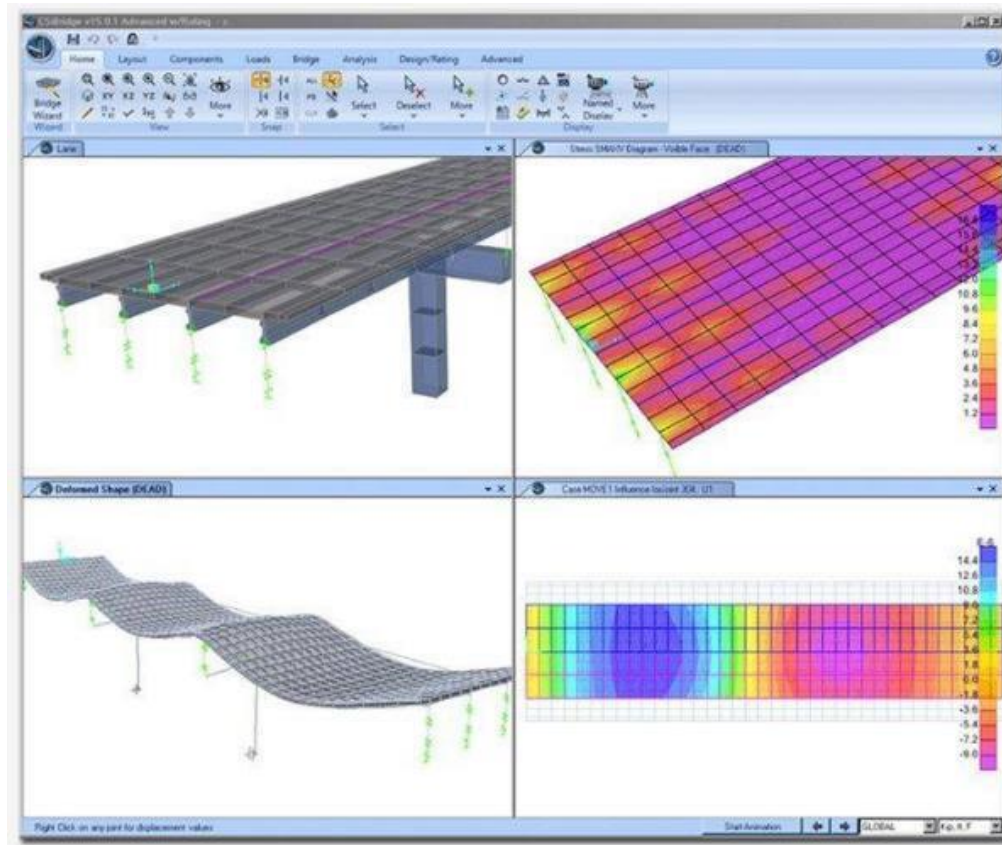
- تهیه نقشه های دقیق کارگاهی
- طراحی و ترسیم اتصالات پیچی و جوشی، کف ستون و وصله ...
- تهیه لیستوفر
- خروجی اتوکد
- استفاده از ورودی SAP و ETABS

محدودیت ها:

- تمرکز روی سازه های فولادی
- محیط نرم افزاری پیچیده

تحليل سازه

Perform 3D



Perform 3D

ویژگی ها:

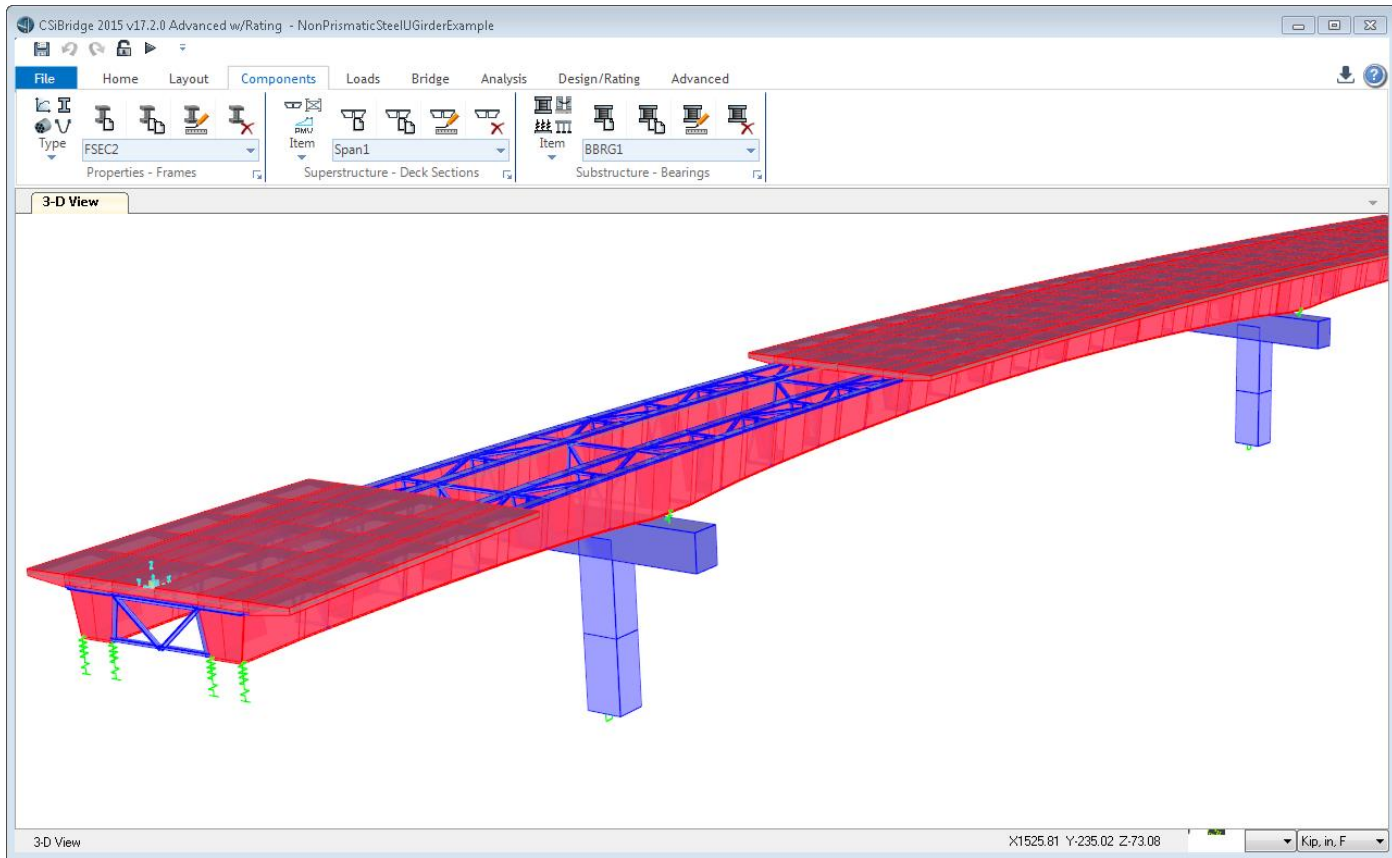
- ساخت سازه های پیچیده و تحلیل به صورت غیرخطی و بر اساس حالت حدی
- خروجی SAP2000 و ETABS
- تحلیل استاتیکی و دینامیکی
- کاربرد در ارزیابی و مقاوم سازی سازه

محدودیت ها:

- نقطه ضعف PERFORM- 3D نسبت به ETABS و SAP این است که فرایند مدل سازی و ترسیم هندسه سازه کمی طولانی تر (اما دقیق تر) است.

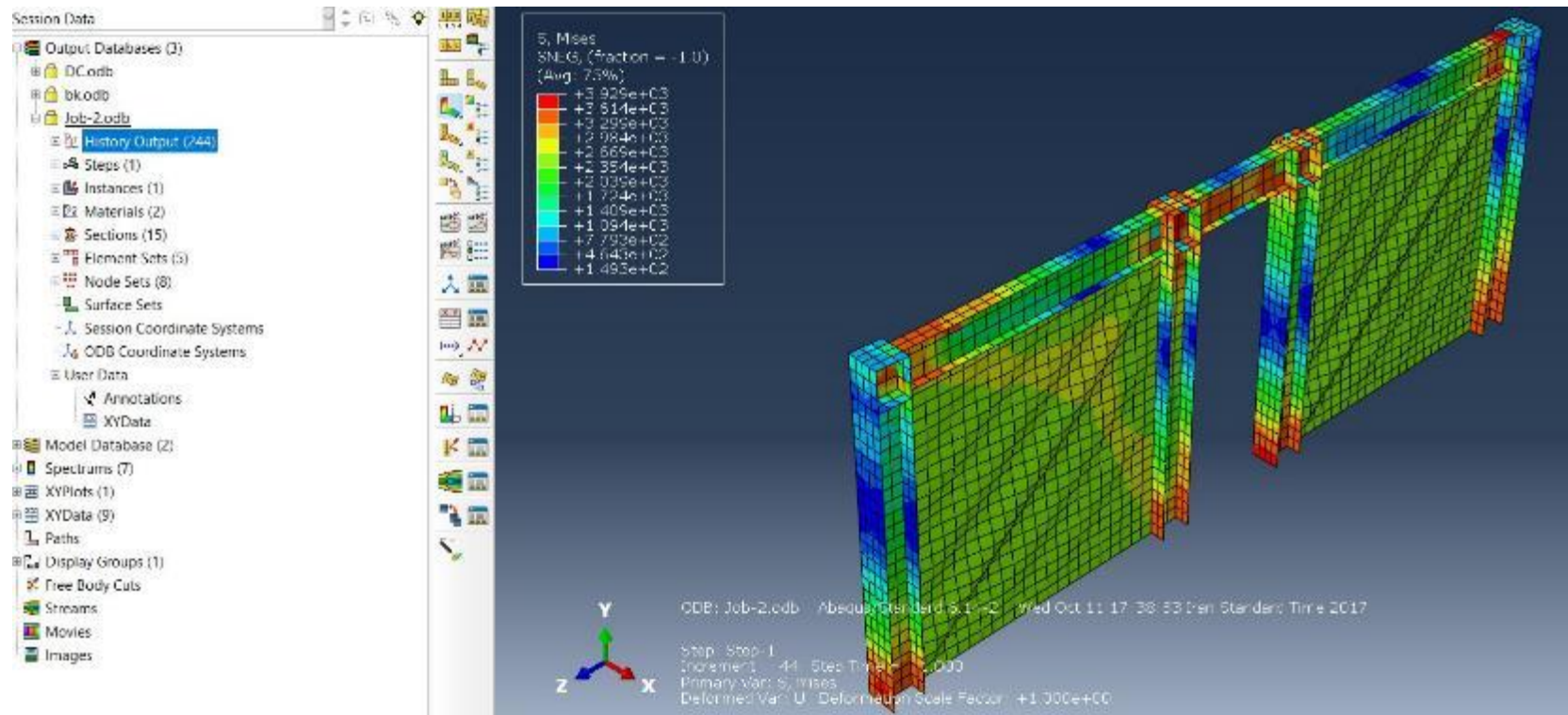
تحليل و طراحی پل

CSiBridge



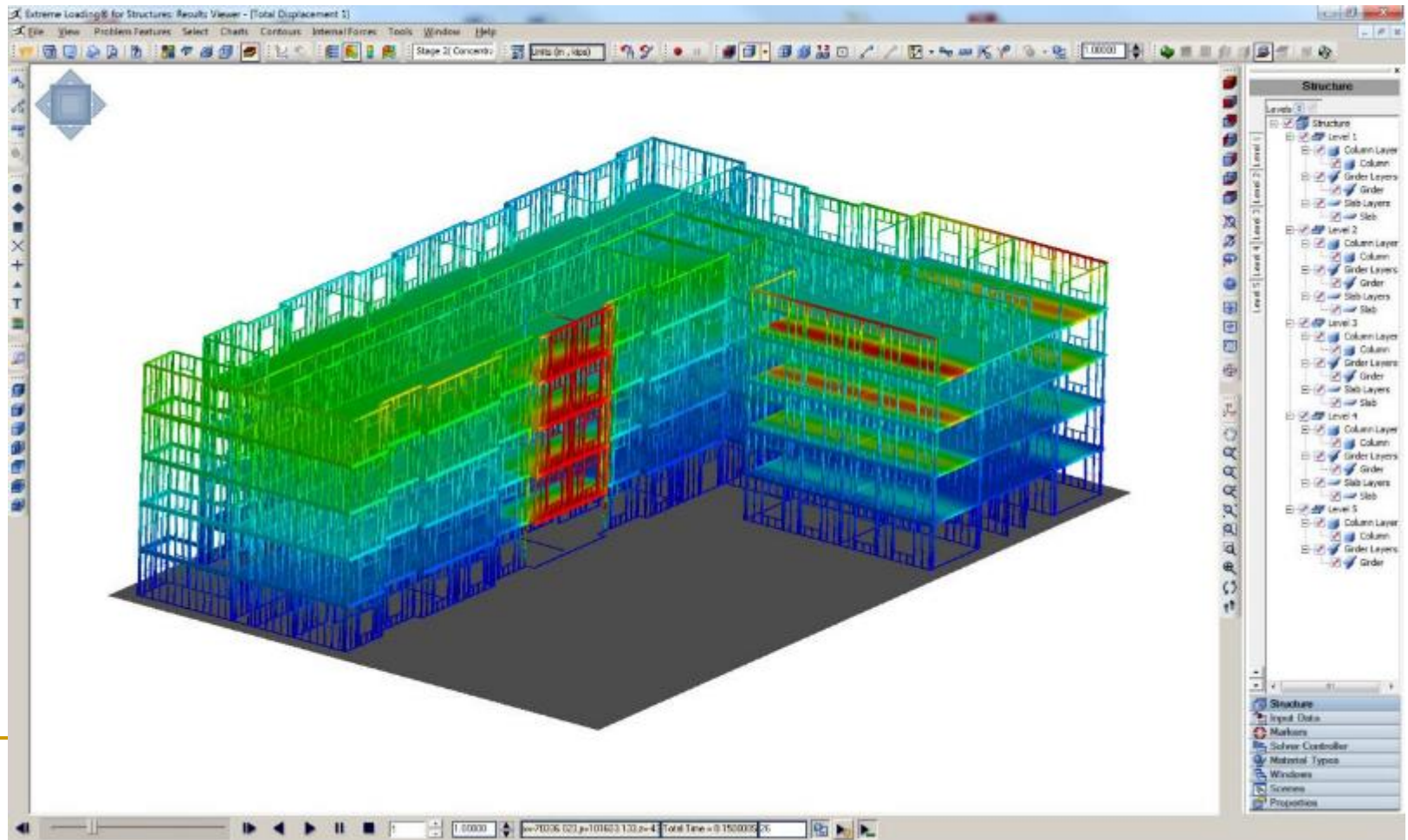
ABAQUS

تحليل محیط های پیوسته و سازه ها



ABAQUS

تحلیل محیط‌های پیوسته و سازه‌ها



ABAQUS

ویژگی ها:

