

# مقایسه فنہ - اقتصادی بتن سبک



شرکت مهندسی طرح وندیداد

[Vandidad-co.com](http://Vandidad-co.com)

سالانه حدود ۵۳ میلیون متر مکعب بتن در کشور تولید می‌شود که بخش عظیمی از آن فاقد کیفیت مطلوب بوده و یا برای رسیدن به کیفیت مورد نظر ناگزیر به افزایش میزان مصرف سیمان در بتن می‌باشد که این امر منجر به هدر رفتن این ماده گرانبها می‌شود. از طرفی افزایش وزن مخصوص بتن‌های معمول تولید شده و در نظر گرفتن ضریب اطمینان بیش از حد بالا توسط مهندسی محاسب به دلیل عدم اطمینان به بتن تولیدی، باعث افزایش بی‌رویه حجم بتن‌ریزی گشته است. همچنین بتن اساسی‌ترین ماده در مسیر توسعه هر کشوری محسوب می‌شود و استفاده از این ماده همه ساله با درصد رشد قابل توجهی مواجه است. بنابراین استفاده از فناوری‌ها در جهت افزایش عمر مفید بتن‌های تولیدی و نیز کاهش حجم مصرفی سیمان در تولید بتن و همچنین کاهش حجم بتن سازه‌ها مهم‌ترین قدم در این مسیر است. و اما نانو تکنولوژی فناوری جدیدی است که امروزه تمام دنیا را فرا گرفته است و به تعبیر دقیق‌تر نانو تکنولوژی بخشی از آینده نیست، بلکه همه‌ی آینده است. در یک تعریف ساده می‌توان گفت که نانو تکنولوژی توانایی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های جدید با در نظر گرفتن کنترل در سطح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح وجود دارد. از همین تعریف ساده بر می‌آید که نانو تکنولوژی یک رشته جدید نیست بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌ها است. با استفاده از این علم دانشمندان قادر به تولید موادی هستند که در طبیعت وجود نداشته و شیمی سنتی نیز قادر به تولید آنها نیست. برخی از خصوصیات نانو ساختارها عبارتند از: مواد سبک‌تر، قوی‌تر، قابلیت برنامه‌ریزی، عمر طولانی‌تر و غیره. به روشنی می‌توان دریافت که نانو تکنولوژی قادر به ایجاد انقلابی در دنیای بتن است. خواصی چون مقاومت، شکنندگی، خزش، افت، دوام، نفوذپذیری و تخلخل همه متأثر از مصرف نانو مواد در بتن هستند. لذا این وظیفه متخصصان و شرکت‌های پیشرو در زمینه‌های علمی و صنعتی است که این فناوری را به جامعه علمی و صنعتی معرفی کرده و موجبات استفاده همگان از آن را فراهم آورند.

در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده و وسیعی در خصوص اثر بکارگیری فناوری نانو در بتن فوق سبک سازه‌ای توسط محققین شرکت دانش بنیان بسا (وندیداد) در کشور آغاز گردیده که منجر به تولید نانو بتن فوق سبک سازه‌ای با مشخصات وزن مخصوص و مقاومت منحصر به فرد گردیده است. شرکت مهندسی طرح وندیداد با در نظر داشتن این نیاز اساسی و با انجام تحقیقات و آزمایشات در این زمینه، به عنوان مبدع و اولین تولیدکننده بتن فوق سبک سازه‌ای با استفاده از فناوری نانو، گامی مثبت در این مسیر برداشته است.

از منظر سود اقتصادی مصرف کننده با توجه به کاهش بار مرده سازه با استفاده از نانو بتن فوق سبک سازه‌ای فرضیه تحقیق کاهش هزینه تمام شده سازه ساخته شده با این نوع بتن در مقایسه با بتن معمولی می‌باشد.

از منظر منافع عمومی فرضیه تحقیق بر این امر استوار است که با استفاده از نانو بتن فوق سبک سازه‌ای، عمر مفید سازه، مقاومت در برابر زلزله، مقاومت در برابر آتش‌سوزی، عایق حرارتی و صوتی افزایش خواهد یافت و بر اثر کاهش مصرف سیمان آلودگی محیط زیست و استفاده از منابع کاهش خواهد یافت. همچنین استفاده از این نوع بتن موجب خواهد شد تا درآمدهای ارزی کشور افزایش یابد.

## اهداف تحقیق حاضر را می توان به صورت زیر بر شمرد:

تحلیل اقتصادی و تعیین میزان هزینه - فایده کاربرد نانو بتن فوق سبک سازه های در سقف سازه های بتنی در مقایسه با بتن معمولی از منظر مصرف کننده.

