

四第

CC11



土 木 研 究 所 資 料

第 574号

防護柵衝突シミュレーションに関する研究

土木研究所資料

第五七四号

防護柵衝突シミュレーションに関する研究

昭和四十七年三月

昭和47年3月

建設省土木研究所

建設省土木研究所

まえがき

防護柵への衝突のシミュレーションは、コーネル航空研究所、神戸大学においても行われてきているが、これらは車両の変形については考慮していない。本研究所においても昭和42年度までは変形を考慮しないシミュレーションを行ってきたが、昭和43年度に行ったコンクリート製防護柵壁の実験と関連して、車両の変形を考慮した衝突シミュレーションのプログラムを作製した。このシミュレーションは車両の変形のみ考慮したものであるが、その後、防護柵の変形と組み合わせたプログラムを作製した。本資料はこれら二種のプログラム、およびその計算結果について述べるものである。

目

次

I	シミュレーションの概要	1
II	衝突車に関する仮定と計算式	3
III	防護柵に関する仮定と計算式	7
1.	コンクリート壁	7
2.	土中用ボックスビームガードレール	7
3.	橋梁用ボックスビームガードレール	11
4.	ガードケーブル	12
5.	ガードレール	16
IV	プログラムの入出力データ	22
V	計算に用いた数値	26
VI	計算例および実験結果との比較	28
参 考 文 献		34
付.	プログラムおよび演算結果	35

I シミュレーションの概要

防護柵への車両の衝突現象は、防護柵より車両に与える力を加えた車両の運動方程式を解くことによって予測しうる。もちろん、車両に加わる各力は単純ではないので、ある程度の仮定による単純化は必要であるし、また単純化してもなおかつ、電子計算機を使用する数値解法を採らなければならない。

これは、車両の位置等より車両に加わる力を計算し、その力より車両に加わる加速度を算出し車両の位置等を逐次変化させていく一種のシミュレーションであり、計算上は、車両の運動方程式をルンゲ・クッタ・ギル法により解いている。計算の手順を図-1に示す。

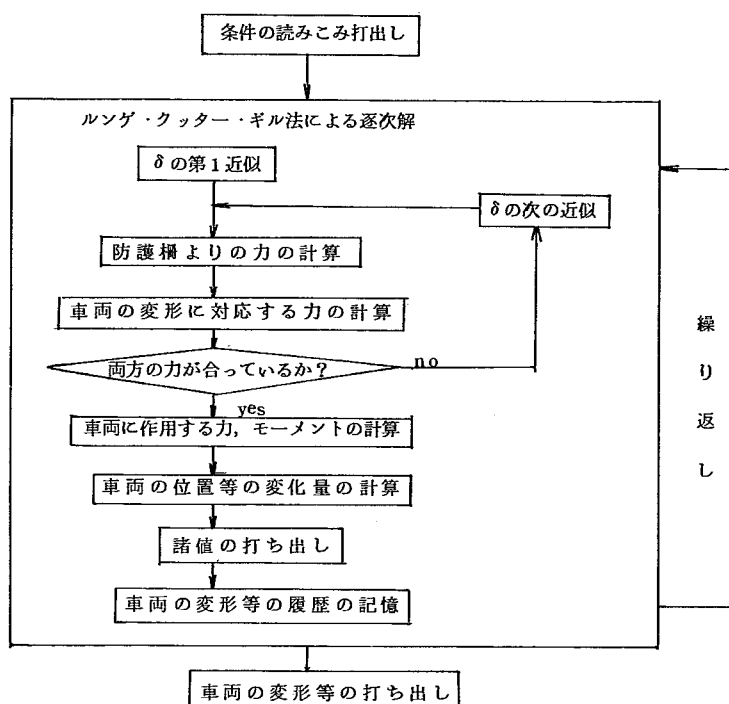
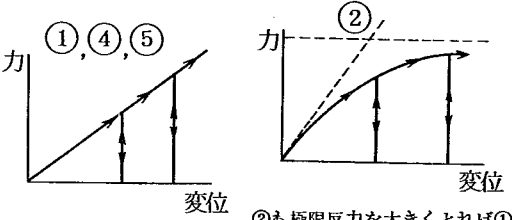
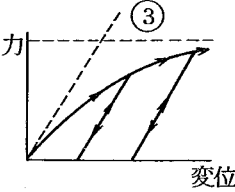
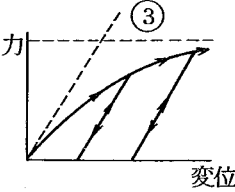


図-1 計算の手順

昭和43年にコンクリート壁の衝突シミュレーション、昭和44年に昭和43年のシミュレーションの改良(91B2-1~3)、土中用ボックスビームガードレールの衝突シミュレーション(91B3-1~5)、構造物上ボックスビームガードレール(91B3-6~8)、昭和45年度に昭和43年度シミュレーション改造(91B3-11~13)、ガードケーブル(91B3-14)、ガードレール(91B3-15)のプログラムを作製し計算を行った。これらのプログラムの一

覧を表-1に示す。

表-1 プログラム一覧

プログラム名	防 護 柵	車 両 の 変 形	
91B 2- 1	コンクリート壁（高欄）	1	変位一力曲線  ②も極限反力を大きくすれば①と同じことになる。
" 2- 2		2	
" 2- 3		3	
" 2- 4		4	
91B 3- 1	土中用ボックスビーム	2	
" 3- 3	ガードレール（支柱の	2	
" 3-13	離脱あり）	4	
91B 3- 8	構造物上ボックスビー	1	
" 3-11	ムガードレール	4	
" 3-12	（鋼製高欄）	5	
91B 3-14	ガードケーブル	4	①はバネ常数が前端から後端まで一定 ④, ⑤はバネ常数が前端から後端まで直線的に変化する。 ⑥はタイヤ以外の部分では力を生じない（接触しない）
91B 3-15	ガードレール	4	

なお、使用した電子計算機はFACOM270-30である。

II 衝突車に関する仮定と計算式

衝突車に関する仮定は以下の通りである。

- ① 車両の運動は平面的に考える。また、運動に関しては、車両は剛体と考える。よって、車両の自由度は3、方程式も3である。
- ② 車両に作用する力としては、防護柵より受ける力とタイヤのコーナリングフォースのみを考える。
- ③ 防護柵との位置関係、受ける力を考える場合、車両は変形するものとする。変形と力の関係は、車体軸に直角に切った小部分において比例関係にあるとする。ただし、変形が減少した部分には力は生じないものとする。(プログラムにより多少異なる)

この仮定によって得られる衝突車の運動方程式、変形によって生ずる力の計算式は以下の通りである。

A 衝突車の運動方程式

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{d^2 X}{dt^2} = (K_f + K_r) \cdot \sin \theta + R_x$$

$$\frac{W}{g} \cdot \frac{d^2 Y}{dt^2} = -(K_f + K_r) \cdot \cos \theta + R_y$$

$$\frac{W}{g} \cdot \rho^2 \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -K_f \cdot \ell_1 + K_r \cdot \ell_2 + a \cdot R$$

ただし X, Y : 衝突車の重心の X, Y 座標(m)

θ : 衝突車の姿勢角 (rad)

W : 衝突車の重量(t)

ρ : 衝突車の慣性半径(m)

K_f, K_r : 前後輪のコーナリングフォース(t)

ℓ_1, ℓ_2 : 前後輪の重心からの隔り(m)

R : 防護柵よりの力, R_x, R_y はその X, Y 方向成分(t)

a : 車の重心より R までのアーム長(m)

g : 重力の加速度 (= 9.8 m/sec²)

$$K_f = \frac{\ell_2}{\ell_1 + \ell_2} \cdot W \cdot k_f \quad K_r = \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} \cdot W \cdot k_r$$

k_f, k_r : 横すべり摩さつ係数

$$k_f = 5.7 \beta_f \quad k_r = 5.7 \beta_r$$

ただし $|k_f|, |k_r| \leq f_{\max}$

β_f, β_r : 横すべり角 (rad)

$$\beta_1 = \varphi - \theta + \frac{\ell_1}{V} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad \beta_2 = \varphi - \theta - \frac{\ell_2}{V} \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

V : 重心の速度 (m/sec)

B 車両と変形と反力の計算式

$$Y_2 = Y_0 + a_2 \cdot \sin \theta + b_2 \cdot \cos \theta$$

 θ : 姿勢角 (rad)

b_1, b_2 : 前後端の幅の半分(m)

X_2 , Y_2 : 左後端の X , Y 座標(m)

$$C_{100} = (A \cdot (X'_2 - X_2) + Y_2 - \delta) / \sqrt{A^2 + 1}$$

X'_1, X'_2 : 前後端の線と防護柵の交点のX座標(m)

δ : 防護柵のY座標(m)

(最大変位がある長さ続くと仮定している)

C_0, C_{100} : 前後端の変形量(m)

上記の変数を図で示したものが図-3である。

$$C_n = (n \cdot C_{100} + (100 - n) \cdot C_0) / 100$$

$$P_n = k \cdot C_n$$

もし $C_n < C_{max}$ ならば, $P_n = 0$

もし $n=0$ または $n=100$ ならば, $P_n = P_n / 2$

$$P = \frac{a_1 + a_2}{100} \cdot \sum_0^{100} P_n$$

C_n : 各小部分の変形量 (m)

P_n : 各小部分に働く力 (t/m)

C_{max} : 各小部分の前段階までの最大変形量。これを越した部分にのみ力が生ずる。最初はすべて0とする (m)

P : 変形に対応する力 (m)

k : 変形のパネ常数 (t/m²)

上記計算式はプログラム91B2-1, 91B3-8に用いられたものである。他のプログラムでは変形と力の関係を多少異ならせてある。それを以下に示す。

① 91B2-2, 3-1, 3の場合

$$P_n = \frac{m \cdot C_n}{C_n + m/k}$$

m : 最大反力 (t/m)

② 91B2-3の場合

$$P_n = \frac{m \cdot C_n}{C_n + m/k}$$

$$C'_{nmax} = C_{nmax} - \frac{m \cdot C_{nmax}}{k \cdot C_{nmax} + m}$$

もし $C_n \leq C'_{nmax}$ ならば $P_n = 0$

もし $C'_{nmax} < C_n < C_{nmax}$ ならば $P_n = k \cdot (C_n - C'_{nmax})$

③ 91B2-4, 3-11, 13, 14, 15の場合

$$k = \frac{n \cdot k_2 + (100 - n) \cdot k_1}{100}$$

k_1, k_2 : 前後端でのパネ常数 (t/m²)

④ 91B3-12の場合

$$k = \frac{n \cdot k_2 + (100 - n) \cdot k_1}{100}$$

$$P_{21} \sim P_{79} = 0$$

また、コンクリート高欄への衝突（2-1~4）の場合には、小部分への分割は1000としているので上記計算式中の100はすべて1000となっている。

$C_a < C_{a \max}$ では $P_a = 0$ としてあるが、実際の計算では P の連続性を得るために $C_a > 0.99 C_{a \max}$ の場合には $P_a = 100k \cdot (C_a - 0.99 C_{a \max})$ としている。

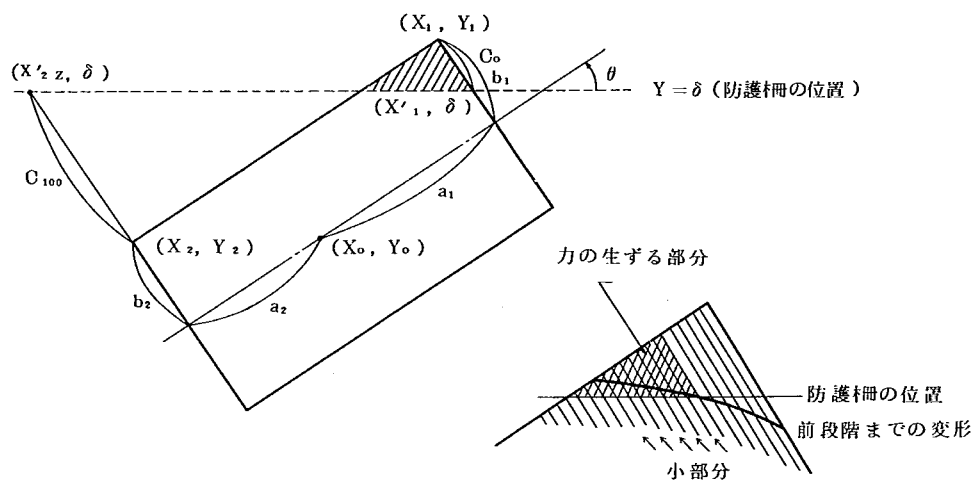


図-3 車両の変形に関する変数

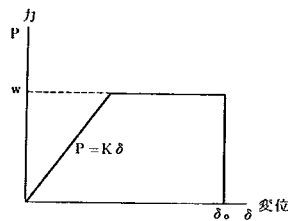
Ⅲ 防護柵に関する仮定と計算式

1. コンクリート壁（高欄）

コンクリート壁は剛性が高く、その変形は衝突車の変形に比べれば無視できると思われるので、コンクリート壁のシミュレーション（91B2-1～4）においては、コンクリート壁は変形しないものとした。よって、壁と車両の間に働く力は車両の変形との関係のみによって定まる。

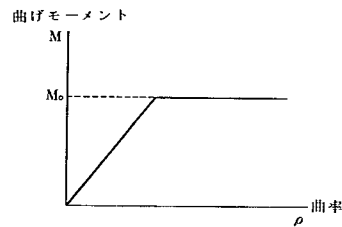
2. 土中用ボックスビームガードレール

土中用ボックスビームガードレールは、ガードレール平行方向に弱くした断面の支柱の上に剛性の高いボックスビームをおいたものであって、支柱は衝突車が直接衝突した場合はビームより離れ倒れる。また、変形が大きくなった部分では車両とは関係なく支柱とビームの結合がはずれる。そのため、支柱の支柱力としては3つの段階を考える必要がある。それを図-4に示す。ビームは剛性が高いので曲げ部材として働くが、変形が大きくなると車両との接触点で極限曲げモーメントに達する。そのため、ビームの曲率と曲げモーメントの関係は2つの段階にわたる必要がある。それを図-5に示す。



ただし、車の通過した部分の支持力は0

図-4 支持の変位と力の関係の仮定



曲げモーメントが M_0 に達した後はソ性ヒンジとなる

図-5 ビームの曲率と曲げモーメントの関係の仮定

ビームの曲げ剛性が支柱の支持力と比較して大きいと思われるため、計算の便宜上支柱を一本一本で考えず連続床とした。また、ビームも連続梁として考えた。

計算式は以下に示す（図-6 参照）

$$\beta = 4\sqrt{K/4EI}$$

$$\alpha = \beta \cdot L \quad \alpha' = \beta \cdot L'$$

$$\gamma = \beta \cdot D \quad \gamma' = \beta \cdot D'$$

$$\varepsilon = \alpha + \gamma \quad \varepsilon' = \alpha' + \gamma'$$

$$\eta = \varepsilon + \varepsilon'$$

$$TA = \eta^3 + 6\eta^2 + 12\eta + 12$$

$$TB = (r^2 / 3 + r + 1) \cdot w \cdot D$$

$$TC = (r'^2 / 3 + r' + 1) \cdot w \cdot D$$

$$TD = (r^3 / 12 - r / 2 - 1) \cdot w \cdot D$$

$$TE = (r'^3 / 12 - r' / 2 - 1) \cdot w \cdot D$$

$$TF = (\epsilon'^3 + 3 \epsilon \epsilon'^2 + 6 \epsilon'^2 + 6 \epsilon \epsilon' + 9 \epsilon' + 3 \epsilon + 6) / TA$$

$$TG = 3 (\eta \cdot TB - 2TD - \eta \cdot TC + 2TE) / TA$$

$$TH = 2\beta \cdot (\eta + 2)$$

$$TI = \epsilon^2 - \epsilon'^2 + 2\epsilon - 2\epsilon'$$

$$TJ = (TI \cdot TF + \epsilon'^2 + 2\epsilon' + 1) / TH$$

$$TK = (TI \cdot TG - TB - TC) / TH$$

$$TL = -\beta \cdot (\epsilon^2 + 2\epsilon + 1)$$

$$TM = 2\epsilon^3 / 3 + 2\epsilon^2 + 2\epsilon + 1$$

K : 連続床のパネ常数 (t/m²)

E I : ビームの剛度 = E · I (t m²)

L, L' : 床の支持力のない区間長 (m)

D, D' : 床の支持力一定の区間長 (m)

w : 床の最大支持力 (t/m)

$$P = \frac{K \cdot \delta_A / 2\beta - TL \cdot TK - TM \cdot TG - TD + TB \cdot \epsilon}{TL \cdot TJ + TM \cdot TF}$$

$$S_A = TF \cdot P + TG$$

$$M_A = TJ \cdot P + TK$$

もし $M_A > M_0$ ならば

$$M_A = M_0$$

$$TN = 2 (1 + \epsilon + \epsilon' + \epsilon^2 + \epsilon'^2 + \epsilon^3 / 3 + \epsilon'^3 / 3)$$

$$TP = (1 + 2\epsilon' + 2\epsilon'^2 + 2\epsilon'^3 / 3) / TN$$

$$TQ = (TI \cdot \beta \cdot M_A + TB \cdot \epsilon - TD - TC \cdot \epsilon' + TE) / TN$$

$$P = \frac{K \cdot \delta_A / 2\beta - TL \cdot M_A - TM \cdot TQ - TD + TB \cdot \epsilon}{TM \cdot TP}$$

$$S_A = TP \cdot P + TQ$$

$$\theta_{AB} = \frac{-2(\epsilon + 1) \cdot \beta \cdot M_A + (\epsilon^2 + 2\epsilon + 1) \cdot S_A - TB}{2\beta^2 \cdot EI}$$

$$\theta_{AC} = \frac{2(\epsilon' + 1) \cdot \beta \cdot M_A + (\epsilon'^2 + 2\epsilon' + 1) \cdot (S_A - P) + TC}{2\beta^2 \cdot EI}$$

: 防護柵の反力 (t)

S_A : A点のせん断力 (t)

M_A : A点の曲げモーメント (t m)

M_0 : ビームの極限曲げモーメント (t m)

