

## سایت علم و فن

مرجع آموزش نرم افزارهای عمرانی

**civil.elmofan.ir**

مرکز دانلود نرم افزارهای تخصصی

## 1- معرفی پروژه :

دکل مخابراتی مورد بحث در این پروژه عبارتست از یک دکل مخابراتی متوسط که عمدتاً برای نصب تجهیزات ارتباطاتی بی سیم ( مانند موبایل و ماهواره و ....) بکار برده می شود. دکل حاضر دارای ارتفاع متوسط ( بالغ بر 14 متر) بوده و قابلیت نصب در کف بام، تراز زمین و .... را دارا می باشد.

## 2- معیارهای طراحی

دو معیار طراحی حاکم بر پروژه حاضر عبارتند از طراحی بر اساس معیار مقاومت و طراحی بر اساس معیار تغییر شکل. معیار مقاومت میبایست در دو حالت مورد بررسی قرار گیرد که بترتیب عبارتند از کنترل معیار مقاومت تحت اثر باد  $120 \frac{Km}{h}$  در حالت عادی و کنترل معیار مقاومت تحت اثر 75٪ باد  $120 \frac{Km}{h}$  در حالت یخ زدگی برای کنترل دقیق تر این معیارها از روابط مندرج در آئین نامه های معتبر (بند 3) استفاده گردیده است.

## 3- آئین نامه های مورد استفاده

آئین نامه های مورد استفاده در این پروژه عبارتند از :

1- آئین نامه EIA-TIA-222- F که مباحث بارگذاری و معیارهای بهره برداری ( معیار تغییر شکل ) را مورد اشاره قرار داده است.

2- آئین نامه آمریکایی طراحی سازه های آلومینیومی به روش تنش مجاز (AAA-ASD2002)

## 4- معرفی هندسه سازه :

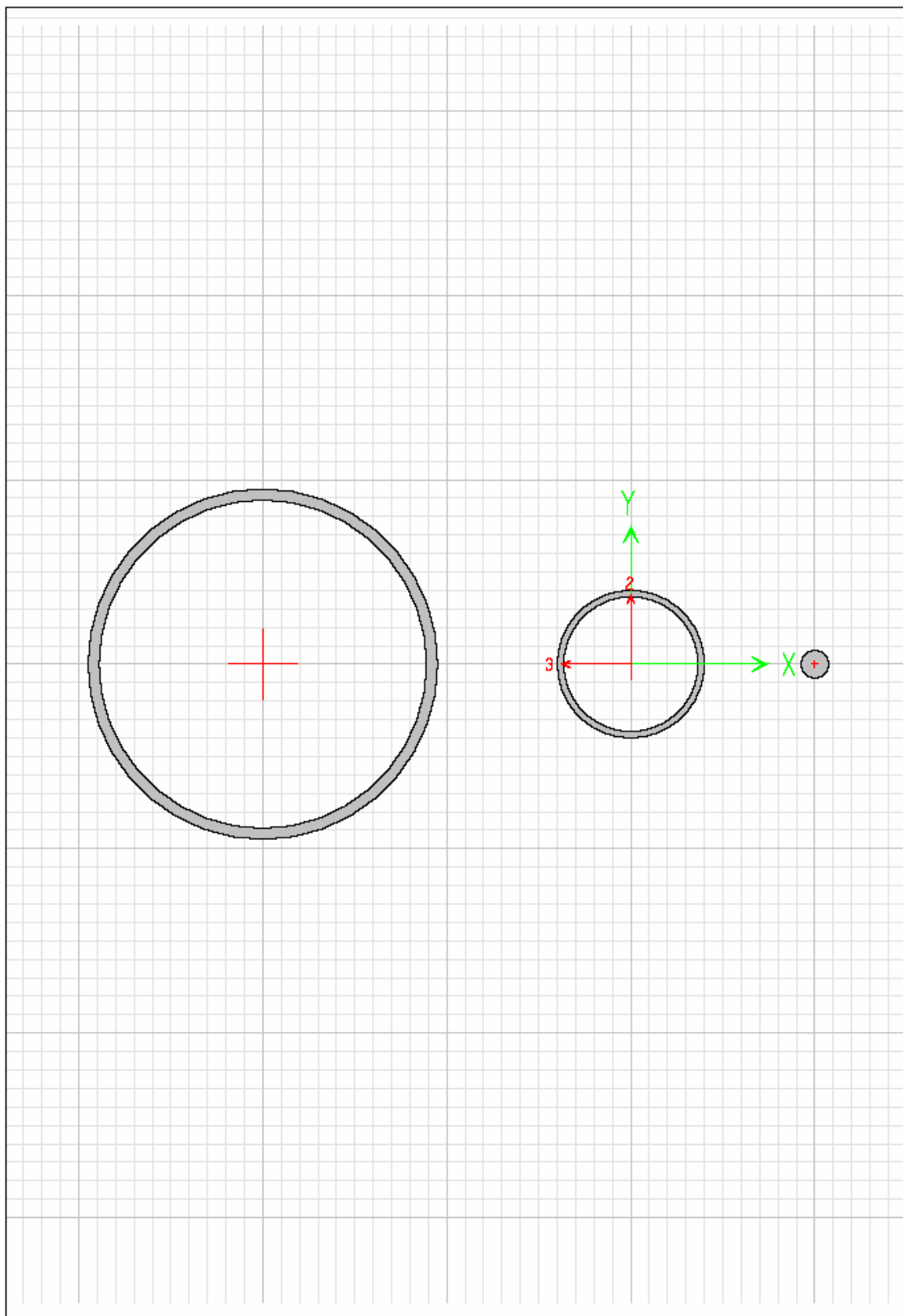
هندسه سازه مذکور در شکل شماره 1 ارائه گردیده است. همانطور که در این شکل ملاحظه می گردد دکل از یک میله بلند و لاغر به ارتفاع 14 m و قطر خارجی 19 cm تشکیل گردیده است که لاغری آن بالغ بر 55 بوده و حساسیت بیش از بیش این دکل در برابر باد را سبب می شود.