محدودیت ها:

- انعطاف در مدلسازی هندسه های پیچیده
- مناسب برای تحلیل تنش، انتقال حرارت، انتقال جرم، تحلیل حرارتی، اجزا الکتریکی، آکوستیک، تراوش و نیرو الکتریک
- حجم محاسبات و زمان اجرای برنامه در مقایسه با نرم افزارهای تخصصی مهندسی عمران بالاست.
- از اعضای بتن آرمه یا مقاطع فولادی پیش فرض برخوردار نیست.

تحليل سازه و خاک

OpenSees

```
Command Prompt - OpenSees

OpenSees -- Open System For Earthquake Engineering Simulation
Pacific Earthquake Engineering Research Center -- 2.3.0

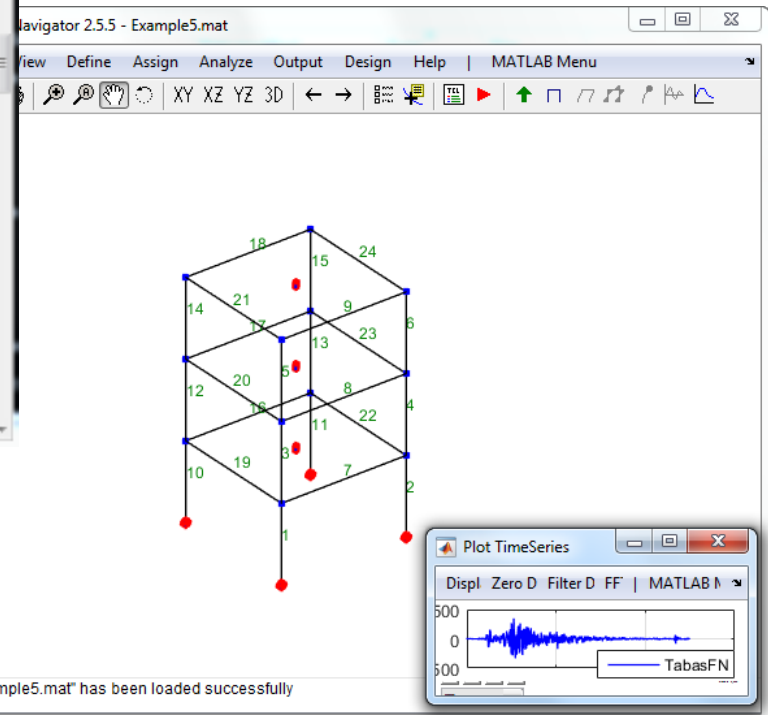
(c) Copyright 1999,2000 The Regents of the University of California
All Rights Reserved
(Copyright and Disclaimer @ http://www.berkeley.edu/OpenSees/copyright.html)

OpenSees > source RCFrameGravity.tcl

Node: 3
Coordinates : 0 144
Disps: -4.2783e-019 -0.0183736 8.76328e-021
unbalanced Load: 0 -180 0
ID : 3 4 5

Node: 4
Coordinates : 360 144
Disps: -4.2806e-019 -0.0183736 7.84263e-021
unbalanced Load: 0 -180 0
ID : 0 1 2

Element: 1 Type: ForceBeamColumn2d Connected Nodes: 1 3
Number of Sections: 5 Mass density: 0
Lobatto
End 1 Forces (P U M): 180 -4.38256e-032 2.13163e-014
End 2 Forces (P U M): -180 4.38256e-032 -2.13163e-014
OpenSees >
```



OpenSees

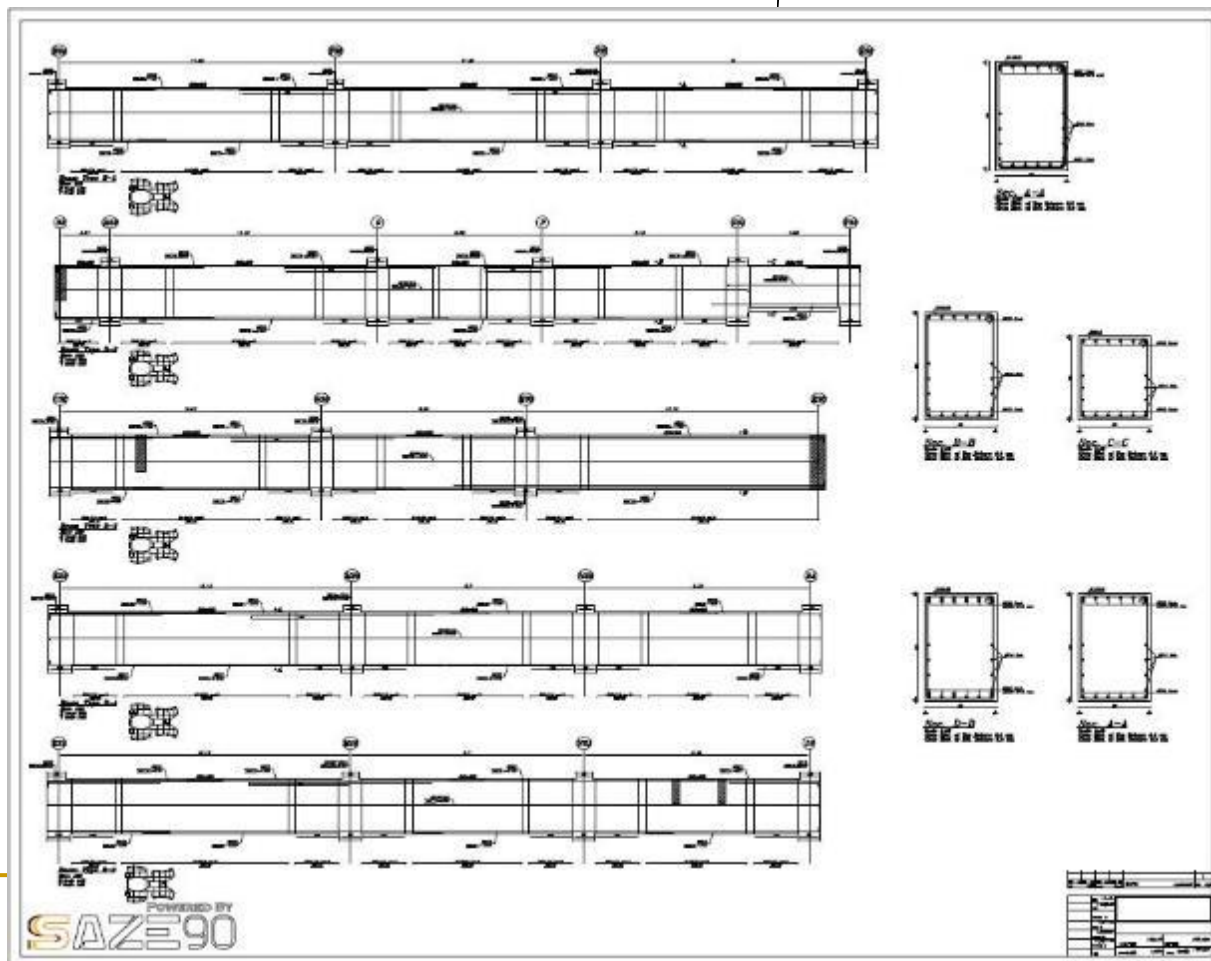
ویژگی‌ها:

محدودیت‌ها:

- متن باز بودن نرم افزار
- سرعت اجرای بالا
- توانمندی بالا در تحلیل لرزه‌ای
- تحلیل غیرخطی بارافزون
- تحلیل دینامیکی فزاینده IDA
- مدل سازی بارهای حرارتی و آتش
- تحلیل خرابی پیش رونده
- تحلیل قابلیت اعتماد
- تحلیل حساسیت
- مدل سازی اندرکنش خاک و سازه
- حساسیت زیاد برنامه نسبت به دستور زبان برنامه‌نویسی
- امکانات ضعیف برنامه در نمایش گرافیکی (استفاده از برنامه‌های جانبی همچون OpenSees Navigator)
- وجود نقص در برخی مدل‌های رفتاری و المان‌ها

سازه ۹۰

ترسیم جزئیات سازه بتنی



سازه ۹۰

ویژگی ها:

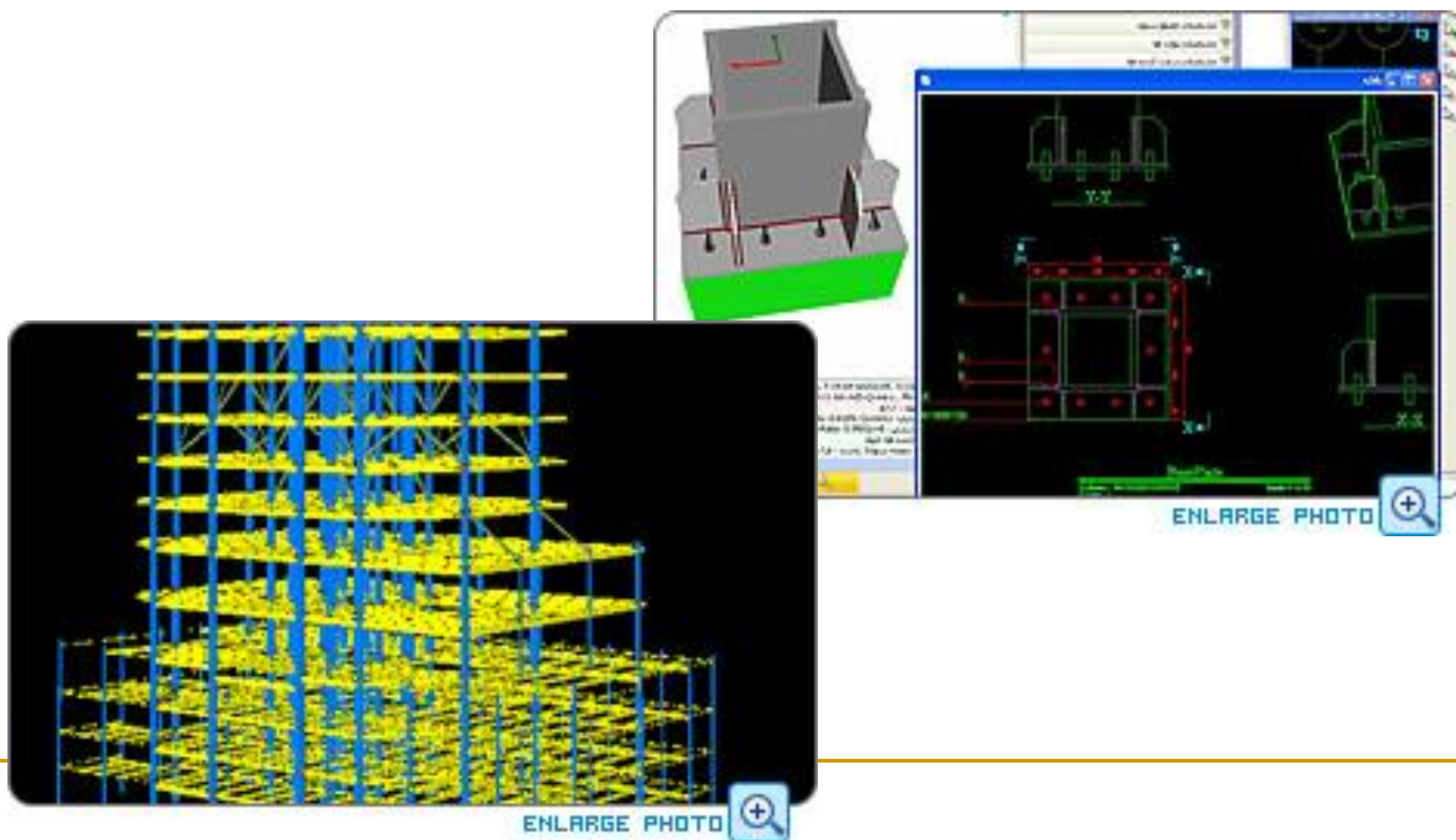
- مناسب برای ترسیم نقشه های سازه های بتنی
- محاسبه طول مهارى و وصله
- تهیه لیستوفر و محاسبه حجم بتن