θ_{AB}, θ_{AC} : A点のビームの傾き (B側とC側)

$$\delta_B = - (M_A \cdot L^2 / 2 - S_A \cdot L^3 / 6) / EI - \theta_{AB} \cdot L + \delta_A$$

$$\delta_C = - (M_A \cdot L'^2 / 2 + (S_A - P) \cdot L'^3 / 6) / EI - \theta_{AC} \cdot L' + \delta_A$$

$$\theta_B = - (-M_A \cdot L + S_A \cdot L^2 / 2) / EI + \theta_{AB}$$

$$\theta_C = - (M_A \cdot L' + (S_A - P) L'^2 / 2) / EI + \theta_{AC}$$

$$M_B = M_A - S_A \cdot L$$

$$M_C = M_A + (S_A - P) \cdot L'$$

$$C_1 = -2\beta \cdot (\beta M_A - (\epsilon + 1) \cdot S_A + (\gamma / 2 + 1) \cdot w \cdot D) / K$$

$$C_2 = - (M_A - (L + D) \cdot S_A + w \cdot D^2 / 2) / 2\beta^2 \cdot EI$$

$$C_3 = -2\beta \cdot (\beta M_A + (\epsilon' + 1) \cdot (S_A - P) + (\gamma / 2 + 1) \cdot w \cdot D) / K$$

$$C_4 = (M_A + (L' + D') \cdot (S_A - P) + w \cdot D'^2 / 2) / 2\beta^2 \cdot EI$$

$$\delta_D = C_1$$

$$\delta_E = C_3$$

$$\theta_D = \beta \cdot (C_1 + C_2)$$

$$\theta_E = -\beta \cdot (C_3 - C_4)$$

$$M_D = -2\beta^2 \cdot C_2 \cdot EI$$

$$M_E = 2\beta^2 \cdot C_4 \cdot EI$$

$\delta_B, \delta_C, \delta_D, \delta_E$: B, C, D, E点の変位 (m)

$\theta_B, \theta_C, \theta_D, \theta_E$: B, C, D, E点の傾き

M_B, M_C, M_D, M_E : B, C, D, E点の曲げモーメント (t m)

$$-\Delta L : (-M_B / EI) \cdot x^2 + \theta_B \cdot x + \delta_B = \delta_0 \text{ の 2 根の内 0 に近い方の根}$$

$$\Delta L' : (-M_C / EI) \cdot x^2 + \theta_C \cdot x + \delta_C = \delta_0 \text{ の 2 根の内 0 に近い方の根}$$

$$-\Delta D : (-M_D / EI) \cdot x^2 + \theta_D \cdot x + \delta_D = \delta_D \text{ の 2 根の内 0 に近い方の根}$$

$$\Delta D' : (-M_E / EI) \cdot x^2 + \theta_E \cdot x + \delta_E = \delta_E \text{ の 2 根の内 0 に近い方の根}$$

$\Delta L, \Delta L', \Delta D, \Delta D'$: L, L', D, D' の補正量 (m)

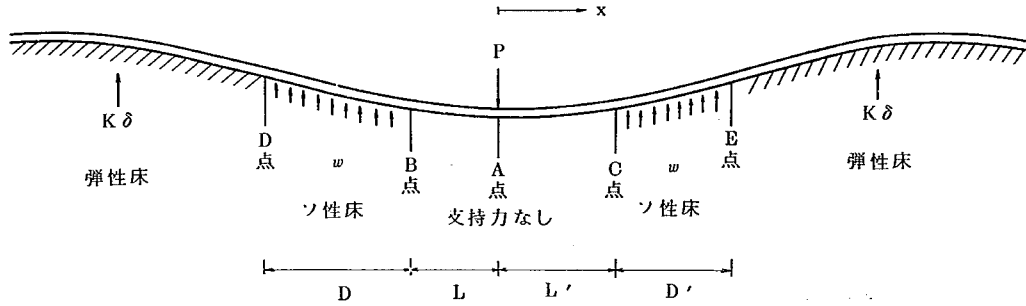
もし $\Delta L^2 + \Delta L'^2 + \Delta D^2 + \Delta D'^2$ が大きければ、

$$L = L + \Delta L, L' = L' + \Delta L'$$

$$D = D + \Delta D, D' = D' + \Delta D'$$

として先頭へ戻る。

図-6 土中用ボックスビームガードレールの模式図と仮定式



橋梁上ボックスビームガードレールの場合には $L=L'=D$ であり、B、C点はA点に一致する。

$-\infty-D$ 間において $x'=x+D+L$ として

$$\delta = e^{\beta \cdot x'} \cdot (C_1 \cdot \cos \beta \cdot x' + C_2 \cdot \sin \beta \cdot x')$$

$$\theta = \beta \cdot e^{\beta \cdot x'} \cdot \{ (C_1 + C_2) \cdot \cos \beta \cdot x' + (-C_1 + C_2) \sin \beta \cdot x' \}$$

$$M = -EI \cdot \beta^2 \cdot e^{\beta \cdot x'} \cdot \{ 2C_2 \cos \beta \cdot x' - 2C_1 \sin \beta \cdot x' \}$$

$$S = -EI \cdot \beta^3 \cdot e^{\beta \cdot x'} \cdot \{ 2(C_2 - C_1) \cdot \cos \beta \cdot x' - 2(C_2 + C_1) \cdot \sin \beta \cdot x' \}$$

D-B間において $x'=x+L$ として

$$\delta = -\frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{1}{2} M_A \cdot x'^2 - \frac{1}{2} S_A \cdot L \cdot x'^2 + \frac{1}{6} S_A \cdot x'^3 + \frac{1}{24} w \cdot x'^4 \right) + \theta_B \cdot x' + \delta_B$$

$$\theta = -\frac{1}{EI} \cdot (M_A \cdot x' - S_A \cdot L \cdot x' + \frac{1}{2} S_A \cdot x'^2 + \frac{1}{6} w \cdot x'^3) + \theta_B$$

$$M = M_A - S_A \cdot L + S_A \cdot x' + \frac{1}{2} w \cdot x'^2$$

$$S = S_A + w \cdot x'$$

B-A間において

$$\delta = -\frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{1}{2} M_A \cdot x^2 + \frac{1}{6} S_{AB} \cdot x^3 \right) + \theta_{AB} \cdot x + \delta_A$$

$$\theta = -\frac{1}{EI} \cdot (M_A \cdot x + \frac{1}{2} S_{AB} \cdot x^2) + \theta_{AB}$$

$$M = M_A + S_{AB} \cdot x$$

$$S = S_{AB}$$

A-C間において

$$\delta = -\frac{1}{EI} \cdot \left(\frac{1}{2} M_A \cdot x^2 + \frac{1}{6} S_{AB} \cdot x^3 \right) + \theta_{AC} \cdot x + \delta_A$$

$$\theta = -\frac{1}{EI} \cdot (M_A \cdot x + \frac{1}{2} S_{AC} \cdot x^2) + \theta_{AC}$$

$$M = M_A + S_{AC} \cdot x$$

$$S = S_{AC}$$

C-E間において $x' = x - L'$ として

$$\delta = -\frac{1}{EI} \cdot (\frac{1}{2} M_A \cdot x'^2 + \frac{1}{2} S_{AC} \cdot L' \cdot x'^2 + \frac{1}{6} S_{AC} \cdot x'^3 + \frac{1}{24} w \cdot x'^4) + \theta_C \cdot x' + \delta_C$$

$$\theta = -\frac{1}{EI} \cdot (M_A \cdot x' + S_{AC} \cdot L' \cdot x' + \frac{1}{2} S_{AC} \cdot x'^2 + \frac{1}{6} w \cdot x'^3) + \theta_C$$

$$M = M_A + S_{AC} \cdot L' + S_{AC} \cdot x' + \frac{1}{2} w \cdot x'^2$$

$$S = S_{AC} + w \cdot x'$$

E-∞間において $x' = x - D' - L'$ として

$$\delta = e^{-\beta \cdot x'} \cdot [C_3 \cdot \cos \beta \cdot x' + C_4 \cdot \sin \beta \cdot x']$$

$$\theta = -\beta \cdot e^{-\beta \cdot x'} \cdot [(C_3 - C_4) \cdot \cos \beta \cdot x' + (C_3 + C_4) \cdot \sin \beta \cdot x']$$

$$M = EI \cdot \beta^2 \cdot e^{-\beta \cdot x'} \cdot [2C_4 \cdot \cos \beta \cdot x' - 2C_3 \cdot \sin \beta \cdot x']$$

$$S = -EI \cdot \beta^3 \cdot e^{-\beta \cdot x'} \cdot [2(C_4 + C_3) \cdot \cos \beta \cdot x' + 2(C_4 - C_3) \sin \beta \cdot x']$$

3. 橋梁用ボックスビームガードレール

橋梁用ボックスビームガードレールは、変形が小さいことが要求されるため、土中用ボックスビームガードレールと違って、ビームと支柱はボルトにて結合してあり離れることはない。そのため、シミュレーションにおいては前記土中用ボックスビームとほぼ同じ仮定であるが支柱の支持力は0になることがないとした。よって、計算式も土中用ボックスビームの計算式で常に $L = L' = 0$ とおいたものとなる。 $L = L' = 0$ とすることによってビームの条件は左右対称となるため計算式は以下に示すように簡単になる。(用いている記号は土中用ボックスビームガードレールの場合と同じである。図-6参照)

$$\beta = 4\sqrt{K/EI}$$

$$r = \beta \cdot D$$

$$TA = 8r^3 + 24r^2 + 24r + 12$$

$$TB = (r^2/3 + r + 1) \cdot w \cdot D$$

$$TD = (r^3/12 - r/2 - 1) \cdot w \cdot D$$

$$TH = 4\beta \cdot (r + 1)$$

$$TJ = (r^2 + 2r + 1) / TH$$

$$TK = -2TB / TH$$

$$TL = -\beta \cdot (r^2 + 2r + 1)$$

$$TM = 2r^3 / 3 + 2r^2 + 2r + 1$$

$$P = \frac{K \cdot \delta / 2\beta - TL \cdot TK - TD + TB \cdot r}{TL \cdot TJ + TM / 2}$$

$$S_A = P / 2$$

$$M_A = TJ \cdot P + TK$$

もし $M_A > M_0$ ならば

$$M_A = M_0$$

$$P = 2 (K \cdot \delta / \beta - TL \cdot M - TD + TB \cdot r) / TM$$

$$S_A = P / 2$$

$$C_3 = -2\beta \cdot (\beta \cdot M_A + (S - P) \cdot (r + 1) + (r / 2 + 1) \cdot \omega \cdot D) / K$$

$$C_4 = (M + (S - P) \cdot D + \omega \cdot D^2 / 2) / 2\beta^2 \cdot EI$$

$$A = -2\beta^2 \cdot C_4$$

$$B = -\beta \cdot (C_3 - C_4)$$

$$C = C_3 - \omega / K$$

$$\Delta D = (-B - \sqrt{B^2 - 4A \cdot C}) / 2A$$

4. ガードケーブル

ガードケーブルは、初張力を与えたケーブルを支柱で支えた構造の防護柵であり、ケーブルの張力の道路直角方向の成分で衝突車を受ける。本モデルでは、分離帯用の両面型を考えているが、裏側のケーブルの張力を0とすれば、路側用の片面型に適用できる。支柱の支持力は一本一本で考えるが、ある変位量で支持力が一定になるとしている点では、先のボックスビームの場合と同じである。荷重点が支柱の位置にある場合には、中間にある場合の式を使えないので、別の式を使用した。用いた計算式は以下の通りである。(図-7参照)

◎ 載荷点が支柱の中間にある場合 (図-7の1)

$$KL = K \cdot L$$

$$TF = TF_0 \quad (\text{第一次近似値代入})$$

$$TR = TR_0 \quad (\quad \quad \quad)$$

$$T = TF + TR \quad (2 \text{ 回目以降の繰り返しはここより始める})$$

$$S_{11} = ((KL + 2 \cdot T) \cdot KL + TF \cdot (L \cdot (KL + 2 \cdot T) + LL \cdot (KL + T)) / \\ LL + (2 \cdot KL + 3 \cdot T) \cdot TR) / T$$

$$S_{12} = - (KL + 2 \cdot T) \cdot TR / T$$

$$S_{13} = TF \cdot \delta / LL$$

$$S_{21} = S_{12}$$

$$S_{22} = ((KL+2 \cdot T) \cdot KL + TF \cdot (L \cdot (KL+2 \cdot T) + LR \cdot (KL+T))) / \\ LR + (2 \cdot KL + 3 \cdot T) \cdot TR / T$$

$$S_{23} = TF \cdot \delta / LR$$

K : 支柱のバネ常数 (t/m)

L : 支柱間隔 (m)

TF : 表側ケーブルの張力 (t)

TF₀ : 表側ケーブルの初張力 (t)

TR : 裏側ケーブルの張力 (t)

TR₀ : 裏側ケーブルの初張力 (t)

δ : 載荷点の変位量 (m)

LL : 載荷点と左側支柱間の距離 (m)

LR : 載荷点と右側支柱間の距離 (m)

$$LL + LR = L$$

$$\theta_1 = (S_{13} \cdot S_{22} - S_{23} \cdot S_{12}) / (S_{11} \cdot S_{22} - S_{21} \cdot S_{12})$$

$$\theta_6 = (S_{13} \cdot S_{21} - S_{23} \cdot S_{11}) / (S_{12} \cdot S_{21} - S_{22} \cdot S_{11})$$

$$P_3 = KL \cdot \theta_1 \cdot (KL + 2 \cdot T) / T$$

$$P_4 = KL \cdot \theta_6 \cdot (KL + 2 \cdot T) / T$$

θ₁ : 最左端ケーブルの傾き

θ₆ : 最右端ケーブルの傾き

P₃ : 載荷点の左側支柱の支持力 (t)

P₄ : 載荷点の右側支柱の支持力 (t)

もし、 P₃ > P₀ ならば

$$S_{11} = ((L \cdot KL + 2 \cdot T) / LL + KL + T) \cdot TF + (2 \cdot KL + 3 \cdot T) \cdot TR / T$$

$$S_{13} = TF \cdot \delta / LF - P_0$$

もし、 P₄ > P₀ ならば

$$S_{22} = ((L \cdot (KL + 2 \cdot T) / LR + KL + T) \cdot TF + 2 \cdot KL + 3 \cdot T) \cdot TR / T$$

$$S_{23} = TF \cdot \delta / LR - P_0$$

もし、 P₃ > P₀ または P₄ > P₀ ならば

$$\theta_1 = (S_{13} \cdot S_{22} - S_{23} \cdot S_{12}) / (S_{11} \cdot S_{22} - S_{21} \cdot S_{12})$$

$$\theta_6 = (S_{13} \cdot S_{21} - S_{23} \cdot S_{11}) / (S_{12} \cdot S_{21} - S_{22} \cdot S_{11})$$

P₀ : 支柱の極限支持力 (t)

$$\theta_2 = (KL+T) \cdot \theta_1 / T$$

$$\theta_3 = (\delta \cdot T - L \cdot \theta_1 \cdot (KL+2 \cdot T)) / (LL+T)$$

$$\theta_4 = (\delta \cdot T - L \cdot \theta_6 \cdot (KL+2 \cdot T)) / (LR+T)$$

$$\theta_5 = (KL+T) \cdot \theta_6 / T$$

$$P = TF \cdot (\theta_3 + \theta_4)$$

θ_2 : 左から2番目のケーブルの傾き

θ_3 : 左から3番目のケーブルの傾き

θ_4 : 左から4番目のケーブルの傾き

θ_5 : 左から5番目のケーブルの傾き

P : ガードケーブルの反力 (t)

もし P が前段階で求めた P と大きく異なっていたら

$$TF = TF_0 + CF \cdot (L \cdot (\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2) / 2 + LL \cdot \theta_3 / 2 + LR \cdot \theta_4 / 2)$$

$$TR = TR_0 + CR \cdot (L \cdot (\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2) / 2 + (LL \cdot \theta_3 - LR \cdot \theta_4)^2 / (2 \cdot L))$$

上記の近似値を代入して先頭へもどる

CF : 表側ケーブルのバネ常数 (t/m)

CR : 裏側ケーブルのバネ常数 (t/m)

◎ 載荷点が支柱の位置にある場合 (図-7その2)

(記載のない変数は先の定義と同じ)

$$KL = K \cdot L$$

$$TF = TF_0$$

$$TR = TR_0$$

$$T = TF + TR \quad (2 \text{ 回目以降の繰返しはここより始める})$$

$$\theta_3 = \delta \cdot T / (L \cdot (KL + 2 \cdot T))$$

$$\theta_2 = \delta \cdot (KL + T) / (L \cdot (KL + 2 \cdot T))$$

$$P_2 = KL \cdot \theta_3$$

θ_3 : 両端のケーブルの傾き

θ_2 : 内側のケーブルの傾き

P_2 : 載荷点両側の支柱の支持力 (t)

もし $P_2 > P_0$ ならば

$$A_3 = (-P_0 \cdot L + \delta \cdot T) / (2 \cdot T \cdot L)$$

$$A_2 = (P_0 \cdot L + \delta \cdot T) / (2 \cdot T \cdot L)$$

$$P_2 = P_0$$

$$P_1 = K \cdot \delta$$

もし $P_1 > P_0$ ならば $P_1 = P_0$

P_1 : 載荷点の支柱の支持力 (t)

$$P = P_1 + 2 \cdot T \cdot \theta_2$$

もし P が前段階の P と大きく異なる場合は、

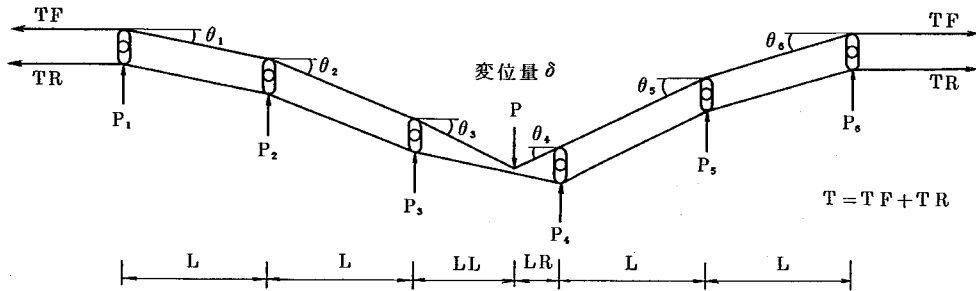
$$TF = TF_0 + CF \cdot L \cdot (\theta_2^2 + \theta_3^2)$$

$$TR = TR_0 + CR \cdot L \cdot (\theta_2^2 + \theta_3^2)$$

上記の近似値を代入して先頭にもどる

図-7の1 ガードケーブルの模式図 (その1) と仮定式

(載荷点が支柱の間にある場合)