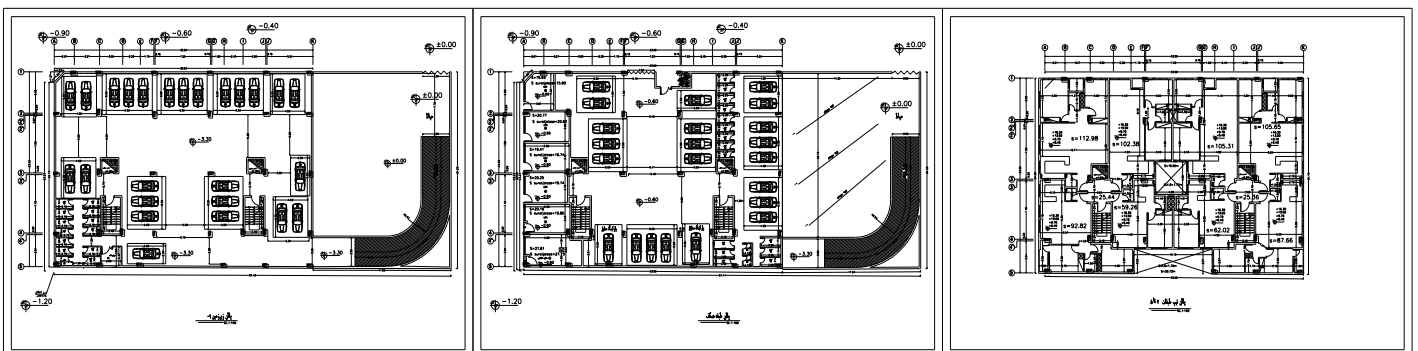
همانطور که قبلاً بیان شد استفاده از بتن سبک سازه های مزایای فراوانی دارد که در مورد بتن فوق سبک سازه های با فناوری نانو دو چندان می گردد. در این بخش با مقایسه کاربرد بتن معمولی و بتن فوق سبک سازه های تولیدی شرکت وندیداد به تجزیه و تحلیل فواید استفاده از این ماده پرداخته شده است. جهت امکان مقایسه نتایج در کاربرد بتن فوق سبک سازه های با فناوری نانو به جای بتن معمولی، یک نوع بتن معمولی با مقاومت مشخصه  $250 \text{ kg/cm}^2$  با یکی از انواع بتن های فوق سبک سازه های شرکت وندیداد که هم مقاومت بتن معمولی مذکور است، مورد بررسی قرار گرفته است تا بتوان نتایج کاربرد نانو بتن فوق سبک سازه های به جای بتن معمولی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

## پروژه وحیدیه - پروژه ای در حال اجرا

برای تحلیل هزینه فایده استفاده از بتن فوق سبک سازه های با فناوری نانو سازه پروژه وحیدیه در نظر گرفته شد. این سازه یک بار با بتن معمولی و یک بار با نانو بتن فوق سبک سازه های شرکت وندیداد، بوسیله نرم افزار *Etabs 9* تحلیل گردید. مبانی و مفروضات این تحلیل در ذیل آمده است.

یک ساختمان ۷ طبقه  $24 \times 34$  متری، با مساحتی بالغ بر  $5420$  مترمربع و با ستون های به دهانه ۷ متر

- قیمت هر مترمکعب بتن معمولی  $250 \text{ Kg/cm}^2$  به وزن مخصوص:  $2,45 \text{ gr/cm}^3$  : ۱۰۰,۰۰۰ تومان
- قیمت هر مترمکعب بتن سبک  $250 \text{ Kg/cm}^2$  به وزن مخصوص:  $1,60 \text{ gr/cm}^3$  : ۱۶۰,۰۰۰ تومان
- قیمت هر کیلو آرماتور بطور متوسط با حمل و تخلیه در محل: ۱,۵۰۰ تومان
- قیمت اجرت هر کیلو آرماتوربندی: ۴۰۰ تومان
- قیمت اجرت هر متر مربع قالب بندی و بتن ریزی: یکسان در نظر گرفته شده است
- عمر مفید سازه در صورت استفاده از بتن معمولی: ۳۵ سال
- عمر مفید سازه در صورت استفاده از بتن سبک: ۴۵ سال



## فرضیات بار گذاری و تحلیل

### نرم افزار های طراحی

نرم افزار ETABS Version ۹,۷,۴

نرم افزار SAFE Version ۸,۱,۰

### پارامتر های طراحی

در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده به نحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک خوردگی با توجه به تغییر شکل های محوری و خمشی و آثار دراز مدت بایستی محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک خوردگی می توان:

در قاب های مهار نشده سختی تیرها و ستون ها را به ترتیب معادل ۰,۳۵ و ۰,۷ برابر سختی مقطع ترک نخورده آن ها منظور کرد.