دکل 14 متری فوق در ارتفاع 3 متر از سطح پایه آن توسط مهارهایی به طول 3/6 متر و قطر خارجی 8cm مهارگردیده تا جلوی حرکت در برابر باد تا حدود زیادی گرفته شود. تکیه گاه پای دکل در تمام موارد بصورت مفصلی در نظر گرفته شده و اتصال مهاربندها به دکل نیز بصورت مفصل خمشی اجرا خواهد شد.

ضخامت ورق مهارها 3/5mm و ضخامت ورق میله اصلی دکل تا انتها 6mm می باشد. هندسه مقاطع مورد استفاده در شکل شماره 2 نشان داده شده است.



شکل شماره 1 - هندسه سه بعدی دکل



شکل شماره 2- هندسه مقاطع مورد استفاده

## 5- معرفی مصالح مصرفی

مصالح مصرفی برای دکل و مهارها عبارتند از آلومینیوم ( wrought ) T6063-6 با خواص ذیل :

$$W = 2.69 \frac{T}{m^3}$$

$$E_{AL} = 740000 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$V = 0.33$$

$$G = 278195 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$F_{cy} = 2410 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$F_{ty} = 2410 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$F_{TU} = 2700 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$F_{sy} = 1520 \frac{Kgf}{cm^2}$$

$$F_{SU} = 1748 \frac{Kgf}{cm^2}$$

## 6- معرفی بارگذاری سازه :

بارگذاری باد، یخ و وزن مرده تجهیزات بر اساس روابط مندرج در EIA-TIA , MCCI-4026(Ver1.0) محاسبه گردیده است. خلاصه روابط مورد استفاده و جزئیات محاسبات این بارها در ذیل ارائه گردیده اند. اشکال 3 و 4 و 5 توزیع باد بر روی سازه دکل را در سه حالت نشان داده اند که بترتیب عبارتند از :

A : اعمال باد نظیر باد  $۱۲۰ \frac{Km}{h}$  بر دکل در حالت عدم بروز یخ زدگی ( کنترل مقاومت)