・この図より式を組立てる際に $\sqrt{1+x^2} = 1 + x^2/2$ ($x \ll 1$), $\sin \theta = \theta$ ($\theta \ll 1$) の近似式を用いた。

・両端の支柱は動きがないと仮定している。(ただし、支持力はある)

$$TF = TF_0 + CF \cdot \left[\frac{L}{2} \cdot (\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2) + \frac{LL}{2} \cdot \theta_3^2 + \frac{LR}{2} \cdot \theta_4^2 \right]$$

$$TR = TR_0 + CR \cdot \left[\frac{L}{2} \cdot (\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2) + \frac{1}{2L} \cdot (LL \cdot \theta_3 - LR \cdot \theta_4)^2 \right]$$

$$P_1 = (TF + TR) \cdot \theta_1$$

$$P_2 = (TF + TR) \cdot (\theta_2 - \theta_1) = K \cdot L \cdot \theta_1$$

$$P_3 = TF \cdot (\theta_3 - \theta_2) + TR \cdot \left(\frac{LL \cdot \theta_3 - LR \cdot \theta_4}{L} - \theta_2 \right) = K \cdot L \cdot (\theta_1 + \theta_2) \leq P_0$$

$$P_4 = TF \cdot (\theta_4 - \theta_5) + TR \cdot \left(\frac{LR \cdot \theta_4 - LL \cdot \theta_3}{L} - \theta_5 \right) = K \cdot L \cdot (\theta_5 + \theta_6) \leq P_0$$

$$P_5 = (TF + TR) \cdot (\theta_5 - \theta_6) = K \cdot L \cdot \theta_6$$

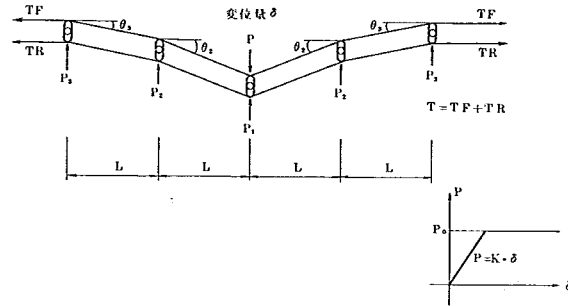
$$P_6 = (TF + TR) \cdot \theta_6$$

$$\delta = L \cdot (\theta_1 + \theta_2) + L \cdot \theta_3 = L \cdot (\theta_5 + \theta_6) + L \cdot \theta_4$$

$$P = TF \cdot (\theta_3 + \theta_4)$$

図-7の2 ガードケーブルの模式図(その2)と仮定式

(载荷点が支柱の位置にある場合)



- ・本モデルは左右対称である
- ・支柱の変位-力曲線は右図の通りである
(図-7その1も同じ)
- ・ケーブルには初張力に加え、のびた量に比例した張力が働く
(図-7その1も同じ)

$$TF = TF_0 + CF \cdot L \cdot (\theta_2^2 + \theta_3^2)$$

$$TR = TR_0 + CR \cdot L \cdot (\theta_2^2 + \theta_3^2)$$

$$P_3 = (TF + TR) \cdot \theta_3$$

$$P_2 = (TF + TR) \cdot (\theta_2 - \theta_3) = K \cdot L \cdot \theta_3 \leq P_0$$

$$P_1 = K \cdot \delta \leq P_0$$

$$\delta = L \cdot (\theta_3 + \theta_2)$$

$$F = P_1 + 2 \cdot (TF + TR) \cdot \theta_2$$

5. ガードレール

ガードレールは、波形断面のビームを支柱で支えたものであるが、このビームは、先述のボックスビームに比べて剛性が小さく、曲げのみで荷重を受けることはできない。ガードケーブルのように初張力はかけていないので、引っ張りのみで荷重を受けるのでもない。曲げと引っ張りの両方で荷重を受けると考えるべきで、そのため、モデル化は他の形式に比べ難しい。また、ビームの連続性にも問題点が多い。

ここでは、荷重のかかっているビームを、まず、単純曲げビームとして考え、載荷点が極限モーメントに達した後は、曲げ（載荷点をソ性ヒンジとして）と引っ張りの両方を受けるものとした。他のビームは、連続ビームとせず、引っ張りのみを受けるものと考えた。初張力がないため、変形初期は、曲げによる力が主となり、変形が大きくなるに従って、引っ張りによる力が急増する。支柱の変形と支持力の関係は、ガードケーブルの場合と同じく、ある値までは比例し、それ以後は支持力が一定とした。ビームの曲げモーメントと曲率の関係は、ボックスビームの場合と同じく、ある値までは比例し、それ以後は一定の曲げモーメントとした。引っ張りによる応力は曲げによる応力より小さいため、ビームの曲げと引っ張りの応力面での相互の影響は、モデルを簡単にするため考慮しないこととした。なお、載荷点が支柱の位置にある時はガードケーブルにおいて初張力のない場合と同じモデルとなる。模式図を図-8に、計算式を以下に示す。

◎ 載荷点が支柱の中間にある場合

① 第1次近似値計算部

$$P_m = \delta / ((\ell_{-1}^2 + \ell_1^2) / (K \cdot \ell^2) + \ell_{-1}^2 \cdot \ell_1^2 / (3EI \cdot \ell))$$

$$\theta_{-2} = \ell_1 \cdot P_m / (K \cdot \ell^2)$$

$$\theta_2 = \ell_{-1} \cdot P_m / (K \cdot \ell^2)$$

$$T_0 = C \cdot \ell \cdot (\theta_2^2 - \theta_2 \cdot \theta_{-2} + \theta_{-2}^2)$$

P_m : 曲げによる反力 (t)

θ_2 : 載荷ビームの右側ビームの傾き

θ_{-2} : 載荷ビームの左側ビームの傾き

T_0 : ビームに働く張力の第1次近似 (t)

C : ビームの引張材としてのバネ常数 (t/m)

ℓ : 支柱間隔 (m)

ℓ_1 : 載荷点と右側支柱間の距離 (m)

ℓ_{-1} : 載荷点と左側支柱間の距離 (m)

δ : 載荷点の変位量 (m)

EI : ビームの曲げ剛性 (t m^2)

K : 支柱のバネ常数 (t/m)

② 繰り返し演算部 (ビームが極限曲げモーメントに達するまで)

$$T = T_0$$

$$\alpha = T / (K \cdot \ell) \quad (2 \text{ 回目よりの繰り返しはここより始まる})$$

$$A = 1 + 4\alpha + 3\alpha^2$$

$$B=1+2\alpha$$

$$D=1+8\alpha+21\alpha^2+20\alpha^3+5\alpha^4$$

$$E=2+3\alpha$$

$$Q=2+10\alpha+14\alpha^2+5\alpha^3$$

$$G=3+8\alpha+5\alpha^2$$

$$H=1+\alpha$$

T: ビームに働く張力 (t)

$$P_m = \delta / \left((A \cdot (\ell_1^2 + \ell_{-1}^2) + 2\alpha \cdot B \cdot \ell_1 \cdot \ell_{-1}) \cdot B / (D \cdot K \cdot \ell^2) + \ell_{-1}^2 \cdot \ell_1^2 / (3EI \cdot \ell) \right)$$

$$\theta_2 = H \cdot P_m \cdot (\alpha \cdot B \cdot \ell_1 + A \cdot \ell_{-1}) / (K \cdot \ell^2 \cdot D)$$

$$\theta_{-2} = H \cdot P_m \cdot (\alpha \cdot B \cdot \ell_{-1} + A \cdot \ell_1) / (K \cdot \ell^2 \cdot D)$$

$$P_1 = B \cdot K \cdot \ell \cdot \theta_2 / H$$

$$P_{-1} = B \cdot K \cdot \ell \cdot \theta_{-2} / H$$

P₁ : 载荷ビームの右側支柱にかかる力 (t)

P₋₁ : 载荷ビームの左側支柱にかかる力 (t)

もし, P₁ > P₀, P₋₁ > P₀ ならば

$$P_m = (\delta + B \cdot (B+E) \cdot P_0 + \ell / (T \cdot G)) / (B \cdot (E \cdot \ell_{-1}^2 + 2B \cdot \ell_1 \ell_{-1} + E \cdot \ell_1^2) / (T \cdot \ell \cdot G) + \ell_1^2 \cdot \ell_{-1}^2 / (3 \cdot EI \cdot \ell))$$

$$\theta_2 = H \cdot (P_m \cdot (E \cdot \ell_{-1} + B \cdot \ell_1) / (T \cdot \ell) - (B+E) \cdot P_0 / T) / G$$

$$\theta_{-2} = H \cdot (P_m \cdot (E \cdot \ell_1 + B \cdot \ell_{-1}) / (T \cdot \ell) - (B+E) \cdot P_0 / T) / G$$

$$P_1 = P_{-1} = P_0$$

P₀ : 支柱の最大支持力 (t)

もし, P₁ < P₀, P₋₁ > P₀ ならば

$$P_m = (\delta + B \cdot P_0 \cdot (A \cdot \ell_1 + \alpha \cdot B \cdot \ell_{-1}) / (Q \cdot T) / (B \cdot (A \cdot \ell_1^2 + 2\alpha \cdot B \cdot \ell_1 \cdot \ell_{-1} + \alpha \cdot E \cdot \ell_{-1}^2) / (Q \cdot T \cdot \ell) + \ell_1^2 \cdot \ell_{-1}^2 / (3EI \cdot \ell)))$$

$$\theta_2 = \alpha \cdot H \cdot (P_m \cdot (B \cdot \ell_1 + E \cdot \ell_{-1}) / (\ell - B \cdot P_0) / (Q \cdot T))$$

$$\theta_{-2} = H \cdot (P_m \cdot (A \cdot \ell_1 + \alpha \cdot B \cdot \ell_{-1}) / (\ell - A \cdot P_0) / (Q \cdot T))$$

$$P_{-1} = P_0$$

$$P_1 = B \cdot K \cdot \ell \cdot \theta_2 / H$$

もし, P₁ > P₀, P₋₁ < P₀ ならば

$$P_m = (\delta + B \cdot P_0 \cdot (A \cdot \ell_{-1} + \alpha \cdot B \cdot \ell_1) / (Q \cdot T) / (B \cdot (A \cdot \ell_{-1}^2 + 2\alpha \cdot B \cdot \ell_{-1} \cdot \ell_1 + \alpha \cdot E \cdot \ell_1^2) / (Q \cdot T \cdot \ell) + \ell_1^2 \cdot \ell_{-1}^2 / (3EI \cdot \ell)))$$

$$\theta_{-2} = \alpha \cdot H \cdot (P_m \cdot (B \cdot \ell_{-1} + E \cdot \ell_1) / (\ell - B \cdot P_0) / (Q \cdot T))$$

$$\theta_2 = H \cdot (P_n \cdot (A \cdot \ell_{-1} + \alpha \cdot B \cdot \ell_1) / \ell - A \cdot P_0) / (Q \cdot T)$$

$$P_1 = P_0$$

$$P_{-1} = B \cdot K \cdot \ell \cdot \theta_{-2} / H$$

$$\theta_1 = B \cdot (\theta_{-1} - \theta_1) / H$$

$$\theta_{-1} = -\theta_1$$

$$\theta_3 = \alpha \cdot \theta_2 / H$$

$$\theta_{-3} = \alpha \cdot \theta_{-2} / H$$

$$T = C \cdot \ell \cdot (\theta_3^2 + \theta_2^2 + \theta_1^2 + \theta_{-2}^2 + \theta_{-3}^2) / 2$$

もし、Tの値が前段階のTの値とある程度異なる場合には先頭に戻る。

θ_1 : 荷重ビームの右側の傾き

θ_{-1} : 荷重ビームの左側の傾き

θ_3 : 荷重ビームより右へ2番目のビームの傾き

θ_{-3} : 荷重ビームより左へ2番目のビームの傾き

$$M = \ell_1 \cdot \ell_{-1} \cdot P_n / \ell$$

もし $M > M_0$ ならば③に進む

$$P = P_n$$

M : 荷重点の曲げモーメント (t_m)

M_0 : ビームの極限曲げモーメント (t_m)

P : ガードレールの反力 (t)

③ 繰り返し演算部 (ビームが極限曲げモーメントに達した後)

$$\alpha = T / (K \cdot \ell)$$

$$A = 1 + 4\alpha + 3\alpha^2$$

$$B = 1 + 2\alpha$$

$$E = 2 + 3\alpha$$

$$H = 1 + \alpha$$

$$\beta = M_0 / (K \cdot \ell)$$

$$r = P_0 / (K \cdot \ell)$$

$$\theta_{-3} = \alpha \cdot (\alpha \cdot \delta + \beta) / (\alpha \cdot \beta \cdot \ell_1 + A \cdot \ell_{-1})$$

$$P_{-1} = K \cdot \ell \cdot (\alpha \cdot \delta - \theta_{-3} \cdot (B \cdot \ell_1 + E \cdot \ell_{-1}) + \beta) / \ell_{-1}$$

もし $P_{-1} > P_0$ ならば

$$\theta_{-3} = (\alpha \cdot \delta + \beta - r \cdot \ell_{-1}) / (B \cdot \ell_1 + E \cdot \ell_{-1})$$

$$P_{-1} = P_0$$

$$\theta_{-2} = H \cdot \theta_{-3} / \alpha$$

$$\theta_{-1} = (\alpha \cdot \delta - B \cdot \ell \cdot \theta_{-3}) / (\alpha \cdot \ell_{-1})$$

$$\theta_3 = \alpha \cdot (\alpha \cdot \delta + \beta) / (\alpha \cdot B \cdot \ell_{-1} + A \cdot \ell_1)$$

$$P_1 = K \cdot \ell \cdot (\alpha \cdot \delta - \theta_3 \cdot (B \cdot \ell_{-1} + E \cdot \ell_1) + \beta) / \ell_1$$

もし $P_1 > P_0$ ならば

$$\theta_3 = (\alpha \cdot \delta + \beta - \gamma \cdot \ell_1) / (B \cdot \ell_{-1} + E \cdot \ell_1)$$

$$P_1 = P_0$$

$$\theta_2 = H \cdot \theta_3 / \alpha$$

$$\theta_1 = (\alpha \cdot \delta - B \cdot \ell \cdot \theta_3) / (\alpha \cdot \ell_1)$$

$$T = C \cdot (\ell \cdot (\theta_{-3}^2 + \theta_{-2}^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2) + \ell_{-1} \cdot \theta_{-1}^2 + \ell_1 \cdot \theta_1^2) / 2$$

もし、T が前段階の T とある程度以上異なるならば先頭へ戻る

$$P_m = e \cdot M_0 / (\ell_{-1} \cdot \ell_1)$$

$$P_t = T \cdot (\theta_{-1} + \theta_1)$$

$$P = P_m + P_t$$

P_t : ビームの張力によって生じる反力 (t)

◎ 載荷点が支柱の位置にある時

$$T = C \cdot \delta^2 / \ell$$

$$\alpha = T / (K \cdot \ell) \quad (2 \text{ 回目よりの繰り返しはここより始まる})$$

$$B\ell = (1 + 2\alpha) \cdot \ell$$

$$P_1 = K \cdot \delta$$

もし $P_1 > P_0$ ならば $P_1 = P_0$

$$P_t = 2 \cdot T \cdot H \cdot \delta / B\ell + P_1$$

$$\theta_3 = \theta_{-3} = \alpha \cdot \delta / B\ell$$

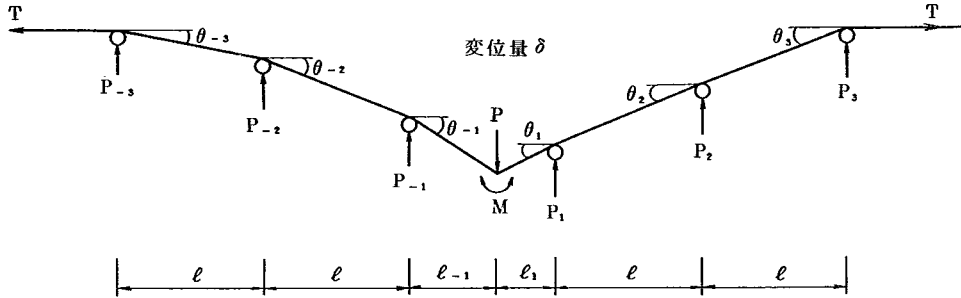
$$\theta_2 = \theta_{-2} = (1 + \alpha) \cdot \delta / B\ell$$

$$T = C \cdot \ell \cdot (\theta_3^2 + \theta_2^2)$$

もし、T が前段階の T とある程度以上異なるならば先頭に戻る

$$P = P_t$$

図-8 ガードレールの模式図と仮定式



- ・ 載荷点が支柱の位置にある時は、図中の P_{-1} , P , P_1 の位置が一致し、左右対称となる。この場合は曲げは関係しない。
- ・ この図より式を組立てる際に $\sqrt{1+x^2} = 1 + x^2/2$ ($x \ll 1$) $\sin \theta = \theta$ ($\theta \ll 1$) の近似式を用いた。
- ・ 両端の支柱は動きがないと仮定している。(ただし、支持力はある)

$$T = C \cdot \left[\frac{\ell}{2} \cdot (\theta_{-3}^2 + \theta_{-2}^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2) + \frac{\ell^{-1}}{2} \cdot \theta_{-1}^2 + \frac{\ell_1}{2} \cdot \theta_1^2 \right]$$

$$P_{-3} = T \cdot \theta_{-3}$$

$$P_{-2} = T \cdot (\theta_{-2} - \theta_{-3}) = K \cdot \ell \cdot \theta_{-3}$$

$$P_{-1} = T \cdot (\theta_{-1} - \theta_{-2}) + \frac{\ell_1}{\ell} \cdot P_m = K \cdot \ell \cdot (\theta_{-3} + \theta_{-2}) \leq P_0$$

$$P_1 = T \cdot (\theta_1 - \theta_2) + \frac{\ell^{-1}}{\ell} \cdot P_m = K \cdot \ell \cdot (\theta_3 + \theta_2) \leq P_0$$

$$P_2 = T \cdot (\theta_2 - \theta_3) = K \cdot \ell \cdot \theta_3$$

$$P_3 = T \cdot \theta_3$$

$$\delta = \ell \cdot (\theta_{-3} + \theta_{-2}) + \ell_{-1} \cdot \theta_{-1} + d_m$$

$$= \ell \cdot (\theta_3 + \theta_2) + \ell_1 \cdot \theta_1 + d_m$$

$$d_m = \frac{P_m \cdot \ell^{-1} \cdot \ell_1^2}{3EI \cdot \ell} \quad (\text{ビームが極限モーメントに達するまで})$$

$$d_m = 0 \quad (\text{ビームが極限モーメントに達した後})$$

$$P_m = \frac{\ell}{\ell_{-1} \cdot \ell_1} M_0 \quad (\text{ビームが極限モーメントに達した後})$$