در قاب های مهار شده سختی تیرها و ستون ها را به ترتیب معادل ۰,۵ و ۱ برابر سختی مقطع ترک نخورده آن ها منظور کرد.

Analysis Property Modification Factors

Property Modifiers	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.7
Moment of Inertia about 3 axis	0.7
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

Analysis Property Modification Factors

Property Modifiers	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	0.15
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	0.35
Mass	1
Weight	1

OK Cancel

## آیین نامه ها

آیین نامه های طراحی بارهای وارد بر ساختمان /مبحث ششم- دفتر ترویج و تدوین مقررات ملی ساختمان ، وزارت مسکن و شهرسازی: نشر توسعه ایران . چاپ دوم ۱۳۹۲ (استاندارد ۵۱۹)

آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله / کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله .- ویرایش سوم - تهران : مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ۱۳۸۴ . (استاندارد ۲۸۰۰)

آیین نامه بتن ایران (آبا) / معاونت امور فنی ، دفتر امور فنی و تدوین معیارها . - (تجدید نظر اول) - تهران : سازمان برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات ، ۱۳۷۷.

## مشخصات مصالح بتن

Material Property Data	
Material Name	CONC
Display Color	Color
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Design: Concrete
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	0.25
Weight per unit Volume	2.5
Modulus of Elasticity	2387520.
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06
Shear Modulus	994800.
Design Property Data (ACI 318-99)	
Specified Conc Comp Strength, f <sub>c</sub>	2500.
Bending Reinf. Yield Stress, f <sub>y</sub>	40000.
Shear Reinf. Yield Stress, f <sub>ys</sub>	40000.
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	Shear Strength Reduc. Factor
OK   Cancel	

Material Property Data	
Material Name	SABOK
Display Color	Color
Type of Material	<input checked="" type="radio"/> Isotropic <input type="radio"/> Orthotropic
Type of Design	Design: Concrete
Analysis Property Data	
Mass per unit Volume	0.15
Weight per unit Volume	1.5
Modulus of Elasticity	1060000.
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	9.900E-06
Shear Modulus	441666.67
Design Property Data (ACI 318-99)	
Specified Conc Comp Strength, f <sub>c</sub>	2500.
Bending Reinf. Yield Stress, f <sub>y</sub>	40000.
Shear Reinf. Yield Stress, f <sub>ys</sub>	30000.
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete	Shear Strength Reduc. Factor
OK   Cancel	

## بار گذاری ثقلی

در محاسبه بارهای مرده، باید وزن واقعی مصالح مصرفی و اجزای ساختمان مورد استفاده قرار گیرد در غیر این صورت باید به شرح مندرج در جداول ارائه شده در مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان مراجعه گردد.

در ساختمان هایی که برای جداسازی فضاها از تیغه هایی استفاده می شود که وزن یک متر مربع سطح آن ها کمتر از ۲۷۵ دکانیوتن است، وزن تیغه ها را به صورت بار معادل که به طور یکنواخت بر کف ها گسترده شده است در نظر گرفت. این بار معادل باید، به صورت مناسبی، با تقسیم وزن تیغه های هر قسمت از کف به مساحت آن قسمت تعیین گردد.

در کف هایی که بار زنده آن ها از ۵۰۰ دکانیوتن بر متر مربع کمتر است بار معادل گسترده نظیر تیغه ها نباید کمتر از ۱۰۰ دکانیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود. در ساختمان هایی که از تیغه های سبک استفاده می شود این بار حداقل را می

توان به ۵۰ دکانیوتن بر متر مربع کاهش داد مشروط بر آن که وزن یک متر مربع تیغه ها به اضافه ملحقات آنها از ۴۰ دکانیوتن بر متر مربع تجاوز نکند.

برای محاسبه بارهای مرده وارد بر ساختمان ابتدا دیتیل های بارگذاری شامل: جزئیات سقف، دیوارهای خارجی، تیغه های جداکننده، دستگاہ پله و ... را ترسیم نموده و وزن واحد سطح هر یک را محاسبه می کنیم. سپس بر اساس سیستم باربر قائم سازه و با توجه به چشمه باربر هر یک از المان های باربر سازه ای (تیر و ستون) بار وارد بر آن المان را محاسبه نموده و به آن تخصیص می دهیم. بارهای ثقلی شامل بار مرده و زنده می باشد که مقدار بارهای مرده براساس جزئیات اجرایی سقف و دیوارها و مقدار بارهای زنده براساس نوع کاربری بخش های مختلف ساختمان از مقررات ملی ساختمان مبحث ششم تعیین می گردد.