D : اعمال باد نظیر باد  $۹۰ \frac{Km}{h}$  بر دکل در حالت عدم بروز یخ زدگی ( کنترل تغییر شکل)

C : اعمال 75٪ بار نظیر باد  $۱۲۰ \frac{Km}{h}$  بر دکل در حالت بروز یخ زدگی (کنترل مقاومت)

بارگذاری بار مرده ناشی از وزن خود دکل نیز در محاسبات منظور گردیده است.

$$F = q_z \cdot G_H \cdot [C_F A_E + \Sigma(C_A A_A)] \leq 2q_z G_H A$$

$$q_z = 0.613 K_z V^2$$

$$1.00 \leq [K_z = (\frac{Z}{10})^{\frac{2}{7}}] \leq 2.58$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} 1.00 \leq G_H = 0.65 + \frac{0.6}{\sqrt[7]{\frac{h}{10}}} \leq 1.25 & \text{برای کلیه حالات} \\ G_H = 1.69 & \text{برای تیرک های لوله ای} \end{array} \right.$$

$$C_F = F (C, \text{ شکل مقطع تیرک}) \leq 1.2$$

$$C = \sqrt{K_z} V D_p$$



قطر متوسط تیرک لوله ای (m)

یا

میانگین کمترین عرض سازه تیرک لوله ای

$$C = \begin{cases} 25 D_p & V = 90 \frac{km}{h} \\ \frac{100}{3} D_p & V = 120 \frac{km}{h} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{برای باد} \\ \text{برای باد} \end{array}$$

$$C_F = \begin{cases} \frac{1.2}{1.2} & \begin{array}{l} \text{قطر 19 cm} \\ \text{قطر 19 cm} \end{array} & V = 90 \frac{km}{h} \\ \frac{9.74}{C^{1.3}} & \begin{array}{l} \text{قطر 19 cm} \\ \text{قطر 19 cm} \end{array} & V = 120 \frac{km}{h} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{برای باد} \\ \text{برای باد} \end{array}$$

$$A_E = D_F \cdot A_F + D_R \cdot A_R \cdot R_R$$



سطح تصویر موثر

باد با زاویه  $45^\circ$  باد عمود بر دکل

$$D_F = \begin{matrix} & 1 & 1.2 \end{matrix}$$

$$D_R = \begin{matrix} & 1 & 1.2 \end{matrix}$$

$$R_p = 0.51e^2 + 0.57 \leq 1.00$$

$A_F$  = سطح تصویر اعضاء سازه ای مسطح

$A_R$  = سطح تصویر اعضاء سازه ای مدور

$$C_A = f(\text{Aspect ratio})$$

$$\text{Aspect ratio} = \frac{\text{طول کلی تجهیز}}{\text{عرض عمود بر باد}}$$

$$\text{Aspect ratio} = \frac{270}{30} = 9 \rightarrow C_A = 1.47$$

$$\frac{270}{15} = 18 \rightarrow C_A = 1.70$$



$$q = 68.11 \frac{kg}{m^2} \quad ; \quad k_z = 1.00$$

$$C = 25 D_p \quad V = 9 \frac{km}{h}$$

$$G_H = 1.25 \quad ;$$

m

$$33.3 \quad D_p \quad V = R \frac{K}{L}$$

$$F = q_z G_H [C_F A_E + \Sigma(C_A A_A)] \leq 2 q_z G_H A_G$$

سطح تصویر موثر

تصویر یک آنتن خطی

سطح کل یک وجه آنتن  
با فرض بسته بودن

ضخامت یخبندان = 0  $\Leftrightarrow$  نیروی باد 100% اعمال گردد.