Ⅳ プログラムの入出力データ

1. 入力データ

入力データは以下の通りである。

① 第1群 (衝突車の運動方程式関係)

M : 数値解のくり返し回数 ($M \times H$ が追跡時間)

H : くり返し間隔 (sec)

L_1 : 衝突車の前輪軸の重心よりの隔たり (m)

L_2 : 衝突車の後輪軸の重心よりの隔たり (m)

A_1 : 衝突車の前端の重心よりの隔たり (m)

A_2 : 衝突車の後端の重心よりの隔たり (m)

B_1 : 衝突車の前端の幅の半分 (m)

B_2 : 衝突車の後端の幅の半分 (m)

W_1 : 衝突車の前輪の輪距の半分 (m)

W_2 : 衝突車の後輪の輪距の半分 (m)

WR : 衝突車の車輪の半径 (m)

DU : 衝突車の運転席の重心よりの隔たり (m)

R2 : 衝突車の慣性半径の2乗 (m^2)

W : 衝突車の重量 (t)

K : 衝突車の変形のパネ常数 (1 mあたり) (t/m^2)

FWC : 衝突車と防護柵の間の摩さつ係数

FMAX : 路面の最大横すべり摩さつ係数

車両の変形条件②, ③の場合には, Kの後にCMをそう入する

CM : 衝突車の変形時の最大反力 (1 mあたり) (t/m)

車両の変形条件が④, ⑤の場合には, Kは前端部の値と後端部の値の2つ, K_1, K_2 となる。

K_1 : 衝突車の前端でのパネ常数 (1 mあたり) (t/m^2)

K_2 : 衝突車の後端でのパネ常数 (1 mあたり) (t/m^2)

② 第2群 (防護柵関係)

① コンクリート壁用プログラム

(91B2-1, 2, 3, 4)

データなし

② 土中用ボックスビーム用プログラム

(91B3-1, 3, 13)

EI: ビームの曲げ剛性 (tm^2)

MO: ビームの極限曲げモーメント (tm)

PK: 支柱のバネ常数 (1本あたり) (t/m)

PW: 支柱の最大支持力 (1本あたり) (t)

DO: 支柱がビームと離脱する時の変位量 (m)

PX: 衝突開始点と最近接支柱との隔たり (m)

DP: 支柱間隔 (m)

PFM: 支柱のビーム平行方向支持力 (1本あたり) (t)

㊦ 構造物上ボックス、ビーム用プログラム

(91B3-8, 11, 12)

EI: 土中用ボックスビームの場合と同じ

MO: 土中用ボックスビームの場合と同じ

PK: 土中用ボックスビームの場合と同じ

PW: 土中用ボックスビームの場合と同じ

DP: 土中用ボックスビームの場合と同じ

㊦ ガードケーブル用プログラム

(91B3-14)

TFO: 前ケーブルの初張力 (t)

TRO: 後ケーブルの初張力 (t)

CF : 前ケーブルのバネ常数 (t/m)

CR : 後ケーブルのバネ常数 (t/m)

PK : 支柱のバネ常数 (t/m)

PW : 支柱の最大支持力 (t)

PX : 衝突開始点と最近接支柱との隔たり (m)

DP : 支柱間隔 (m)

PFM: 支柱のケーブル平行方向支持力 (t)

㊦ ガードレール用プログラム

(91B3-15)

EI: ビームの曲げ剛性 (tm^2)

MO: ビームの極限曲げモーメント (tm)

GK: ビームのバネ常数 (t/m)

PK: ガードケーブルの場合と同じ

PW: "

PX: "

DP: "

PFM: ガードケーブルの場合と同じ

③ 第3群 (衝突条件)

V : 衝突車の衝突速度 (Km/h)

TH: 衝突車の衝突角度 (度)

入力データの並べ方は第1, 第2, 第3群の順であるが, 第1群の後に第2群を第2群の後に第3群をいくつつけてもよい。また, 第1群もいくつあってもかまわない。すべて, 後に0をつければその群のデータは終りとみなされる。例を下に示す。この例は5ケースである。

第1群, 第2群, 第3群, 第3群, 0.0, 第2群, 第3群, 第3群, 第3群, 0.0, 0.0, 0,

2. 出力データ

① 第1群

入力データ (Mを除く)

EY: 衝突車の防護柵直角方向速度成分による運動エネルギー (t_m)

② 第2群

T : 時間 (秒)

XO: 衝突車の重心のX座標 (m)

YO: 衝突車の重心のY座標 (m)

XW1: 衝突車の左前輪中心のX座標 (m)

YW1: 衝突車の左前輪中心のY座標 (m)

XW2: 衝突車の左前輪中心のX座標 (m)

YW2: 衝突車の左前輪中心のY座標 (m)

TH: 衝突車の姿勢角 (度)

PH: 衝突車の重心の進行角 (度)

CPH: 衝突車の運転席の進行角 (度)

VCX: 衝突車の運転席のX方向速度 (m/sec)

VCY: 衝突車の運転席のY方向速度 (m/sec)

ACX:衝突車の運転席の前後方向加速度 (m/sec^2)

ACY:衝突車の運転席の左右方向加速度 (m/sec^2)

AC:衝突車の運転席の加速度 (m/sec^2)

FT:防護柵と衝突車の間に働く力 (t)

XR:力の作用点のX座標 (m)

YR:力の作用点のY座標 (防護柵の変位) (m)

LL:連続床の支持力のなくなった長さ (左側) (m)

LR:連続床の支持力のなくなった長さ (右側) (m)

DL:連続床のソ性域に達した長さ (左側) (m)

DR:連続床のソ性域に達した長さ (右側) (m)

LL:力の作用点と左側最近接支柱の隔たり (m)

(ガードケーブル, ガードレールの場合)

T : ケーブル, ビームに働く張力 (t)

③ 第3群

DESTRUCTION OF CAR:

衝突車の前端より後端まで全長/20間隔の位置での変形の最大値 (残留値) (m)

上記の出力データは, プログラムによって多少の変化がある。

V 計算に用いた数値

1. 衝突車の諸元

計算に用いた衝突車の諸元は、トヨタRS40（クラウン）と日野TH17のものである。これら2車種が並行して行われていた衝突実験で使われていたため使用したものであるが同クラスの車両では諸元に大きな違いはなく、この諸元は一般的なものとみなしてよい。諸元は、「国産自動車諸元表」より採ったが、慣性モーメントは、「自動車技術会論文集、1960年巻7、1957年巻4」を参考にして定めた。実験との比較を行う際は、車重を実験時のものと合わせて変化させた。また、変形のパネ常数は、 25 t/m^2 から 150 t/m^2 に変化させ、適合のよいものを探した。

2. 防護柵の諸元

① ビームの諸元

① ボックスビームガードレール

ボックスビームガードレールのビームの諸元は、EIとMOであるが、これはビームの単独曲げ試験の結果を参考にして定めた（中央分離帯の構造に関する研究（中間報告）昭和45年8月、日本道路協会）。ここで問題となるのは継ぎ手である。ビームを溶接で継いだ場合はよいが、ボルト等を使用した不完全な結合方法を探った場合には、特にEIが大きく低下する。一応本プログラムのデータとしては、一応部と継手部の荷重-たわみ曲線の傾きの調和平均をEIの値として使用した。

② ガードケーブル

ガードケーブルのケーブルの諸元は、TFO・TRO、CF、CRである。ケーブルが片側のみの場合にはCR、TROは0である。TFO、TROは設置の際の基準であるので問題はないが、CF、CRは、支柱との結合部の摩さつを考えると決定が困難である。一応本プログラムでは、設置長を100mとし、全体が自由に伸びるものとした。

③ ガードレール

ガードレールのビームの諸元は、EI、MO、Cである。EI、MOは静的曲げ試験の結果を参考とした（アルミニウム合金製ガードレール実験報告書、土木研究所資料第371号、中央分離帯構造に関する研究、昭和44年3月、日本道路協会）。Cは、ケーブルよりも大きな問題点がある。継ぎ手がボルトによるものであるため、スレの生じる可能性があること、アンカーがなく多くの支柱に引張りの反力を持たせているため、支柱の挙動に左右されることである。本プログラムの計算では、一応支柱のパネ常数の2.5～5倍をとった。これは、継ぎ手のずれがなく、一連の長さが40～80mとした時

の値である。

② 支柱の諸元

支柱に関する諸元はPKおよびPWである。これらの値は、原則として、対応する衝突実験の際行われた支柱の引張り実験の値を使用した。対応する実験結果がない場合には、同種の支柱引張実験または土研資料第657号「防護柵支柱に関する研究」を参考にして定めた。

3. 衝突条件

衝突条件は、対応する実験での実値、もしくは、求めたい条件の値を使用した。

VI 計算例, および実験結果との比較

1. コンクリートの高欄

昭和43年度に行われたコンクリート高欄の実験の結果と同じ条件で計算したシミュレーションの結果の比較を図-9に示す。衝突車の動きを示す諸値の内, 姿勢角と進行角を比べてある。また, 計算で得られた他の諸値の動き, 条件を変えた場合の角度の推移の変化を図-10, 11に示す。なお演算時間は2~3分であった。

図-9 コンクリート高欄一実験とシミュレーションの比較

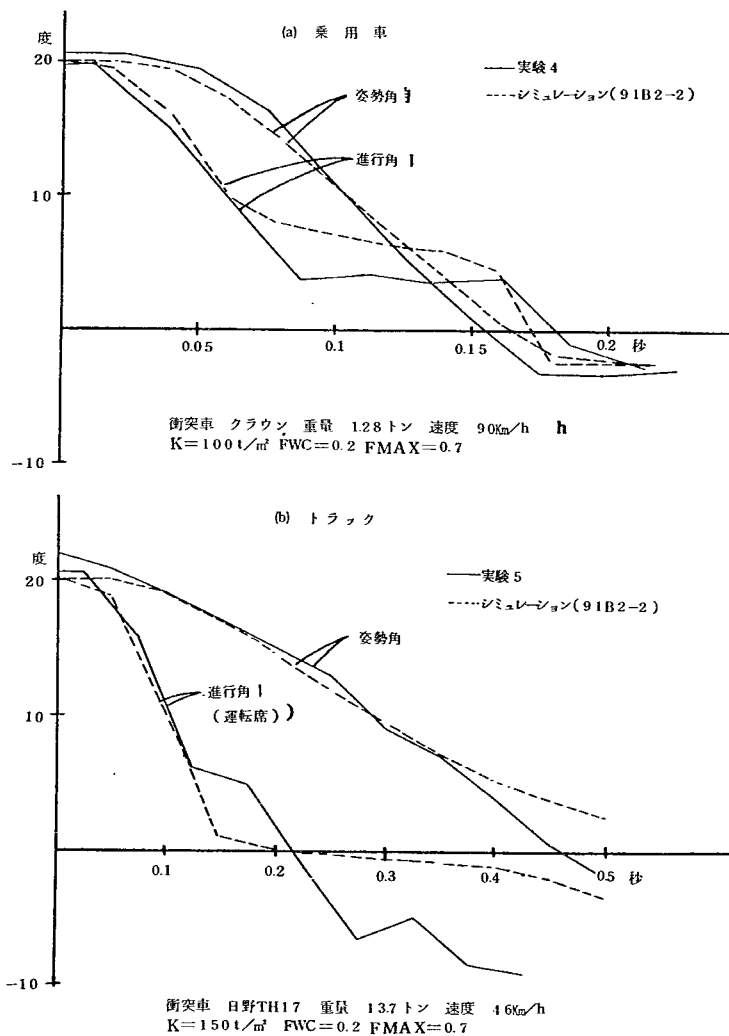


図 10 コンクリート壁シミュレーション計算結果 (91B2-2)

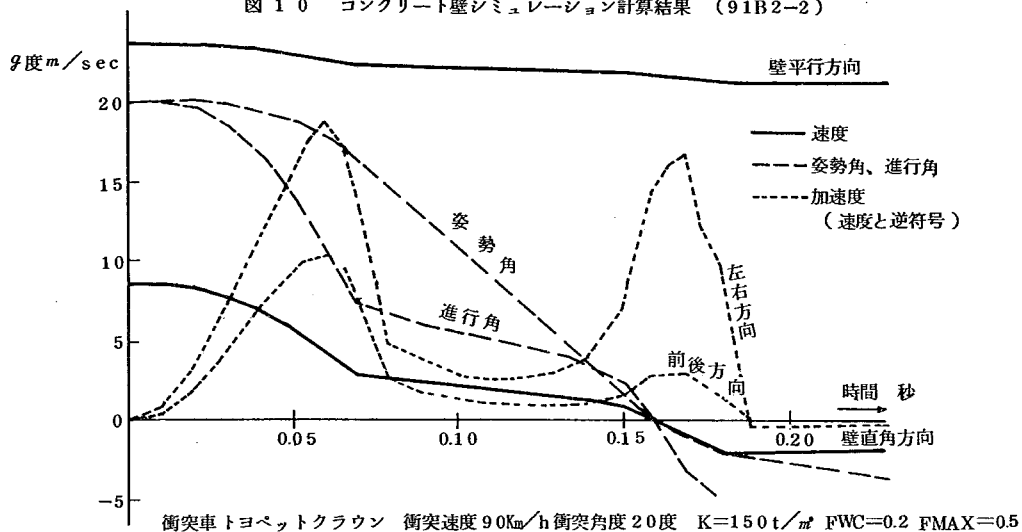
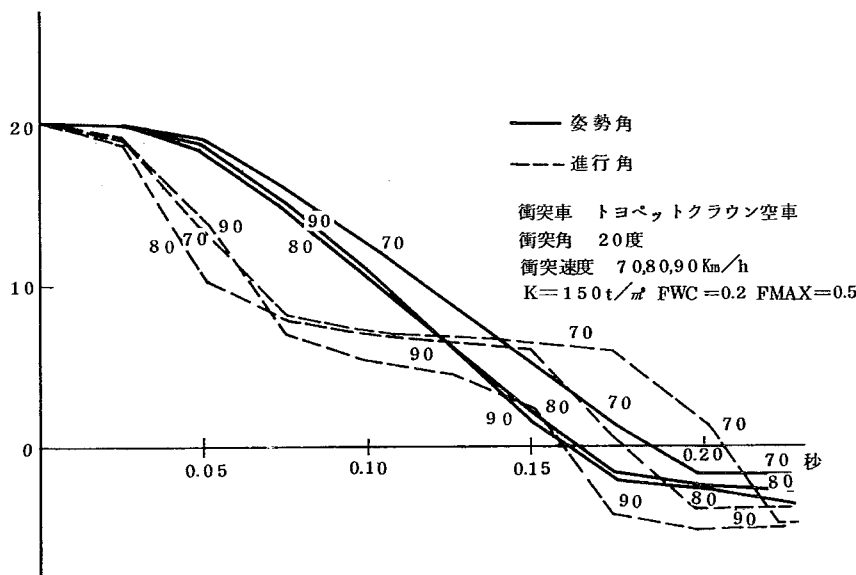


図 11 コンクリート壁シミュレーション
衝突速度の違いによる変化 (91B2-2)



2. ボックスビームガードレール

昭和43年度に行われたボックスビームガードレールの実験の結果と同じ条件で計算したシミュレーションの結果の比較を図-12に示す。同じく45年度に行われた実験とシミュレーションの比較を表-2に示す。ビームの強さ、支柱の強さを变化させた場合、同一衝突条件で、最大変位がどのようにかわるかをシミュレーションによって調べた例を表-3に示す。演算時間は15~30分であり、以下ほぼ同程度である。

図-12 ボックスビーム防護柵—実験とシミュレーションの比較

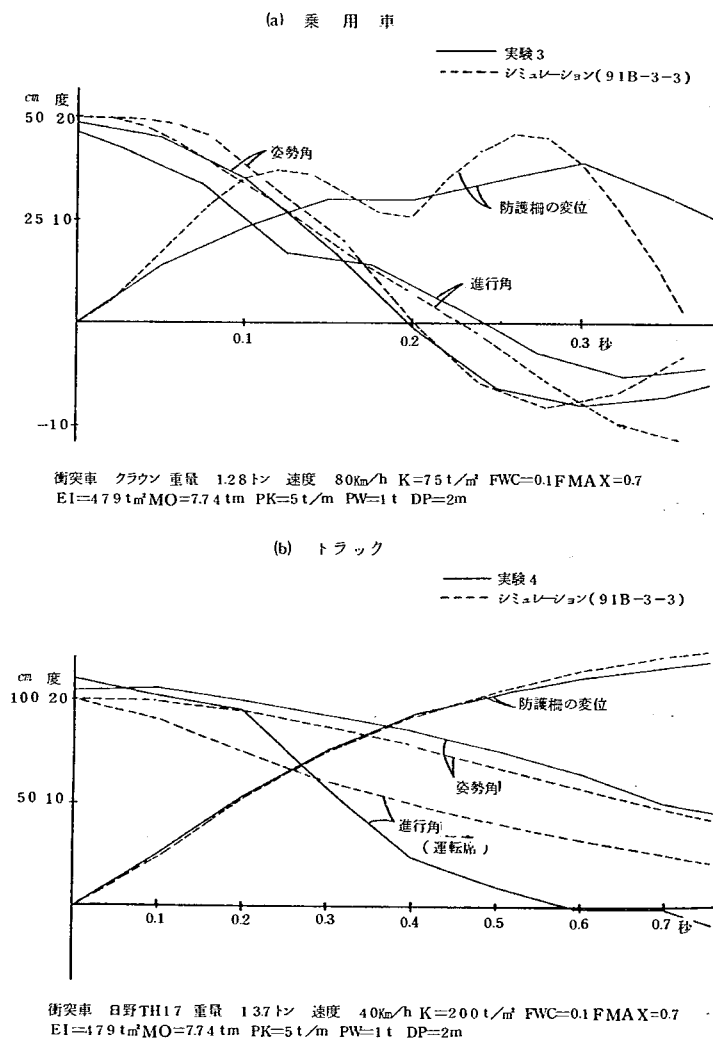


表-2 ボックスビームガードレールのシミュレーションと実験の結果の比較

	実験12	シミュレーション ① ②		実験11	シミュレーション ① ②	
最大変位	1.54 F	1.43	1.61	0.68 F	0.61	0.66
後輪最大ふみこみ	*** 0.99 J	1.16	1.34	*** (0.77) J	0.55	0.60
最大反力	6.98 E	6.28	5.97	6.86 E	5.88	5.66
姿勢角 0時間	*** 0.67 F	1.19	(1.30) *	0.31 F	0.19	0.20