## بارهای زنده

بارهای زنده عبارتند از بارهای غیر دائمی که در حین استفاده و بهره برداری از ساختمان به آن وارد می شوند. این بارها شامل بار ناشی از برف، باد یا زلزله نمیشوند. بارهای زنده با توجه به نوع کاربری ساختمان و یا هر بخش از آن، و مقداری که احتمال دارد در طول مدت عمر ساختمان به آن وارد گردد، تعریف میشوند. بار زنده کف ها برای طراحی به طور عمده بار گسترده یکنواختی است که در سراسر کف اثر داده می شود. حداقل مقدار این بارها برای کاربری های مختلف در جداول مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان آمده است. بار زنده کف بالکن های طره ای ساختمان ها باید برابر با بار کف اتاق هایی که به آنها متصل هستند، در نظر گرفته شود. ولی مقدار آن نباید کمتر از ۳۰۰ دکانیوتن بر متر مربع منظور گردد.

بخشهایی از نحوه بار گذاری در نرم افزار  
(مربوط به مدل با بتن معمولی)

Define Static Load Case Names

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
DEAD	DEAD	1	
DEAD	DEAD	1	
EXP	QUAKE	0	UBC 94
EXN	QUAKE	0	UBC 94
EYP	QUAKE	0	UBC 94
EYN	QUAKE	0	UBC 94
LIVE	LIVE	0	
W0	OTHER	0	
EX	QUAKE	0	UBC 94
EY	QUAKE	0	UBC 94

Click To:

Response Spectrum Function Definition

Function Name:  Function Damping Ratio:

Define Function

Period	Acceleration
0.	1.
0.1	2.5
0.15	2.5
0.2	2.5
0.25	2.5
0.3	2.5
0.35	2.5
0.4	2.5
0.45	2.5

Function Graph

[ 5.2793 , 0.5195 ]

1994 UBC Seismic Loading

Direction and Eccentricity

X Dir  Y Dir  
 X Dir + Eccen Y  Y Dir + Eccen X  
 X Dir - Eccen Y  Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)   
 Override Diaph. Eccen.

Seismic Coefficients

Seismic Zone Factor, Z  
 Per Code   
 User Defined

Site Coefficient, S   
 Importance Factor, I

Time Period

Method A   
 Program Calc   
 User Defined

Story Range

Top Story   
 Bottom Story

Factors

Numerical Coefficient, R<sub>w</sub>

Response Spectrum Case Data

Spectrum Case Name

Structural and Function Damping

Damping

Modal Combination

CQC  SRSS  ABS  GMC  
 f1  f2

Directional Combination

SRSS  ABS Orthogonal SF

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1	II	0.8021
U2		
UZ		

Excitation angle

Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)   
 Override Diaph. Eccen.

Define Mass Source

Mass Definition

From Self and Specified Mass  
 From Loads  
 From Self and Specified Mass and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
DEAD	1
DEAD	1
LIVE	0.2
W0	1

Include Lateral Mass Only  
 Lump Lateral Mass at Story Levels

بخشهایی از نحوه بار گذاری در نرم افزار  
(مربوط به مدل با بتن سبک سازه ای)

Define Static Load Case Names

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
DEAD	DEAD	1	
DEAD	DEAD	1	
EXP	QUAKE	0	UBC 94
EXN	QUAKE	0	UBC 94
EYP	QUAKE	0	UBC 94
EYN	QUAKE	0	UBC 94
LIVE	LIVE	0	
WO	OTHER	0	
EX	QUAKE	0	UBC 94
EY	QUAKE	0	UBC 94

Click To:

Response Spectrum Function Definition

Function Name: II      Function Damping Ratio: 0.05

Define Function

Period	Acceleration
0.	1.
0.1	2.5
0.15	2.5
0.2	2.5
0.25	2.5
0.3	2.5
0.35	2.5
0.4	2.5
0.45	2.5

Function Graph

Display Graph      ( 5.2793 , 0.5195 )

1994 UBC Seismic Loading

Direction and Eccentricity

Dir       Y Dir  
 Dir + Eccen Y       Y Dir + Eccen X  
 Dir - Eccen Y       Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)      0.05  
 Override Diaph. Eccen.      Override...

Seismic Coefficients

Seismic Zone Factor, Z  
 Per Code       User Defined      0.35

Site Coefficient, S      1  
 Importance Factor, I      1.26

Time Period

Method A      Ct (ft) =  
 Program Calc      Ct (ft) =  
 User Defined      T = 0.928

Story Range

Top Story      507  
 Bottom Story      BASE

Factors

Numerical Coefficient, R<sub>w</sub>      7

Response Spectrum Case Data

Spectrum Case Name      EXN

Structural and Function Damping

Damping      0.05

Modal Combination

CQC       SRSS       ABS       GMC

f1      f2

Directional Combination

SRSS       ABS      Orthogonal SF

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1	II	0.8854
U2		
UZ		

Excitation angle      0

Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)      -0.05  
 Override Diaph. Eccen.      Override...