محدودیت ها:

- محدود به سازه بتنی

سازه نگار

ترسیم و محاسبه جزئیات سازه فولادی



سازه نگار

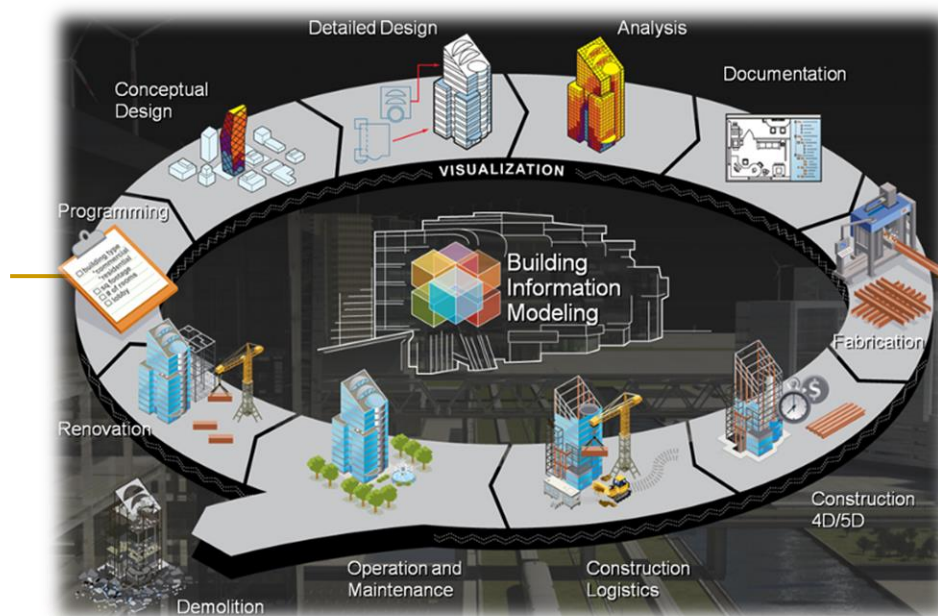
ویژگی ها:

- کنترل و طراحی اتصالات به صورت پیچی و جوشی مطابق با مبحث ۱۰
- طراحی اتصالات پیچی به صورت اتکایی و اصطکاکی
- محاسبه مسیر بحرانی پیچها جهت کنترل سطح مقطع موثر
- تهیه دفترچه محاسبات با ذکر دقیق جزئیات محاسبات و فرمولها

محدودیت ها:

- محدود به سازه فولادی

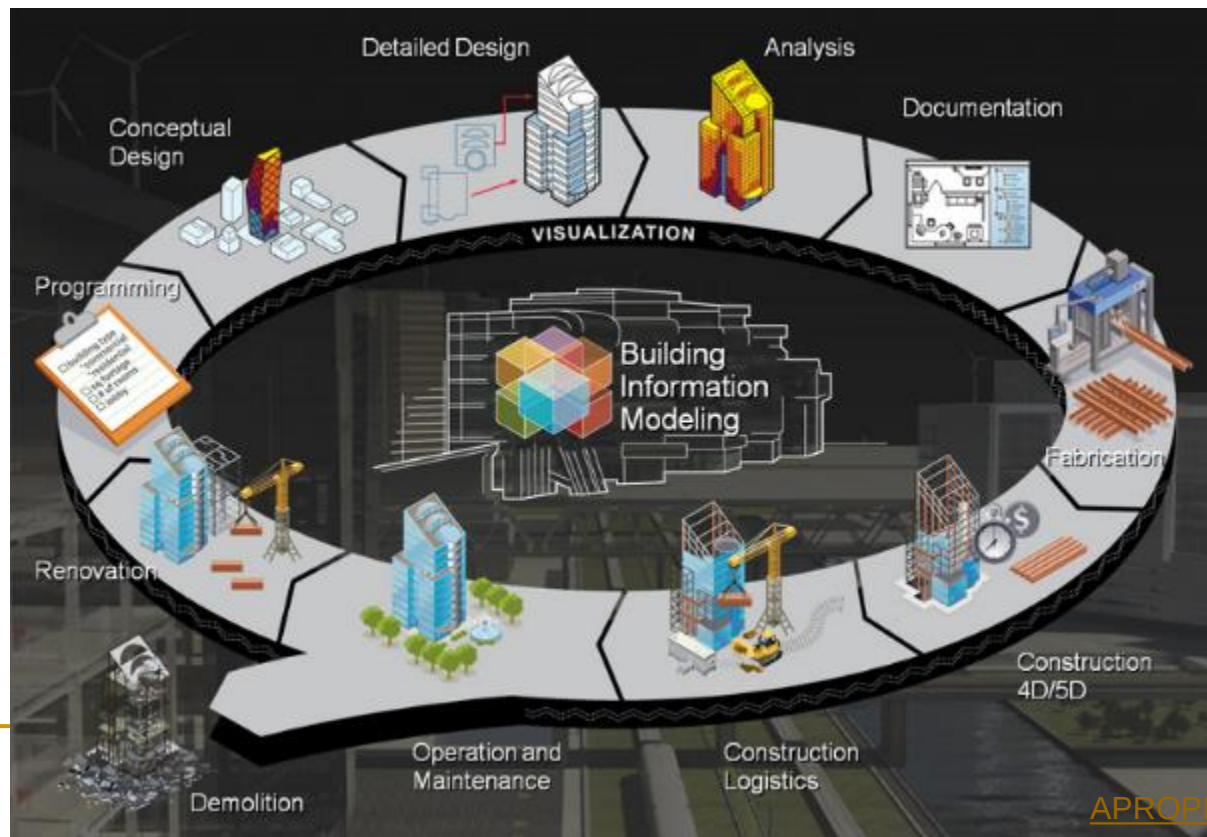
مدلسازی اطلاعات ساختمان، BIM



نرم افزارهای BIM

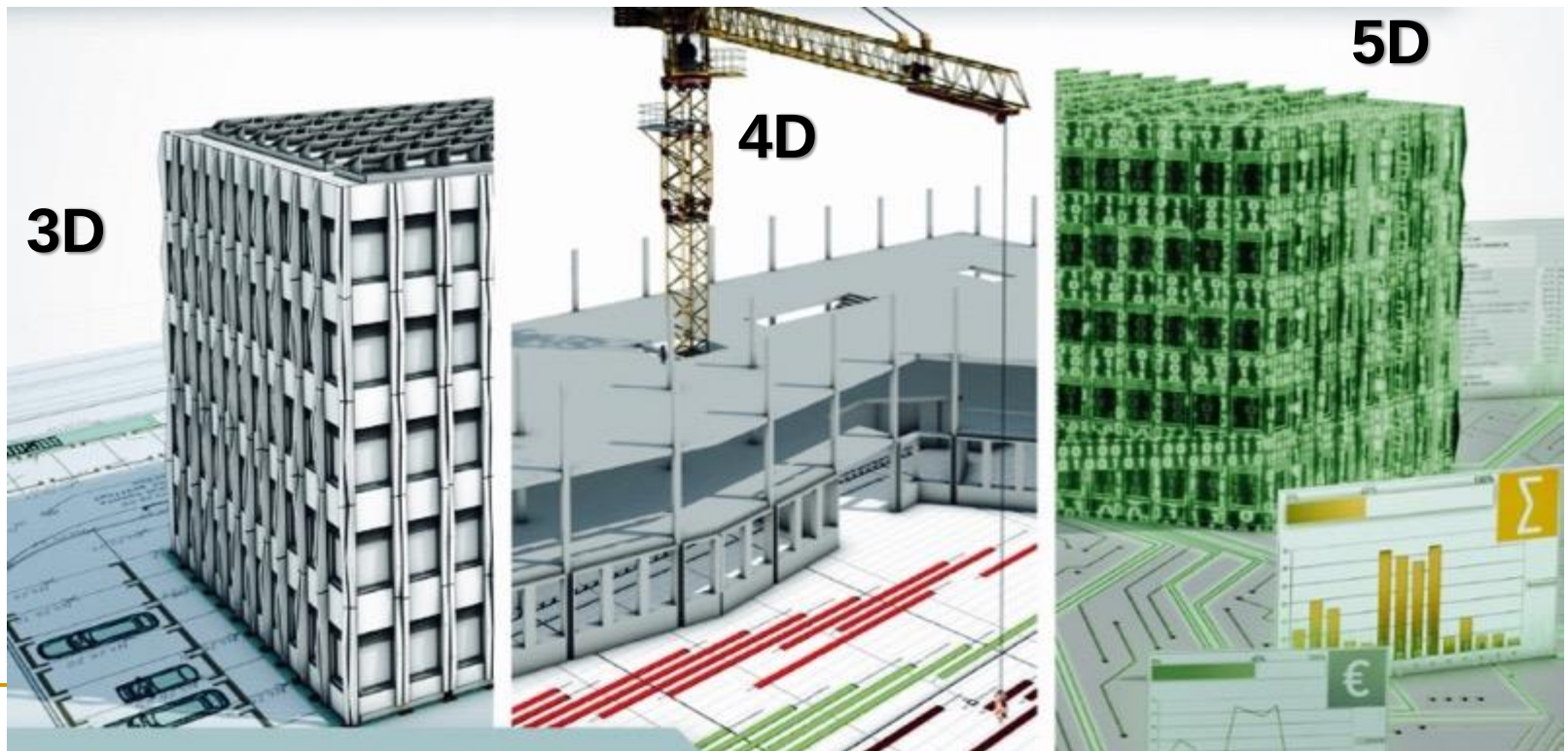
مدل سازی اطلاعات ساختمان

BIM: **B**uilding **I**nformation **M**odelling



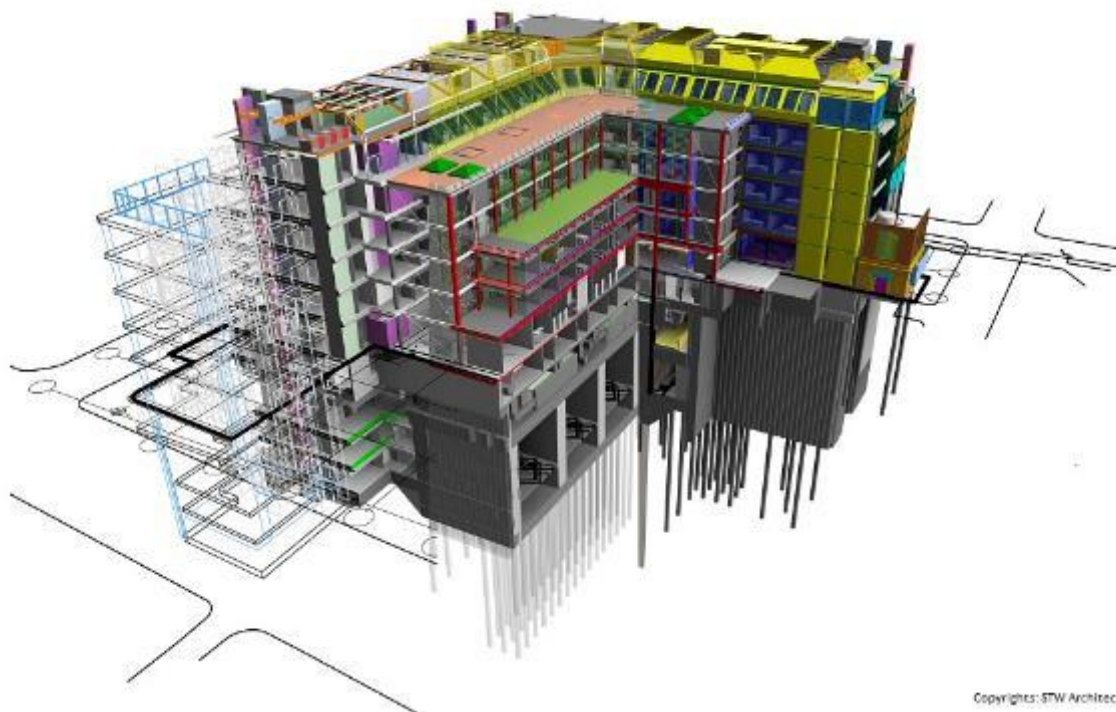
BIM چیست؟

BIM مدلسازی سه بعدی تمام جزئیات ساختمان و زمان به عنوان بعد چهارم و هزینه به عنوان بعد پنجم در شبیه سازی پروژه است. BIM یک ماکت دیجیتال جامع از وضعیت فیزیکی و مشخصات فنی یک پروژه می باشد.



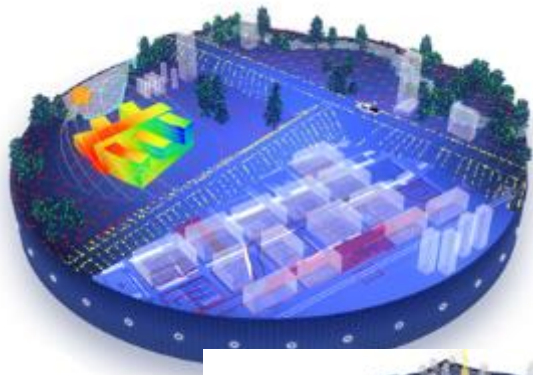
BIM چیست؟

مدلسازی بخش های معماری ، سازه و تاسیسات به صورت همزمان با
بیم امکان پذیر بوده و تداخلات به راحتی مشخص خواهد شد و می توان
جهت رفع آن ها اقدامات لازم را انجام داد.