F:写真より J:実測より E:歪計測より

実験とシミュレーションは同一衝突条件

シミュレーションにて (91B 3-3)

W=1.4 t K=1.0 t/m

① EI=175 t m² MO=6.14 t m

② EI=120 t m² MO= 5.9 t m

* ほぼ0となるがこの後ふえて0にはならない

** 反対側車輪の軌跡と輪距より算出

*** 車体のねじれがあるため合わないのではないかとと思われる

表-3 諸元を変えた時のボックスビームガードレールの最大変位の変化

K \ W	1.1 (t)	1.4	1.7	2.0
4 (t/m)	2.04 (m)	1.78	1.63	1.53
7	1.82	1.53	1.33	1.18
10	1.70	1.43	1.22	1.03

EI=175 t m²

MO=6.14 t m

K \ W	1.1 (t)	1.4	1.7	2.0
4 (t/m)	1.50 (m)	1.29	1.13	1.03
7	1.33	1.05	0.89	0.81
10	1.26	0.95	0.82	0.76

EI=308 t m²

MO=8.72 t m

(シミュレーション)
91B3-3

3. 構造物用ボックスビームガードレール

昭和45年度に行われた構造物用ボックスビームガードレール（鋼製高欄）の実験結果と同一条件のシミュレーションの結果を比較したものを表-4に示す。

表-4 鋼製高欄シミュレーションと実験の結果の比較

(91B 3-11, 12)

	実 験 1		実 験 2		実 験 3		
	実験	計算	実験	計算	実験	計算	
最大変形	第 1 回	— 1	6 4	2 1	cm		
	第 2 回	— 1	8 8	2 2			
最大反力	第 1 回	2 3.5 1 5.4 (1 3.7)	2 0.6 2 3.0	1 8.9 2 5.1	t		
	第 2 回	1 6.2 1 4.7 (1 1.7)	2 7.7 2 4.0	2 7.7 3 1.8			
最大横加速度	第 1 回	1 0.7 1 0.9	7.2 2.6	— 2.8	g		
	第 2 回	5.3 1 1.8	— —	— —			
車が高欄と平行になる時間		0.2 0 0.1 8	0.4 5 —	0.4 5 —	sec		
接 触 長 さ		2.0 2.1	— —	— —	m		
離 脱 角		6.0 4.9	— —	— —	度		

・ 実1は乗用車, 実2, 3は大型貨物車によるものである。

・ 計算条件 $EI=846\text{ tm}^2$ $Mo=162\text{ tm}$ $PK=3100\text{ t/m}$ (実1, 2)

1600t/m (実3)

$PW=130\text{ t}$ (実1, 2) $K_1=25$, $K_2=100$ (実2, 3)

67t (実3) $K_1=75$, $K_2=50$ (実1)

4. ガードレールおよびガードケーブル

昭和45年度に行われた中央分離帯用防護柵実験の結果と同一条件のシミュレーションの結果を比べたものを表-5に示す。

表-5 ガードケーブルとガードレールの計算結果と実験結果

		ガードレール		ガードケーブル			
		実験16	実験17	実験13	実験14	実験18	
最大変位	実験	65	176	75	110以上	73	cm
	シミュレーション	92	186	68	148	80	cm

註 1 実験は45年度中央分離帯用防護柵実験

註 2 ガードレールのシミュレーションは91B3-15による。

$EI=40\text{ t m}^2$ $Mo=2.5\text{ t m}$ $GK=25\text{ t/m}$ $PK=5\text{ t/m}$
 $PW=5\text{ t/m}$

註 3 ガードケーブルのシミュレーションは91B3-14による。

$TFO=TRO=8\text{ t}$ $CF=CR=72\text{ t}$ $PK=5\text{ t/m}$ $PW=2\text{ t}$

参 考 文 献

- ・ガードレールの力学モデルと実物実験の解析
枝村俊郎，山本俊夫， 交通工学 5 巻 2 号
- ・理論自動車工学
近藤政市ほか 自動車工学講座 4，山海堂
- ・土木応用数学
島田静雄 大学講座，土木工学 1 共立出版
- ・試作した自動車慣性能率測定装置および測定例について
小島一郎，戸井田克 自動車技術会論文集 46 7
- ・乗用車の慣性能率の測定
林 暎雄，松本 薫 自動車技術会論文集 46 4
- ・タイヤの対路面特性の理論的考察
光成卓志 自動車技術会論文集 46 4
- ・国産自動車諸元表 1967 年版
自動車技術会
- ・中央分離帯の構造に関する研究
昭和 43 年度報告
昭和 44 年度報告（ボックスビーム編）
” （その 2）
昭和 45 年度報告（中間報告）
昭和 45 年度報告（中間報告その 2）
日本道路協会
- ・アルミニウム合金製ガードレール実験報告書
土木研究所資料 第 371 号
- ・防護柵支柱に関する研究
土木研究所資料 第 657 号
- ・コンクリート高欄実車衝突実験報告書
昭和 44 年 2 月 高速道路調査会
- ・鋼製高欄の構造形式に関する研究
45 年度報告書 高速道路調査会

付, プログラムおよび演算結果例

1. プログラム (使用機種 FACOM 270-30)

91B 2-4

" 3-12

" 3-13

" 3-14

" 3-15

2. 演算結果

91B 2-4

" 3-12

" 3-13

" 3-14

" 3-15

付 録

```

*JOB B912
*ALGOL LP
begin comment 918 2-4 CONCRETE FENCE;
integer M,I,J,L;
real H,C1,C2,D6,K,R,CT,ST,X0,Y0,TH,VX,VY,VTH,CK,CK1,CK2,CD,CD0,CD1,A1,A2,B1,B2,FWC,V,PH,FM,L1,L2,CW,AX,AY,ATH,R2,DU,RY;
array V,F,0[1:7],CDR[0:1000];
procedure FUNC;
begin
  integer N;
  real XC1,YC1,XC2,YC2,XR1,YR1,XR2,YR2,XD1,YD1,XD2,YD2,TT,A,AA,AX,KX,KF,KR,CR,CF,SP,SXP,XR;
  X0=Y[2]; Y0=Y[3]; TH=Y[4]; VX=Y[5]; VY=Y[6]; VTH=Y[7];
  CT=COS(TH); ST=SIN(TH); TT=ST/CT;
  XC1=X0+A1*CT; YC1=Y0+A1*ST;
  XC2=X0+A2*CT; YC2=Y0+A2*ST;
  XR1=XC1-B1*ST; YR1=YC1+B1*CT;
  XR2=XC2-B2*ST; YR2=YC2+B2*CT;
  XD1=TT*YC1+XC1; XD2=TT*YC2+XC2;
  A=(YR1-YR2)/(XR1-XR2); AA=SORT(A*A+1.0);
  CD0=(A*(XD1-XR1)+YR1)/AA; CD1=(A*(XD2-XR1)+YR1)/AA;
  SP=SXP=0.0;
  for N=0 step 1 until 1000 do
    begin
      CD=((1000-N)*CD0+N*CD1)/1000.0; CR=CDREIN; CK=((1000-N)*CK1+N*CK2)/1000.0; CF=0.99*CR;
      if CD<CF then begin if CD<CR then CD=100.0*CK*(CD-CF) else CD=CK*CD; SP=SP+CD; SXP=SXP+N*CD; end;
      end;
      RY=-((A1+A2)*SP/1000.0;
      if SP<0.00001 then XR=X0 else XR=(XR1*(1000.0-SXP/SP)+XR2*SXP/SP)/1000.0;
      RX=RY*FWC; V=SORT(VX*VX+VY*VY); PH=ARCTAN(VY/VX);
      KF=5.7*(PH-TH+L1*VTH/V); KR=5.7*(PH-TH-L2*VTH/V);
      if X<FM then KF=FM; if KF<-FM then KF=-FM;
      if X<FM then KR=FM; if KR<-FM then KR=-FM;
      KF=CW*KF*L2/(L1+L2); KR=CW*KR*L1/(L1+L2);
      AX=9.8*((KF+KR)*ST+RX)/CW; AY=9.8*(-(KF+KR)*CT+RY)/CW;
      ATH=9.8*(-KF*L1+KR*L2+(XR-X0)*RY+Y0*RX)/(CW*R2);
      F[1]=1.0; F[2]=VX; F[3]=VY; F[4]=VTH; F[5]=AX; F[6]=AY; F[7]=ATH;
    end;
  procedure PRINT;
  begin
    real ACX,ACY,AC,CVX,CVY,CPH;
    CVX=VX-ST*DU*VTH; CVY=VY+CT*DU*VTH; CPH=ARCTAN(CVY/CVX);
    OUT(6,'2B3(B=2D.3D),5(B=2ZD.2D)',Y[1],X0,Y0,57.296*TH,57.296*PH,57.296*CPH,VX,VY);
    ACX=(AX*CT+AY*ST-DU*VTH*VTH)/9.8; ACY=(-AX*ST+AY*CT+DU*ATH)/9.8; AC=SORT(ACX*ACX+ACY*ACY);
    OUT(6,'B6(B=2ZD.2D)','','CVX,CVY,ACX,ACY,AC,RY);
  end;
T1:READ(W); if M=0 then go to E3; READ(H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,DU,R2,CW,FWC,FM);
T2:READ(CK1); if CK1<1.0 then go to E2; READ(CK2);
T3:READ(CV); if V<1.0 then go to E1;
  READ(TH); CRLF(2);
  PRINT(' THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISOION TO CONCRETE WALL BARRIER 918 2-4'); CRLF(2);
  PRINT(' H(m) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) DU(m) R2(m2) W(t)');
  PRINT(' FWC FMAX K1(t/m2) K2(t/m2) V(hm/h) TH(deg)'); CRLF(2);
  OUT(6,'2B9(2B0.3D)',H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,DU,R2);
  OUT(6,'2BZD.2D,2(2B0.3D),4B3ZD,4B2ZD,D,5B2ZD,D,3BZD,D2','CW,FWC,FM,CK1,CK2,V,TH);
  PRINT(' T(s) X(m) Y(m) TH(deg) PH(deg) CPH(deg) VX(m/s) VY(m/s)');
  PRINT(' CVX(m/s) CVY(m/s) ACX(g) ACY(g) AC(g) FY(t)'); CRLF(2);
  V=V/3.6; TH=3.1416*TH/180.0;
  Y[1]=Y[2]=0.0; Y[3]=-A1*SIN(TH)-B1*COS(TH); Y[4]=PH=TH; Y[5]=V*COS(PH); Y[6]=V*SIN(PH); Y[7]=0.0;
  for L=0 step 1 until 1000 do CDR[L]=0.0;
  C1=1.0-SORT(0.5); C2=2.0-C1; D6=1.0/6.0;
  for I=1 step 1 until 7 do 0[I]=0.0; F[1]=1.0;

```

```

FUNC:
PRINT:
for J=1 step 1 until M do
begin
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=0.5*K-Q[I]; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
FUNC:
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=C1*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C1*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
FUNC:
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=C2*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C2*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
FUNC:
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=(K-2.0*Q[I])*D6; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
FUNC:
for L=0 step 1 until 1000 do begin CD=((1000-L)*CD0+L*CD1)/1000.0; if CD>CDR[L] then CDR[L]=CD; end;
if J=J+5 then PRINT;
end;
PRINTS(' DESTRUCTION OF CAR (m) ');
for L=0 step 100 until 1000 do OUT1(6,'B-D.3D',CDR[L]);
EJECT:go to T3;
E1:go to T2;
E2:go to T1;
E3:EJECT;
end;
*PRBL STORE
*X

```

100.0.002.1.16.1.37.1.85.2.43.0.84.0.84.0.3.1.76.1.18.0.2.0.5.
75.50.60.20.0.0.0.

*JOB 91B3 BOX SIMULATION
*ALGOL LP

```
begin comment 91B 3-12;
integer M,I,J,N,IR;
array Y,F@I1:7J,CDR@0:100;
real H,C1,C2,D6,K,R,E1,M0,PK,PW,DP,CW,V,TH,A1,A2,B1,B2,L1,L2,R2,WR,W1,W2,CK,CK1,CK2,FWC,FM,
PH,VX,VY,AX,AY,IVTH,ATH,X0,Y0,XWF,YWF,RY,XR,YR,CT,ST,DU,DL,DR,CD0,CD1,ECD,CD,EG,EY,DRF;
procedure FUNC;
begin
real K,W,XC1,YC1,XC2,YC2,XR1,YR1,XR2,YR2,XD1,XD2,RX,KF,KR,CD,SP,SXP,D1,D2,DX1,DX2,TT,
D2D,P1,P2,P1D,P2D,A,AA,YCD,CF,CR,CS,XRR,YL,YRM,YLM,XDD1,XDD2,D2S;
procedure BOX(YA,P);
real YA,P;
begin
real AL,AR,BE,GL,GR,EL,ER,ET,SA,MA,C1,C2,C3,C4,
TA,TB,TC,TD,TE,TF,TG,TH,TI,TJ,TK,TL,TM,TN,TP,TQ,DLN,DRN,M;
real procedure NIJI(A,B,C,PM);
real A,B,C;
integer PM;
begin
if A<0.0000000001 then NIJI=-C/B else
begin
if B<B-4.0*A<C<0.0 then
begin
if C<0.00001 then NIJI=0.0 else NIJI=-C/B;
end
else
begin
if PM>0 then NIJI=0.5*(-B-SQRT(B*B-4.0*A*C))/A
else NIJI=0.5*(-B+SQRT(B*B-4.0*A*C))/A;
end;
end;
end;
BE=(0.25*K/EI)*0.25;
DLN=DRN=DRF;
if YA<0.0001 then begin P=0.0; go to L2; end;
L1:GL=BE*DL; GR=BE*DR;
EL=GL; ER=GR; ET=EL+ER;
TA=ET*3+6.0*ET*ET+12.0*ET+12.0;
TB=TC=(GR*GR/3.0+GR+1.0)*W*DR;
TD=TE=(GR*3/12.0+GR/2.0-1.0)*W*DR;
TF=0.5;
TG=3.0*(ET*TB-2.0*TD-ET*TC+2.0*TE)/TA;
TH=2.0*BE*(ET+2.0);
TI=0.0;
TJ=(TI*TF+ER*ER+2.0*ER+1.0)/TH;
TK=(TI*TG-TB-TC)/TH;
TL=-BE*(EL+EL+2.0*EL+1.0);
TM=2.0*EL*3/3.0+2.0*EL*EL+2.0*EL+1.0;
P=(0.5*K*YA/BE-TL*TK-TM*TG-TD+TB*EL)/(TL*TJ+TM*TF);
SA=TF*P+TG; MA=TJ*P+TK;
if MA=0 then
begin
MA=M0;
TN=2.0*(1.0+EL+ER+EL+EL+ER*ER+EL*3/3.0+ER*3/3.0);
TP=0.5;
TQ=(TI*BE+MA)/TN;
P=(0.5*K*YA/BE-TL*MA-TM*TQ-TD+TB*EL)/(TM*TP);
SA=TP*P+TQ;
end;
end;
end;
```

```

end;
C3=(BE*MA*(SA-P)*(ER+1.0)+(GR/2.0+1.0)*W*DR)*2.0*BE/K;
C4=(MA*(SA-P)*DR+W*DR/2.0)/(2.0*BE*BE*E1);
DRN=N1/J1*(-2.0*BE*BE*C4-BE*(C3-C4)*C3-W/K.1)+DR;
if DRN<0.0 then DRN=0.0;
if (DRN-DR)*2<0.0001 then go to L2;
DL=DR*DRN;
go to L1;
L2:
end;
procedure CDD(D,P);
real D,P;
begin
  XD1=-TT*(D-YC1)+XC1; XD2=-TT*(D-YC2)+XC2;
  A=(YR1-YR2)/(XR1-XR2); AA=SQRT(A*A+1.0);
  CD0=(A*(XD1-XR1)+YR1-D)/AA; CD1=(A*(XD2-XR1)+YR1-D)/AA;
  SP=SXP*0.0;
  for N=0 step 1 until 100 do
    begin
      CD=((100-N)*CD0+N*CD1)/100.0; CR=CDR[N]; CK=(CK1*(100.0-N)+CK2*N)/100.0;
      CF=CR*(1.0-CK/CS);
      if CD<CF then
        begin if CD<CR then CD=CS*(CD-CF) else CD=CK*CR; if N=0 then CD=CD/2.0; SP=SP+CD; SXP=SXP+N*CD; end;
      end;
      P=(A1+A2)*SP/100.0;
      if SP>0.0001 then XR=(XR1*(100.0-SXP/SP)+XR2*SXP/SP)/100.0;
      end;
      K=W/D; W=W/D;
      X0=Y[2]; Y0=Y[3]; TH=Y[4]; VX=Y[5]; VY=Y[6]; VTH=Y[7];
      CT=COS(TH); ST=SIN(TH); TT=ST/CT;
      XC1=X0+A1*CT; YC1=Y0+A1*ST; XC2=X0+A2*CT; YC2=Y0+A2*ST;
      XR1=XC1-B1*ST; YR1=YC1-B1*CT; XR2=XC2-B2*ST; YR2=YC2-B2*CT;
      XWF=X0*(L1+WR)*CT-W1*ST; YWF=Y0*(L1+WR)*ST+W1*CT;
      YR=0.0; XR=X0; CS=100.0*(CK1+CK2)/2.0; YL=10.0;
      for N=0 step 1 until 100 do
        begin
          CR=CDR[N]; YCD=((100-N)*YR1+N*YR2)/100.0-CT*CR; if CR<0.0000001 ^ YCD<YL then YL=YCD;
          CK=(CK1*(100.0-N)+CK2*N)/100.0;
          YCD=YCD+CT*CK*CR/CS; if YCD>YR then YR=YCD;
          end;
          if YR<0.00001 then begin XR=YR=RX=RY=0.0; go to FL3; end;
          if YL>9.9 ^ YL<0.0 then YL=0.0; D1=YL;
          CDD(YL,P1D);
          BOX(YL,P1);
          if P1=P1D then begin YR=YL; D2=YL=0.0; end else D2=YR; IR=0; YRM=YR; YLM=YL;
          FL1:CDD(D2,P2D);
          BOX(D2,P2);
          if (P2-P2D)*2<0.001 then go to FL2;
          if (P2<P2D ^ D2>YLM then YLM=D2; if P2>P2D ^ D2<YRM then YRM=D2;
          IR=IR+1; if IR=4 then go to FL6;
          D2S=D2;
          if (P2-P2D-P1+P1D)*2<0.000001 then D2=0.5*(D1+D2) else D2=(D1*(P2-P2D)-D2*(P1-P1D))/(P2-P2D-P1+P1D);
          if D2>YR then D2=YR; if D2<YL then D2=YL;
          D1=D2S; P1=P2; P1D=P2D;
          go to FL1;
          FL6:P1=0.0; P1D=1.0; D1=(YRM-YLM)/2.0; D2=YLM+D1;
          FL7:CDD(D2,P2D);
          BOX(D2,P2);
          if (P2D-P2)*2<0.001 then go to FL2;
          if (P1-P1D)*(P2-P2D)<0.0 then D1=D1;