Define Mass Source

Mass Definition

From Self and Specified Mass  
 From Loads  
 From Self and Specified Mass and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

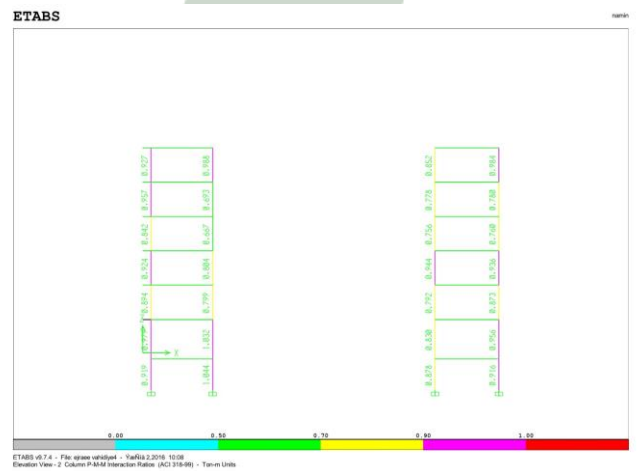
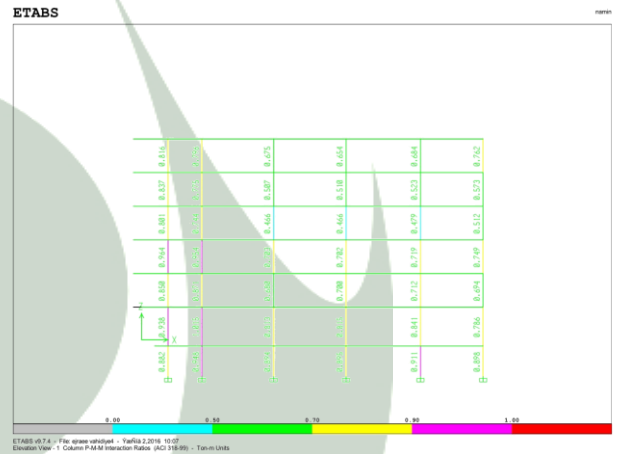
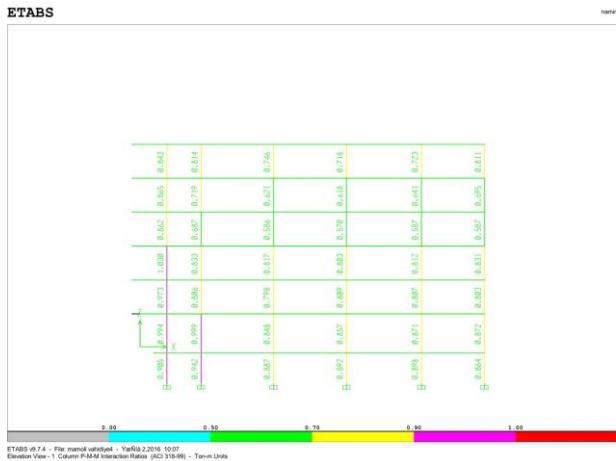
Load	Multiplier
DEAD	1
DEAD	1
LIVE	0.2
WO	1