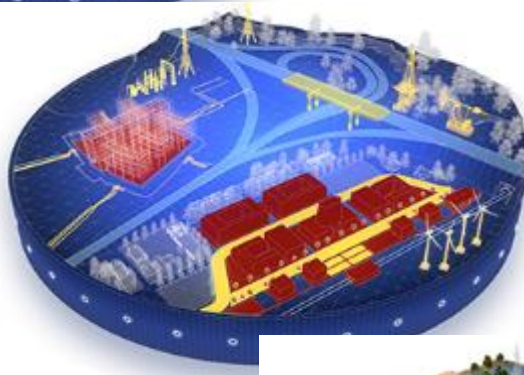


BIM چیست؟

طراحی مفهومی



طراحی، جزئیات و مدارک فنی در
معماری، سازه، تاسیسات



مدیریت ساخت



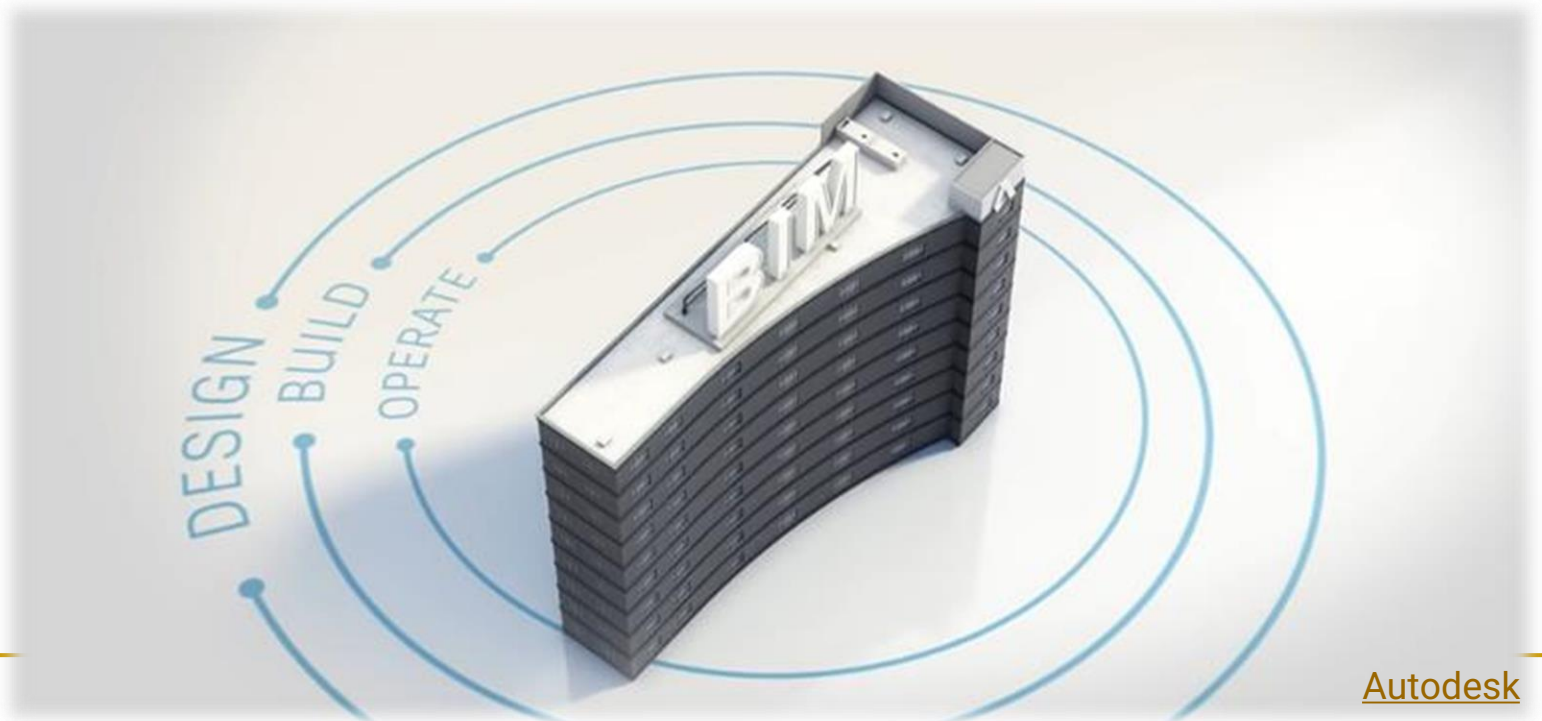
مدیریت بهره برداری



نرم افزارهای BIM

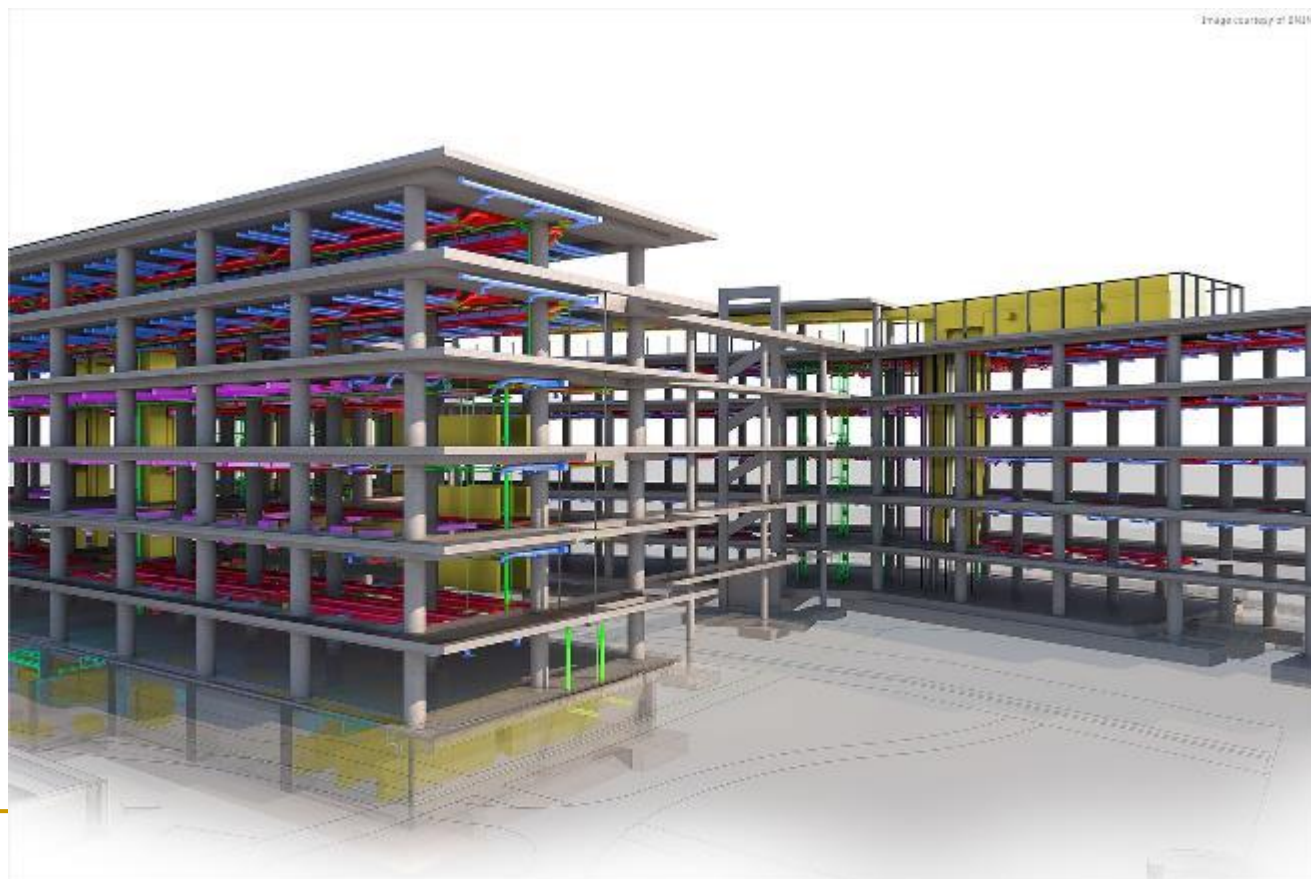
AutoDesk Softwares:

- Tekla
- ArchiCAD
- Revit
- Navisworks
- CIVIL 3D



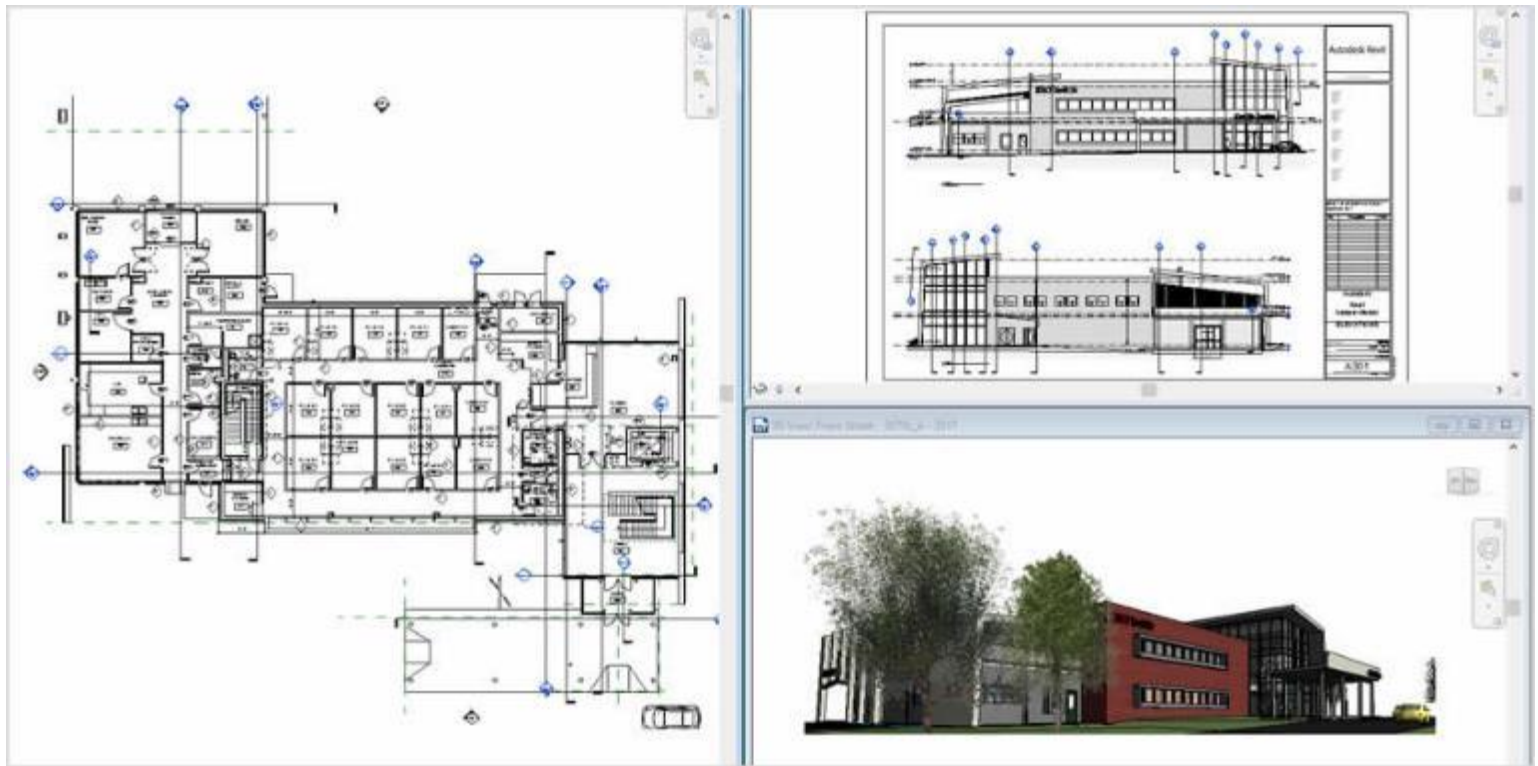
Revit

طراحی معماری، سازه، تأسیسات و مدیریت ساخت



Revit Architecture

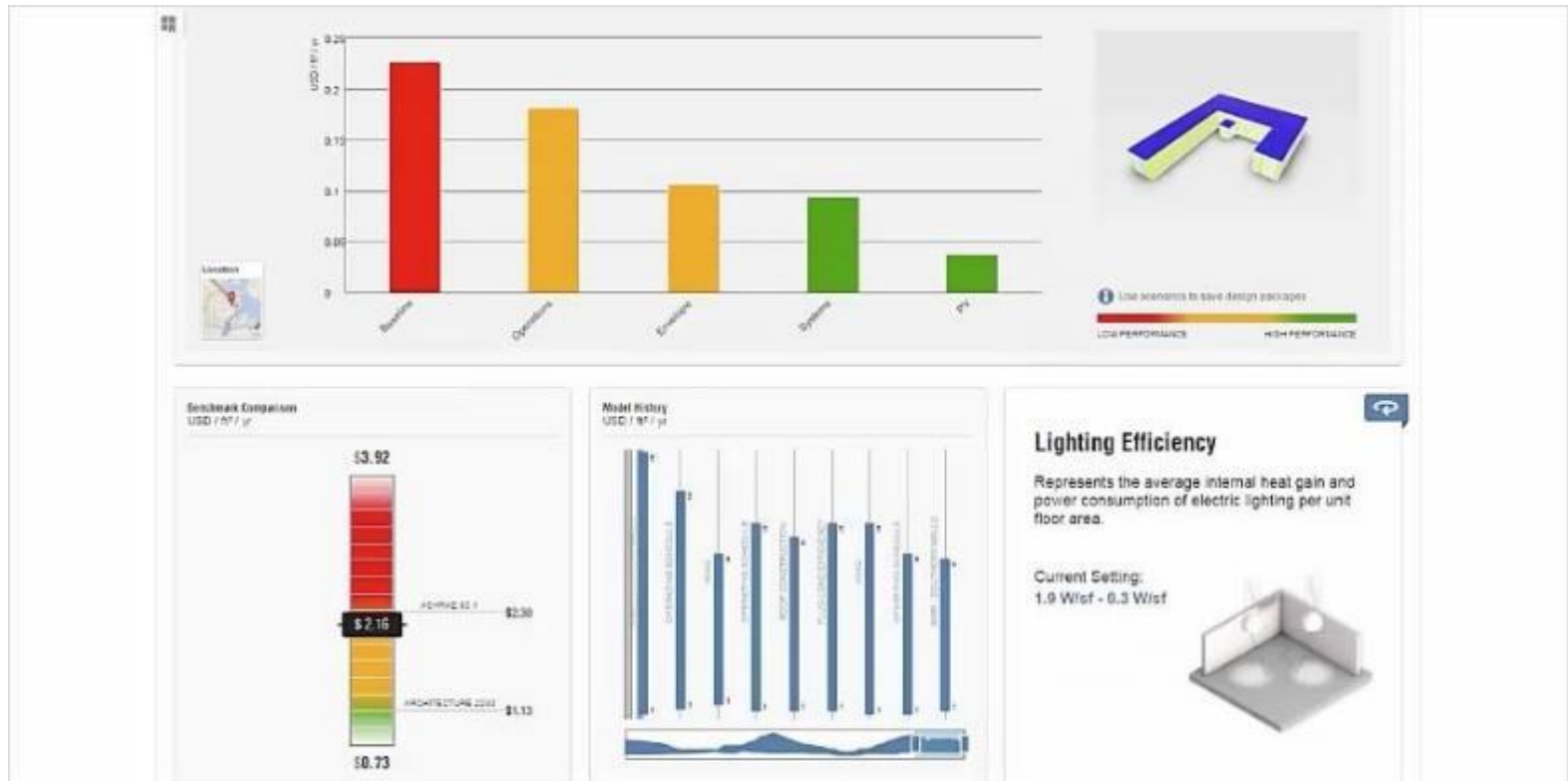
الف- طراحی معماری



طراحی، نقشه ها و مدارک معماری

Revit Architecture

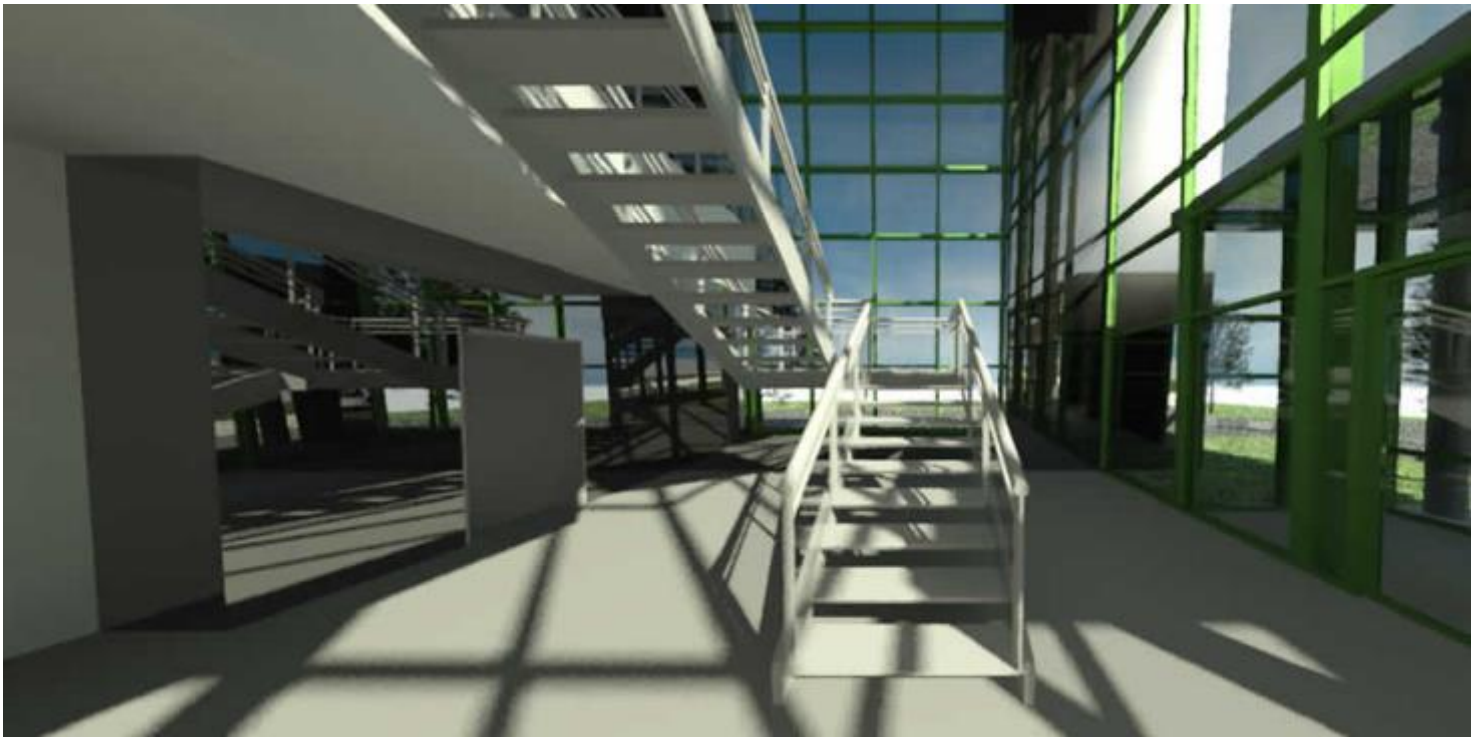
الف- طراحی معماری



بهینه کردن عملکرد ساختمان
از نظر هزینه ، نور، انرژی و ...