ضخامت یخبندان = 1/5cm  $\Leftrightarrow$  نیروی باد 75% اعمال گردد.

$$\text{وزن برف جامد} \longrightarrow 88 \cdot \frac{kgf}{m^3}$$

$$\text{وزن برفک} \longrightarrow 47 \cdot \frac{kgf}{m^3}$$

محاسبات مربوط به بار باد در حالت عادی (بدون یخ زدگی) و سرعت باد  $۹. \frac{km}{h}$

$D_p = 0.190^m$	$F_{12 \approx 14} = 0.613 \times \left( \frac{14+12}{10} \right)^{\frac{2}{7}} \times 25^2 \times 1.69 \left\{ \left[ \frac{9.74}{4.931} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.19 \times 2 \times 1) \right] \right.$ $F_{12 \approx 14} = 523.8(N) \quad \bar{F}_{12 \approx 14} = 26.19 \frac{kgf}{m}$
$D_p = 0.190^m$	$F_{9 \approx 12} = 0.613 \times \left( \frac{9+12}{10} \right)^{\frac{2}{7}} \times 25^2 \times 1.69 \left\{ \left[ \frac{9.74}{4.931} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.19 \times 3 \times 1) \right] [1.47 \times 2.7 \times 0.3 \times 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2}] \right\}$ $F_{9 \approx 14} = 1844.9(N) \rightarrow \bar{F}_{9 \approx 12} = 61.5 \frac{kgf}{m}$
$D_p = 0.190^m$	$F_{0 \approx 9} = 0.613 \times 1 \times 25^2 \times 1.69 \times \left\{ \frac{9.74}{4.931} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.19 \times 9 \times 1) \right\}$ $F_{0 \approx 9} = 2186.9(N) \quad \bar{F}_{0 \approx 9} = 24.3 \frac{kgf}{m}$

$F_{dish}$	$F_{dish} = 0.613 \times 1.9 \times 25^2 \times 1.69 \times 1.4 \times \frac{\pi \times 0.6^2}{4} = 279.2 N$ $F_{dish} = 27.92 kgf$
$D_p = 0.10^m$	$F_{0 \approx 6} = 0.613 \times 1 \times 25^2 \times 1.69 \times \{[1.2 \times (1 \times 0 + 1 \times 0.1 \times 6 \times 1)]\}$ $F_{0 \approx 6} = 466.2(N) \qquad F_{0-6} = 7.77 \frac{kgf}{m}$

محاسبات مربوط به بار باد در حالت عادی (بدون یخ زدگی) و سرعت باد  $۱۲۰ \frac{km}{h}$

$D_p = 0.190^m$	$F_{12 \approx 14} = 0.613 \times \left( \frac{14+12}{10} \right)^{\frac{2}{7}} \times 33^2 \times 1.69 \times \left[ \frac{9.74}{5.96} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.19 \times 2 \times 1) \right]$ $F_{12 \approx 14} = 632.5(N) \rightarrow \bar{F}_{12 \approx 14} = 31.6 \frac{kgf}{m}$
$D_p = 0.190^m$	$F_{9 \approx 12} = 0.613 \times \left( \frac{9+12}{10} \right)^{\frac{2}{7}} \times 33^2 \times 1.69 \times \left\{ \left[ \frac{9.74}{5.96} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.19 \times 3 \times 1) \right] \left[ 1.47 \times 2.7 \times 0.3 \times 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \right] \right\}$ $F_{9 \approx 12} = 2504.3(N) \rightarrow \bar{F}_{9 \approx 12} = 83.48 \frac{kgf}{m}$
$D_p = 0.190^m$	$F_{0 \approx 9} = 0.613 \times 1 \times 33^2 \times 1.69 \times \left\{ \frac{9.74}{5.96} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.19 \times 9 \times 1) \right\}$ $F_{0 \approx 9} = 3216.7(N) \quad \bar{F}_{0 \approx 9} = 35.74 \frac{kgf}{m}$

$F_{dish}$	$F_{dish} = 0.613 \times 1.9 \times 33^2 \times 1.09 \times 1.4 \times \frac{\pi \times 0.6^2}{4} = 496.6 N$ $F_{dish} = 49.6 kgf$
$D_p = 0.1$	$F_{0 \approx 6} = 0.613 \times 1 \times 33^2 \times 1.69 \times \{[1.2 \times (1 \times 0 + 1 \times 0.1 \times 6 \times 1)]\}$ $F_{0 \approx 6} = 828.77(N) \qquad F_{0-6} = 13.81 \frac{kgf}{m}$