Include Lateral Mass Only  
 Lump Lateral Mass at Story Levels

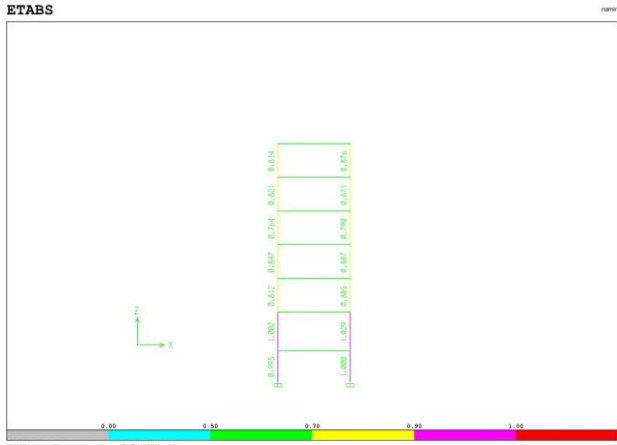


## بخشهایی مقایسه ای از خروجی نرم افزار مربوط به آنالیز و طراحی

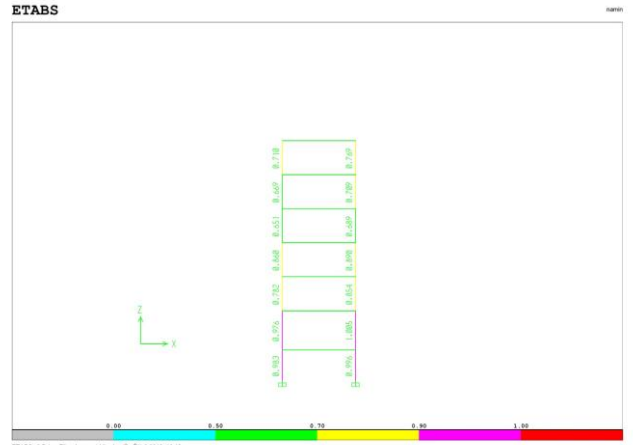


بتن معمولی

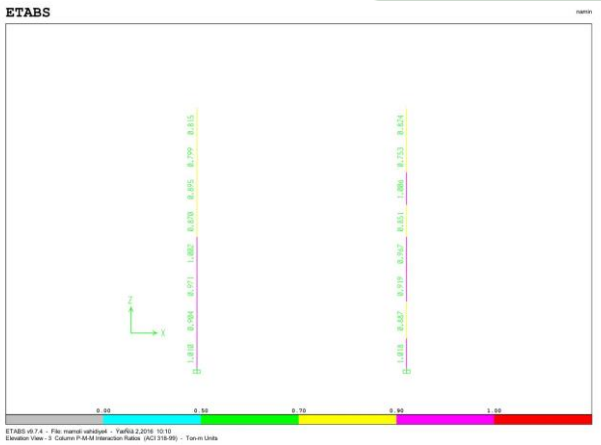
بتن سازه ای



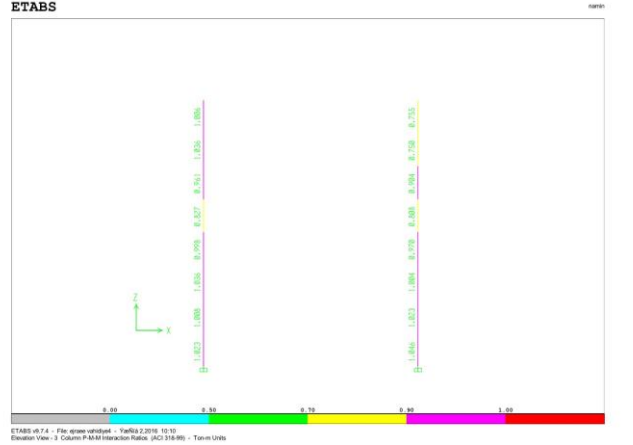
ETABS v9.7.4 - File: normal.vshidat - Yaffa 2.2016.10.09  
Elevation View - 2 Column P-M Interaction Ratio (ACI 318-99) - Ton-m Units



ETABS v9.7.4 - File: s166.vshidat - Yaffa 2.2016.10.10  
Elevation View - 2 Column P-M Interaction Ratio (ACI 318-99) - Ton-m Units