Revit Architecture

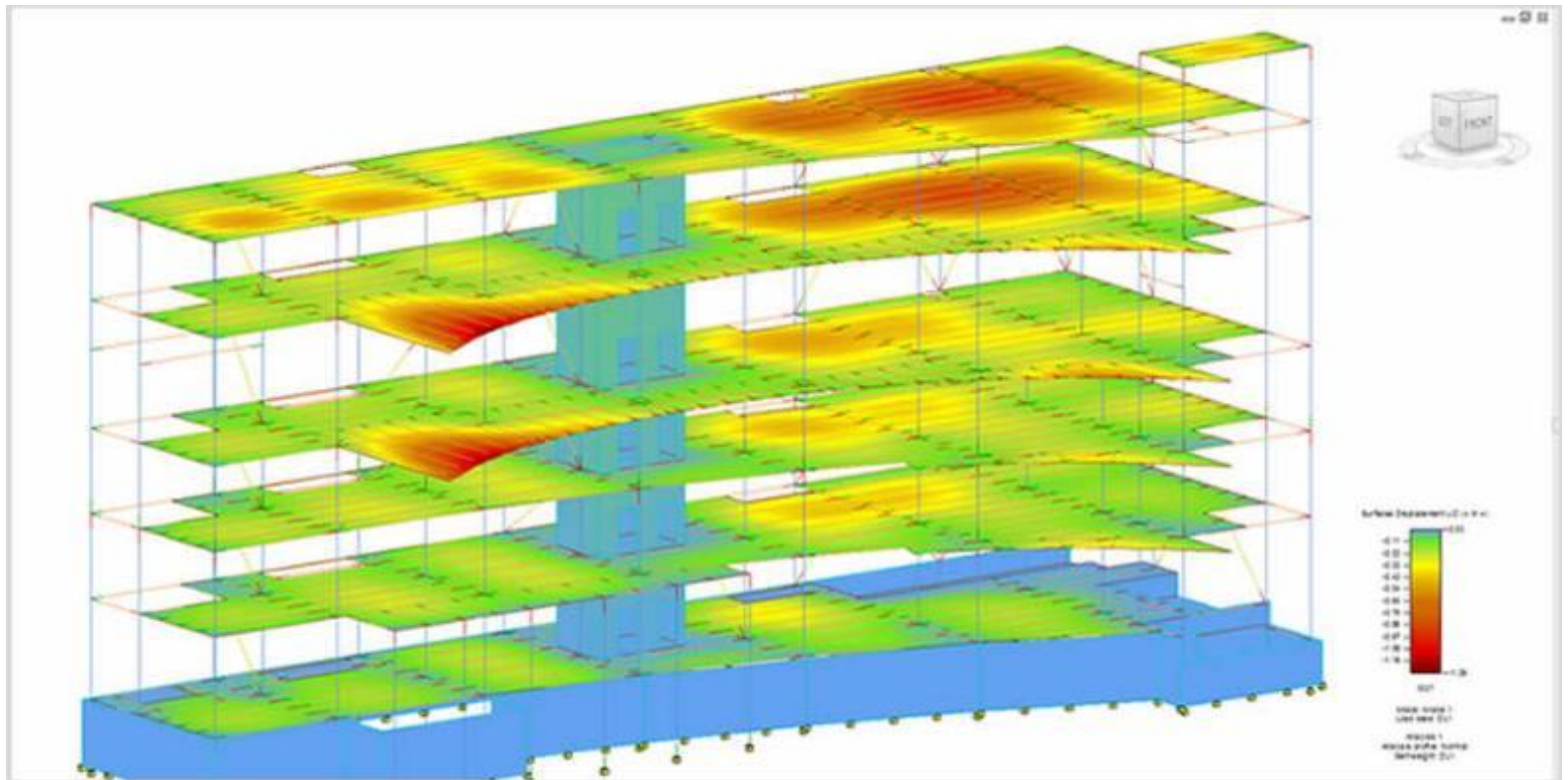
الف- طراحی معماری



تجسم سه بعدی ساختمان

Revit Structure

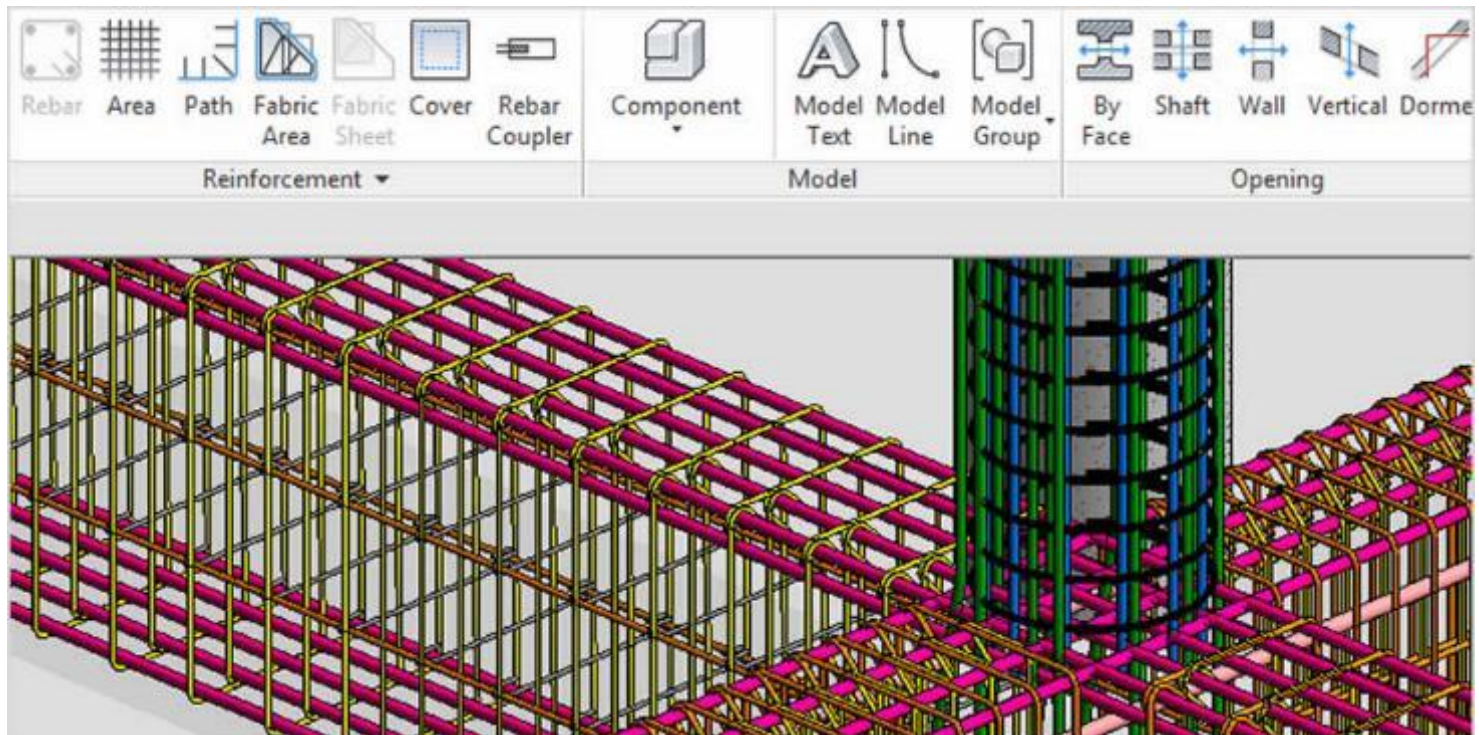
ب- طراحی سازه ای



تحلیل سازه ای

Revit Structure

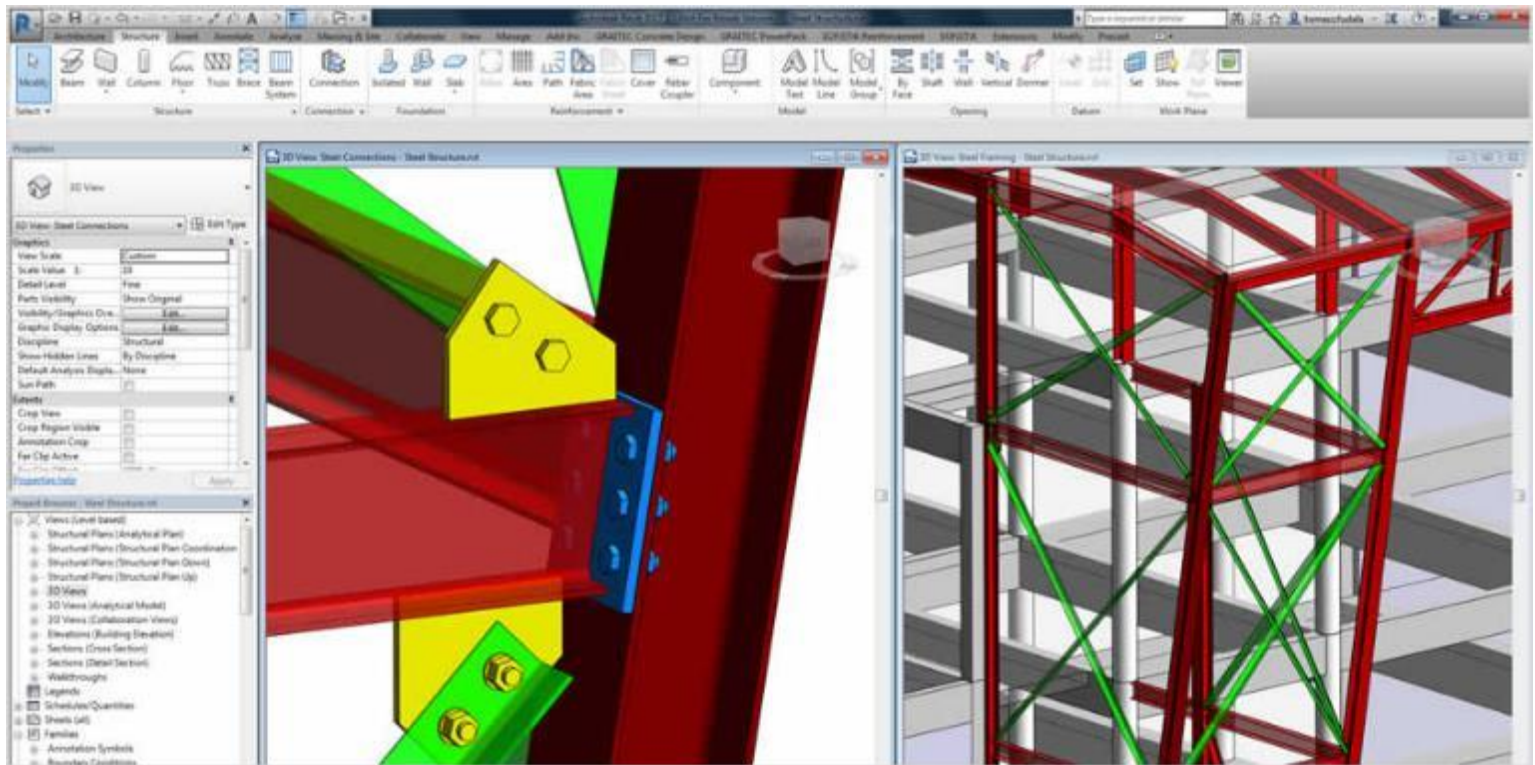
ب- طراحی سازه ای



سازه های بتن آرمه

Revit Structure

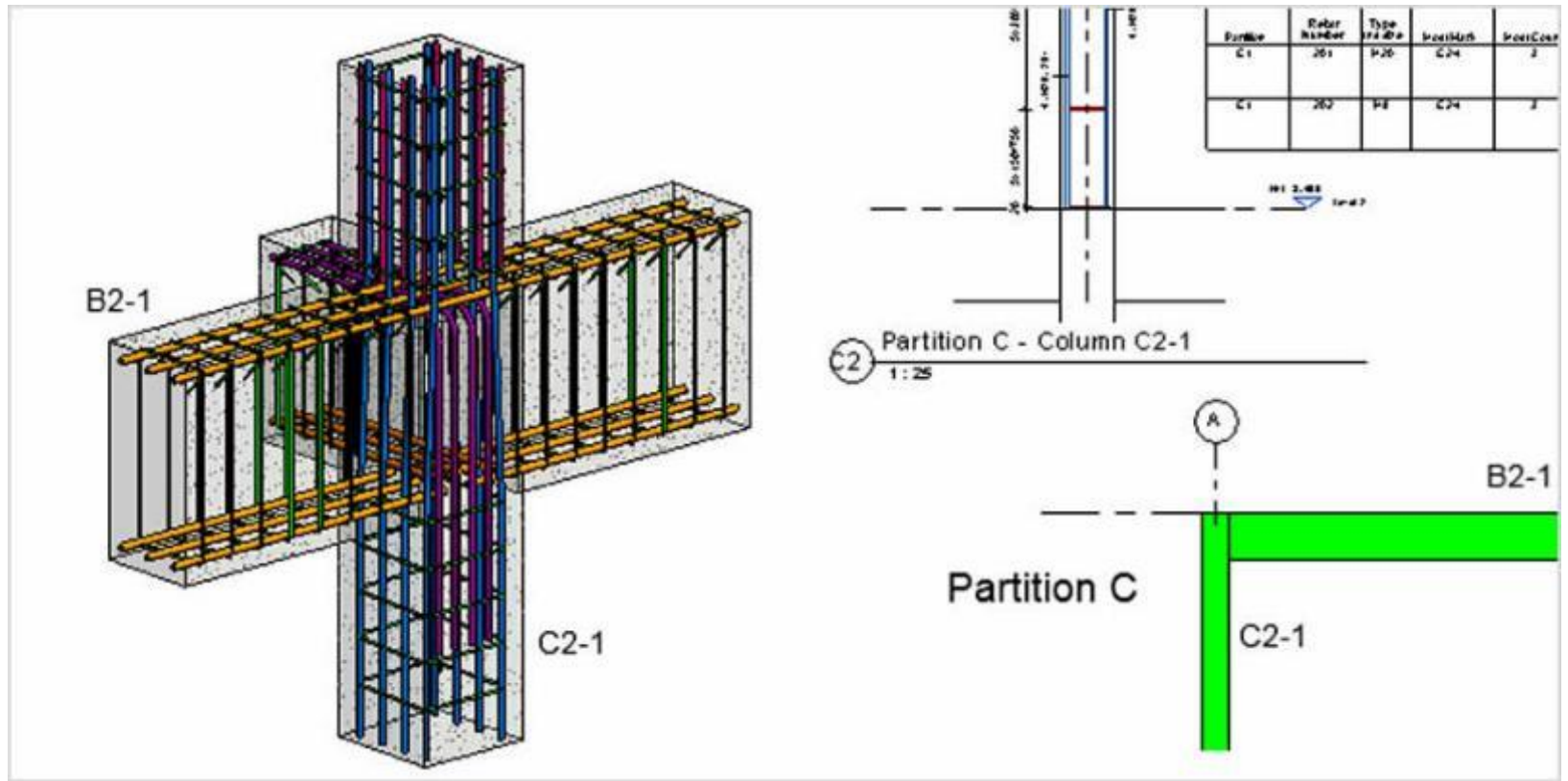
ب- طراحی سازه ای



سازه های فولادی

Revit Structure

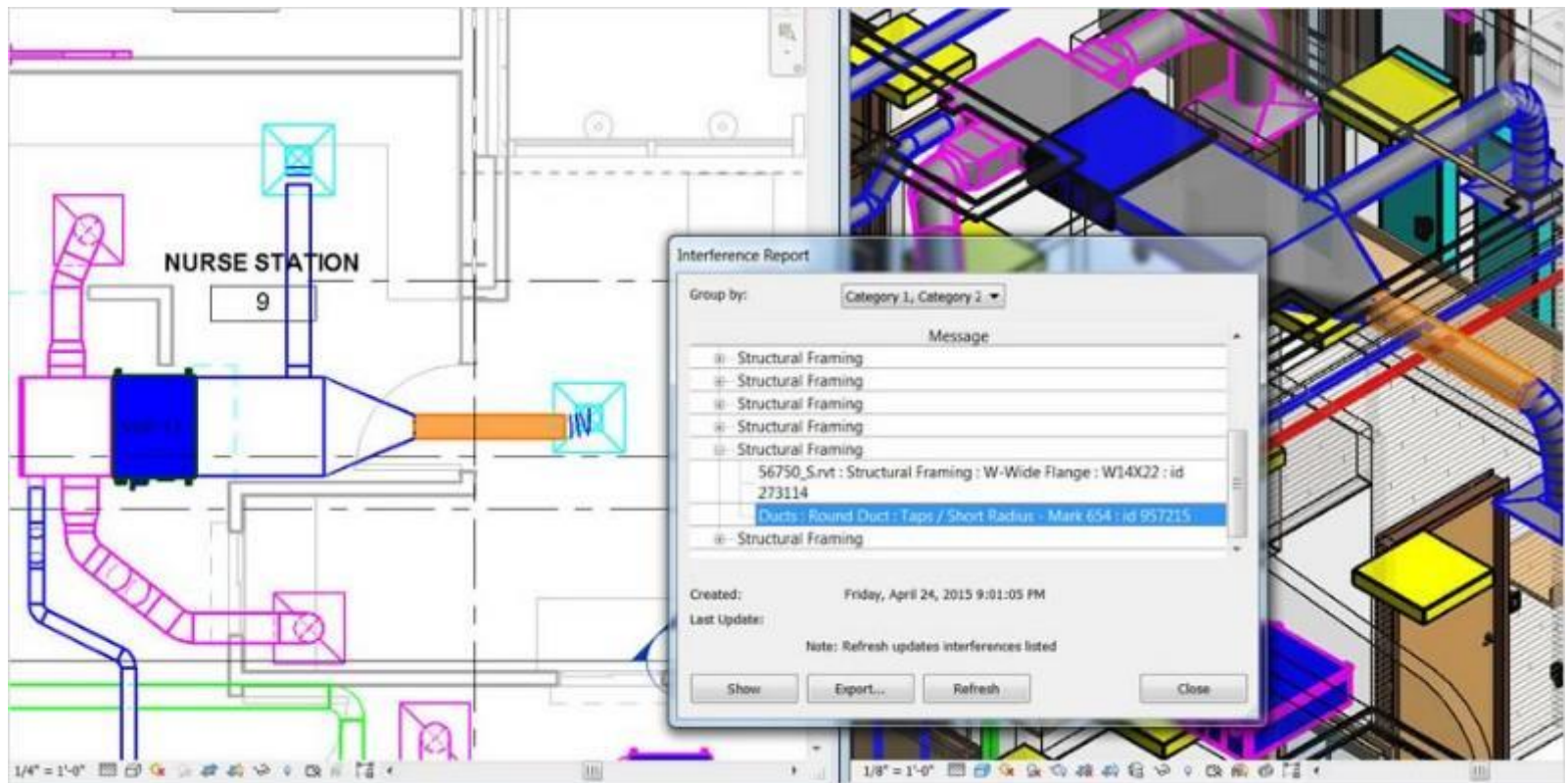
ب- طراحی سازه ای



جزئیات اجرایی

Revit MEP

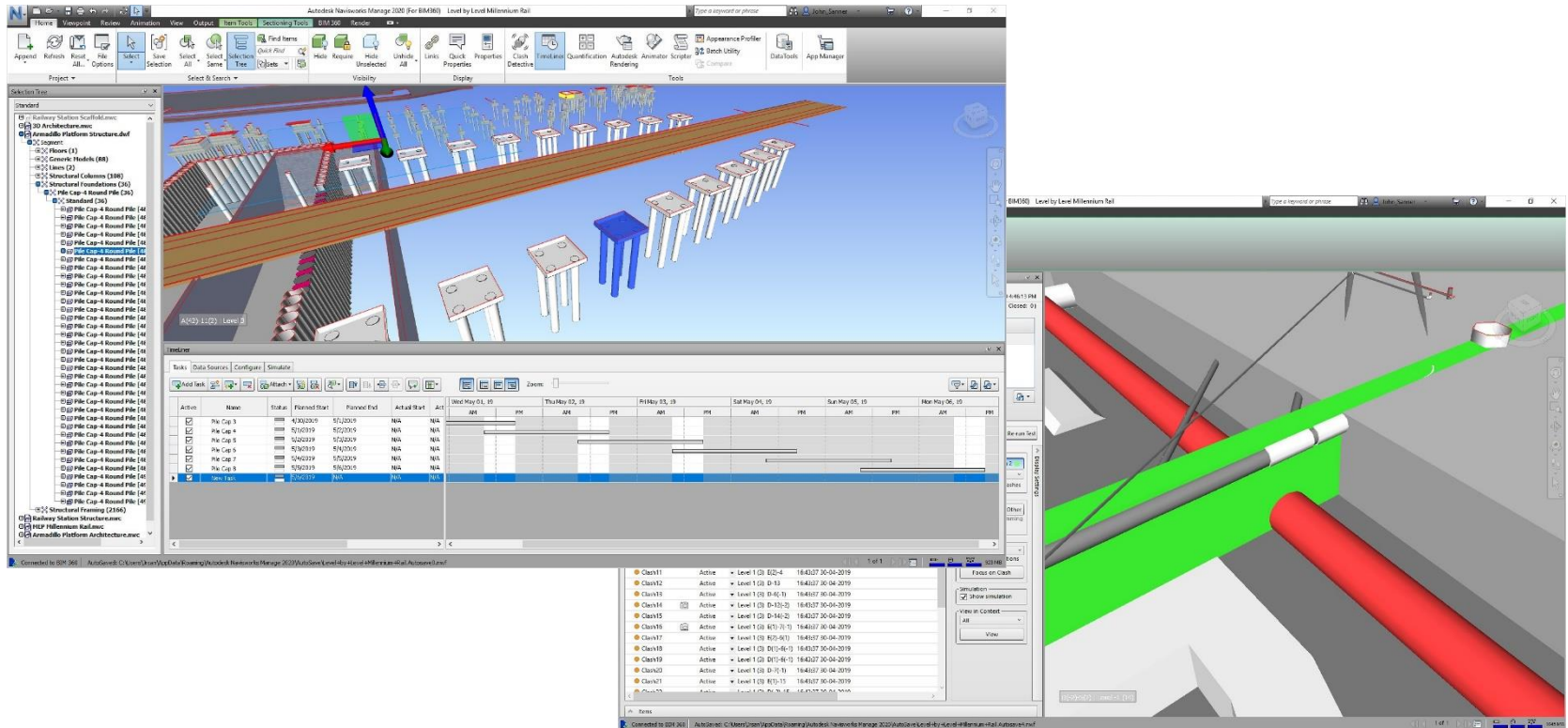
ج- طراحی تأسیسات



طراحی، تجزیه و تحلیل، مستندات فنی و جزئیات نصب

Navisworks

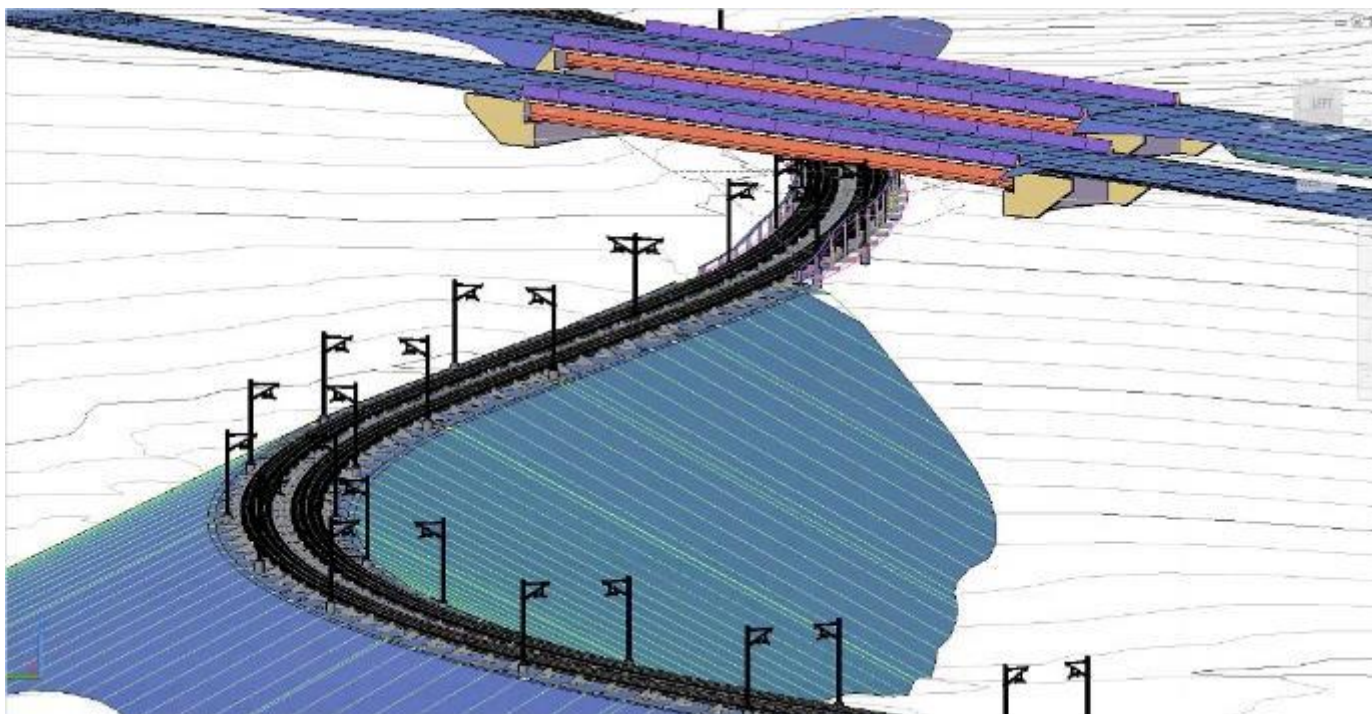
شیبه ساز فرآیند ساخت و مدیریت پروژه



مبدل سه بعدی مدل از Revit با حجم بالا به یک نمونه مدل سه بعدی کم حجم برای مدیریت بهینه اعضای گروه پروژه

CIVIL 3D

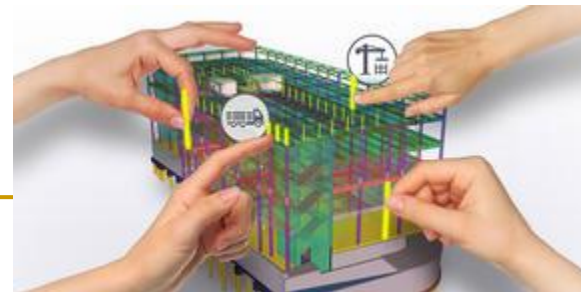