```

```

P1=P2; P1D=P2D; D1=D1/2.0; if D1>0.1<-10 then go to FL2; D2=D2+D1; go to FL1;
FL2:RY=P2; RX=RY+FWC; YR=D2;
FL3:V=SQRT(VX*VX+VY*VY); PH=ARCTAN(VY/VX);
KF=5.7*(TH-PH-L1*VTH/V); KR=5.7*(TH-PH-L2*VTH/V);
if KF>FM then KF=FM; if KR>FM then KR=FM; if KR<-FM then KR=-FM;
KF=KF*CW/L2/(L1+L2); KR=KR*CW/L1/(L1+L2);
AX=9.8*(-(KF+KR)*ST+RX)/CW; AY=9.8*(-(KF+KR)*CT+RY)/CW;
ATH=9.8*(KF*L1-KR*L2+(XR-X0)*RY-(YR-Y0)*RX)/(CW*R2);
F[1]=1.0; F[2]=VX; F[3]=VY; F[4]=VTH; F[5]=AX; F[6]=AY; F[7]=ATH;
end;
procedure PRINT;
begin
real ACX,ACY,AC,XW1,YW1,XW2,YW2,VCX,VCY,CPH;
XW1=X0+L1*CT-W1*ST; YW1=Y0+L1*ST-W1*CT; XW2=X0-L2*CT-W2*ST; YW2=Y0-L2*ST+W2*CT;
VCX=VX-ST*DU*VTH; VCY=VY-CT*DU*VTH; CPH=ARCTAN(VCY/VCX);
ACX=(AX*CT+AY*ST-DU*VTH*VTH)/9.8; ACY=(-AX*ST+AY*CT+DU*ATH)/9.8; AC=SQRT(ACX*ACX+ACY*ACY);
OUT7(6,'B-D.3D.6(B-ZD.2D)',Y[1],X0,Y0,XW1,YW1,XW2,YW2);
OUT7(6,'B-D.3D.6(B-ZD.2D)',57.3*TH,57.3*PH,57.3*CPH,VCX,VCY,ACX,ACY);
OUT6(6,'B2D.2D-B-ZD.2D,-ZD.2D,-ZD.3D.2(-ZD.D)','','AC,RY,XR,YR,DL,DK);
end;
procedure RIREK;
begin
real CD;
DRF=DR;
for N=0 step 1 until 100 do begin CD=((100-N)*CD0+N*CD1)/100.0; if CD>CDR[N] then CDR[N]=CD; end;
end;
S1:READ(M); if M=0 then go to E1; READ(H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,W1,W2); READ(WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
S2:READ(E1); if E1<1.0 then go to S1; READ(M0,PK,PW,DP);
S3:READ(V); if V<1.0 then go to S2; READ(TH); CRLF(2);
PRINTS(' THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO BOX BEAM GUARDRAIL 91B 3-12'); CRLF(2);
PRINTS(' H(s) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) W1(m) W2(m)');
PRINTS(' WR(m) DU(m) R2(m2) w(t) K1(t/m2) K2(t/m2) FWC FMAX'); CRLF(2);
OUT9(6,'3B9(BZD.3D)',H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,W1,W2);
OUT8(6,'3(BZD.3D),B2ZD.3D,2(2B4ZD)3B,2(BZD.3D)','','WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
PRINTS(' E1(tm) M0(tm) PK(t/m) PW(t) DP(m) V(km/h) TH(deg) EY(tm)'); CRLF(2);
OUT5(6,'4B3ZD.D,2(B2ZD.D,2(B3ZD.D),2(BZD.3D)',E1,M0,PK,PW,DP);
OUT3(6,'4B3ZD.D,2(B3ZD.D)','','V,TH,CW*(V*SIN(0.01745*TH)/3.6)T2/19.6);
PRINTS(' T X0 Y0 XW1 YW1 XW2 YW2 TH PH CPH');
PRINTS(' VCX VCY ACX ACY AC FY XR YR DL DR'); CRLF(2);
PRINTS(' [s] [m] [m] [m] [m] [m] [deg] [deg] [deg]');
PRINTS(' [m/s] [m/s] [u] [u] [u] [t] [m] [m] [m] [m]'); CRLF(2);
VWV/3.6; TH=0.0174533*TH; PH=TH; for N=0 step 1 until 100 do CDR[N]=0.0;
for N=21 step 1 until 79 do CDR[N]=1.0;
Y[1]=0.0; Y[2]=A1*COS(TH)+B1*SIN(TH); Y[3]=-A1*SIN(TH)+B1*COS(TH); Y[4]=TH;
Y[5]=VWV*COS(PH); Y[6]=VWV*SIN(PH); Y[7]=0.0; DRF=EG=EY=0.0;
C1=1.0-SQRT(0.5); C2=2.0-C1; D6=1.0/6.0;
for I=1 step 1 until 7 do G[I]=0.0; F[I]=1.0;
FUNC;
PRINT;
for J=1 step 1 until M do
begin
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=0.5*K-G[I]; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
FUNC;
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=C1*(K-G[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C1*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
end;

```

```

FUNC;
for I=1 step 1 until 7 do
  begin
    K=H*F[I]; R=C2*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C2*K; Y[I]=Y[I]+R;
  end;
FUNC;
for I=1 step 1 until 7 do
  begin
    K=H*F[I]; R=(K-2.0*Q[I])*D6; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
  end;
FUNC;
EG=EG+RY*(YR-EY); EY=YR;
RIREK1;
if J=J+2 then PRINT;
end;
PRINTS('  DESTRUCTION OF CAR (M)'); CRLF(2);
for N=0 step 5 until 100 do OUT1(6,'-D.3D',CDR[N]);
ECD=0.0;
for N=0 step 1 until 100 do
  begin
    CK=(CK1*(100.0-N)+CK2*N)/100.0;
    CD=CK*CDR[N]*2/2.0; if N=0 or N=100 then CD=CD/2.0; ECD=ECD+CD;
  end;
ECD=(A1+A2)*ECD/100.0; CRLF(2);
PRINTS('  ENERGY ABSORBED BY CAR ='); OUT1(6,'2ZD.2D',ECD);
PRINTS('  ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL ='); OUT1(6,'2ZD.2D',EG);
PRINTS('  Y AXLE MOVING ENERGY LEFT ='); OUT1(6,'2ZD.2D',CW*VY*VY/19.6);
EJECT; go to S3;
E1:EJECT;
end;

*PRBL STORE
*X

```

*JOB 91B3 BOX SIMULATION
*ALGOL LP

```

begin comment 91B3-13;
  integer M,I,J,N,IR;
  array Y,F@[1:7],CDR[0:100];
  real H,C1,C2,D6,K,R,E1,M0,PK,PW,D0,DP,pFM,px,Cw,v,TH,A1,A2,B1,B2,L1,L2,R2,WR,w1,w2,CK,CK1,CK2,FWC,FM,LL,X,LR,X,
    PH,VX,VY,AX,AY,VTH,ATH,X0,Y0,XWF,YWF,RY,XR,YR,CT,ST,DU,LL,LR,CM,CD0,CD1,ECD,CD,EG,EY;
  procedure FUNC;
  begin
    real X,W,XC1,YC1,XC2,YC2,XR1,YR1,XR2,YR2,XD1,XD2,LL1,LR1,RX,KF,KR,CD,SP,SPX,D1,D2,DX1,DX2,TT,
      D2D,P1,P2,P1D,P2D,A,AA,DPF,PF,YCD,CF,CR,CS,XRR,YL,YRM,YLM,XDD1,XDD2,D2S;
  procedure BOX(YA,P);
  real YA,P;
  begin
    real AL,AR,BE,GL,GR,EL,ER,ET,SA,MA,C1,C2,C3,C4,THAB,THAC,THB,YB,THC,YC,
      TA,TB,TC,TD,TE,TF,TG,TH,TI,TJ,TK,TL,TM,TN,TP,TQ,LLN,LRN,DLN,DRN,M,DL,DR;
    real procedure NIJI(A,B,C,PM);
    real A,B,C;
    integer PM;
    begin
      if A<0.0000000001 then NIJI=-C/B else
      begin
        if B=4.0*A+C<0.0 then
        begin
          if C<0.00001 then NIJI=0.0 else NIJI=-C/B;
        end else
        begin
          if PM>0 then NIJI=0.5*(-B+SORT(B*B-4.0*A*C))/A
            else NIJI=0.5*(-B-SORT(B*B-4.0*A*C))/A;
        end;
      end;
    end;
  procedure YM(X,Y,M);
  real X,Y,M;
  begin
    if X<LL-DL then go to L7;
    if X<LL then go to L6;
    if X<0 then go to L5;
    if X<LR then go to L4;
    if X<LR+DR then go to L3;
    X=(X-LR-DR)*BE;
    Y=EXP(-X)*(C3*COS(X)+C4*SIN(X));
    M=EI*BE*BE*EXP(-X)*2.0*(C4+COS(X)-C3*SIN(X));
    go to L8;
  L3: X=X-LR;
    Y=(MA*X*X/2.0+(SA-P)*LR*X*X/2.0+(SA-P)*X^3/6.0+W*X^4/24.0)/EI+HC*X+YC;
    M=(SA-P)*(LR*X)+W*X*X/2.0+MA;
    go to L8;
  L4: Y=(MA*X*X/2.0+(SA-P)*X^3/6.0)/EI+THAC*X+YA;
    M=(SA-P)*X+MA;
    go to L8;
  L5: Y=(MA*X*X/2.0+SA*X^3/6.0)/EI+THAB*X+YA;
    M=SA*X+MA;
    go to L8;
  L6: X=X+LL;
    Y=(MA*X*X/2.0-SA*LL*X*X/2.0+SA*X^3/6.0+W*X^4/24.0)/EI+THB*X+YB;
    M=MA-SA*LL+SA*X+W*X*X/2.0;
    go to L8;
  end;
end;

```

```

L7: X=(X+LL*DL)*BE;
    Y=EXP(X)*(C1*COS(X)+C2*SIN(X));
    M=EI*BE*BE*EXP(X)*2.0*(C2*COS(X)-C1*SIN(X));
L8:
    end;
    BE=(0.25*K/EI)*0.25;
    LE=LL1; LR=LR1; DL=DR=0.0;
    if YA<0.0001 then begin P=0.0; go to L2; end;
L1: AL=BE*LL; AR=BE*LR; GL=BE*DL; GR=BE*DR;
    EL=AL+GL; ER=AR+GR; ET=EL+ER;
    TA=ET*3+6.0*ET*ET+12.0*ET+12.0;
    TB=(GL+GL/3.0+GL+1.0)*W*DL;
    TC=(GR+GR/3.0+GR+1.0)*W*DR;
    TD=(GL*3/12.0+GL/2.0+1.0)*W*DL;
    TE=(GR*3/12.0+GR/2.0+1.0)*W*DR;
    TF=(ER*3+3.0*EL*ER+6.0*ER*ER+6.0*EL*ER+9.0*ER+3.0*EL+6.0)/TA;
    TG=3.0*(ET*TB-2.0*TD-ET*TC+2.0*(E))/TA;
    TH=2.0*BE*(ET+2.0);
    TI=EL*EL-ER*ER+2.0*EL-2.0*ER;
    TJ=(TI*TF+ER*ER+2.0*ER+1.0)/TH;
    TK=(TI*TG-TB-TC)/TH;
    TL=BE*(EL*EL+2.0*EL+1.0);
    TM=2.0*EL*3/3.0+2.0*EL*EL-2.0*EL+1.0;
    P=(0.5*K*YA/BE-TL*TK-TM*TG-TD*TB*EL)/(TL*TJ+TM*TF);
    SA=TF*P+TG; MA=TJ*P+TK;
    if MA=0 then
        begin
            MA=MO;
            TN=2.0*(1.0+EL+ER+EL*EL+ER*ER+EL*3/3.0+ER*3/3.0);
            TP=(1.0+2.0*ER+2.0*ER*ER+2.0*ER*3/3.0)/TN;
            TQ=(TI*BE*MA+TB*EL-TD*TC*ER+TE)/TN;
            P=(0.5*K*YA/BE-TL*MA-TM*TQ-TD*TB*EL)/(TM*TP);
            SA=TP*P+TQ;
        end;
    THAB=(-2.0*(1.0+EL)*BE*MA-(EL*EL+2.0*EL+1.0)*SA-TB)/(2.0*BE*BE*EI);
    THAC=(2.0*(1.0+ER)*BE*MA+(ER*ER+2.0*ER+1.0)*(SA-P)+TC)/(2.0*BE*BE*EI);
    YB=(MA*LL*LL/2.0+SA*LL*3/6.0)/EI+THAB*LL+YA;
    YC=(MA*LR*LR/2.0+(SA-P)*LR*3/6.0)/EI+THAC*LR+YA;
    THB=(-MA*LL+SA*LL*LL/2.0)/EI+THAB;
    THC=(MA*LR+(SA-P)*LR*LR/2.0)/EI+THAC;
    C1=(BE*MA-(EL+1.0)*SA*(GL/2.0+1.0)*W*DL)*2.0*BE/K;
    C2=(MA-(LL+DL)*SA*W*DL*DL/2.0)/(2.0*BE*BE*EI);
    C3=(BE*MA+(SA-P)*(ER+1.0)+(GR/2.0+1.0)*W*DR)*2.0*BE/K;
    C4=(MA*(SA-P)*(LR+DR)*W*DR*DR/2.0)/(2.0*BE*BE*EI);
    LLN=NIJI*(-MA*SA*LL)/EI+THB*YB-D0-1)*LL;
    LRN=NIJI*(-MA*(SA-P)*LR)/EI+THC*YC-D0-1)*LR;
    if LLN<0 then LLN=0;
    if LRN<0 then LRN=0;
    DLN=NIJI*(2.0*BE*BE*C2*BE*(C1+C2),C1-W/K,-1)*DL;
    DRN=NIJI*(-2.0*BE*BE*C4-BE*(C3-C4),C3-W/K,1)*DR;
    if DLN<0 then DLN=0;
    if DRN<0 then DRN=0;
    if (LLN-LL)*2+(LRN-LR)*2+(DLN-DL)*2+(DRN-DR)*2<0.0001 then go to L2;
    LL=LLN; LR=LRN; DL=DLN; DR=DRN;
    go to L1;
L2:
    end;
    procedure RL;
    begin
        LL=XR-LLIX; LR=LRIX-XR;

```

```

    if LL1<0.0 then LL1=0.0; if LRI<0.0 then LRI=0.0;
  end;
  procedure CDD(D,P);
    real D,P;
    begin
      XD1=-TT*(D-YC1)+XC1; XD2=-TT*(D-YC2)+XC2;
      A=(YR1-YR2)/(XR1-XR2); AA=SQR(A*A+1.0);
      CDD=(A*(XD1-XR1)+YR1-D)/AA; CD1=(A*(XD2-XR1)+YR1-D)/AA;
      SP=SXP+0.0;
      for N=0 step 1 until 100 do
        begin
          CD=((100-N)*CDD+N*CD1)/100.0; CR=CDR[N]; CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CS=100.0*CK; CF=CR*(1.0-CK/CS);
          if CD<CF then
            begin if CD<CR then CD=CS*(CD-CF) else CD=CK*CR; if N=0 then CD=CD/2.0; SP=SP+CD; SXP=SXP+N*CD; end;
          end;
          P=(A1+A2)*SP/100.0;
          if SP>0.0001 then XR=(XR1*(100.0-SXP/SP)+XR2*SXP/SP)/100.0;
          end;
          K=PK/DP; W=PW/DP;
          X0=Y[2]; Y0=Y[3]; TH=Y[4]; VX=Y[5]; VY=Y[6]; VTH=Y[7];
          CT=COS(TH); ST=SIN(TH); TT=ST/CT;
          XC1=X0-A1*CT; YC1=Y0-A1*ST; XC2=X0-A2*CT; YC2=Y0-A2*ST;
          XR1=XC1-B1*ST; YR1=YC1-B1*CT; XR2=XC2-B2*ST; YR2=YC2-B2*CT;
          XWF=X0*(L1+WR)*CT-W1*ST; YWF=Y0*(L1+WR)*ST+W1*CT;
          YR=0.0; XR=X0; YL=10.0;
          for N=0 step 1 until 100 do
            begin
              CR=CDR[N]; YCD=((100-N)*YR1+N*YR2)/100.0-CT*CR; CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CS=100.0*CK; if CR=0.000001 ^ YCD<YL then YL=YC
D:
              YCD=YCD+CT*CK*CR/CS; if YCD>YR then YR=YCD;
            end;
            if YR<0.00001 then begin YR=RX=RY=0.0; go to FL3; end;
            if YL>9.9 v YL<0.0 then YL=0.0; D1=YL;
            CDD(YL,P1D);
            RL: BOX(YL,P1);
            if P1=P1D then begin YR=YL; D2=YL=0.0; end else D2=YR; IR=0; YRM=YR; YLM=YL;
            FL1: CDD(D2,P2D);
            RL: BOX(D2,P2);
            if (P2-P2D)*2<0.0001 then go to FL2;
            if P2<P2D ^ D2>YLM then YLM=D2; if P2>P2D ^ D2<YRM then YRM=D2;
            IR=IR+1; if IR=4 then go to FL6;
            D2S=D2;
            if (P2-P2D-P1+P1D)*2<0.000001 then D2=0.5*(D1+D2) else D2=(D1*(P2-P2D)-D2*(P1-P1D))/(P2-P2D-P1+P1D);
            if D2>YR then D2=YR; if D2<YL then D2=YL;
            D1=D2S; P1=P2; P1D=P2D;
            go to FL1;
            FL6: P1=0.0; P1D=1.0; D1=(YRM-YLM)/2.0; D2=YLM+D1;
            FL7: CDD(D2,P2D);
            RL: BOX(D2,P2);
            if (P2D-P2)*2<0.0001 then go to FL2;
            if (P1-P1D)*(P2-P2D)<0.0 then D1=-D1;
            P1=P2; P1D=P2D; D1=D1/2.0; if D1<D1<D2*D2*-16 then go to FL2; D2=D2+D1; go to FL7;
            FL2: RY=P2; RX=RY*FWC; YR=D2;
            FL3: if YWF<0.0 then begin PF=0.0; go to FL4; end;
            DP=FWF-PX+2.0*DP;
            for N=1 step 1 until 100 do begin if DP<DP then go to FL5; DP=DP-DP; end;
            FL5: PF=PF+COS(2.24*DP); if DP>0.63 then PF=0.0;
            FL4: V=SQR(VX*VX+VY*VY); PH=ARCTAN(VY/VX);
            KF=5.7*(TH-PH-L1*VTH/V); KR=5.7*(TH-PH-L2*VTH/V);
            if KF>FM then KF=FM; if KF<-FM then KF=-FM; if KR>FM then KR=FM; if KR<-FM then KR=-FM;