محاسبات مربوط به بار باد در حالت یخ زدگی و سرعت باد  $۱۲۰ \frac{km}{h}$

	(٪75)
$D_p = 0.175^m$	$F_{5\approx 8} = 0.613 \times 1 \times 33.3^2 \times 1.69 \times \left[ \frac{9.74}{\left(\frac{100}{3} \times 0.175\right)^{1.3}} \times (1 \times 0 + 1 \times 0.175 \times 3 \times 1) \right] + \left[ 1.47 \times 2.7 \times 0.3 \times 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \right]$ $F_{5\approx 8} = 2521.9(N) \quad 0.75 \bar{F}_{0-8} = 63.0 \frac{kg}{m}$
$D_p = 0.175^m$	$F_{0\approx 5} = 0.613 \times 1 \times 33.3^2 \times 1.69 \times \left[ \frac{9.74}{\left(\frac{100}{3} \times 0.175\right)^{1.3}} \times 1 \times 0.175 \times 5 \times 1 \right]$ $F_{0\approx 5} = 988(N) \quad 0.75 \bar{F}_{0-5} = 14.8 \frac{kg}{m}$
$D_p = 0.09^m$	$F_{0\approx 3} = 0.613 \times 1 \times 33.3^2 \times 1.69 \times \left[ \frac{9.74}{\left(\frac{100}{3} \times 0.09\right)^{1.3}} \times 1 \times 0.09 \times 3 \times 1 \right]$ $F_{0\approx 3} = (N) \quad 0.75 \bar{F}_{0-3} = 18.1 \frac{kg}{m}$

	$F_{dish} = 114(N)$	$F_{dish} = 11.4kg$
وزن یخ	$\rightarrow$ $W_1 = \text{روی لوله های } 0.145$ $\searrow$ $W_2 = \text{روی لوله های } 0.06$	$W = A \times \rho = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - D_2^2) \times \rho$
$W_1 = \frac{\pi}{4} \times (0.175^2 - 0.145^2) \times 800 \rightarrow W_1 = 6.0 \frac{kg}{m}$ $W_2 = \frac{\pi}{4} \times (0.09 - 0.06^2) \times 800 \rightarrow W_2 = 2.8 \frac{kg}{m}$		





شکل 4- بارگذاری نظیر حالت B



شکل 5- بارگذاری نظیر حالت C

## 7- معرفی ترکیبات بار طراحی

ترکیبات بار بکار رفته در طراحی به روش تنش مجاز عبارتند از

• در حالت A (

$Self+DL$

$Self+DL+W_x$

$Self+DL-W_x$

$Self+DL+W_y$

$Self+DL-W_y$

$0.6Self+0.6DL+W_x$

$0.6Self+0.6DL-W_x$

$0.6Self+0.6DL+W_y$

$0.6Self+0.6DL-W_y$

• در حالت B (

$Self+DL+W_x$

$Self+DL-W_x$

$Self+DL+W_y$

$Self+DL-W_y$

$0.6Self+0.6DL+W_x$

$0.6Self+0.6DL-W_x$

$0.6Self+0.6DL+W_y$

$0.6Self+0.6DL-W_y$

• در حالت C

Self+DL+ICE

Self+DL+ICE+W<sub>x</sub>

Self+DL+ICE-W<sub>x</sub>

Self+DL+ICE+W<sub>y</sub>

Self+DL+ICE-W<sub>y</sub>

0.6Self+0.6DL+0.6ICE+W<sub>x</sub>

0.6Self+0.6DL+0.6ICE-W<sub>x</sub>

0.6Self+0.6DL+0.6ICE+W<sub>y</sub>

0.6Self+0.6DL+0.6ICE-W<sub>y</sub>

## 8- معرفی نرم افزار مورد استفاده و روش تحلیل :

نرم افزار مورد استفاده در این کار Sap2000 بوده است که از قابلیت های فراوان تحلیلی و طراحی برخوردار بوده و مورد تأیید بسیاری از مراجع علمی دنیا قرار گرفته است در این پروژه از ویرایش 8.3.1 این نرم افزار استفاده شده است. روش تحلیل این پروژه همان روش متداول تحلیل استاتیکی خطی است که تحت بارهای مرده و باد صورت پذیرفته است.