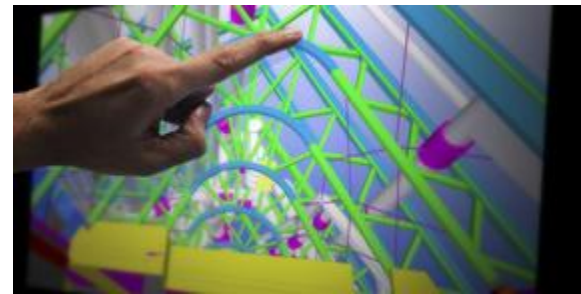
طراحی زیرساخت های عمرانی



طراحی، هماهنگی و تجزیه و تحلیل عملکرد پروژه های عمران و شهرسازی
از جمله طراحی مدل سه بعدی مولفه های راه

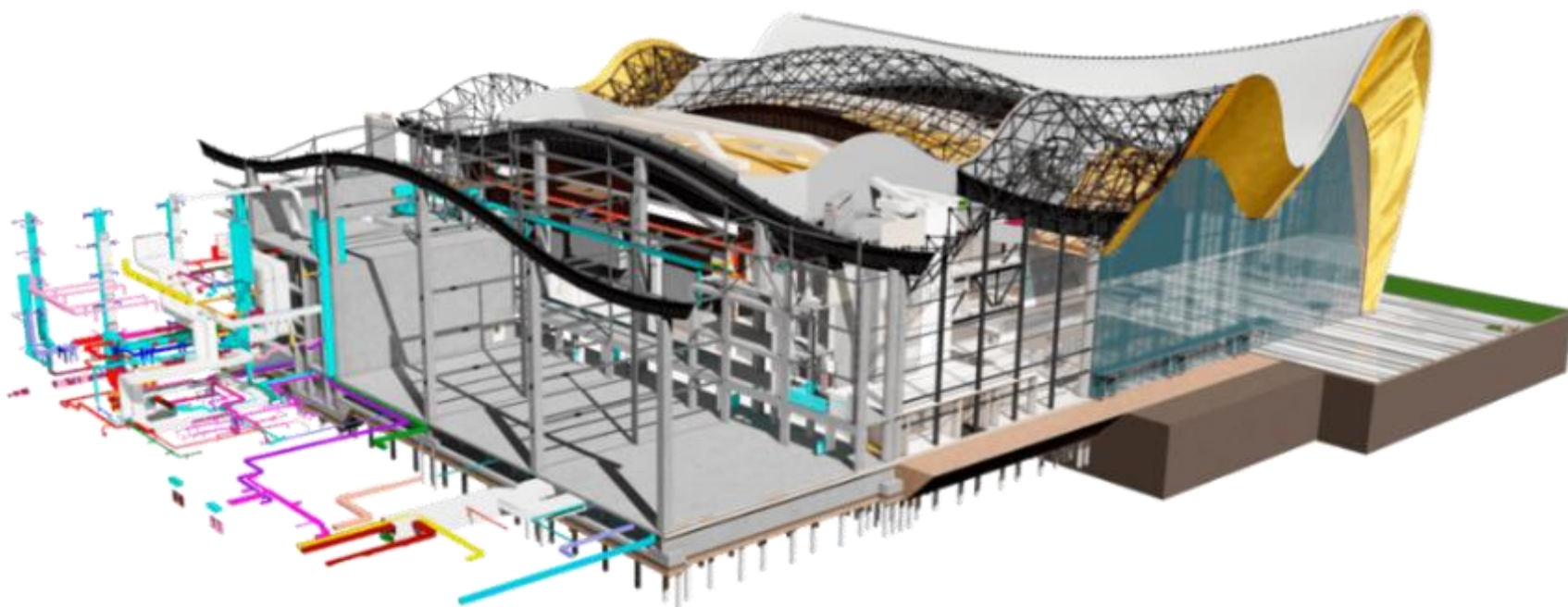
Tekla

طراحی سازه و ارائه جزئیات اجرایی و مدیریت ساخت

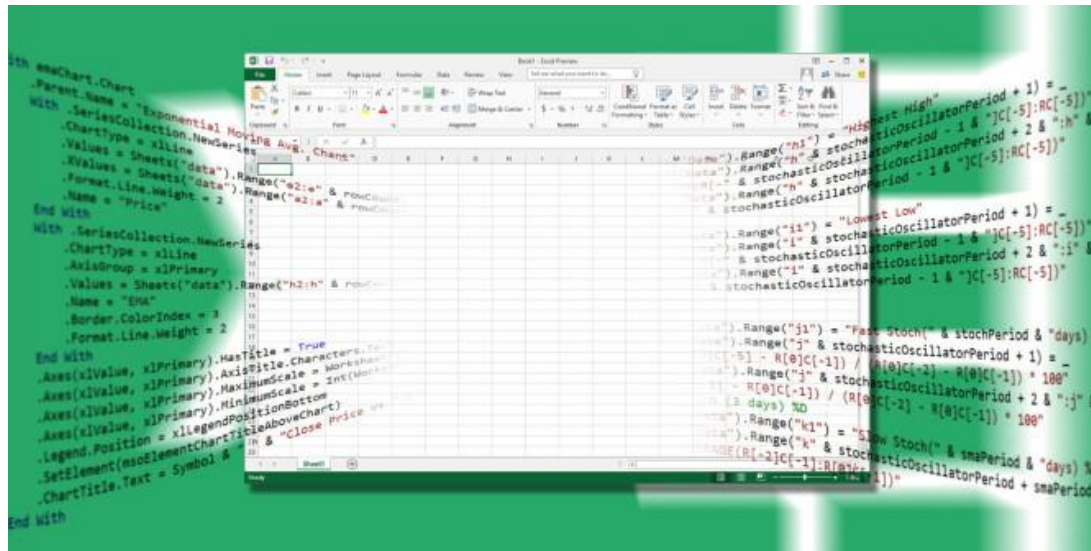


ARCHICAD

طراحی معماری و تجسم سه بعدی



برنامه های VBA اکسل



نمونه برنامه های VBA اکسل:

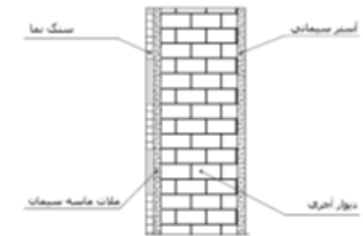
C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
ورودی ها											
محاسبه بین ۲ و ۱ پس از	B/2										
عرض دهانه ستون	۲۰										
فشار خارجی	شماره ستون										
	I	II	III	IV							
A	۱,۴۰	۴,۵۹	۴,۵۹	۳,۱۴							
D	-۱,۰۳	-۳,۰۸	-۳,۰۸	-۱,۵۰							
ارتقا ستون	۸,۰۰	۸,۰۰	۸,۰۰	۸,۰۰							
۱,۵۰+۰,۰۰۰= ۰,۵۰(۷) ۱,۳۵+۰,۰۰۰= ۰,۳۵(۷) ۰,۵۰(۷)۳= ۰,۲۵(۲۱) ۰,۳۵(۷)۳= ۰,۱۷(۱۲)											