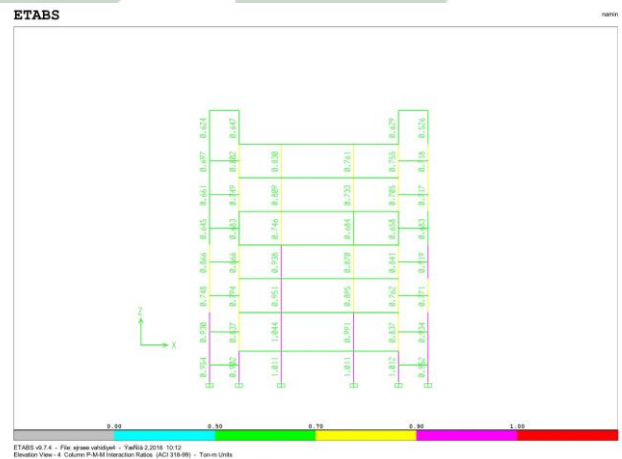
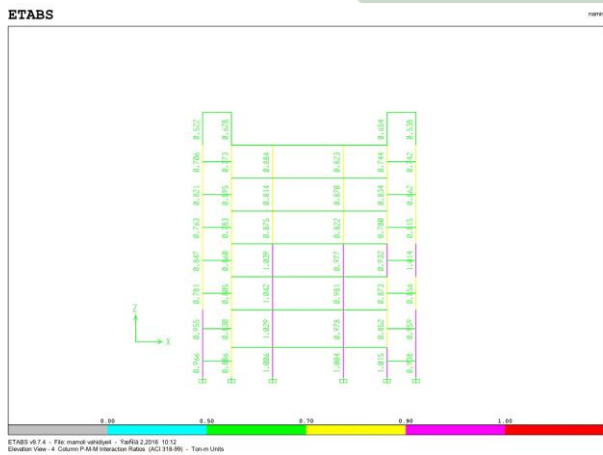
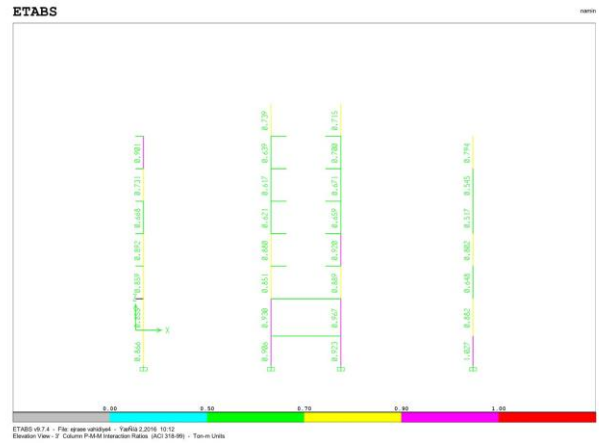
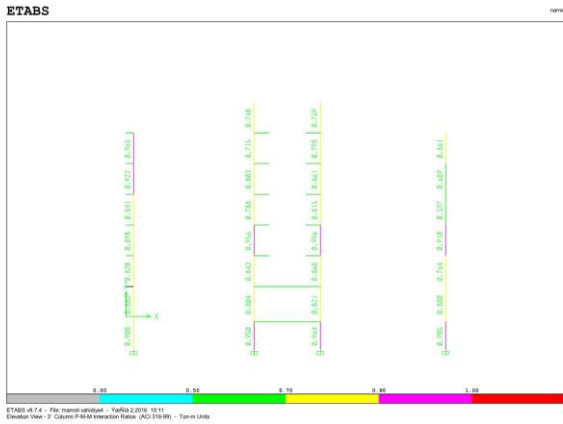
ETABS v9.7.4 - File: normal.vshidat - Yaffa 2.2016.10.10  
Elevation View - 3 Column P-M Interaction Ratio (ACI 318-99) - Ton-m Units



ETABS v9.7.4 - File: s166.vshidat - Yaffa 2.2016.10.10  
Elevation View - 3 Column P-M Interaction Ratio (ACI 318-99) - Ton-m Units

بتن معمولی

بتن سازه ای

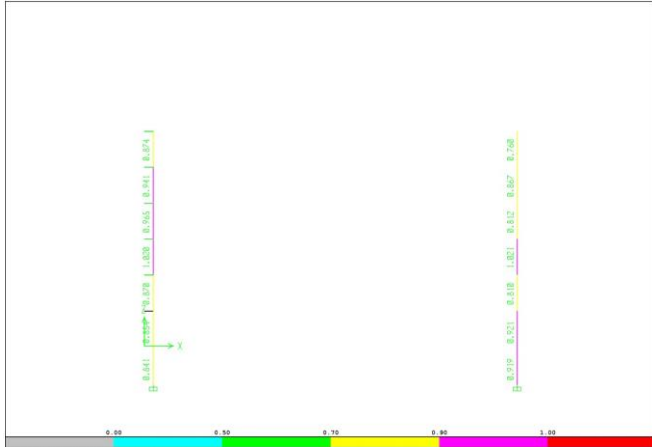


بتن معمولی

بتن سازه ای

ETABS

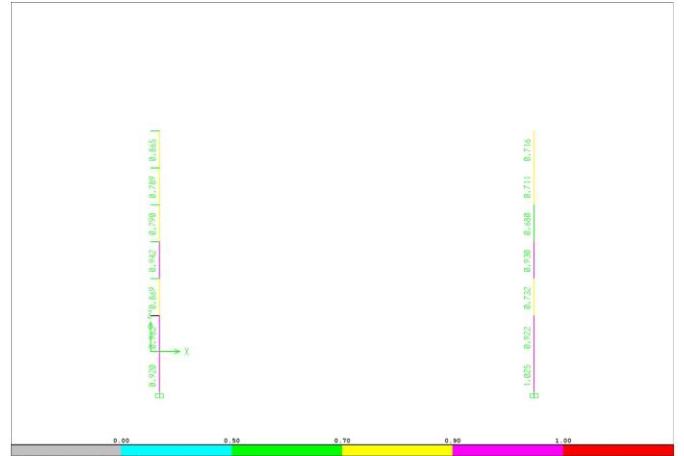
name1



ETABS v7.4 - File: memad.vshd.psd - Yafiq.2.2016.10.13  
Elevation View - 4 Column P-M-M Interaction Ratios (ACI 318-09) - Top-View Units