## 9- کنترل صحت نتایج تحلیل

نتایج تحلیل در سه بخش زیر ارائه گردیده اند.

A - بارگذاری ها

B- تغییر شکل ها

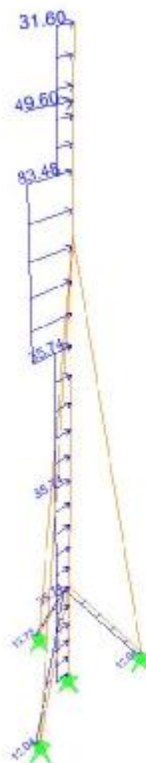
C- نیروهای محوری، برشی و لنگرهای خمشی و پیچشی داخلی

این نتایج در قالب شکل های 6 الی 26 ارائه گردیده است.

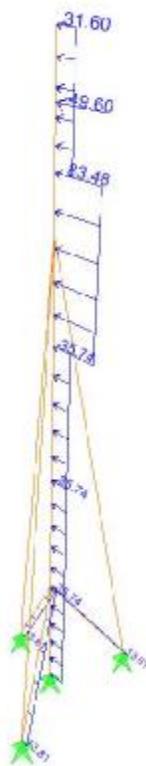
A - بارگذاری ها



### شکل 6- بارگذاری مرده ناشی از تجهیزات



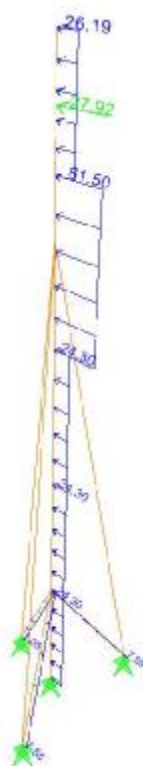
شکل 7- بارگذاری بار باد در امتداد X (بدون یخ زدگی با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$  حالت  $x_1$ )



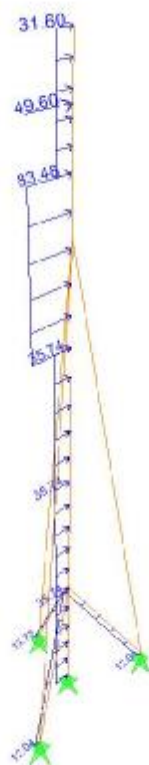
شکل 8- بارگذاری بار باد در امتداد Y (بدون یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$  حالت  $y_1$ )



شکل 9- بارگذاری بار باد در امتداد X ( بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$  ) (حالت  $X_2$ )

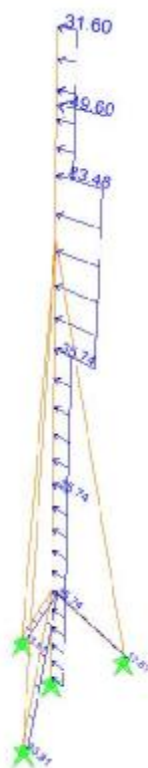


شکل 10- بارگذاری بار باد در امتداد Y ( بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$  ) (حالت  $y_2$  )



