



دانشکده مکانیک

تحلیل سیستم های تعلیق خودروی سمند

استاد:

جناب آقای دکتر رحمانی

تهیه کننده:

وحید رنجبرکهن

دلایل بررسی سیستم تعلیق

سیستم تعلیق بر موارد زیر تاثیر گذار است:

- کیفیت فرماندهی خودرو
- کیفیت تعادلی خودرو
- مسایل اقتصادی تولید
- مسایل اقتصادی پس از تولید

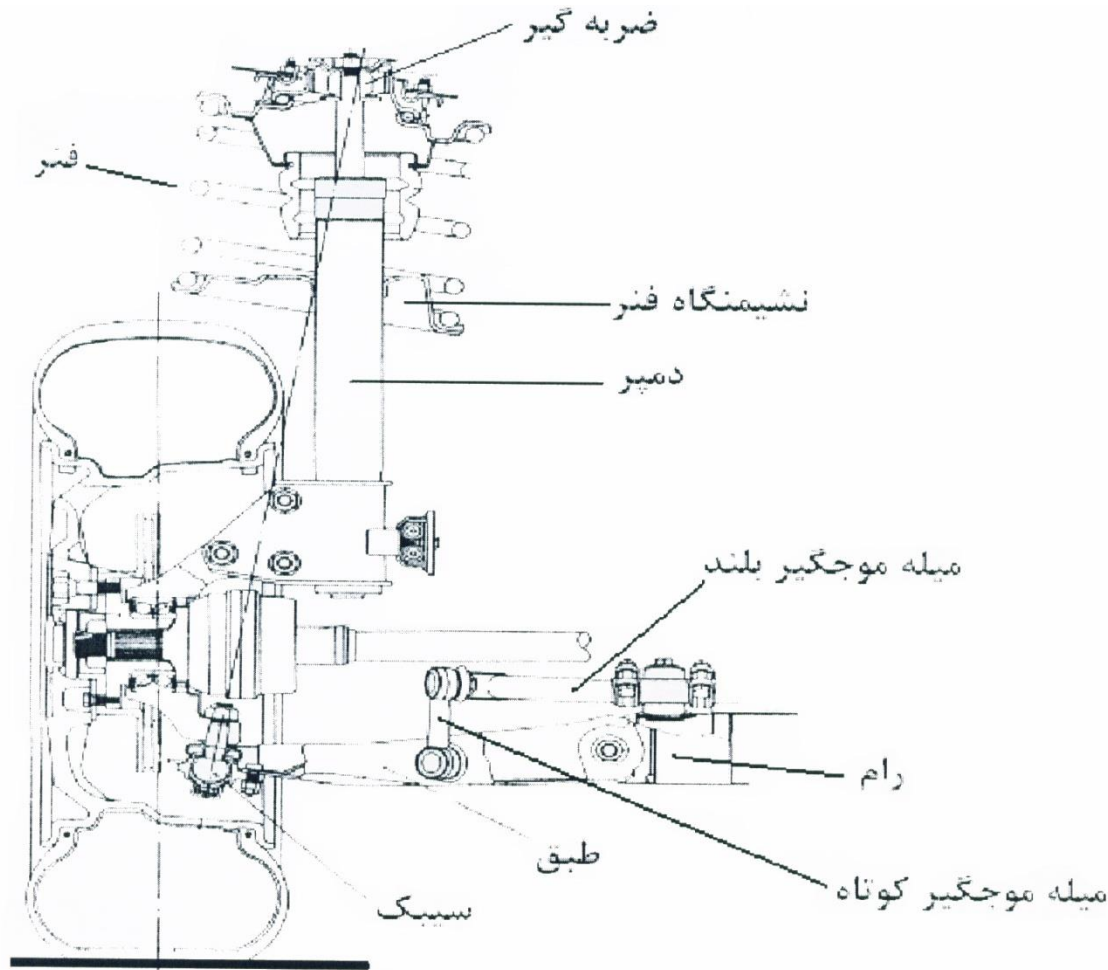
تست Roll Over



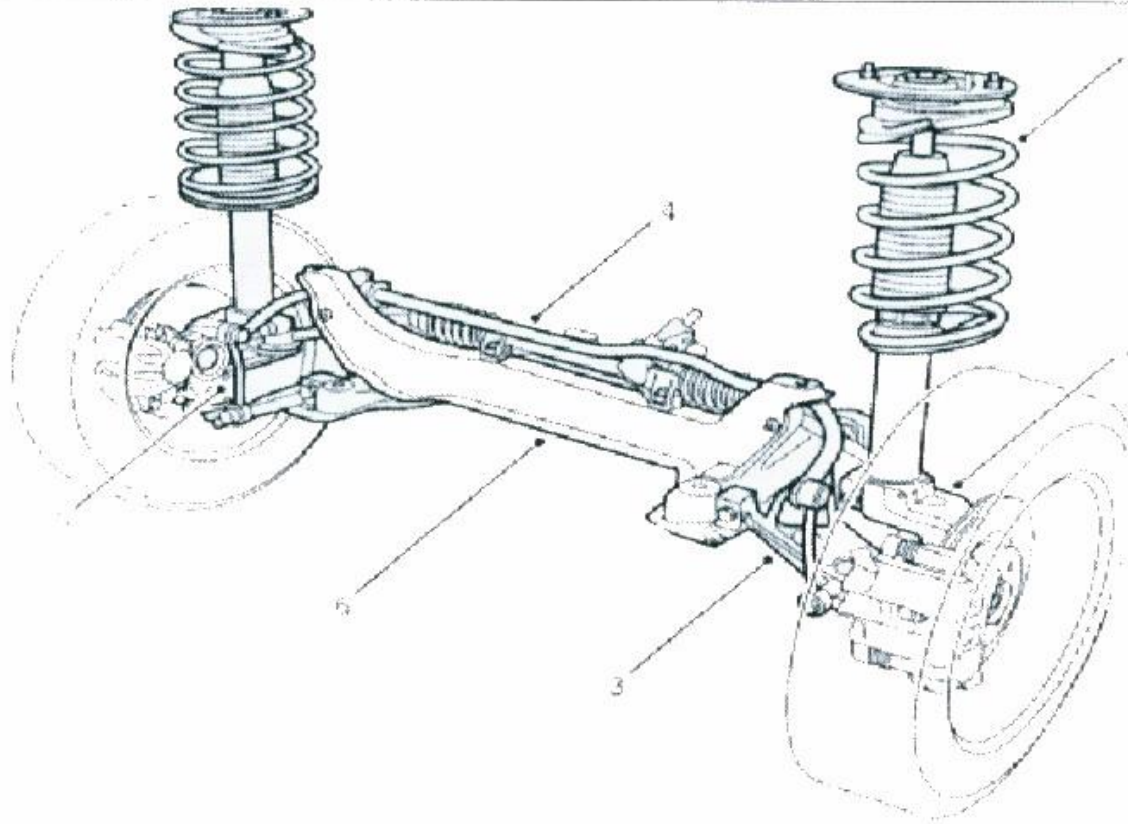
- تعليق جلو و عقب خودروی سمند
- آنالیز برداری تعليق جلوی خودروی سمند
- بررسی ویژگی های سینماتیکی تعليق جلو و عقب

معرفی سیستم تعلیق جلو

• نوع مکفرسون



نمایی از اسمبلی کل تعلیق جلو



۱- مجموعه تعلیق جلو (شامل فنر کمک فنر...)

۲- سگدست

۳- طبق

۴- میل موج گیر بلند

۵- میل موج گیر کوتاه

۶- رام

مزایای سیستم تعلیق مکفرسون

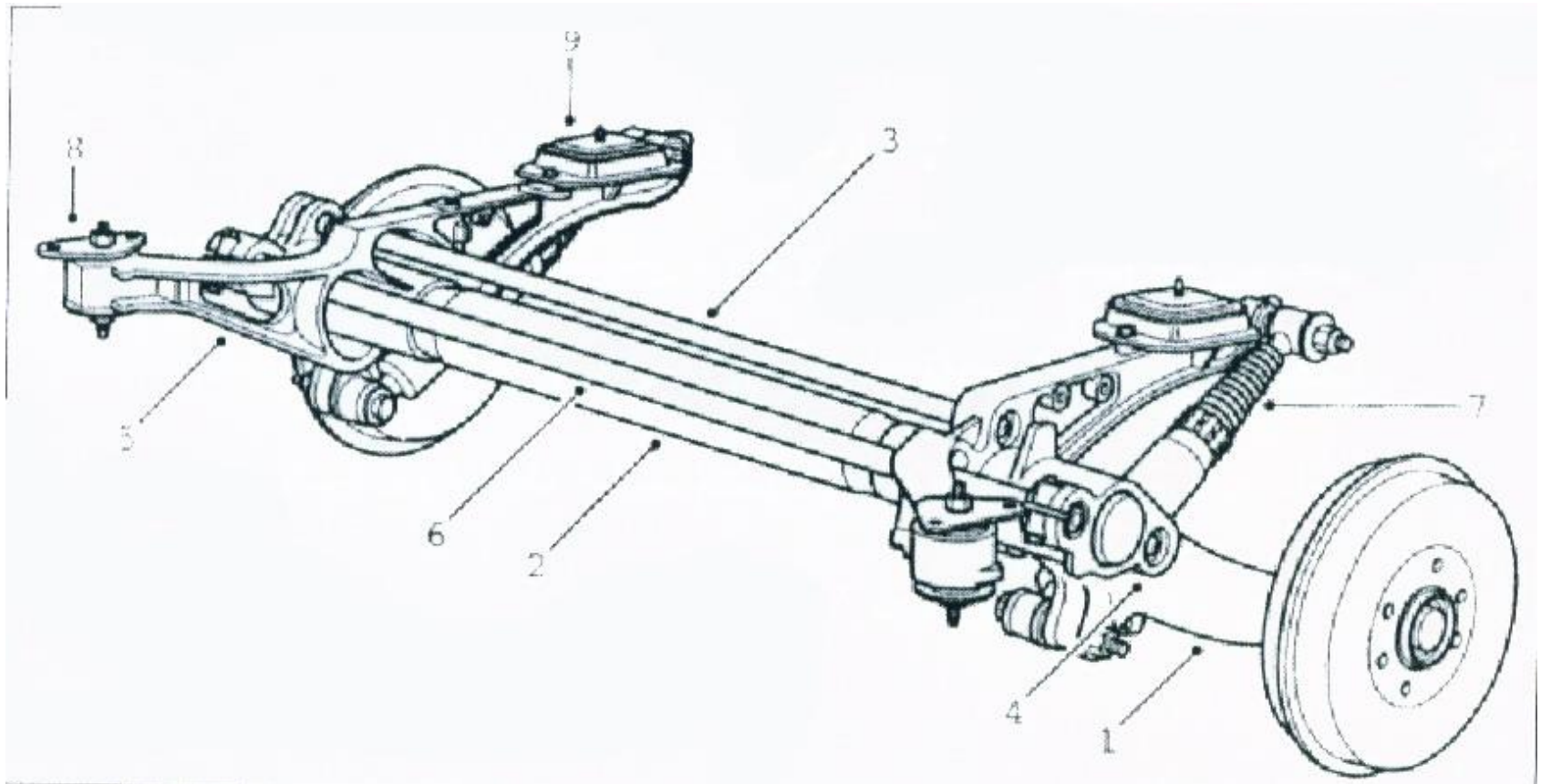
- تمامی اجزا تحت یک اسمبلی مستقل در می آیند.
- افزایش کورس پیستون و به دنبال آن مسافت جابجایی
- صرفه جویی در اشغال فضای جانبی و در نتیجه وجود فضای بیشتر برای قرار گرفتن موتور (به خصوص موتورهای عرضی که نیاز به فضای بیشتری در عرض دارند)

معایب سیستم تعلیق مکفرسون

- ویژگی های مطلوب سینماتیکی کمتر
- وارد شدن نیروها و ارتعاشات به سطح داخلی گلگیر و در واقع به یک بخش نسبتا الاستیک در انتهای جلوی خودرو
- وجود اصطکاک ما بین پیستون دمپر و راهنمای آن که بر فنریت تعلیق تاثیر منفی می گذارد.
- حساسیت بیشتر اکسل جلو در برابر نابالانسی تایرها
- ایزولاسیون بدنه نسبت به نویزهای جاده مشکل تر می باشد

معرفی سیستم تعلیق عقب

Trailing arm •



مزایای سیستم Trailing Arm

- مسطح شدن کف بدنه در انتهای خودرو
- با موازی شدن محور چرخش فنرهای پیچشی با سطح زمین چرخ های عقب در حین جابجایی عمودی دچار تغییرات ترک، زاویه ی کمبر و زاویه ی تو نمی شوند.
- طبق های عقب با ایفای نقش بازوی شعاعی میزان شیرجه زدن خودرو در حین ترمزگیری را کاهش می دهند.