محاسبه بار باد

مورد: سازه آهار بر اساس قیمت کف و سقف شش طبقه (برای سازه 12)

فهرست مصالح

سیمان پورتلند 425	kg	800
سیمان پورتلند 425	kg	800
سیمان پورتلند 425	kg	400
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200
سیمان پورتلند 425	kg	200



وزن و واحد مصالح و مصالح خالص				
وزن مخصوص (kg/m ³)	شماره (م)	نوع	ضخامت (م)	وزن (kg/m ²)
170	1	0.2	350	▼
63	1	0.03	2100	▼
42	1	0.02	2100	▼
54	1	0.02	2700	▼
329		داخل طرح		

محاسبه وزن واحد طول نیوار:

ارتفاع دیوار در جات پناه	0.8
--------------------------	-----

وزن واحد طول دیوار 265

بارگذاری ثقلی

طراحی وصله و مهر آرماتور

نمونه برنامه های VBA اکسل:

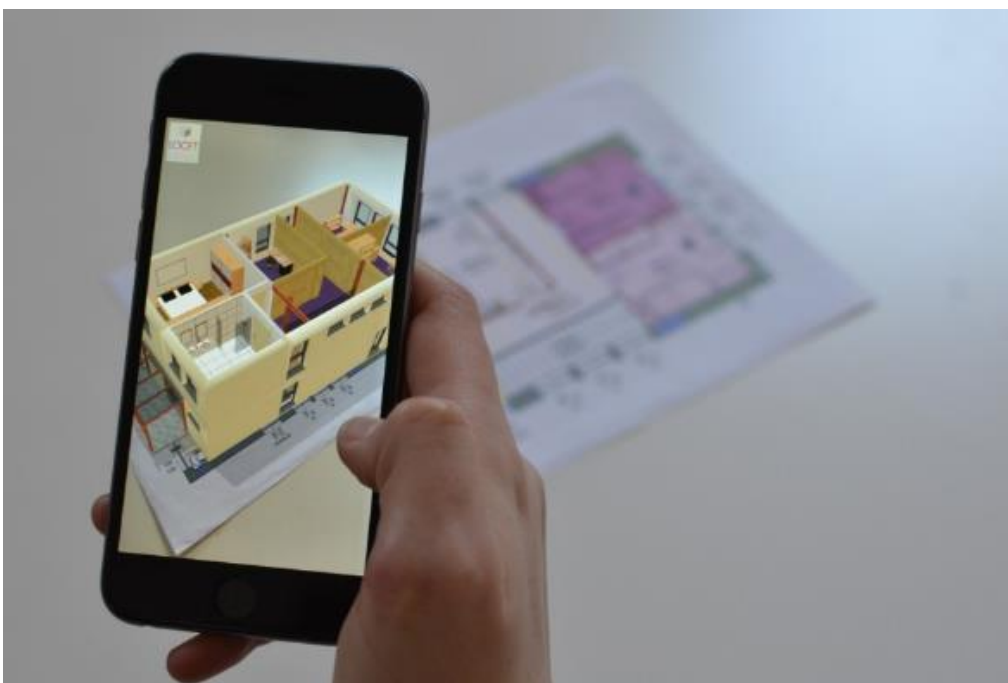
Excel spreadsheet titled "METRE - atehis-DGalan - Excel" showing a VBA application interface. The interface includes a ribbon with tabs: FILE, HOME, INSERT, PAGE LAYOUT, FORMULAS, DATA, REVIEW, VIEW, DEVELOPER, and METRO PRO 9. The main area displays a table with columns A through U, containing data related to a project or survey. The table includes headers for "فهرست پهنای" (Width List) and "فهرست عمق" (Depth List). The table content is as follows:

ردیف	شرح عملیات	تعداد	طول	عرض	ارتفاع	واحد کار	مقدار جزئی	مقدار کلی	توضیحات
1	تهیه و اجرای بتن با شن و ماسه شسته	1						۷۲	مترمکعب
2	طوبه یا شکره یا ۱۵۰ کیلو گرم								
3	سیمان در متر مکعب بتن								
4	معمور A بین اکس ۱ و ۲	۲	۳	۲	۲		۲۴		
5	معمور B بین اکس ۲ و ۳	۲	۳	۲	۲		۴۸		
6	تهیه و اجرای بتن با شن و ماسه شسته	1						۲۸	مترمکعب
7	شسته طوبه یا ۱۵۰ کیلو گرم								
8	مقاومت فشاری مشخصه ۲۴								
9	مقاومت فشاری مشخصه ۲۴								
10	معمور B بین اکس ۲ و ۳	۲	۳	۲	۲		۴۸		
11	سیمان در متر مکعب بتن								
12	طوبه یا شکره یا ۱۵۰ کیلو گرم								
13	تهیه و اجرای بتن با شن و ماسه شسته	1						۱۷۳۱.۵	ان کیلو متر
14	سیمان در متر مکعب بتن								
15	طوبه یا شکره یا ۱۵۰ کیلو گرم								
16	معمور A بین اکس ۱ و ۲	۲	۳	۲	۲		۲۴		
17	معمور B بین اکس ۲ و ۳	۲	۳	۲	۲		۴۸		

The interface also features a sidebar with buttons: "ثبت ایتم", "پاکسازی جدول", "پرینت", "بازگردانی", "افزودن", "حذف", "تغییر مقدار", and "تغییر مقدار". The bottom status bar shows the file name "METRE - atehis-DGalan - Excel" and the current sheet "START".

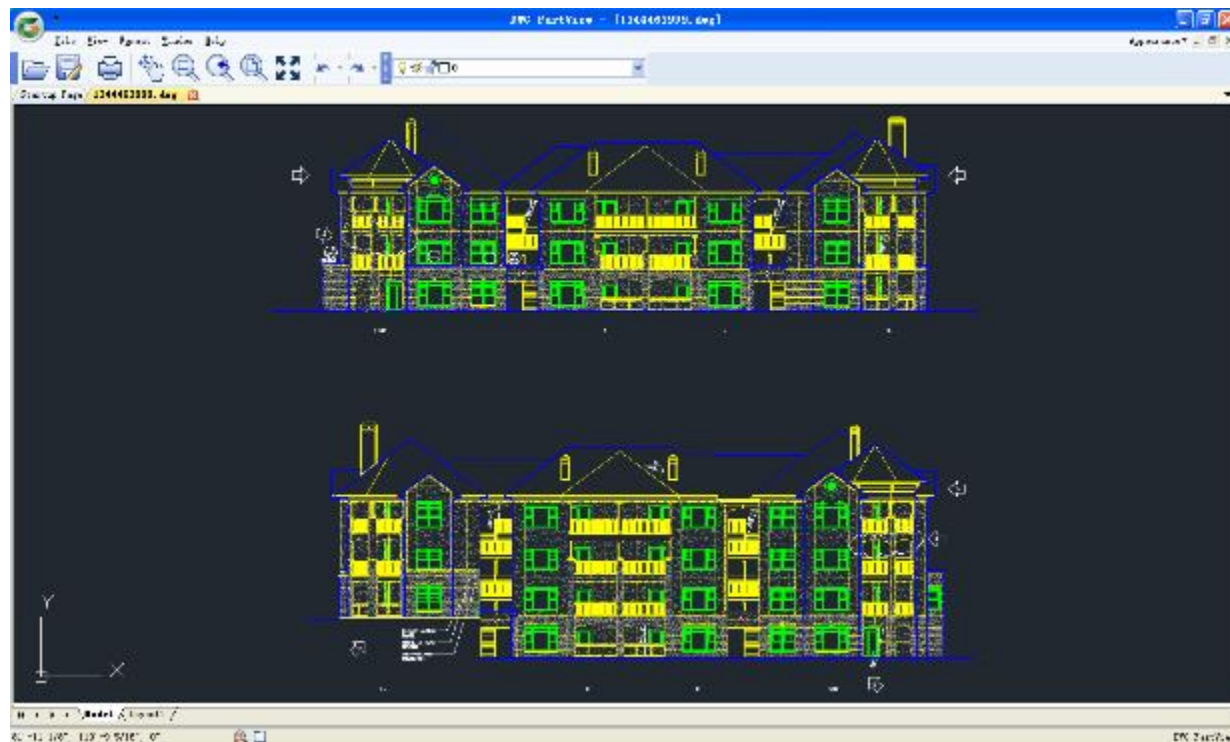
متره و برآورد

برنامه های کاربردی موبایل

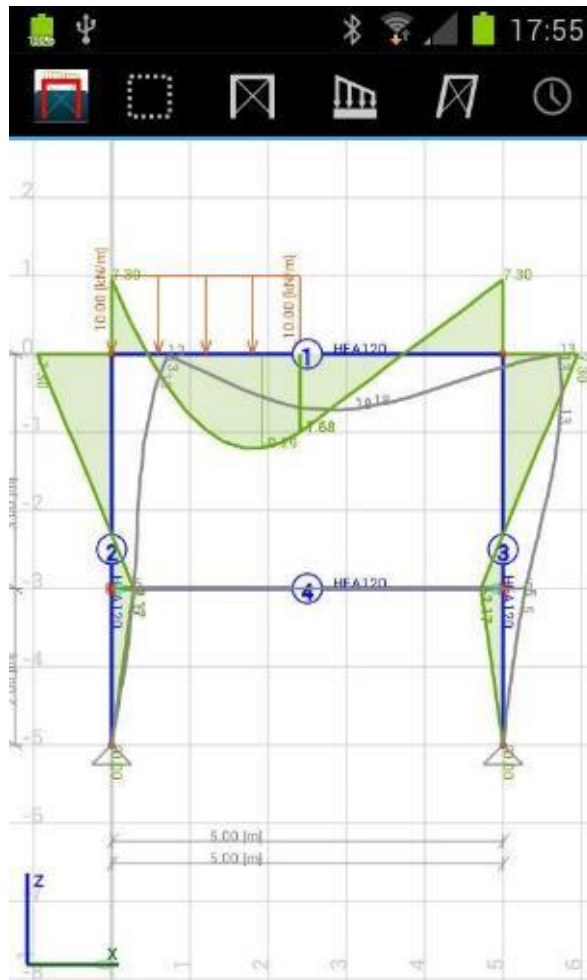


نمونه برنامه های کاربردی اندروید:

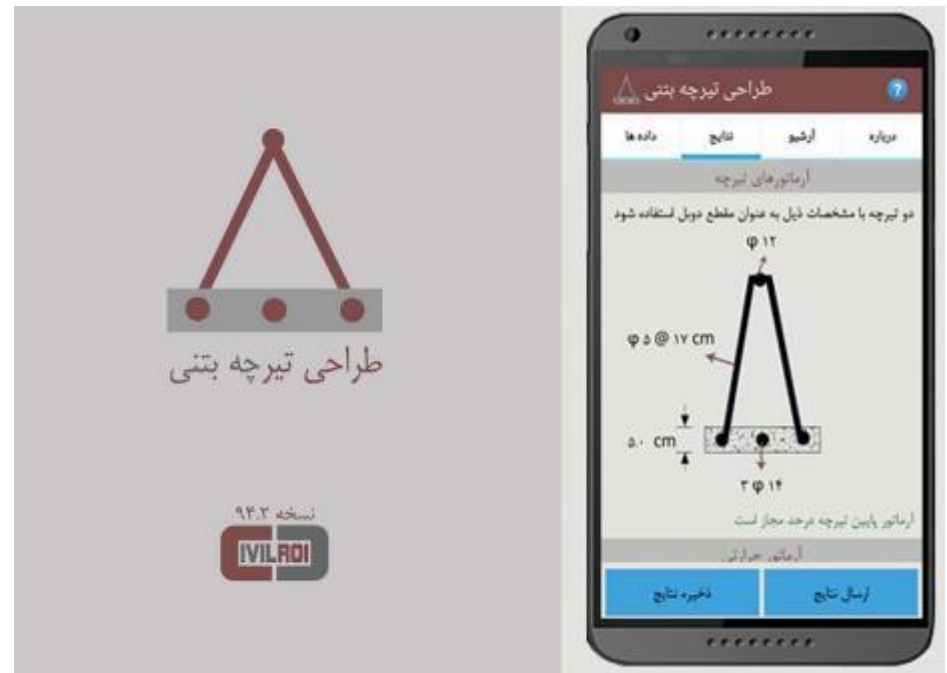
DWG FastView ■



نمونه برنامه های کاربردی اندروید:



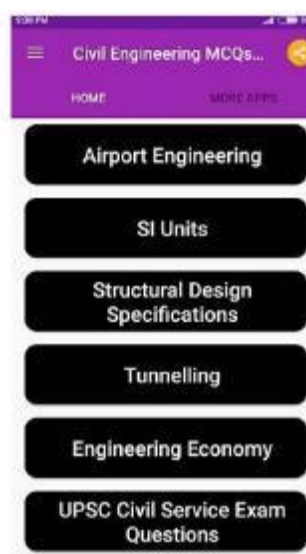
■ طراحی تیرچه بتنی



- Frame Design

نمونه برنامه های کاربردی اندروید:

■ مقررات ملی ساختمان ایران



- Civil Engineering Handbook