ETABS

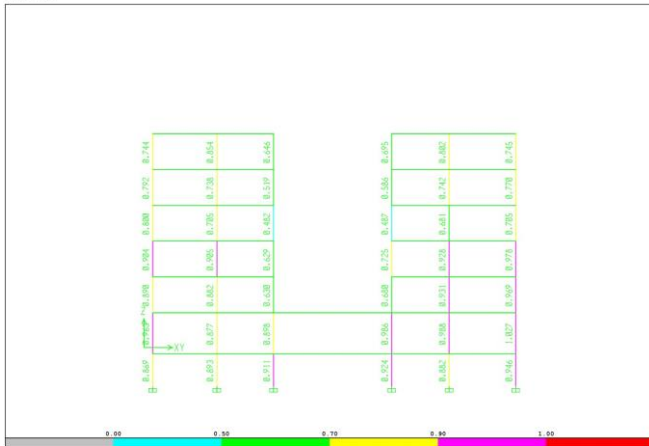
name1



ETABS v7.4 - File: gpaee.vshd.psd - Yafiq.2.2016.10.13  
Elevation View - 4 Column P-M-M Interaction Ratios (ACI 318-09) - Top-View Units

ETABS

name1

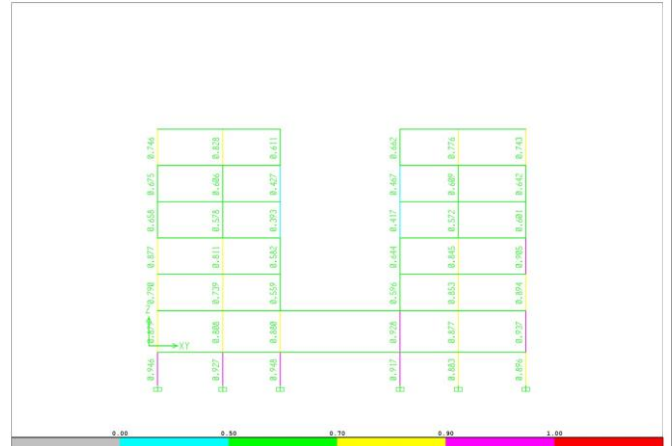


ETABS v7.4 - File: memad.vshd.psd - Yafiq.2.2016.10.14  
Elevation View - 5 Column P-M-M Interaction Ratios (ACI 318-09) - Top-View Units

بتن معمولی

ETABS

name1



ETABS v7.4 - File: gpaee.vshd.psd - Yafiq.2.2016.10.14  
Elevation View - 5 Column P-M-M Interaction Ratios (ACI 318-09) - Top-View Units

بتن سازه ای

ETABS

ETABS v9.7.4 - File name: untitled - Yafka 2.2016 11.10  
Elevation View - 1. Longitudinal Reinforcement (ACI 318-05) - Right Units

ETABS

ETABS v9.7.4 - File name: untitled - Yafka 2.2016 11.10  
Elevation View - 9. Longitudinal Reinforcement (ACI 318-05) - Right Units

ETABS

ETABS v9.7.4 - File name: untitled - Yafka 2.2016 11.11  
Elevation View - 1. Longitudinal Reinforcement (ACI 318-05) - Right Units

ETABS

ETABS v9.7.4 - File name: untitled - Yafka 2.2016 11.11  
Elevation View - 1. Longitudinal Reinforcement (ACI 318-05) - Right Units

بتن معمولی

بتن سازه ای

نتیجه بررسی ساختمان وحیدیه برای هر دو نوع بتن ( معمولی و سبک سازه ای )

درصد حجمی بهینه شده		بتن سبک سازه ای				بتن معمولی				اسکلت بتن با سیستم قاب خمشی
میلگرد	بتن	اجرت میلگرد	حجم میلگرد مصرفی	حجم بتن سبک	حجم بتن معمولی	اجرت میلگرد	حجم میلگرد مصرفی	حجم بتن سبک	حجم بتن معمولی	
22%	13%	172790	172790	1138	644	222455	222455	0	2041	
		400	1,500	160,000	100,000	400	1,500	160,000	100,000	
		69,116,000	259,185,000	182,080,000	64,400,000	88,982,000	333,682,500	0	204,100,000	
51,983,500		574,781,000				626,764,500				
8%						درصد ریالی بهینه شده				

و در آخر، بررسی هزینه ساخت هر دو ساختمان فقط در قسمت اسکلت به شرح زیر خواهد بود:

- قیمت ها به تومان است.

- قیمت ها بر اساس قیمت روز به تاریخ بهمن سال ۱۳۹۴ می باشد.