برخی از معایب سیستم تعلیق Trailing Arm

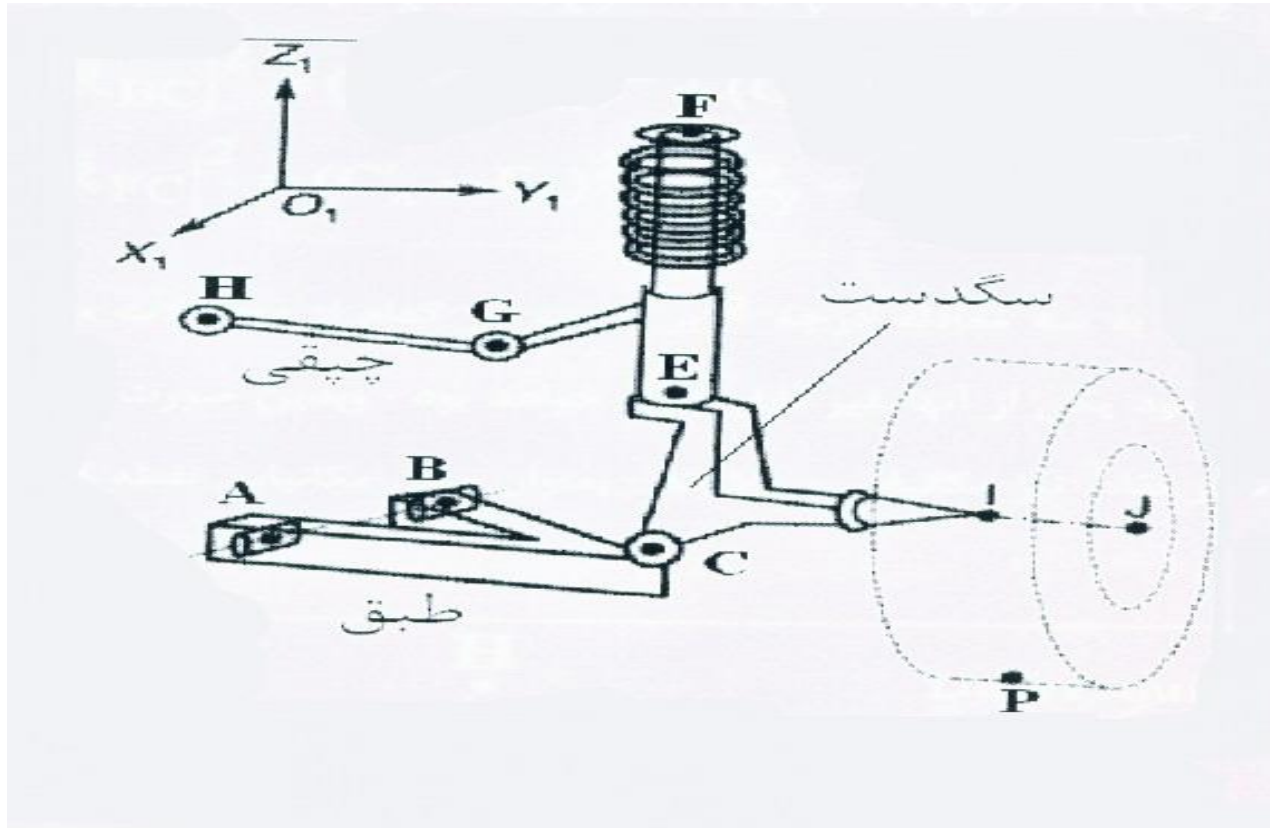
- ضعف این نوع سیستم تعلیق در برابر دفع نیروهای جانبی و در نتیجه تغییر شکل دادن لینک ها، منجر به ایجاد پدیده بیش فرمانی در حین دور زدن خودرو می شود.
- ارتفاع پایین مرکز غلتش در این سیستم تعلیق، مقدار بازوی گشتاور غلتشی وارده بر بدنه ی خودرو را در هنگام دور زدن افزایش می دهد.

آنالیز برداری سیستم تعلیق جلوی سمند

- آنالیز هندسی
- آنالیز سرعت
- آنالیز شتاب
- آنالیز دینامیکی
- ماتریس انعطاف

آنالیز هندسی

با داشتن مقدار جابجایی عمودی چرخ ها، موقعیت هندسی جدید سایر نقاط را به دست آوریم



نقطه ی C در راستای خط FE است و بر اثر عبور چرخ از روی یک مانع مجموعه ی فنر-دمپر به اندازه ی L فشرده شده باشد، حال مختصات جدید نقطه ی C بر اساس نقاط ثابت A,B,F از روابط زیر به دست می آید:

$$|\overrightarrow{R_{AC}}|^2 = (C'_x - A_x)^2 + (C'_y - A_y)^2 + (C'_z - A_z)^2$$

$$|\overrightarrow{R_{BC}}|^2 = (C'_x - B_x)^2 + (C'_y - B_y)^2 + (C'_z - B_z)^2$$

$$|\overrightarrow{R_{FC}}|^2 = (C'_x - F_x)^2 + (C'_y - F_y)^2 + (C'_z - F_z)^2$$

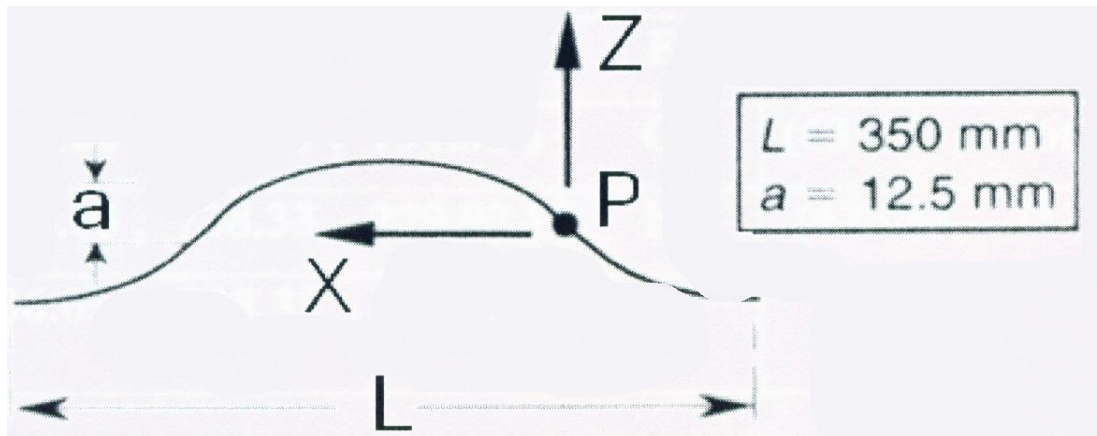
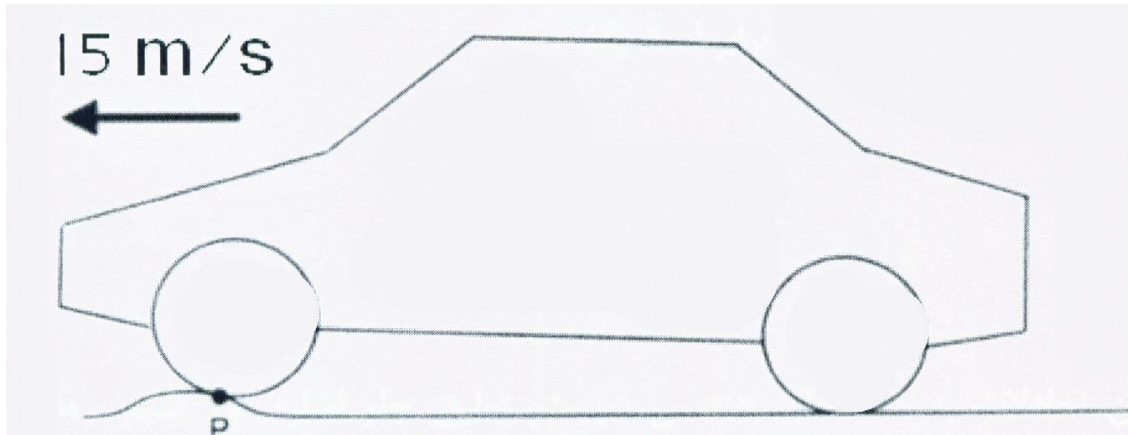
آنالیز سرعت

نقطه ی شروع انجام این آنالیز یافتن شرایط مرزی است (ورودی جاده در نقطه ی سطح تماس جاده و تایلر با برجستگی جاده)

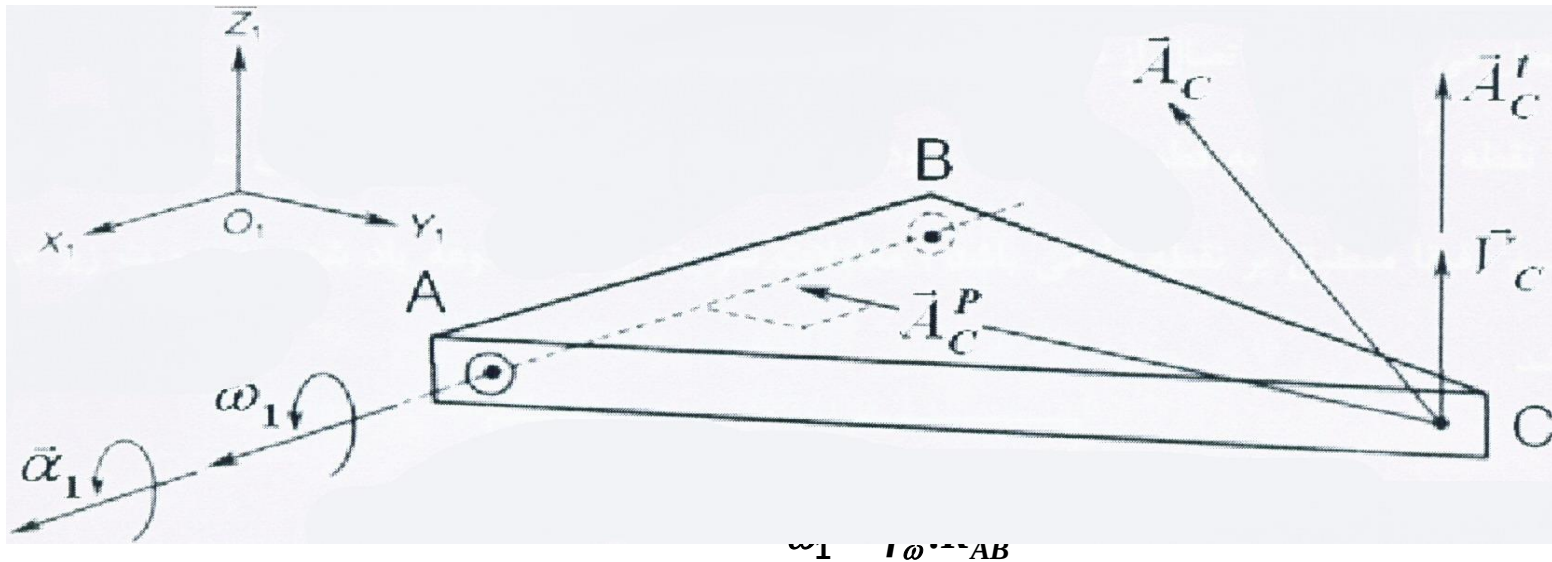
هدف

یافتن سرعت زاویه ای لینک ها و قطعات به کار رفته در سیستم تعلیق مذکور در حین برخورد تایلر با ناهمواری

روش آنالیز سرعت



$$V_{PZ} = 3366 \text{ mm/s}$$



$$\vec{V}_{EC} = \vec{V}_E - \vec{V}_C$$

$$\vec{V}_C = \vec{V}_{CA} = \omega_1 * \vec{R}_{CA} \quad ,$$

$$\text{Eq1: } 655.29 \omega_{2y} + 122.26 \omega_{2z} - 4448.94 f\omega + 7.14 fsl=0$$

$$\text{Eq2: } 655.29 \omega_{2x} - 35.42 \omega_{2z} - 8903.18 f\omega + 10.21 fsl=0$$

$$\text{Eq3: } 122.26 \omega_{2x} + 35.42 \omega_{2y} - 90118.3 f\omega - 259.71 fsl=0$$

$$\text{Eq4: } 552.89 \omega_{2y} + 98.24 \omega_{2z} - 22.53 \omega_{3y} - 353.61 \omega_{3y} + 7.14 fsl=0$$

$$\text{Eq5: } 552.89 \omega_{2x} + 101.15 \omega_{2z} + 22.53 \omega_{3y} - 10.28 \omega_{3z} + 10.21 fsl=0$$

$$\text{Eq6: } 98.24 \omega_{2x} - 101.15 \omega_{2y} - 353.61 \omega_{3x} - 10.28 \omega_{3y} - 259.71 fsl=0$$

$$\text{Eq7: } 217.43 \omega_{2y} + 38.2 \omega_{2z} + 4448.94 f\omega + VP_x = 0$$

$$\text{Eq8: } 217.43 \omega_{2x} + 6.83 \omega_{2z} + 8903.18 f\omega + VP_y = 0$$

$$\text{Eq9: } 38.2 \omega_{2x} - 6.83 \omega_{2y} + 90118.31 f\omega = 3366$$

$$\text{Eq10: } 10.28 \omega_{3x} + 353.61 \omega_{3y} - 22.53 \omega_{3z} = 0$$

$$\begin{bmatrix}
 0 & 655.29 & 122.26 & 0 & 0 & 0 & -4448.94 & 7.14 & 0 & 0 \\
 655.29 & 0 & -35.42 & 0 & 0 & 0 & -8903.18 & 10.21 & 0 & 0 \\
 122.26 & 35.24 & 0 & 0 & 0 & 0 & -90118.31 & -259.71 & 0 & 0 \\
 0 & 552.89 & 98.24 & 0 & -22.53 & -353.61 & 0 & 7.14 & 0 & 0 \\
 552.89 & 0 & 101.15 & 22.53 & 0 & -10.28 & 0 & 10.21 & 0 & 0 \\
 98.24 & -101.15 & 0 & -353.16 & 10.28 & 0 & 0 & -259.71 & 0 & 0 \\
 0 & 217.43 & 38.2 & 0 & 0 & 0 & 4448.94 & 0 & 1 & 0 \\
 217.43 & 0 & 6.83 & 0 & 0 & 0 & 8903.18 & 0 & 0 & -1 \\
 38.2 & -6.83 & 0 & 0 & 0 & 0 & 90118.31 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 10.28 & 353.61 & -22.53 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \omega_{2x} \\ \omega_{2y} \\ \omega_{2z} \\ \omega_{3x} \\ \omega_{3y} \\ \omega_{3z} \\ f_{\omega} \\ f_s \\ V_{Px} \\ V_{Py} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 3366 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Point	C	E	G
$\vec{V}$	$\begin{bmatrix} -165.55 \\ 331.31 \\ 3353.5 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -186.5 \\ 29.91 \\ 3266.75 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -142.91 \\ -199.35 \\ 3198.81 \end{bmatrix}$