```

```

KF=KF*CW*L2/(L1+L2); KR=KR*CW*L1/(L1+L2);
AX=9.8*(-(KF+KR)*ST+RX+PF)/CW; AY=9.8*(KF+KR)*CT+RY)/CW;
ATH=9.8*(KF*L1-KR*L2+(XR-XO)*RY-(YR-YO)*RX-(YWF-YO)*PF)/(CW*R2);
F[1]=1.0; F[2]=VX; F[3]=VY; F[4]=VTH; F[5]=AX; F[6]=AY; F[7]=ATH;
end;
procedure PRINT;
begin
  real ACX,ACY,AC,XW1,YW1,XW2,YW2,VCX,VCY,CPH;
  XW1=XO-L1*CT-W1*ST; YW1=Y0-L1*ST+W1*CT; XW2=XO-L2*CT-W2*ST; YW2=Y0-L2*ST+W2*CT;
  VCX=VX-ST*DU*VTH; VCY=VY+CT*DU*VTH; CPH=ARCTAN(VCY/VCX);
  ACX=(AX*CT+AY*ST-DU*VTH*VTH)/9.8; ACY=(-AX*ST+AY*CT+DU*ATH)/9.8; ACS=SQRT(ACX*ACX+ACY*ACY);
  OUT7(6,'B-D,3D,6(B-ZD,2D)',Y[1],XO,YO,XW1,YW1,XW2,YW2);
  OUT7(6,'3(B-ZD,2D),4(B-ZD,2D)',57.3*TH,57.3*PH,57.3*CPH,VCX,VCY,ACX,ACY);
  OUT6(6,'BZD,2D,B-ZD,2D,2(-ZD,2D),2(-ZD,2D)','','AC,RY,XR,YR,LL,LR);
end;
procedure RIREK;
begin
  real CD;
  for N=0 step 1 until 100 do begin CD=((100-N)*CD0+N*CD1)/100.0; if CD>CDR[N] then CDR[N]=CD; end;
  if LL>0.0001*LLIX>XR-LL then LLIx=XR-LL; if LR>0.0001*LRIX>XR+LR then LRix=XR+LR;
  if YWF>0.0 then begin if LLIx>XWF then LLIx=XWF; if LRix>XWF then LRix=XWF; end;
end;
S1:READ(M); if M=0 then go to E1; READ(H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,w1,w2); READ(WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
S2:READ(E1); if E1<1.0 then go to S1; READ(M0,PK,PW,D0,PK,DP,PFM);
S3:READ(V); if V<1.0 then go to S2; READ(TH); CRLF(2);
PRINTS(' THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO BOX BEAM GUARDRAIL 91B 3-13'); CRLF(2);
PRINTS(' H(s) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) w1(m) w2(m)');
PRINTS(' WR(m) DU(m) RT2(m2) W(t) K1(t/m2) K2(t/m) FWC FMAX'); CRLF(2);
OUT9(6,'3B9(BZD,3D)',H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,w1,w2);
OUT8(6,'3(BZD,3D),B2ZD,3D,B3ZD,D,B3ZD,D,2(BZD,3D)','','WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
PRINTS(' E1(tm2) M0(tm) PK(t/m) PW(t) D0(m) PX(m) DP(m) PFM(t) V(km/h) TH(deg) EY(tm)'); CRLF(2);
OUT8(6,'4B3ZD,D,2(B2ZD,2D),5(BZD,3D)',E1,M0,PK,PW,D0,PK,DP,PFM);
OUT3(6,'4B3ZD,D,2(B3ZD,D)','','V,TH,CW*(V*SIN(0.01745*TH)/3.6)*T2/19.6);
PRINTS(' T XO VO XW1 YW1 XW2 YW2 TH PH CPH');
PRINTS(' VCX VCY ACX ACY AC FY XR LL LR'); CRLF(2);
PRINTS(' [s] [m] [m] [m] [m] [m] [deg] [deg] [deg]');
PRINTS(' [m/s] [m/s] [g] [g] [g] [g] [m] [m] [m] [m]'); CRLF(2);
VW=V/3.6; TH=0.0174533*TH; PH=TH; LLIx=100.0; LRix=-100.0; for N=0 step 1 until 100 do CDR[N]=0.0;
Y[1]=0.0; Y[2]=-A1*COS(TH)+B1*SIN(TH); Y[3]=-A1*SIN(TH)-B1*COS(TH); Y[4]=TH;
Y[5]=V*COS(PH); Y[6]=V*SIN(PH); Y[7]=0.0; EG=EY=0.0;
C1=1.0-SQRT(0.5); C2=2.0-C1; D6=1.0/6.0;
for I=1 step 1 until 7 do Q[I]=0.0; F[I]=1.0;
FUNC;
PRINT;
for J=1 step 1 until M do
  begin
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K=H*F[I]; R=0.5*K-Q[I]; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
      end;
    FUNC;
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K=H*F[I]; R=C1*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C1*K; Y[I]=Y[I]+R;
      end;
    FUNC;
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K=H*F[I]; R=C2*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C2*K; Y[I]=Y[I]+R;
      end;
  end;

```

```

FUNC:
for I=1 step 1 until 7 do
begin
K=H*F[I]; R=(K-2.0*Q[I])*D6; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
end;
FUNC:
EG=EG+RY*(YR-EY); EY=YR;
R=REK;
if J=J+2*2 then PRINT;
end;
PRINTS('  DESTRUCTION OF CAR (M)'); CRLF(2);
for N=0 step 5 until 100 do OUT1(6,'-D.3D',CDR[N]);
ECD=0.0;
for N=0 step 1 until 100 do
begin CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CD=CK*CDR[N]*2/2.0; if N=0VN=100 then CD=CD/2.0; ECD=ECD+CD; end;
ECD=(A1+A2)*ECD/100.0; CRLF(2);
PRINTS('  ENERGY ABSORBED BY CAR ='); OUT1(6,'2D.2D',ECD);
PRINTS('  ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL ='); OUT1(6,'2D.2D',EG);
PRINTS('  Y AXLE MOVEING ENERGY LEFT ='); OUT1(6,'2D.2D',CW*VY*VY/19.6);
EJECT; go to S3;
E1:EJECT;
end;

*PRBL STORE
*X
40, 0.05, 3.33, 1.47, 3.83, 1.97, 1.08, 1.18, 0.93, 0.88, 0.50, 2.43, 4.93,
14.0, 50.0, 150.0, 0.1, 0.7,
175.0, 6.7, 10.0, 2.21, 0.64, 1.0, 2.0, 0.46, 60.0, 15.0, 0.0,
175.0, 6.7, 1200.0, 3.50, 0.52, 0.5, 1.0, 0.73, 60.0, 15.0, 0.0,
95.0, 5.4, 10.0, 1.24, 0.53, 1.0, 2.0, 0.28, 45.0, 15.0, 40.0, 15.0, 0.0,
95.0, 5.4, 545.0, 1.97, 0.44, 0.5, 1.0, 0.44, 45.0, 15.0, 40.0, 15.0, 0.0,
0.0, 0,

```

*JOB BOX SIMULATION 91B 3-14
*ALGOL LP

```
begin comment 91B3-14;
integer M,I,J,N,IRI;
array Y,F,0[1:7],CDR[0:100];
real H,C1,C2,D6,K,R,P,K,PW,DP,PFM,PX,CW,V,TH,A1,A2,B1,B2,L1,L2,R2,WR,W1,W2,CK,CK1,CK2,FWC,FM,LLIX,LRIX,
CF,CR,TFO,TR0,TR,TRF,LR,PH,VX,VY,AX,AY,VTH,ATH,X0,Y0,XWF,YWF,RY,XR,YR,CT,ST,DU,CD0,CD1,ECD,CD,EG,EY;
procedure FUNC;
begin
  real K,L,PO,XC1,YC1,XC2,YC2,XR1,YR1,XR2,YR2,XD1,XD2,LL1,LRI,RX,KF,KK,CD,SP,SXP,D1,D2,DX1,DX2,TT,
  D2D,P1,P2,P1D,P2D,A,AA,DPF,PF,YCD,CS,XRR,YL,YRM,YLM,XDD1,XDD2,U2S;
  procedure CABLE(D,F);
  real D,F;
  begin
    real KL,T,FO,S11,S12,S13,S21,S22,S23,A1,A6,P3,P4,A2,A3,A5,A4,
    TFF,TRR,P1,P2,AX2,AX3,DP3,DP4,DP2,DP5;
    integer I;
    KL=K*L; TF=TFO; TR=TR0; T=TF+TR; FO=0.0;
    if LR<0.05 or LR<0.05 then go to L6;
    I=0;
  L5: S11=(KL+2.0*T)*KL+TF*(L*(KL+2.0*T)+LF*(KL+T))/LF+(2.0*KL+3.0*T)*TR)/T;
    S12=(KL+2.0*T)*TR/T;
    S13=TF*D/LF;
    S21=S12;
    S22=(KL+2.0*T)*KL+TF*(L*(KL+2.0*T)+LR*(KL+T))/LR+(2.0*KL+3.0*T)*TR)/T;
    S23=TF*D/LR;
    A1=(S13*S22-S23*S12)/(S11*S22-S21*S12);
    A6=(S13*S21-S23*S11)/(S12*S21-S22*S11);
    P3=KL*A1*(KL+2.0*T)/T;
    P4=KL*A6*(KL+2.0*T)/T;
    if P3<PO then go to L1;
    P3=PO; I=1;
    S11=(L*(KL+2.0*T))/LF+KL+T)*TF+(2.0*KL+3.0*T)*TR)/T;
    S13=TF*D/LF-PO;
  L1: if P4<PO then go to L2;
    P4=PO; I=1;
    S22=(L*(KL+2.0*T))/LR+KL+T)*TF+(2.0*KL+3.0*T)*TR)/T;
    S23=TF*D/LR-PO;
  L2: if I=0 then go to L3;
    A1=(S13*S22-S23*S12)/(S11*S22-S21*S12);
    A6=(S13*S21-S23*S11)/(S12*S21-S22*S11);
  L3: A2=(KL*T)*A1/T;
    A3=(D*T-L*A1*(KL+2.0*T))/(LF*T);
    A5=(KL+T)*A6/T;
    A4=(D*T-L*A6*(KL+2.0*T))/(LR*T);
    F=TF*(A3+A4);
    if ABS(F-FO)<0.01 then
      begin
        DP3=D-LF*A3;
        DP4=D-LR*A4;
        DP2=DP3-L*A2;
        DP5=DP4-L*A5;
        go to L4;
      end;
    end;
    F=TF;
    TFF=TF; TRR=TR;
    TF=TFO+CF*(L*(A1**2+A2**2+A5**2+A6**2)/2.0+LF*A3**2/2.0+LR*A4**2/2.0);
    TR=TR0+CR*(L*(A1**2+A2**2+A5**2+A6**2)/2.0+(LF*A3-LR*A4)**2/(2.0*L));
  end;
end;
```

```

TF:=(2.0*TF+TRR)/3.0;
TR:=(2.0*TR+TRR)/3.0;
T:=TF+TR;
I:=0; go to L5;
L6: AX3=D*T/(L*(KL+2.0*T));
AX2=D*(KL+T)/(L*(KL+2.0*T));
P2=KL*AX3;
if P2>P0 then
begin
AX3=(D*T-P0*L)/(2.0*T*L);
AX2=(D*T-P0*L)/(2.0*T*L);
P2=P0;
end;
P1:=K*D;
if P1>P0 then P1=P0;
F:=P1-2.0*T*AX2;
if ABS(F-F0)>0.01 then
begin
TF:=TF; TRR:=TR;
TF:=TF+CF*L*(AX2+AX3);
TR:=TR+CR*L*(AX2+AX3);
TF:=(2.0*TF+TRR)/3.0;
TR:=(2.0*TR+TRR)/3.0;
T:=TF+TR; F0=F;
go to L6;
end;
if LF<0.05 then
begin
A1=AX3; A2=AX2; A3=0.0; A4=AX2; A5=AX3; A6=0.0;
DP3=D; DP4=D-LR*AX2;
DP2=DP3-L*AX2; DP5=DP4-L*AX3;
go to L4;
end;
if LR<0.05 then
begin
A1=0.0; A2=AX3; A3=AX2; A4=0.0; A5=AX2; A6=AX3;
DP3=D-LF*AX2; DP4=D;
DP2=DP3-L*AX3; DP5=DP4-L*AX2;
end;
L4:
end;
procedure RL;
begin
LF:=XR-PX+2.0*DP;
LFR: LF=LF-DP;
if LF>DP then go to LFR;
LR=DP-LF;
end;
procedure CDD(D,P);
real D,P;
begin
real CF,CR;
XU1=-TT*(D-YC1)+XC1; XD2=-TT*(D-YC2)+XC2;
A=(YR1-YR2)/(XR1-XR2); AA=SQRT(A*A+1.0);
CD0=(A*(XD1-XR1)+YR1-D)/AA; CD1=(A*(XD2-XR1)+YR1-D)/AA;
SP=SP+0.0;
for N=0 step 1 until 100 do
begin
CD:=(100-N)*CD0+N*CD1)/100.0; CR=CD[N]; CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CS=100.0*CK1*CF+CR*(1.0-CK/CS);
if CD=CF then

```

```

begin if CD=CR then CD=CS*(CD-CF) else CD=Ck*CR; if N=0VN=100 then CD=CD/2.0; SP=SP+CD; SXP=SXP+N*CD; end;
end;
P=(A1+A2)*SP/100.0;
if SP>0.0001 then XR=(XR1*(100.0-SXP/SP)+XR2*SXP/SP)/100.0;
end;
K=PK; PO=PW; L=DP;
X0=Y[2]; Y0=Y[3]; TH=Y[4]; VX=Y[5]; VY=Y[6]; VTH=Y[7];
CT=COS(TH); ST=SIN(TH); TT=ST/CT;
XC1=X0+A1*CT; YC1=Y0+A1*ST; XC2=X0-A2*CT; YC2=Y0-A2*ST;
XR1=XC1-B1*ST; YR1=YC1+B1*CT; XR2=XC2-B2*ST; YR2=YC2+B2*CT;
XWF=X0+(L1+WR)*CT-W1*ST; YWF=Y0+(L1+WR)*ST+W1*CT;
YR=0.0; XR=X0; YL=10.0;
for N=0 step 1 until 100 do
begin
real CR;
CR=CDRLN; YCD=((100-N)*YR1+N*YR2)/100.0-CT*CR; CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CS=100.0*CK;
if CR=0.0000001 ^ YCD<YL then YL=YCD;
YCD=YCD+CT*CK*CR/CS; if YCD=YR then YR=YCD;
end;
if YR<0.00001 then begin YR=RX=RY=XR=0.0; go to FL3; end;
if YL>9.9 ^ YL<0.0 then YL=0.0; D1=YL;
CDD(YL,P1D);
RL: CABLE(YL,P1);
if P1>P1D then begin YR=YL; D2=YL=0.0; end else D2=YR; IR=0; YRM=YR; YLM=YL;
FL1: CDD(D2,P2D);
RL: CABLE(D2,P2);
if (P2-P2D)*T2<0.0001 then go to FL2;
if P2<P2D ^ D2>YLM then YLM=D2; if P2>P2D ^ D2<YRM then YRM=D2;
IR=IR+1; if IR=4 then go to FL6;
D2S=D2;
if (P2-P2D-P1+P1D)*T2<0.000001 then D2=0.5*(D1+D2) else D2=(D1*(P2-P2D)-D2*(P1-P1D))/(P2-P2D-P1+P1D);
if D2>YR then D2=YR; if D2<YL then D2=YL;
D1=D2S; P1=P2; P1D=P2D;
go to FL1;
FL6: P1=0.0; P1D=1.0; D1=(YRM-YLM)/2.0; D2=YLM+D1;
FL7: CDD(D2,P2D);
RL: CABLE(D2,P2);
if (P2D-P2)*T2<0.0001 then go to FL2;
if (P1-P1D)*(P2-P2D)<0.0 then D1=-D1;
P1=P2; P1D=P2D; D1=D1/2.0; if D1>D1<D2+D2=-16 then go to FL2; D2=D2+D1; go to FL7;
FL2: RY=P2; RX=RY*FWC; YR=D2;
FL3: if YWF=0.0 then begin PF=0.0; go to FL4; end;
DPF=XWF-PX+2.0*DP;
for N=1 step 1 until 100 do begin if DPF<DP then go to FL5; DPF=DPF-DP; end;
FL5: PF=PF+COS(2.24*DPF); if DPF>0.63 then PF=0.0;
FL4: V=SQRT(VX*VX+VY*VY); PH=ARCTAN(VY/VX);
KF=5.7*(TH-PH-L1*VTH/V); KR=5.7*(TH-PH+L2*VTH/V);
if KF>FM then KF=FM; if KF<-FM then KF=-FM; if KR>FM then KR=FM; if KR<-FM then KR=-FM;
KF=KF*CW*L2/(L1+L2); KR=KR*CW*L1/(L1+L2);
AX=9.8*(-(KF+KR)*ST+RX+PF)/CW; AY=9.8*(-(KF+KR)*CT+RY)/CW;
ATH=9.8*(KF*L1-KR*L2+(XR-X0)*RY-(YR-Y0)*RX-(YWF-Y0)*PF)/(CW*R2);
F[1]=1.0; F[2]=VX; F[3]=VY; F[4]=VTH; F[5]=AX; F[6]=AY; F[7]=ATH;
end;
procedure PRINT;
begin
real ACX*ACY*AC*XB1,YW1,XW2,YW2,VX,VY,CPH;
XB1=X0+L1*CT-W1*ST; YW1=Y0+L1*ST+W1*CT; XW2=X0-L2*CT-W2*ST; YW2=Y0-L2*ST+W2*CT;
VCX=VX-ST*DU*VTH; VCY=VY+CT*DU*VTH; CPH=ARCTAN(VCY/VX);
ACX=(AX*CT+AY*ST-DU*VTH*VTH)/9.8; ACY=(-AX*ST+AY*CT+DU*ATH)/9.8; AC=SQRT(ACX*ACX+ACY*ACY);
OUTT(6,'B-D,3D,6(B-ZD,2D)',Y[1],X0,Y0,XW1,YW1,XW2,YW2);