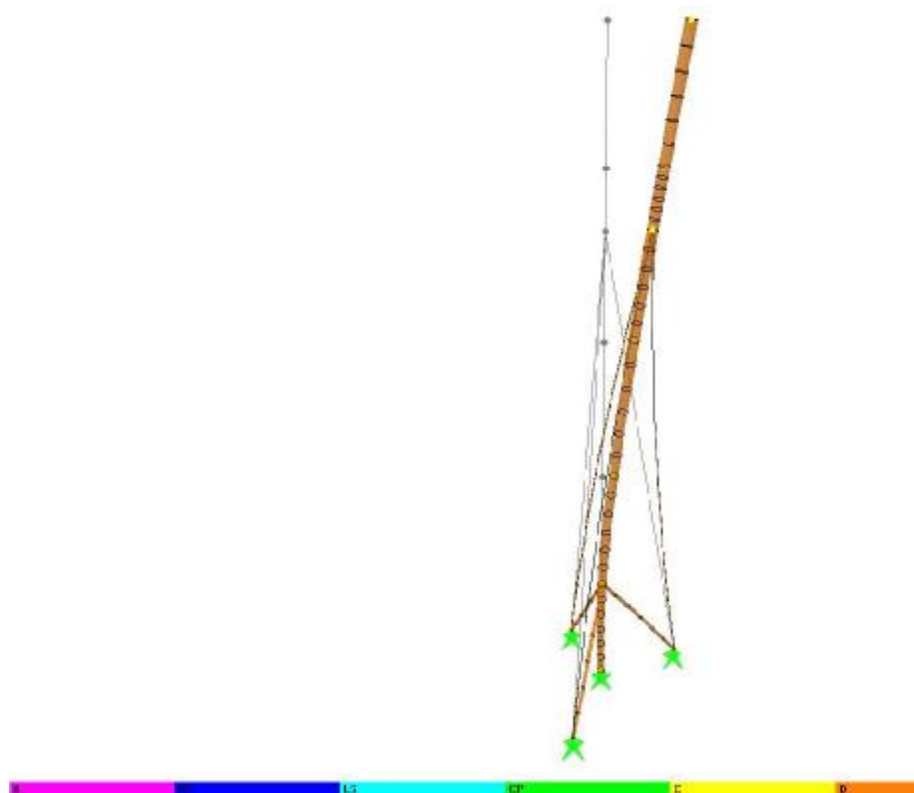
شکل 11- بارگذاری بار باد در امتداد X ( با یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$  ) (حالت  $x_3$  )



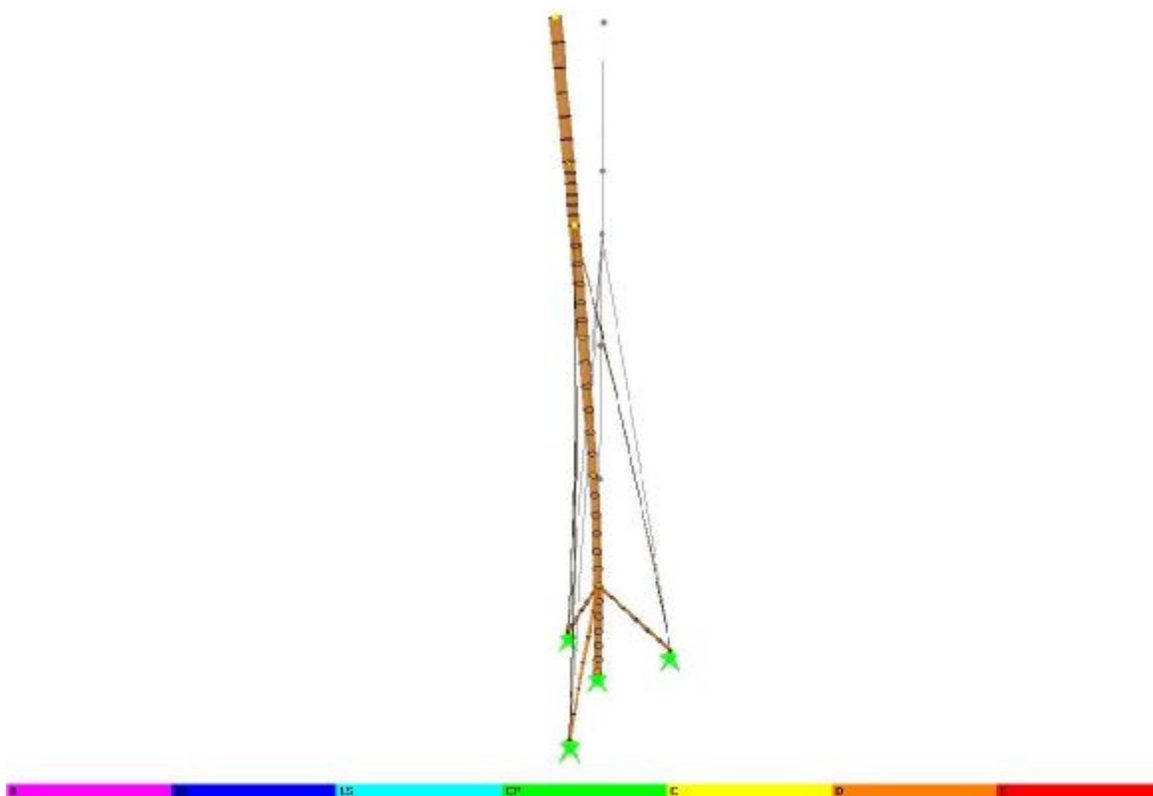


شکل 12- بارگذاری بار باد در امتداد Y ( با یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$  ) حالت  $(y_3)$