آنالیز شتاب

$$\begin{bmatrix}
 0 & -655.29 & -122.26 & 0 & 0 & 0 & 4448.94 & -7.14 & 0 & 0 \\
 655.29 & 0 & -35.24 & 0 & 0 & 0 & -8903.18 & 10.21 & 0 & 0 \\
 122.26 & 35.42 & 0 & 0 & 0 & 0 & -90118.31 & -259.71 & 0 & 0 \\
 0 & -522.89 & -98.24 & 0 & 22.53 & 353.61 & 0 & -7.14 & 0 & 0 \\
 552.89 & 0 & 101.15 & -22.53 & 0 & -10.28 & 0 & 10.21 & 0 & 0 \\
 98.24 & -101.15 & 0 & -353.16 & 10.28 & 0 & 0 & -259.71 & 0 & 0 \\
 0 & -217.43 & -38.2 & 0 & 0 & 0 & -4448.94 & 0 & -1 & 0 \\
 217.43 & 0 & 6.83 & 0 & 0 & 0 & 8903.18 & 0 & 0 & -1 \\
 38.2 & -6.83 & 0 & 0 & 0 & 0 & 90118.31 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 10.28 & 353.61 & -22.53 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \alpha_{2x} \\ \alpha_{2y} \\ \alpha_{2z} \\ \alpha_{3x} \\ \alpha_{3y} \\ \alpha_{3z} \\ f_\alpha \\ A_s \\ A_{px} \\ A_{py} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7712.94 \\ -33091.45 \\ 3387.99 \\ -2070.7 \\ 2095.79 \\ 321.42 \\ -205.42 \\ 35885.97 \\ -3712.76 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$2x\alpha$ (rad/S ²)	$2y\alpha$ (rad/S ²)	$2z\alpha$ (rad/S ²)	$3x\alpha$ (rad/S ²)	$3y\alpha$ (rad/S ²)	$3z\alpha$ (rad/S ²)	αf	A_s	A_{Px} (mm/s ²)	A_{Py} (mm/s ²)
-37.799	-31.890	234.503	16.526	0.0871	8.908	-0.0275	-25.614	-1695.965	-42748.664

$$\text{Eq1: } F_{A21x} + F_{B21x} + F_{C23x} = 0.0157 \text{ (N)}$$

$$\text{Eq2: } F_{A21y} + F_{B21y} + F_{C23y} = -60.7885 \text{ (N)}$$

$$\text{Eq3: } F_{A21z} + F_{B21z} + F_{C23z} = 50.86 \text{ (N)}$$

$$\text{Eq4: } -99.95 F_{A21y2} + 53.08 F_{A21z2} - 102.93 F_{B21y2} - 56.08 F_{B21z2} + 202.9 F_{C23y2} + 2.75 F_{C23z2} = 232.5 \text{ (N.m)}$$

$$\text{Eq5: } -99.95 F_{A21x2} + 188.23 F_{A21z2} + 102.93 F_{B21x2} - 80.4 F_{B21z2} - 202.9 F_{C23x2} - 107.7 F_{C23z2} = -102 \text{ (N.m)}$$

$$\text{Eq6: } -53.08 F_{A21x2} - 188.23 F_{A21y2} + 56.08 F_{B21x2} + 80.4 F_{B21y2} - 2.75 F_{C23x2} + 107.7 F_{C23y2} = 342.5 \text{ (N.m)}$$

ماتریس انعطاف

اگر سیستم خطی فرض شود می توان از این ماتریس برای پیش بینی حرکات سیستم استفاده کرد:

$$\{\Delta X\} = [C].\{\Delta F\}$$

نرم افزار Adams Car

$$\begin{bmatrix} \Delta X_{LW} \\ \Delta Y_{LW} \\ \Delta Z_{LW} \\ \omega_{x,LW} \\ \omega_{y,LW} \\ \omega_{z,LW} \\ \Delta X_{RW} \\ \Delta Y_{RW} \\ \Delta Z_{RW} \\ \omega_{x,RW} \\ \omega_{y,RW} \\ \omega_{z,RW} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{1,1} & c_{1,2} & c_{1,3} & c_{1,4} & c_{1,5} & c_{1,6} & c_{1,7} & c_{1,8} & c_{1,9} & c_{1,10} & c_{1,11} & c_{1,12} \\ c_{2,1} & c_{2,2} & c_{2,3} & c_{2,4} & c_{2,5} & c_{2,6} & c_{2,7} & c_{2,8} & c_{2,9} & c_{2,10} & c_{2,11} & c_{2,12} \\ c_{3,1} & c_{3,2} & c_{3,3} & c_{3,4} & c_{3,5} & c_{3,6} & c_{3,7} & c_{3,8} & c_{3,9} & c_{3,10} & c_{3,11} & c_{3,12} \\ c_{4,1} & c_{4,2} & c_{4,3} & c_{4,4} & c_{4,5} & c_{4,6} & c_{4,7} & c_{4,8} & c_{4,9} & c_{4,10} & c_{4,11} & c_{4,12} \\ c_{5,1} & c_{5,2} & c_{5,3} & c_{5,4} & c_{5,5} & c_{5,6} & c_{5,7} & c_{5,8} & c_{5,9} & c_{5,10} & c_{5,11} & c_{5,12} \\ c_{6,1} & c_{6,2} & c_{6,3} & c_{6,4} & c_{6,5} & c_{6,6} & c_{6,7} & c_{6,8} & c_{6,9} & c_{6,10} & c_{6,11} & c_{6,12} \\ c_{7,1} & c_{7,2} & c_{7,3} & c_{7,4} & c_{7,5} & c_{7,6} & c_{7,7} & c_{7,8} & c_{7,9} & c_{7,10} & c_{7,11} & c_{7,12} \\ c_{8,1} & c_{8,2} & c_{8,3} & c_{8,4} & c_{8,5} & c_{8,6} & c_{8,7} & c_{8,8} & c_{8,9} & c_{8,10} & c_{8,11} & c_{8,12} \\ c_{9,1} & c_{9,2} & c_{9,3} & c_{9,4} & c_{9,5} & c_{9,6} & c_{9,7} & c_{9,8} & c_{9,9} & c_{9,10} & c_{9,11} & c_{9,12} \\ c_{10,1} & c_{10,2} & c_{10,3} & c_{10,4} & c_{10,5} & c_{10,6} & c_{10,7} & c_{10,8} & c_{10,9} & c_{10,10} & c_{10,11} & c_{10,12} \\ c_{11,1} & c_{11,2} & c_{11,3} & c_{11,4} & c_{11,5} & c_{11,6} & c_{11,7} & c_{11,8} & c_{11,9} & c_{11,10} & c_{11,11} & c_{11,12} \\ c_{12,1} & c_{12,2} & c_{12,3} & c_{12,4} & c_{12,5} & c_{12,6} & c_{12,7} & c_{12,8} & c_{12,9} & c_{12,10} & c_{12,11} & c_{12,12} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} F_{x,Lw} \\ F_{y,Lw} \\ F_{z,Lw} \\ T_{x,Lw} \\ T_{y,Lw} \\ T_{z,Lw} \\ F_{x,Rw} \\ F_{y,Rw} \\ F_{z,Rw} \\ T_{x,Rw} \\ T_{y,Rw} \\ T_{z,Rw} \end{bmatrix}$$

سینماتیک و الاستوسینماتیک

- سینماتیک، نحوه ی حرکت چرخ ها در حین جابجایی عمودی تعلیق خودرو می باشد که به هندسه ی چرخ و یا هندسه تعلیق- فرمان نیز مشهور می باشد
- الاستوسینماتیک به چگونگی حرکت و تغییر مکان چرخ ها تحت اثر نیروها و گشتاورهای ورودی در محل سطح تماس تایر و جاده اطلاق می شود

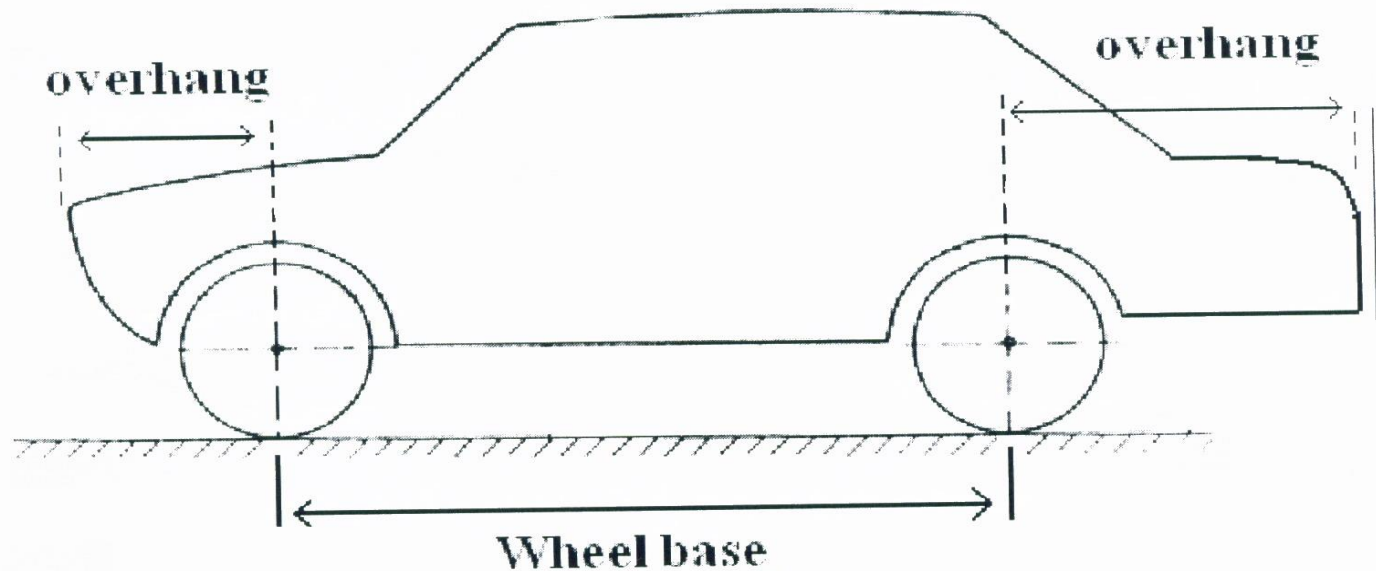
هدف از تنظیمات اکسل

به منظور تضمین قابلیت حمل بار و پایداری خودرو و همچنین ممانعت از سایش بیش از حد تایرها، کارخانجات سازنده ی خودرو، اندازه ها و مقادیری را تحت عنوان تolerانس های مجاز برای زوایای چرخ ها و تنظیمات اکسل های جلو و عقب ارایه می کنند.

تنظیمات مربوط به اکسل ها به مقدار بار و نحوه ی توزیع آن بستگی دارد. اما در استانداردهای مربوطه این تنظیمات در وزن خالص خودرو ارایه شده اند (بر اساس استاندارد DIN 70 020).

Wheel base

به فاصله ی میان مرکز اکسل جلو تا مرکز عقب اطلاق می شود

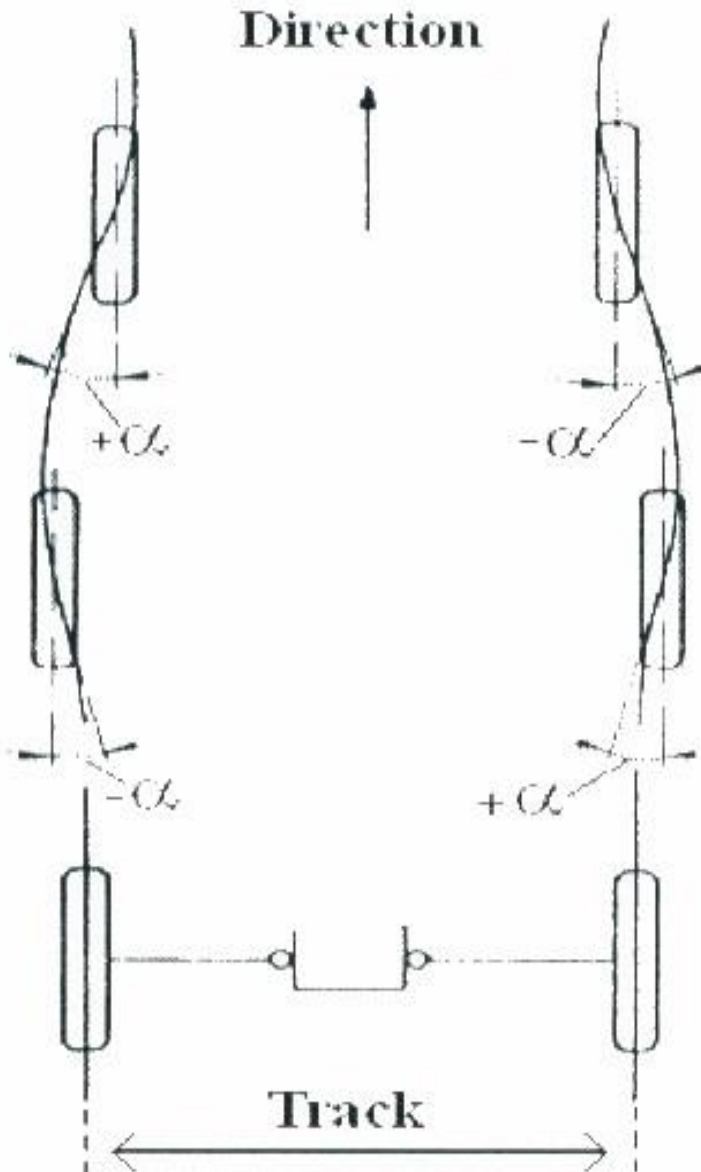


اندازه ی Wheel Base

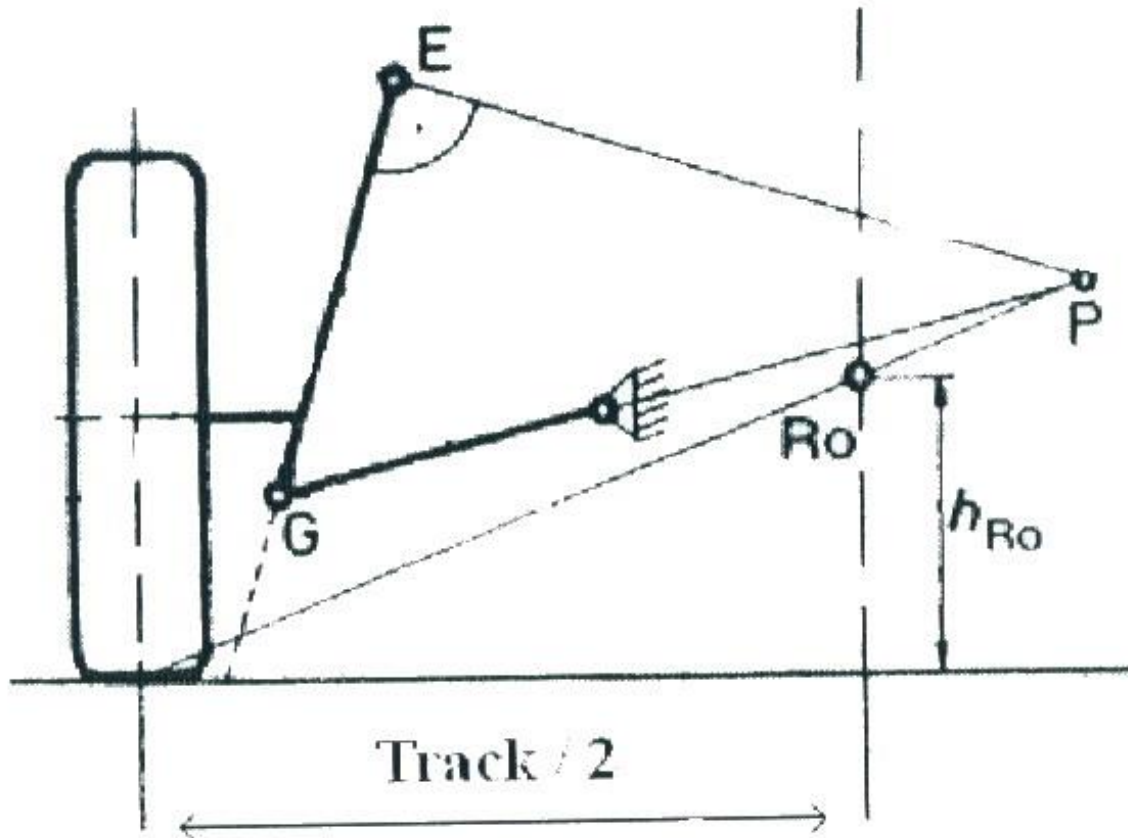
- استفاده از یک Wheel base بزرگتر نسبت به طول کلی خودرو امکان مکان دهی مناسب و راحت سرنشینان را بین اکسل جلو و عقب فراهم می سازد.
- دور زدن برای خودروهای با Wheel base کوتاهتر راحت تر می باشد و دور زدن با شعاع چرخش کمتر میسر می گردد.
- اندازه ی Wheel base عموماً بین ۲۱۶۰ mm تا ۳۰۴۰ mm متغیر است.
- مقدار پارامتر مذکور در خودروی سمند برابر است با ۲۶۶۷mm

ترک

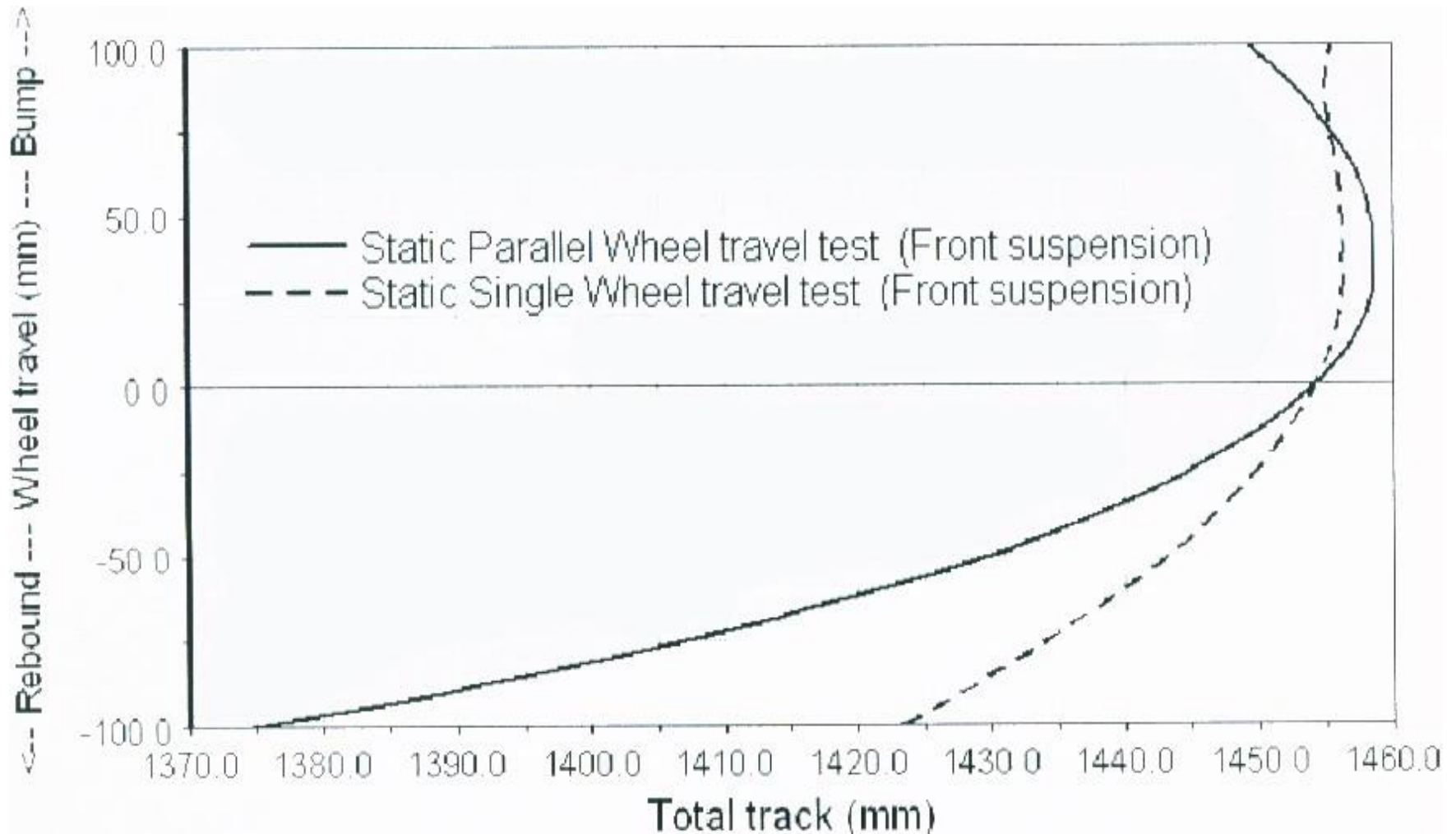
- فاصله ی میان مرکز سطح تماس تایرهای راست و چپ با سطح جاده، به ترک موسوم است



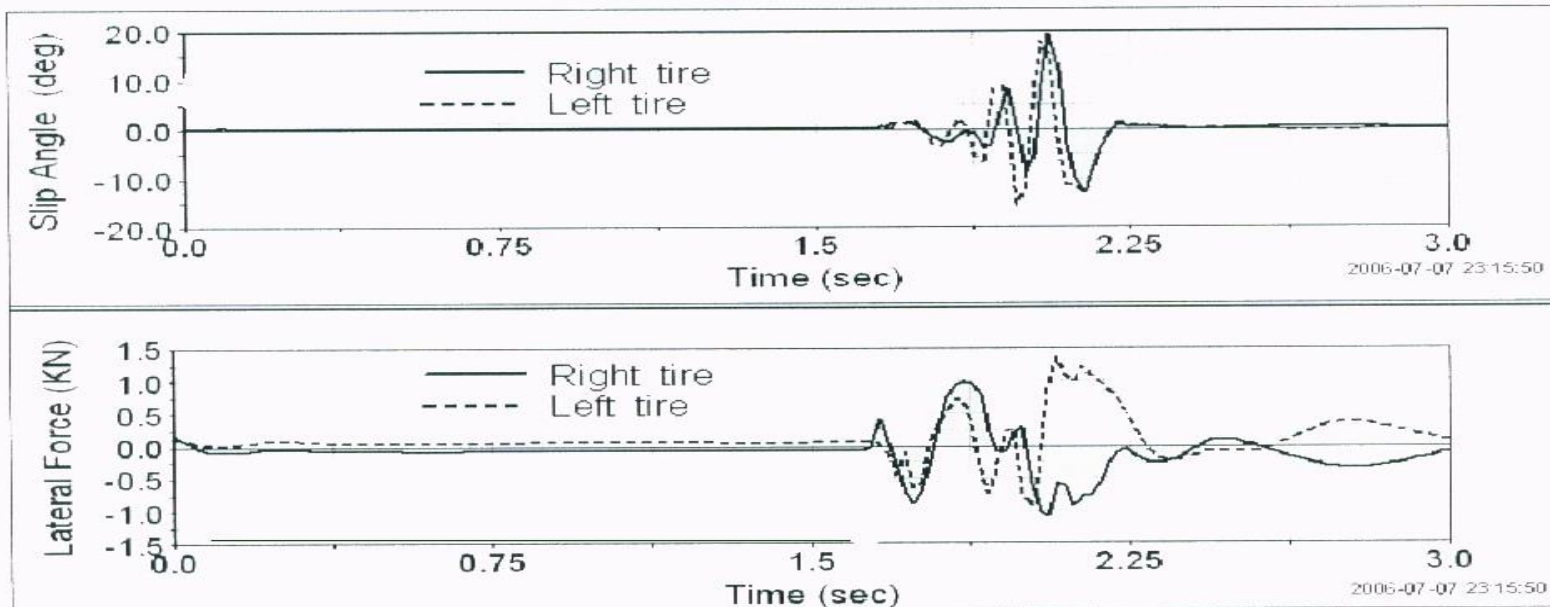
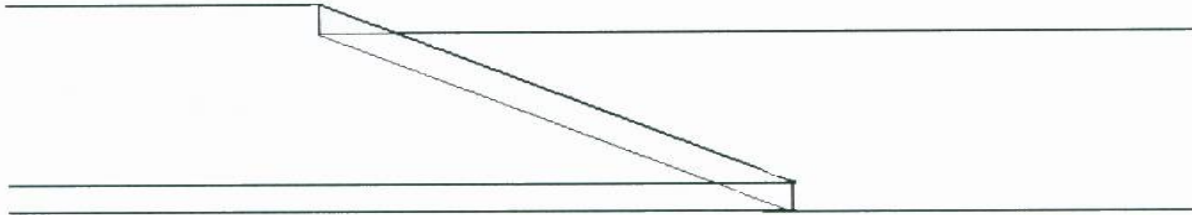
تغییرات ترک بر حسب تغییرات بار خودرو

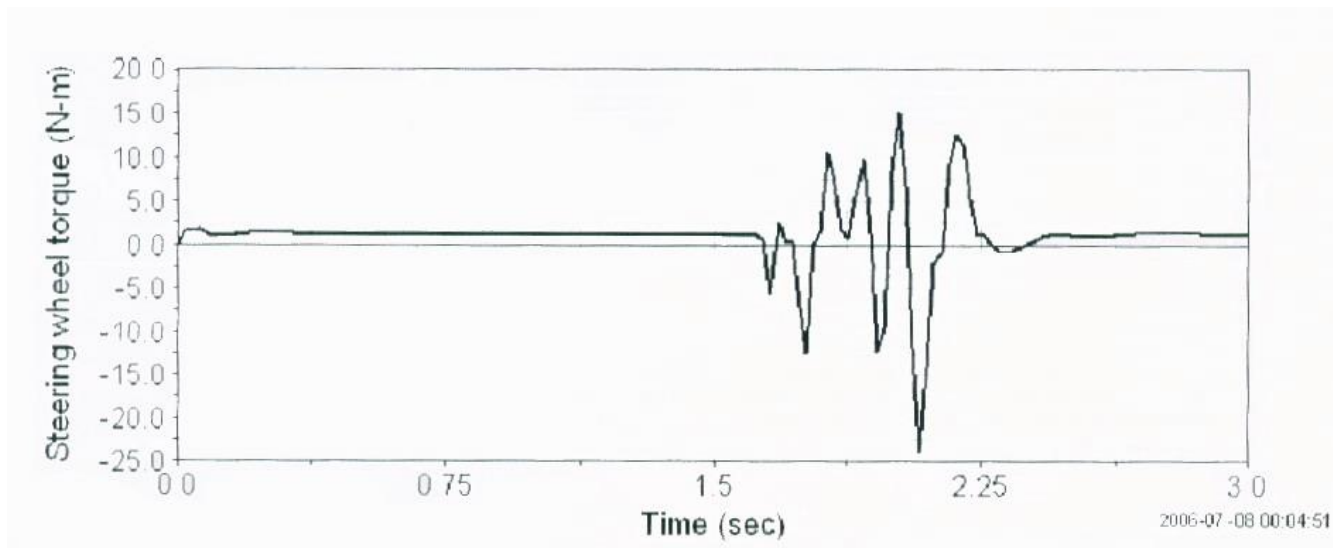
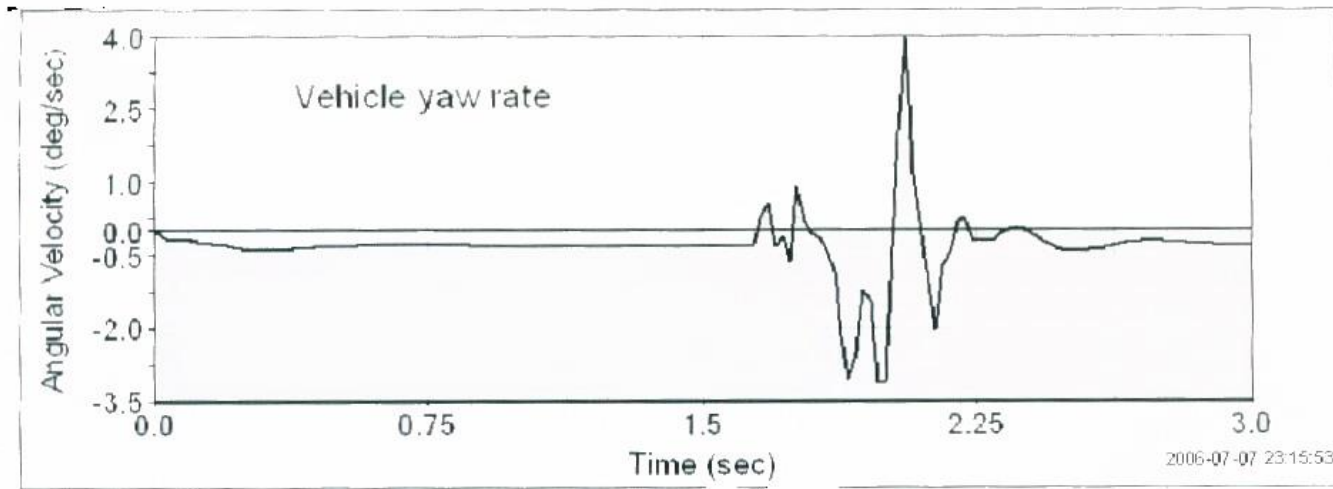