B- تغییر شکل ها



شکل 13- تغییر شکل ها تحت بار باد در امتداد X ( بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$  )



شکل 14- تغییر شکل ها تحت بار باد در امتداد X ( بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$  )

C- نیروهای داخلی ناشی از باد



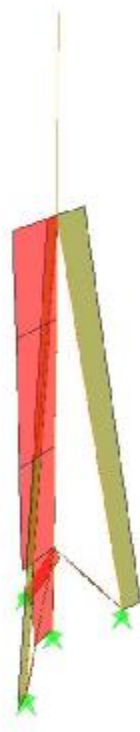
شکل 15- نیروهای محوری داخلی در حالت  $X_1$  ( بدون یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$  )



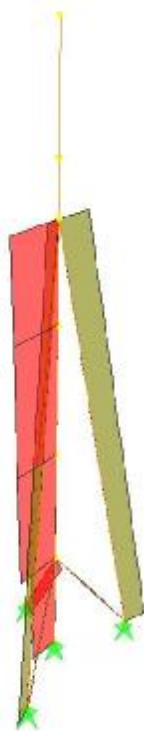
شکل 16- نیروهای محوری داخلی در حالت  $x_2$  (بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$ )



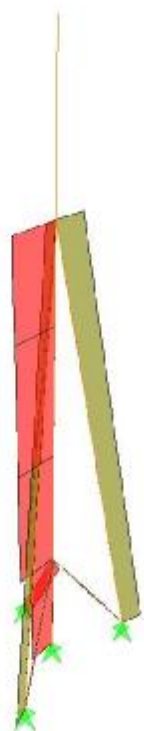
شکل 17- نیروهای محوری داخلی در حالت  $x_3$  (با یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )



شکل 18- نیروهای محوری داخلی در حالت  $y_1$  (بدون یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )



شکل 19- نیروهای محوری داخلی در حالت  $y_2$  (بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$ )



شکل 20- نیروهای محوری داخلی در حالت  $y_3$  (با یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )



شکل 21- لنگرهای خمشی اصلی در حالت  $x_1$  (بدون یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )



شکل 22- لنگرهای خمشی اصلی در حالت  $x_2$  بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$





شکل 23- لنگرهای خمشی اصلی در حالت  $x_3$  (با یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )



شکل 24- لنگرهای خمشی اصلی در حالت  $y_1$  (بدون یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )



شکل 25- لنگرهای خمشی اصلی در حالت  $y_2$  (بدون یخ زدگی و با سرعت  $90 \frac{Km}{h}$ )



شکل 26- لنگرهای خمشی اصلی در حالت  $y_3$  (با یخ زدگی و با سرعت  $120 \frac{Km}{h}$ )

#### 10- نتیجه گیری

- تغییر شکل های جانبی

تغییر شکل های جانبی تحت بار باد در بالاترین نقطه سبب ایجاد  $0.97^\circ$  چرخش گردیده است که از  $1^\circ$  کمتر می باشد.

- طراحی مقاومتی

بر اساس آئین نامه AAA-2002 ایالات متحده نسبت تنش ها کنترل گردیده و در باد طراحی  $(120 \frac{Km}{h})$  این

نسبت ها به زیر 0.9 محدود می باشد.

- وزن کل دکل :

وزن کل دکل به استثناء اتصالات و سیم بکسل های مهاری بالغ بر 153 کیلوگرم گردیده است که با احتساب سیم بکسل ها وزن کل حدود 200 کیلوگرم می گردد.