تغییرات ترک در سیستم تعلیق جلوی خودروی سمند

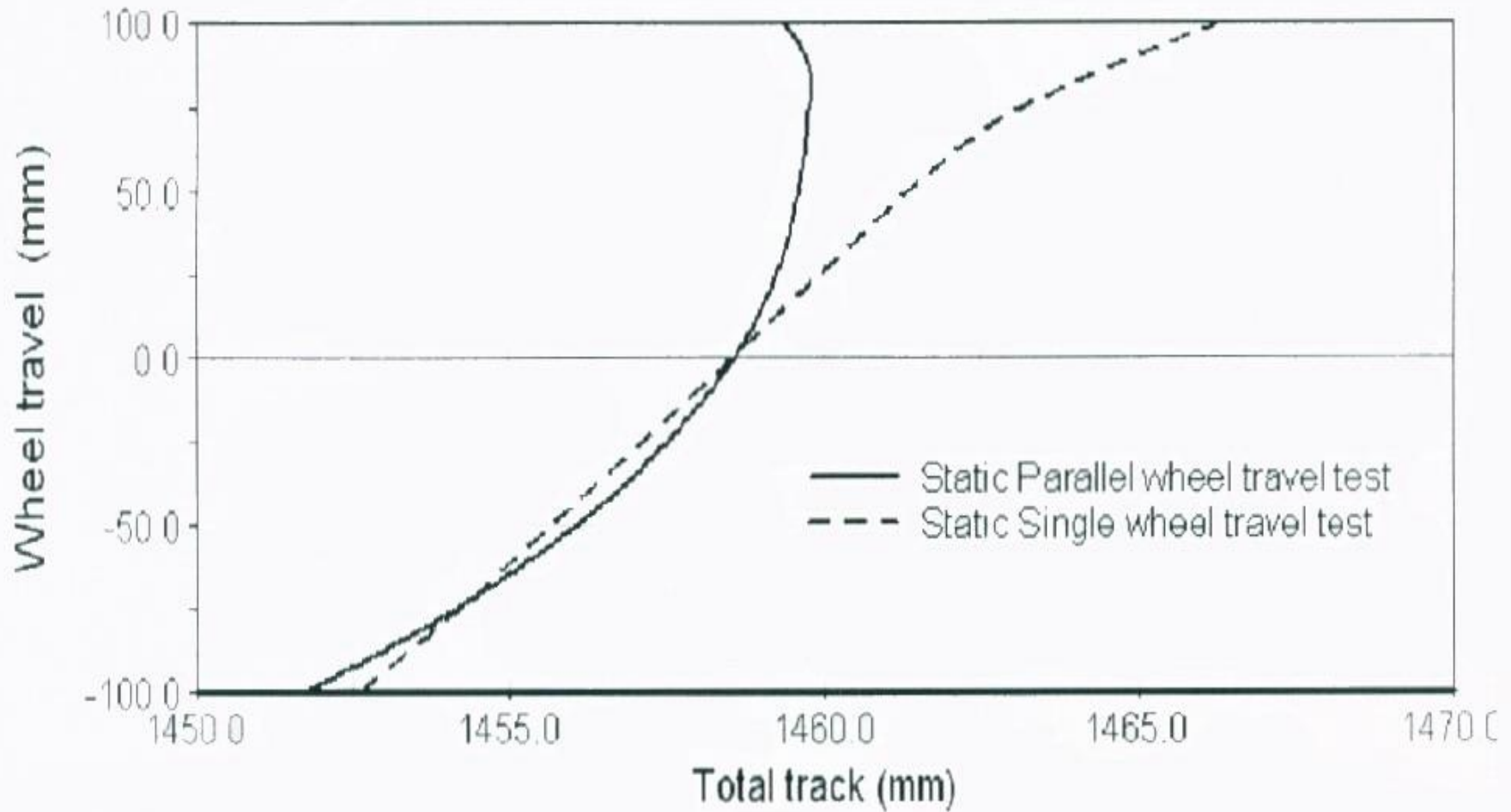


نشان دادن تاثیرات تغییرات ترک در تولید نیروهای جانبی





تغییرات ترک در سیستم تعلیق عقب خودروی سمند



مرکز غلتش و محور غلتش

- مرکز غلتش نقطه ای است که بر روی خطی که عمود بر سطح زمین بوده و از اکسل عبور می کند، قرار دارد و هنگامی که نیروی جانبی (نیروی گریز از مرکز در حین دور زدن) به خودرو اعمال می شود، بدنه حول این نقطه شروع به چرخش می کند.
- خطی که مرکز غلتش سیستم های تعلیق جلو و عقب را به هم وصل می کند محور غلتش نام دارد.



مزایا و معایب تغییر ارتفاع در خودروی سمند

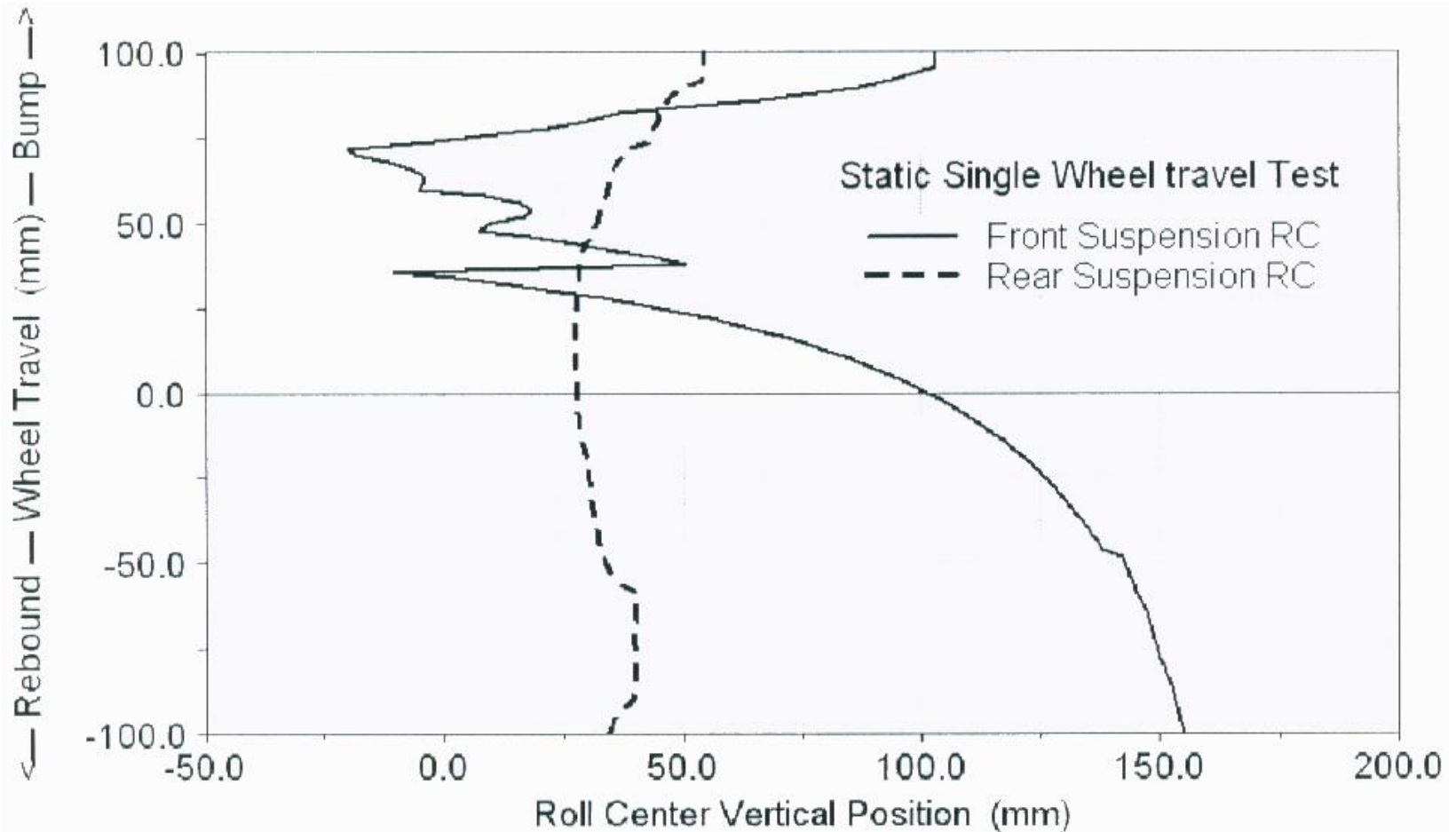
مزایا

- مقدار گشتاور غلتشی تولید شده کاهش می یابد

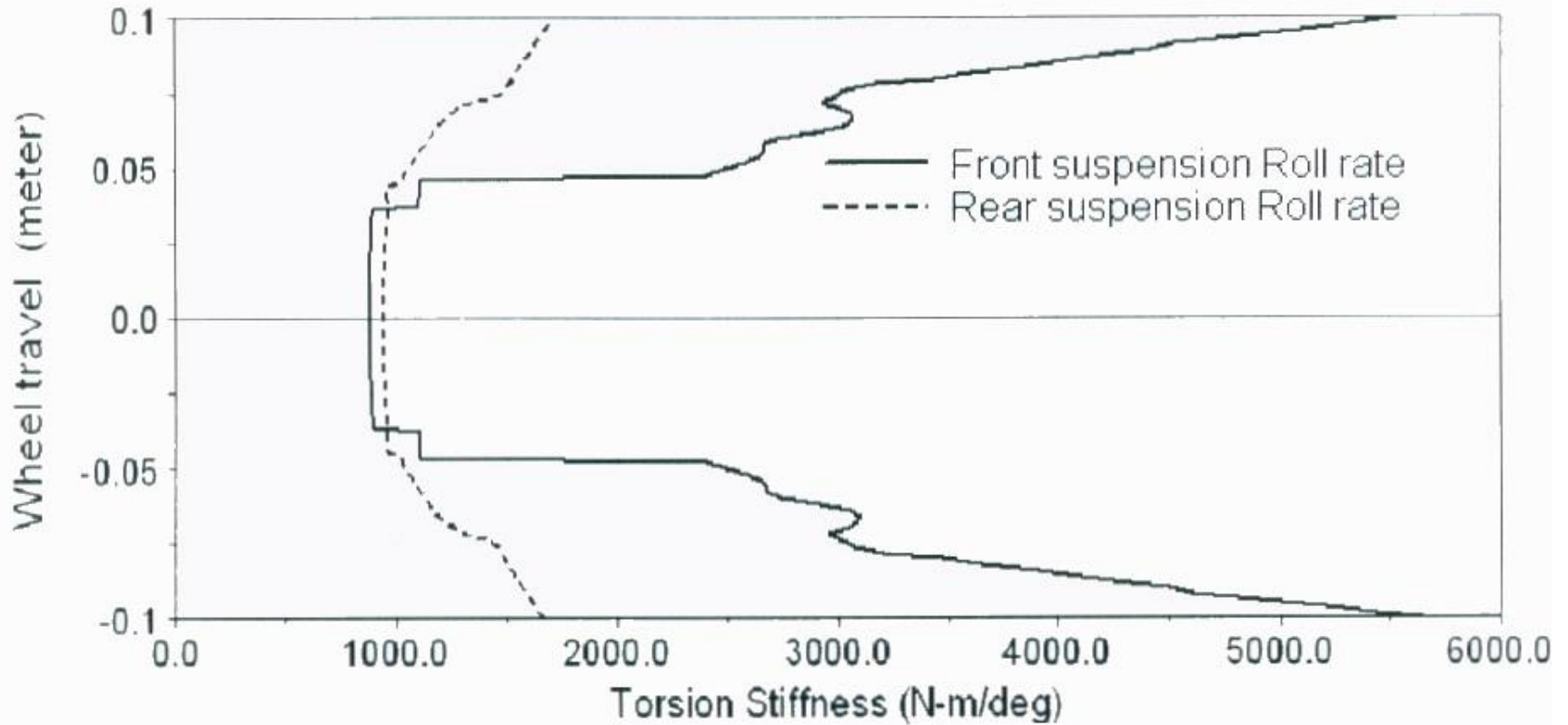
معایب

- تغییرات ترک در هنگام جابجایی افزایش می یابد.
- زاویه ی کمبر چرخ های جلو در هنگام جابجایی افزایش می یابد

نحوه تغییرات ارتفاع مرکز غلتش

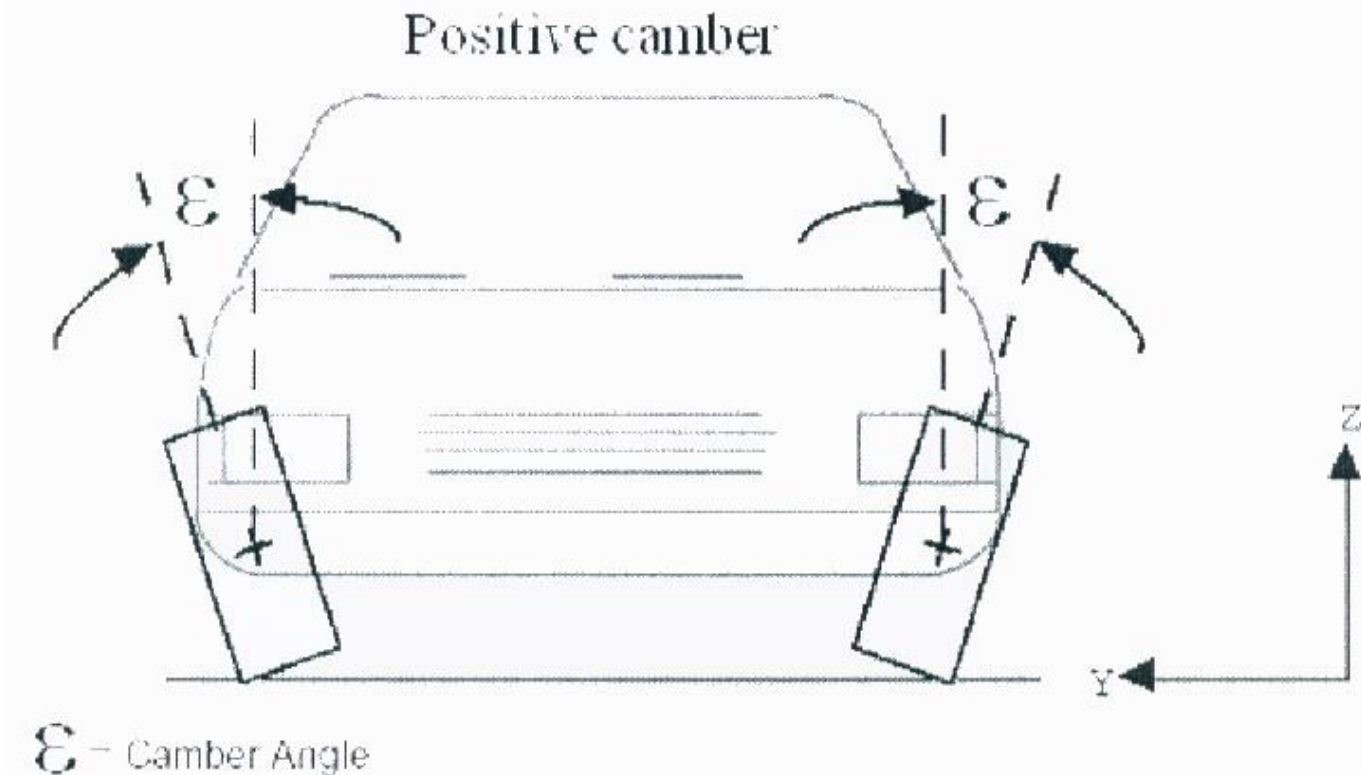


نمودار تغییرات مقاومت غلتشی تعلیق جلو و عقب

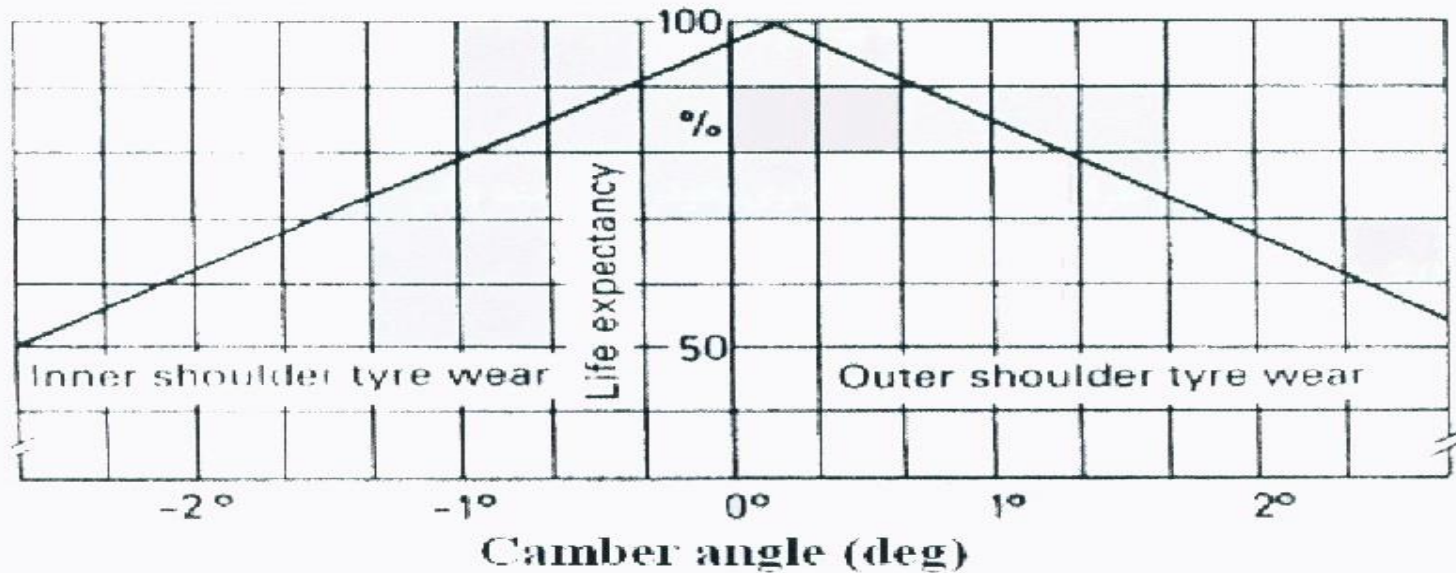


زاویه کمبر

- زاویه کمبر به زاویه میان صفحه میانی چرخ و صفحه عمود بر سطح جاده (از نمای جلو) اطلاق می شود



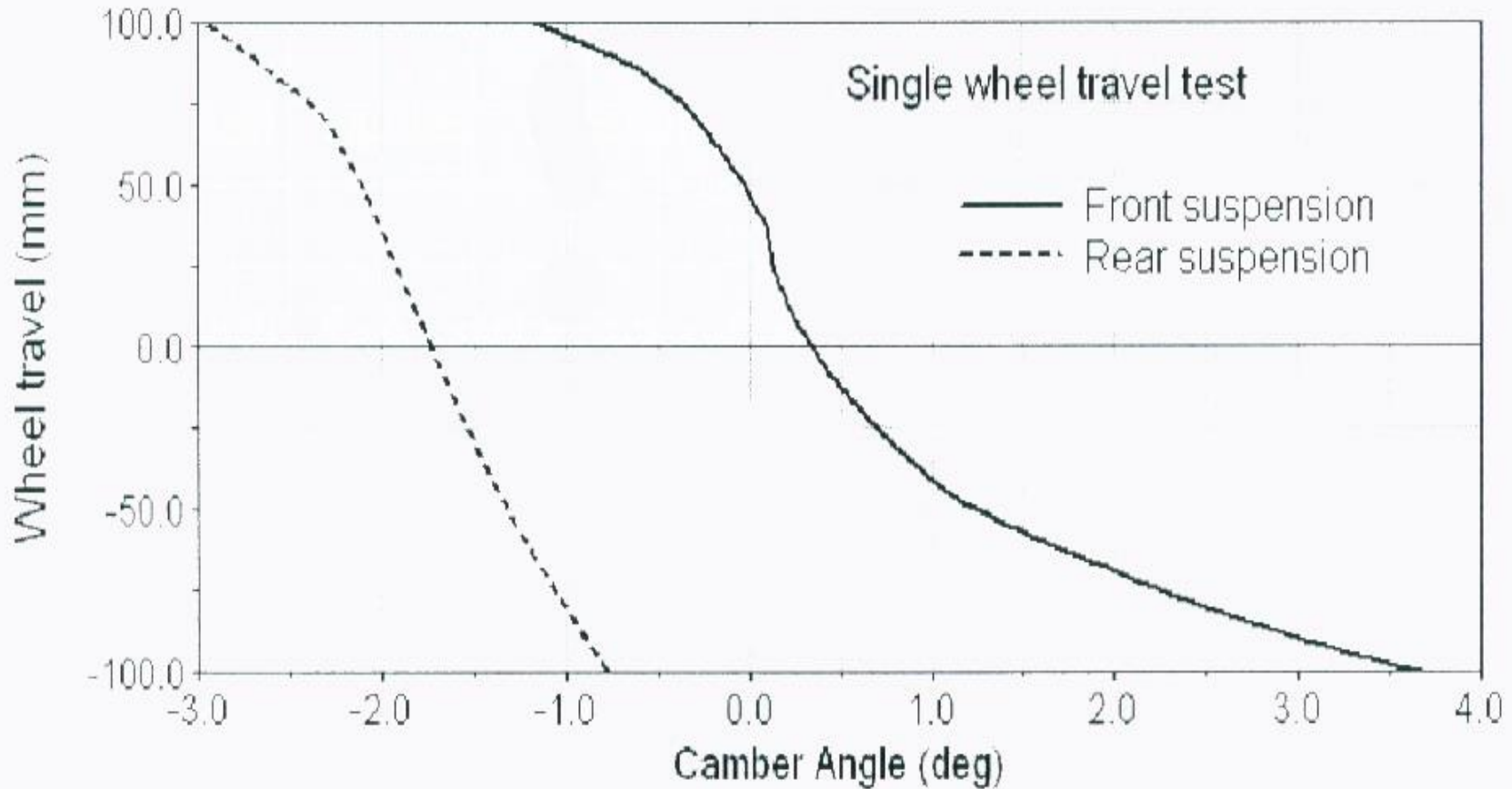
مقادیر زوایای کمبر در خودروی سمند



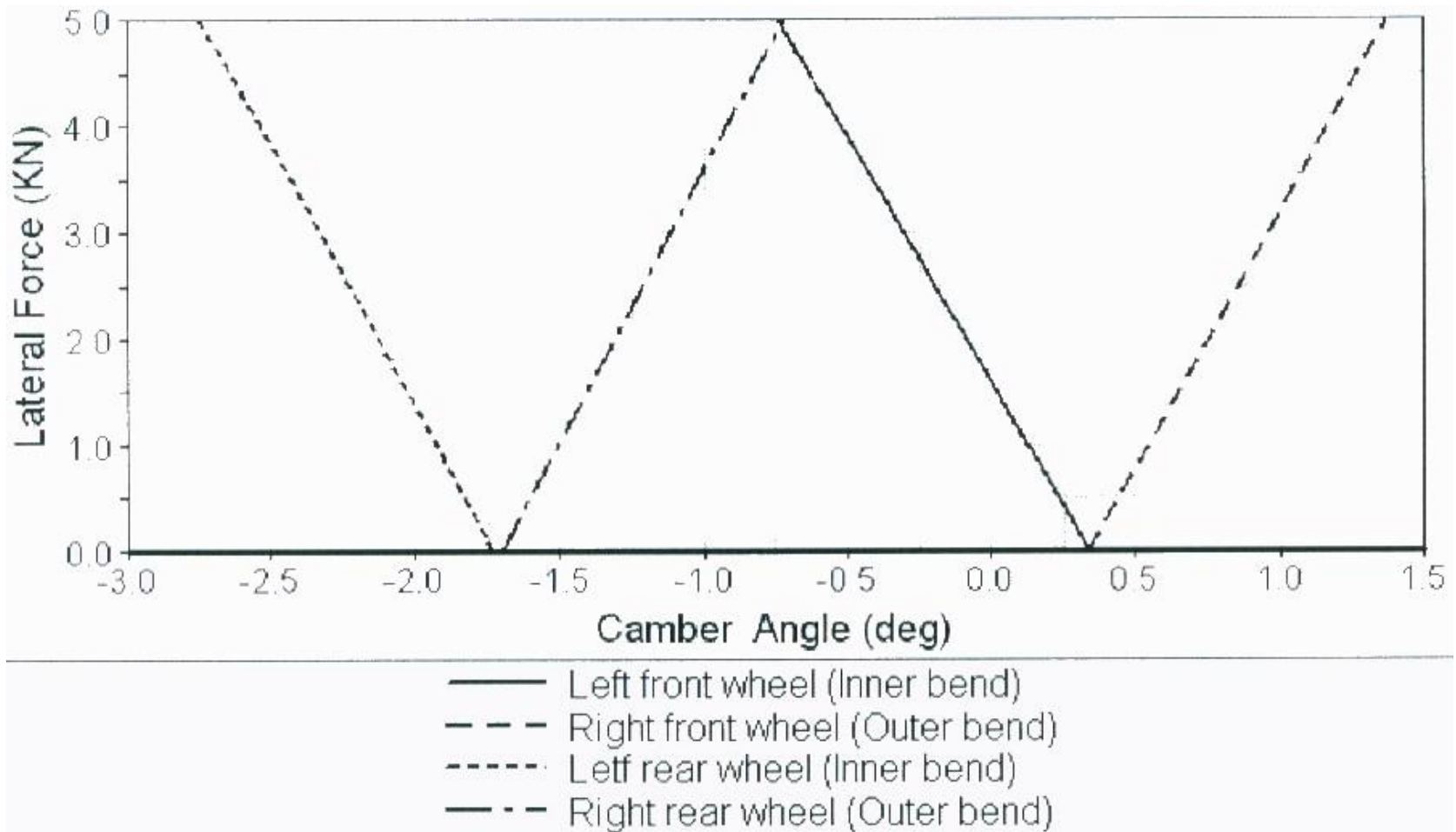
مقدار زاویه کمبر در وزن طراحی برای تعلیق جلوی خودروی سمند برابر $0 \pm 30'$ و برای

تعلیق عقب برابر $1.2^0 \pm 30'$ می باشد.

تغییرات زاویه کمبر بر حسب جابجایی عمودی چرخها برای تعلیق جلو و عقب خودروی سمند

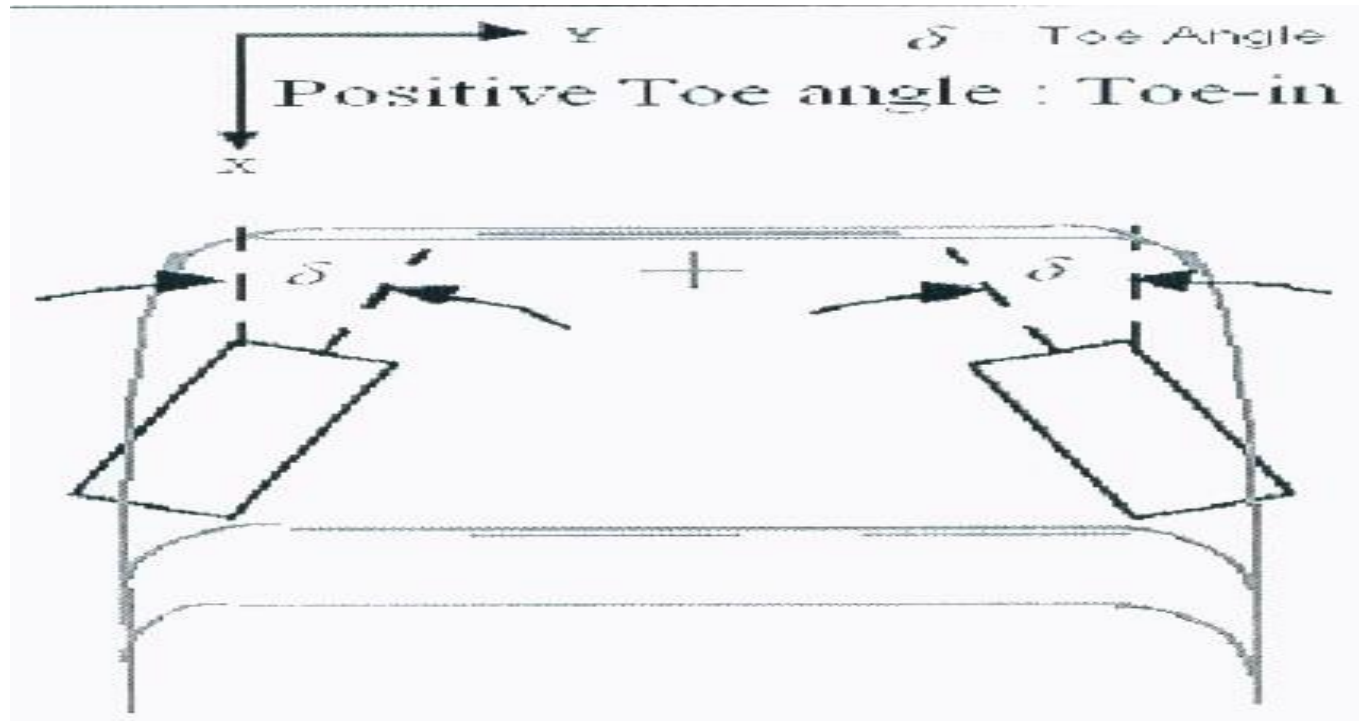


تغییرات زاویه کمبر تحت اثر نیروهای جانبی

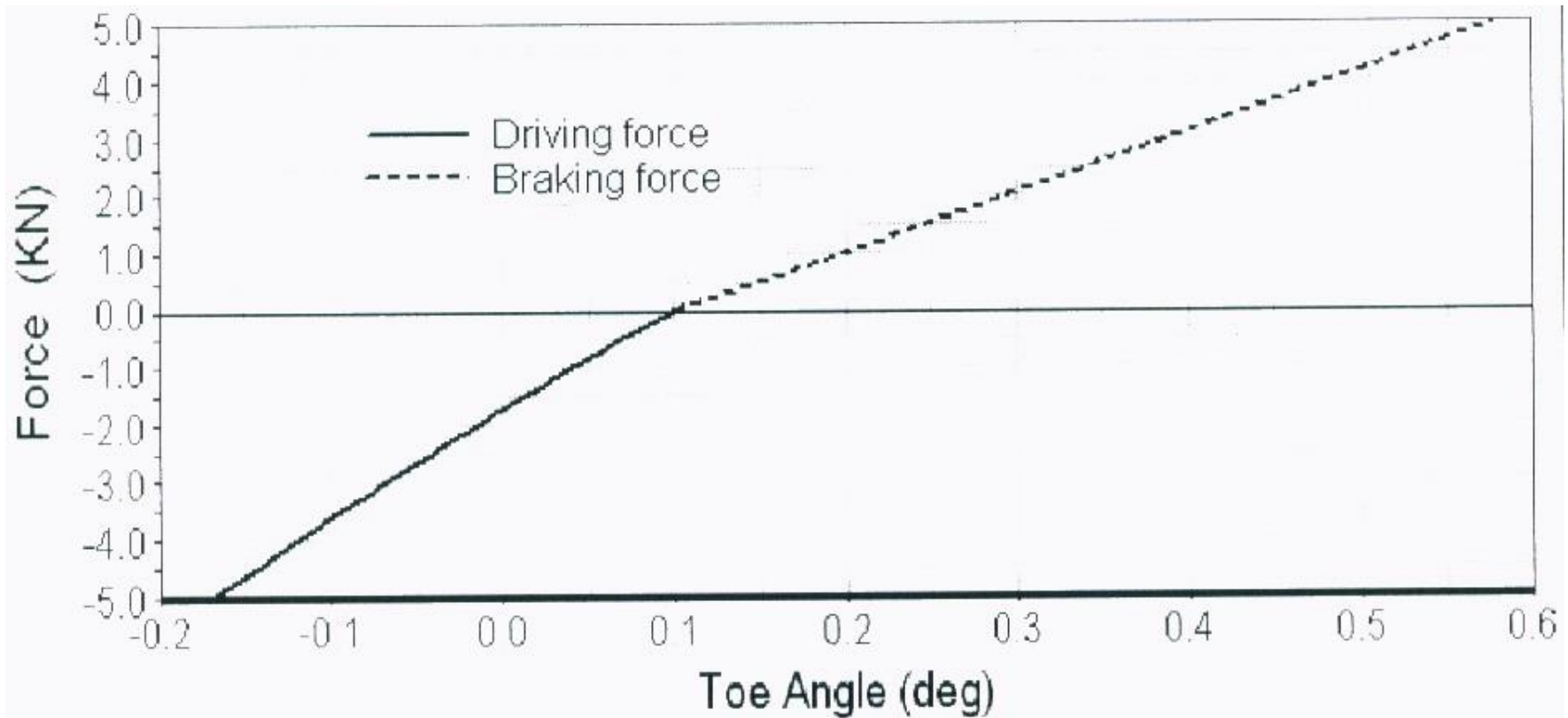


زاویه توء

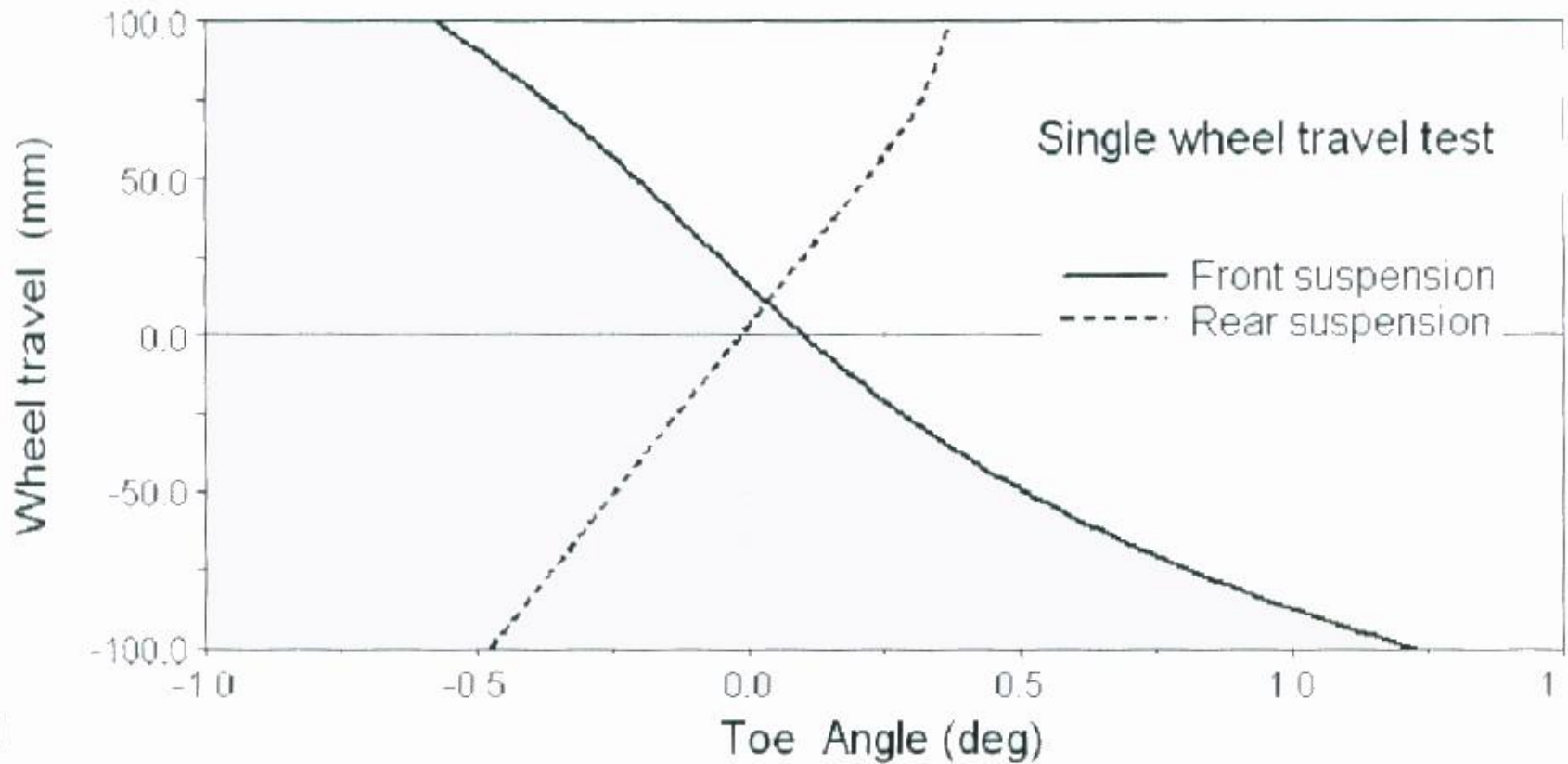
به زاویه میان صفحه مرکزی خودرو در جهت طولی و صفحه مرکزی چرخ چپ یا راست، زاویه توء اطلاق می شود .



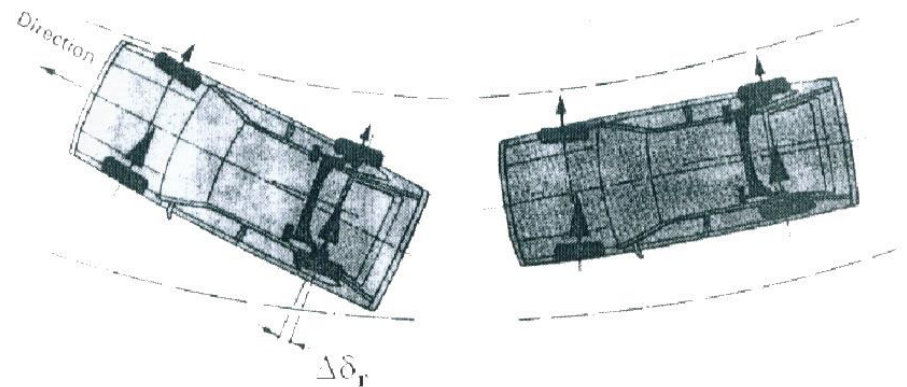
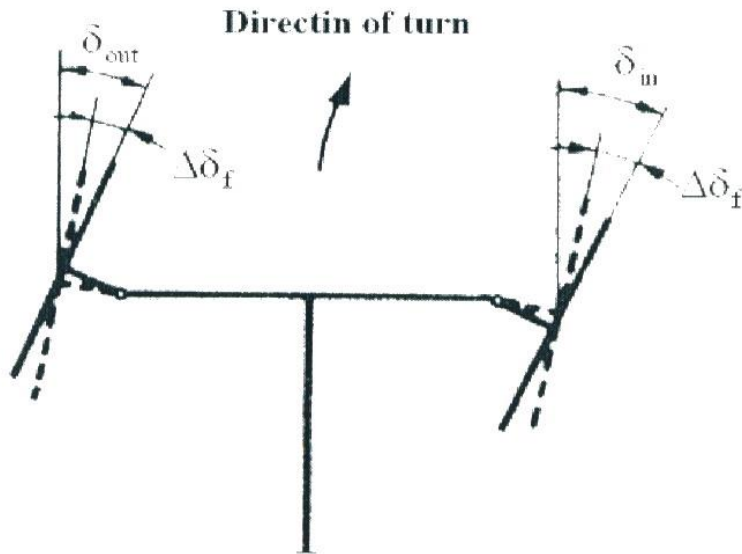
تغیرات زاویه توء در چرخهای جلوی خودروی سمند بر حسب نیروهای ترمزی و نیروهای محرک



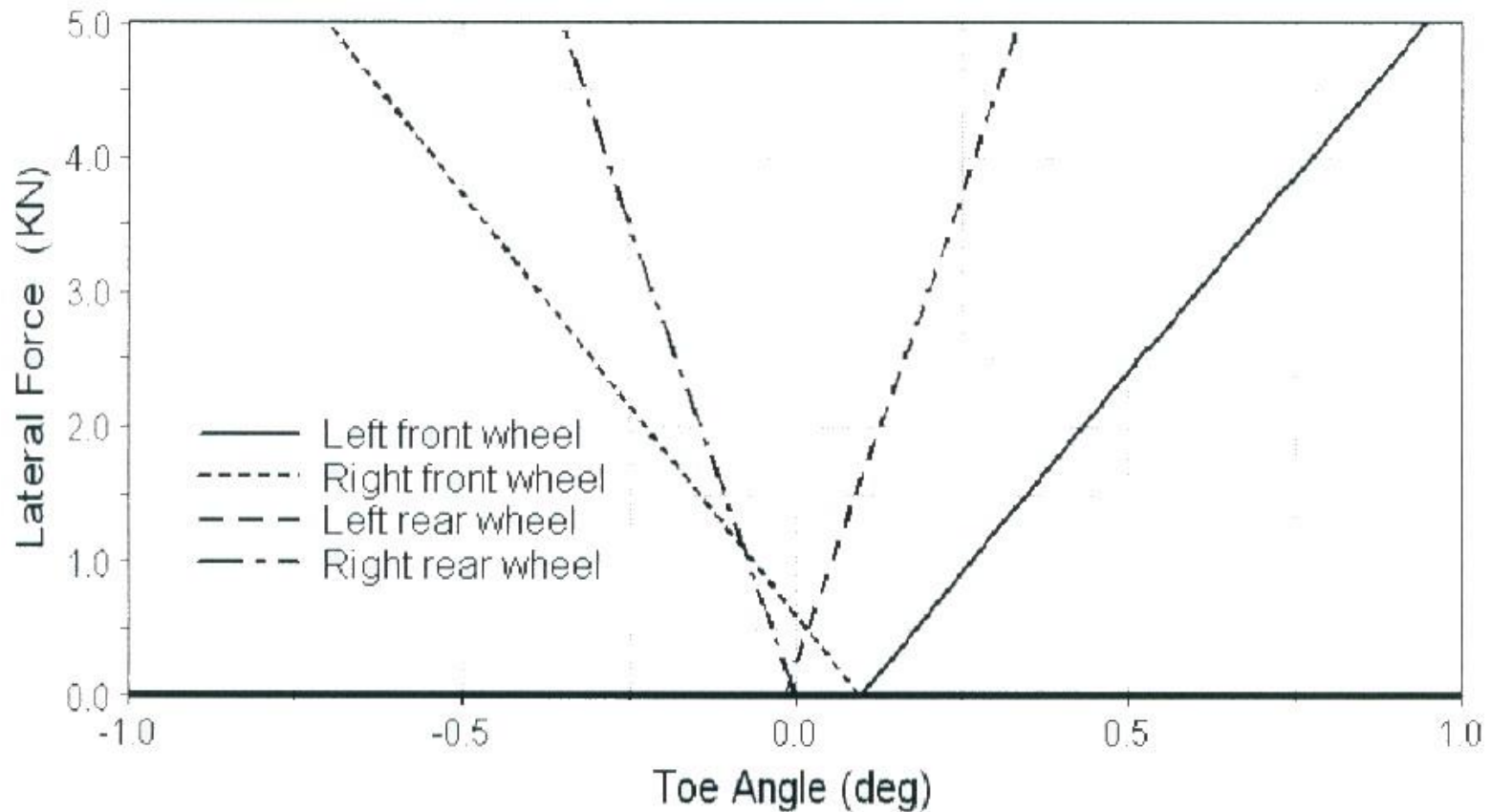
تغییرات زاویه توء بر حسب جابجایی عمودی یکی از چرخهای جلو و عقب خودروی سمند



تغییرات زاویه توء در حین دور زدن

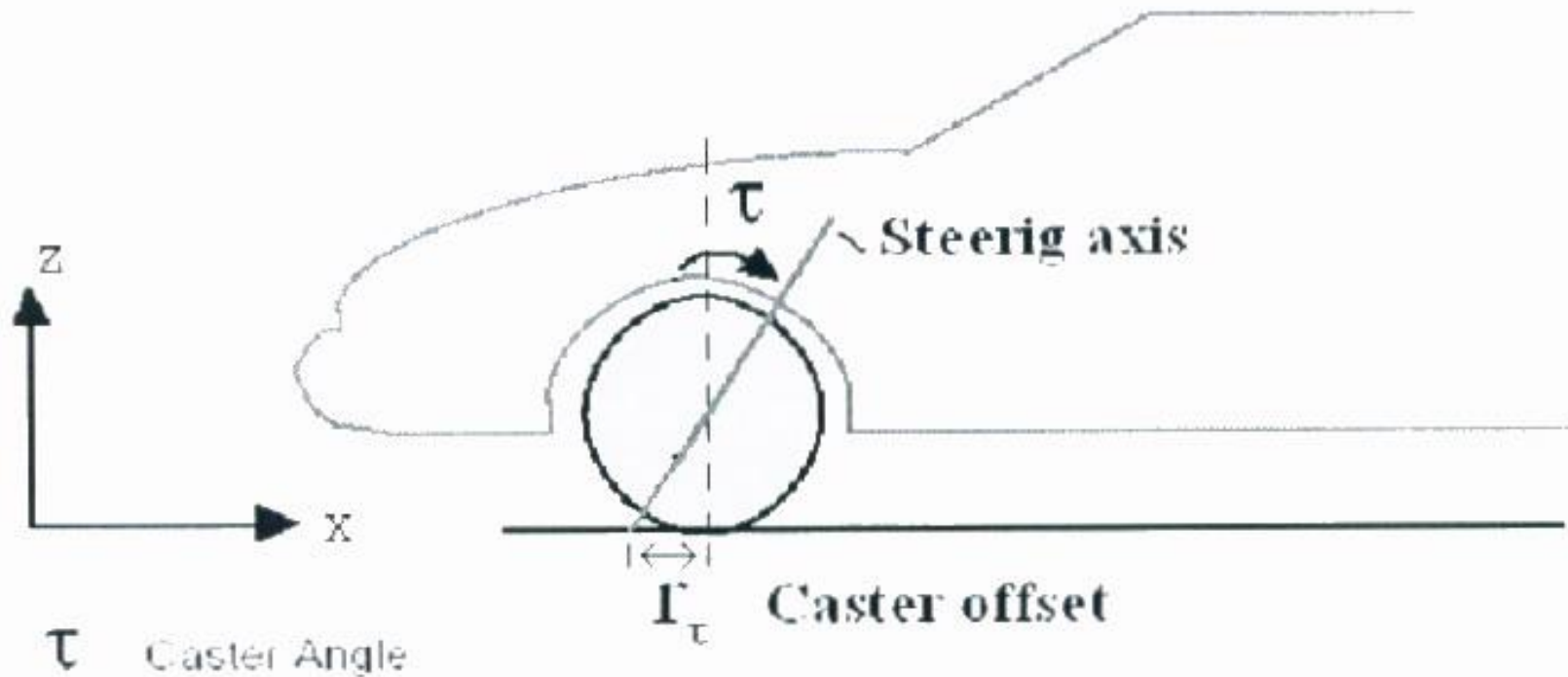


تغییرات زاویه توء تحت نیروهای جانبی



زاویه کستر

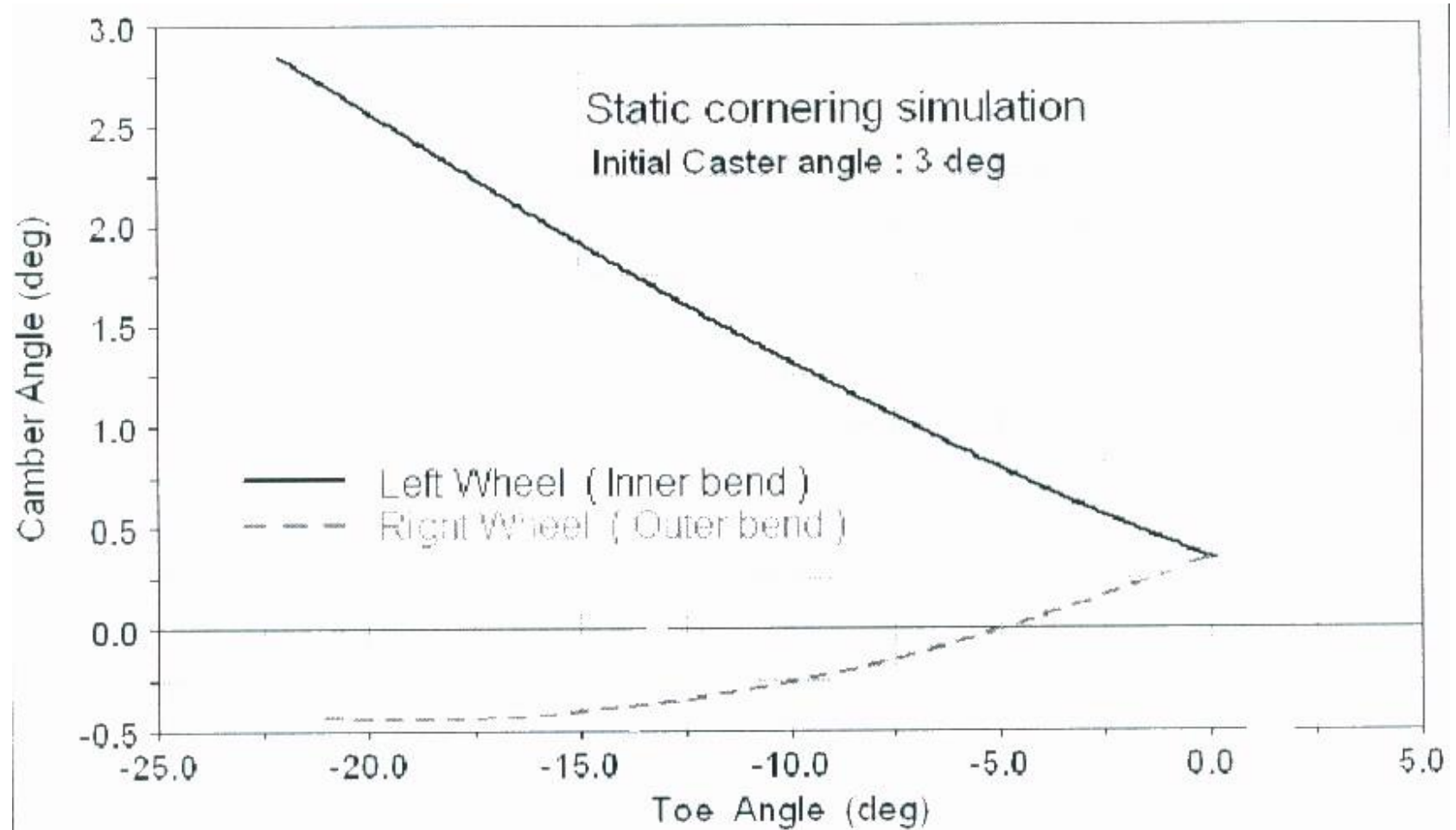
- زاویه کستر، برابر است با زاویه میان محور فرمان و صفحه عمود بر جاده در نمای جانبی خودرو



مهمترین تأثیرات وجود زاویه کستر بر عملکرد خودرو

- ایجاد گشتاور باز گرداننده بر روی چرخها
- دخالت در مقدار و نحوه تغییرات زاویه کمبر در حین دور زدن خودرو

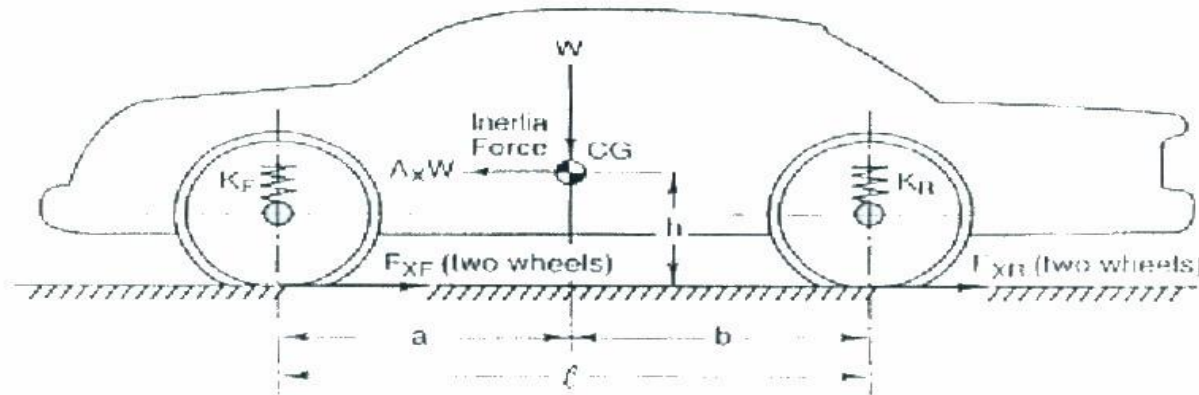
تغییرات زاویه کمبر بر حسب زاویه توء برای تعلیق جلو



بررسی خواص ضد شیرجه

- ترمزگیری بدون لغزش
- ترمزگیری هنگامی که کلیه چرخها بر روی سطح جاده بلغزند

ترمز گیری بدون لغزش



$$\frac{A_x h}{l} \left(\frac{d_f}{b} + \frac{d_r}{a} \right)$$

- به منظور کاستن انتقال جرم از عقب به جلو در حین ترمز گیری هیچ راه حلی به غیر از کاستن نسبت h/l وجود ندارد، اما مقدار زاویه شیرجه زنی و انتقال بار بر روی فنرها را می توان از طریق طراحی مناسب لینک ها و زاویه بندی آنها کاهش داد و به عبارتی از اثر بازوی شعاعی بهره برد .

شیه سازی شیرجه زنی

۵	مدت کل شیه سازی (S)
۳	مدت زمان ترمز گیری (S)
۱ (g)	شتاب ترمز گیری
۸۰	سرعت اولیه (Km/h)
ثابت	وضعیت فرمان



نتیجه گیری

در مورد ترک

- تغییرات ترک در سیستم تعلیق جلوی خودروی سمند به علت ویژگیهای هندسی و سینماتیکی ذاتی آن مطلوب نمی باشد و در تعلیق عقب، تغییرات پارامتر مذکور مطلوب تر می باشد. چه در تعلیق جلو و چه در تعلیق عقب، در هنگام بالا رفتن چرخها رفتار غیر خطی محسوسی دیده می شود که این امر در تعلیق جلو مشهود تر است .

• در مورد مرکز غلتش

- به علت ویژگیهای هندسی و سینماتیکی تعلیق جلو، استفاده از یک مرکز غلتش مرتفع و نزدیک به مرکز جرم مصادف است با تغییرات نامطلوب و زیاد ترک و زاویه کمبر چرخها، لذا برای حل این معضل، در تعلیق جلو مرکز غلتش را در یک ارتفاع مشخصی که تغییرات ترک و زاویه کمبر در آن مطلوبتر است قرار داده و سپس برای جبران افزایش غلتش بدنه در هنگام دور زدن از یک میله موج گیر استفاده می شود.
- تغییرات ارتفاع مرکز غلتش در تعلیق جلو زیادتر بوده و با بالا آمدن چرخها، رفتار غیر خطی شدیدی از خود نشان می دهد.
- تغییرات ارتفاع مرکز غلتش در تعلیق عقب کمتر و خطی تر می باشد.
- مقاومت غلتشی تعلیق جلو بیشتر از تعلیق عقب بوده و با افزایش جابجایی عمودی چرخها از محدوده ، این تفاوت بیشتر می شود .

در مورد زاویه کمبر

- تغییرات سینماتیکی زاویه کمبر در تعلیق جلو و عقب مطلوب می باشد و تغییرات مذکور در چرخهای عقب کمتر و خطی تر است.
- مقدار ضریب کمبر غلتشی برای تعلیق جلو در هنگام جابجایی عمودی چرخها دستخوش تغییرات زیادی می شود که نشانگر تغییر زیاد زاویه کمبر بر اثر غلتش بدنه می باشد. نحوه تغییر پارامتر مذکور در تعلیق عقب بسیار مناسبتر می باشد.
- تغییر زاویه کمبر چرخهای جلو و عقب تحت اثر نیروهای جانبی، تقریباً با یکدیگر برابر می باشد. نحوه این تغییرات به سمت کاهش مقدار گیرندگی موجود میان تایرها و سطح جاده است که نامطلوب است .

در مورد زاویه توء

- نیروهای محرک در تعلیق جلو، بیش از نیروهای ترمزی موجب تغییر زاویه توء می شوند که برای رفع این موضوع چرخها را از قبل با کمی Toe-out اسمبل می کنند.
- تغییرات سینماتیکی زاویه توء در چرخهای جلو برعکس چرخهای عقب است و تغییرات مذکور در چرخهای عقب خطی تر می باشد.
- نحوه تغییرات سینماتیکی زاویه توء در چرخهای جلو و عقب به منظور ایجاد حالت کم فرمانی مطلوب است.
- انجام آنالیز حساسیت در مورد مشخصات هندسی چپقی نشان داد که با ایجاد تغییرات هندسی اندکی در محل اتصال سیستم تعلیق به فرمان، می توان تغییرات سینماتیکی زاویه توء را کمتر نمود.
- تغییرات زاویه توء تحت اثر نیروهای جانبی در چرخهای جلو و عقب خطی بوده و این تغییرات در چرخهای جلو بیشتر است. نحوه تغییرات به صورتی است که بیش فرمانی خودرو را افزایش می دهد که نامطلوب است .

در مورد زاویه کستر

- نحوه تغییرات سینماتیکی زاویه کستر در تعلیق جلو مناسب بوده و این تغییرات در جهت افزایش میزان گیرندگی موجود بین تایر و سطح جاده در حین دور زدن می باشد. با افزایش زاویه کستر در ناحیه مثبت، می توان این اثر مطلوب را افزایش داد، اما در عین حال باید توجه داشت که افزایش پارامتر مذکور منجر به سنگین شدن فرمان می شود .

در مورد خواص شیرجه

- بررسی خواص ضد شیرجه در تعلیق جلو نشان داد که می توان با ایجاد تغییرات هندسی در ساختار آن میزان شیرجه زنی خودرو را در حین ترمزگیری کاهش داد، اما اجرای این تغییرات مصادف است با افزایش غلتش بدنه در هنگام دور زدن .

با تشکر از توجه شما