```

```

OUT7(6,'3(B-ZD.D),4(B-ZD.2D)',57.3*TH,57.3*PH,57.3*CPH,V CX,V CY,ACX,ACY);
OUT6(6,'B2D.2D,B-ZD.2D,2(-ZD.2D),2(-ZD.D)','','AC,RY,XR,YR,TF,TR);
end;
Procedure RIREKII;
begin
  for CD:
    for N=0 step 1 until 100 do begin CD:=(100-N)*CD0+N*CD1/100.0; if CD>CDR[N] then CDR[N]:=CD; end;
  end;
S1:READ(W); if W=0 then go to E1; READ(H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,W1,W2); READ(WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
S2:READ(TFO); if TFO<1.0 then go to S1; READ(TRO,CF,CR,PK,PW,PX,DP,PFM);
S3:READ(V); if V<1.0 then go to S2; READ(TH); CRLF(2);
PRINTS(' THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO CABLE FENCE 91B 3-14'); CRLF(2);
PRINTS(' H(s) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) W1(m) W2(m)');
PRINTS(' WR(m) DU(m) R12(m2) W(t) K1(t/m2) K2(t/m2) FWC FMAX'); CRLF(2);
OUT9(6,'389(B2D.3D),H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,W1,W2);
OUT8(6,'3(B2D.3D),B2D.3D,B3D.D,3B3D.D,2(B2D.3D)','','WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
PRINTS(' TFO(t) TRO(t) CF(t/m) CR(t/m) PK(t/m) PW(t) PX(m) DP(m) PFM(t) V(km/h) TH(deg) EY(tm)'); CRLF(2);
OUT9(6,'4(2B2D.2D),3(B2D.2D),TFO,TRO,CF,CR,PK,PW,PX,DP,PFM);
OUT3(6,'4B3D.D,2(B3D.D)','','V,TH,CW*(V*SIN(0.01745*TH)/3.6)T2/19.6);
PRINTS(' T X0 Y0 XW1 YW1 XW2 YW2 TH PH CPH');
PRINTS(' VCX VCY ACX ACY AC FY XR YR TF TR'); CRLF(2);
PRINTS(' [s] [m] [m] [m] [m] [m] [deg] [deg] [deg]');
PRINTS(' [m/s] [m/s] [g] [g] [t] [m] [t] [t]'); CRLF(2);
V:=V/3.6; TH:=0.0174533*TH; PH:=TH; for N=0 step 1 until 100 do CDR[N]:=0.0;
Y[1]:=0.0; Y[2]:=-A1*COS(TH)+B1*SIN(TH); Y[3]:=-A1*SIN(TH)-B1*COS(TH); Y[4]:=TH;
Y[5]:=V*COS(PH); Y[6]:=V*SIN(PH); Y[7]:=0.0; EG:=EY=0.0;
C1:=1.0-SQRT(0.5); C2:=2.0-C1; D6:=1.0/6.0;
for I:=1 step 1 until 7 do Q[I]:=0.0; F[I]:=1.0;
FUNC;
PRINT;
for J=1 step 1 until M do
  begin
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K:=H*F[I]; R:=0.5*K-Q[I]; Q[I]:=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]:=Y[I]+R;
      end;
    FUNC;
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K:=H*F[I]; R=C1*(K-Q[I]); Q[I]:=Q[I]+3.0*R-C1*K; Y[I]:=Y[I]+R;
      end;
    FUNC;
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K:=H*F[I]; R=C2*(K-Q[I]); Q[I]:=Q[I]+3.0*R-C2*K; Y[I]:=Y[I]+R;
      end;
    FUNC;
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K:=H*F[I]; R:=(K-2.0*Q[I])*D6; Q[I]:=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]:=Y[I]+R;
      end;
    FUNC;
    EG:=EG+V*(YR-EY); EY:=YR;
  end;
  RIREKII;
  if J=J+2 then PRINT;
end;
PRINTS(' DESTRUCTION OF CAR (m)'); CRLF(2);
for N=0 step 5 until 100 do OUT1(6,'-D.3D',CDR[N]);
ECD:=0.0;
for N=0 step 1 until 100 do

```

```

begin CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CD=CK*CDREN1*2/2.0; if N=0VN=100 then CD=CD/2.0; ECD=ECD+CD; end;
ECD=(A1+A2)*ECD/100.0; CRLF(2);
PRINTS(' ENERGY ABSORBED BY CAR ='); OUT1(6,'2ZD.2D',ECD);
PRINTS(' ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL ='); OUT1(6,'2D.2D',EG);
PRINTS(' Y AXLE MOVING ENERGY LEFT ='); OUT1(6,'2ZD.2D',CW*VY*VY/19.6);
EJECT; go to S3;
E1:EJECT;
end;

```

*PRBL STORE

```

*X
40, 0.05, 3.33, 1.47, 3.83, 1.97, 1.08,
1.18, 0.93, 0.88, 0.5, 2.43, 4.93, 14.0,
50.0, 150.0, 0.1, 0.7,
8.0, 0.0, 76.0, 0.0, 8.0, 1.3,
3.0, 6.0, 1.2,
50.0, 15.0, 0.0,
3.0, 0.0, 54.0, 0.0, 6.0, 0.9,
3.0, 6.0, 0.8,
35.0, 15.0, 0.0,
0.0, 0,

```

*JOB 91B3-15 GUARDRAIL SIMULATION
*ALGOL LP

```

begin comment 91B3-15;
integer M,I,J,N,IRI;
array Y,F,0[1:7],CDR[0:100];
real H,C1,C2,D6,K,R,EI,MO,PK,PW,DP,PFM,PX,CW,V,TH,A1,A2,B1,B2,L1,L2,R2,WM,W1,W2,CK,CK1,CK2,FWC,FM,T,GK,
PH,VX,VY,AX,AY,VTH,ATH,XO,YO,XWF,YWF,RY,XR,YR,CT,ST,DU,LL,CM,CD0,CD1,ECD,CD,EG,EY,LLIX,LR,IXI;
procedure FUNC;
begin
real K+W*XC1,YC1,XC2,YC2,XR1,YR1,XR2,YR2,XD1,XD2,RX,KF,KR,CD,SP,SXP,D1,D2,DX1,DX2,TT,L,
D2D,P1,P2,P1D,P2D,A,AA,DPF,PF,YCD,CF,CR,CS,XRR,YL,YRM,YLM,XDD1,XDD2,D2S;
procedure RAIL(Y,F);
real Y,F;
begin
integer J;
real FM,FMO,FT,M,DM,LR,L1,L2,L3,R1,R2,R3,PL1,PL2,PL3,PR1,PR2,PR3,KL,KLL,R,S,U,A,B,C,D,E,G,H,I,
DD,FKL,T0,CT,BL,DL1,DR1;
procedure SET;
begin
T0:=T;
R:=T/KL;
S:=MO/KL;
U:=PW/KL;
H:=1.0+R;
B:=H+R;
E:=B+H;
I:=E+B;
A:=B*B-R*R;
C:=A-E-B*B*R;
D:=A-A-B*B*R*R;
G:=E-E*B*B;
CT:=C+T;
BL:=B*L;
end;
procedure FLR(LL,LR,L2,R2,PL1,PR1);
real LL,LR,L2,R2,PL1,PR1;
begin
FM:=(Y+B*PW*(A*LR+R*B*LL)/CT)/(B*(A*LR*LR+2.0*R*B*LR*LL+R*E*LL*LL)/(CT*L)+DD);
R2:=R+H*(FM*(B*LR+E*LL)/L-B*PW)/CT;
L2:=H*(FM*(A*LR+R*B*LL)/L-A*PW)/CT;
PL1:=PW;
PR1:=KL*R2/H;
end;
procedure PLR(LL,LR,L3,L2,L1,PL1);
real LL,LR,L3,L2,L1,PL1;
begin
L3:=R*(R*Y+S)/(R*B*LR+A*LL);
PL1:=KL*(R*Y-L3*(B*LR+E*LL)+S)/LL;
if PL1>PW then
begin
L3:=(R*Y+S-U*LL)/(B*LR+E*LL);
PL1:=PW;
end;
L2:=H*L3/R;
L1:=(R*Y-B*L*L3)/(R*LL);
end;
LR:=L;
KL:=PK*L;

```

```

if LL<0.05 v LR<0.05 then go to N1;
KLL=KL*L;
DD=LL*LL*LR*LR/(3.0*E1*L);
FM=Y/(LL*LL*LR*LR)/KLL*DD;
R2=LL*FM/KLL;
L2=LR*FM/KLL;
T=GK*L*(R2*R2-R2*L2+L2*L2);
J=0;
R=T/KL;
T=GK*L*((R2-L2)*(R2-L2)+(1.0*R*R)*(R2*R2+L2*L2)/((1.0*R)*(1.0*H)))/2.0;
N2: SET;
FM0=FM;
FM=Y/(B*(A*(LL*LL*LR*LR)+2.0*R*B*LL*LR)/(D*KLL)+DD);
FKL=FM/KLL;
R2=FKL*(R*B*LR+A*LL)/D;
L2=FKL*(R*B*LL+A*LR)/D;
PL1=B*KL*L2/H;
PR1=B*KL*R2/H;
if PL1>PW then
  begin
    if PR1>PW then
      begin
        if PL1>PR1 then FLR(LL,LR,L2,R2,PL1,PR1)
        else FLR(LR,LL,R2,L2,PR1,PL1);
        if PL1>PW ^ PR1>PW then begin
          FM=(Y+B*I*PW*L/(T*G))/(B*(E*LL*LL+2.0*B*LL*LR+E*LR*LR)/(I*L*G)+DD);
          L2=H*(FM*(E*LR+B*LL)/(T*L)-I*PW/T)/G;
          R2=H*(FM*(E*LL+B*LR)/(T*L)-I*PW/T)/G;
          PL1=PR1=PW; end;
        end else FLR(LL,LR,L2,R2,PL1,PR1);
      end else
        if PR1>PW then FLR(LR,LL,R2,L2,PR1,PL1);
        R1=B*(L2-R2)/H;
        L1=R1;
        R3=R*R2/H;
        L3=R*L2/H;
        J=J+1;
        T=GK*L*(R3*R3+R2*R2+R1*R1+L2*L2+L3*L3)/2.0;
        if ABS(T-T0)>0.01 then begin T=(2.0*T+T0)/3.0; if J>7 then T=(3.0*T+T0)/4.0; if J>15 then
          go to N4 else go to N2; end;
        if ABS(FM-FM0)>0.01 then go to N2;
        FT=0.0;
        DM=DD*FM;
        M=LR*LL*FM/L;
        if M=0 then go to N5;
N4: SET;
PLR(LL,LR,L3,L2,L1,PL1);
PLR(LR,LL,R3,R2,R1,PR1);
T=GK*(L*(L3*L3+L2*L2+R2*R2+R3*R3)+LL*L1+LR*R1)/2.0;
if ABS(T-T0)>0.01 then
  begin T=(2.0*T+T0)/3.0; go to N4; end;
FM=L*M0/(LL*LR);
M=M0;
DM=LL*LR*(R1+L1)/L;
FT=T*(L1+R1);
go to N5;
N1: T=GK*Y*Y/L;
L1=R1=PR1=0.0;
N6: SET;
PL1=PK*Y;

```

```

      if PL1>PW then PL1=PW;
      FT=2.0+T*H*Y/BL+PL1;
      L3=R3+R*Y/BL;
      L2=R2+H*Y/BL;
      T=GK+L*(L3*L3+L2*L2);
      if ABS(T-T0)>0.01 then go to N6;
      FM=DM+0.0;
N5: F=FM+FT;
end;
Procedure RL;
begin
  LL=XR-PX+2.0*L;
M1: LL=LL-L;
  if LL=L then go to M1;
end;
Procedure CDD(D,P);
real D,P;
begin
  XD1=-TT*(D-YC1)+XC1; XD2=-TT*(D-YC2)+XC2;
  AA=(YR1-YR2)/(XR1-XR2); AA=SQRT(AA*AA+1.0);
  CD0=(A*(XD1-XR1)+YR1-D)/AA; CD1=(A*(XD2-XR1)+YR1-D)/AA;
  SP=SXP+0.0;
  for N=0 step 1 until 100 do
    begin
      CD=(100-N)*CD0+N*CD1)/100.0; CR=CDR[N]; CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CS=100.0*CK!CF=CR*(1.0-CK/CS);
      if CD<CF then
        begin if CD<CR then CD=CS*(CD-CF) else CD=CK*CR; if N=0 then CD=CD/2.0; SP=SP+CD; SXP=SXP+N*CD; end;
      end;
  P=(A1+A2)*SP/100.0;
  if SP>0.0001 then XR=(XR1*(100.0-SXP/SP)+XR2*SXP/SP)/100.0;
end;
L=DP;
X0=Y[2]; Y0=Y[3]; TH=Y[4]; VX=Y[5]; VY=Y[6]; VTH=Y[7];
CT=COS(TH); ST=SIN(TH); TT=ST/CT;
XC1=X0+A1*CT; YC1=Y0+A1*ST; XC2=X0+A2*CT; YC2=Y0+A2*ST;
XR1=XC1-B1*ST; YR1=YC1+B1*CT; XR2=XC2-B2*ST; YR2=YC2+B2*CT;
XWF=X0*(L1+WR)*CT-W1*ST; YWF=Y0*(L1+WR)*ST+W1*CT;
YR=0.0; XR=X0; YL=10.0;
for N=0 step 1 until 100 do
  begin
    CR=CDR[N]; YCD=(100-N)*YR1+N*YR2)/100.0-CT*CR; CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CS=100.0*CK;
    if CR<0.0000001 ^ YCD<YL then YL=YCD;
    YCD=YCD+CT*CK*CR/CS; if YCD>YR then YR=YCD;
  end;
  if YR<0.00001 then begin YR=RX=RY=0.0; go to FL3; end;
  if YL>9.9 ^ YL<0.0 then YL=0.0; D1=YL;
  CDD(YL,P1D);
  RL; RAIL(YL,P1);
  if P1>P1D then begin YR=YL; D2=YL=0.0; end else D2=YR; IR=0; YRM=YR; YLM=YL;
FL1: CDD(D2,P2D);
  RL; RAIL(D2,P2);
  if (P2-P2D)^2<0.0001 then go to FL2;
  if P2<P2D ^ D2>YLM then YLM=D2; if P2>P2D ^ D2<YRM then YRM=D2;
  IR=IR+1; if IR=4 then go to FL6;
  D2S=D2;
  if (P2-P2D-P1+P1D)^2<0.000001 then D2=0.5*(D1+D2) else D2=(D1*(P2-P2D)-D2*(P1-P1D))/(P2-P2D-P1+P1D);
  if D2>YR then D2=YR; if D2<YL then D2=YL;
  D1=D2S; P1=P2; P1D=P2D;
  go to FL1;
FL6: P1=0.0; P1D=1.0; D1=(YRM-YLM)/2.0; D2=YLM+D1;

```

```

FL7: CDD(D2,P2D);
HL: RAIL(D2,P2);
  if (P2D-P2)T2<0.0001 then go to FL2;
  if (P1-P1D)*(P2-P2D)<0.0 then C1=D1;
  P1=P2; P1D=P2D; D1=D1/2.0; if D1+D1D2+D2*W-16 then go to FL2; D2=D2+D1; go to FL7;
FL2: RY=P2; RX=RY+FWC1; YR=D2;
FL3: if YWF<0.0 then begin PF=0.0; go to FL4; end;
DPF=XWF-PX*2.0*DP;
  for N=1 step 1 until 100 do begin if DPF<DP then go to FL5; DPF=DPF-DP; end;
FL5: PF=PF+PCOS(2.24*DPF); if DPF>0.63 then PF=0.0;
FL4: V=SQRT(VX*VX+VY*VY); PH=ARCTAN(VY/VX);
  KF=5.7*(TH-PH-L1*VTH/V); KR=5.7*(TH-PH-L2*VTH/V);
  if KF<FM then KF=FM; if KR<FM then KR=FM; if KR<FM then KR=FM; if KR<FM then KR=FM;
  KF=KF*CW*L2/(L1+L2); KR=KR*CW*L1/(L1+L2);
  AX=9.8*(-(KF+KR)*ST+RX+PF)/CW; AY=9.8*(-(KF+KR)*CT+RY)/CW;
  ATH=9.8*(KF*L1-KR*L2+(XR-X0)*RY-(YR-Y0)*RX-(YWF-Y0)*PF)/(CW*R2);
  F[1]=1.0; F[2]=VX; F[3]=VY; F[4]=VTH; F[5]=AX; F[6]=AY; F[7]=ATH;
end;
procedure PRINT;
begin
  real ACX,ACY,AC,XW1,YW1,XW2,YW2,VCX,VCY,CPH;
  XW1=X0+L1*CT-W1*ST; YW1=Y0+L1*ST+W1*CT; XW2=X0-L2*CT-W2*ST; YW2=Y0-L2*ST+W2*CT;
  VCX=VX-ST*DU*VTH; VCY=VY+CT*DU*VTH; CPH=ARCTAN(VCY/VCX);
  ACX=(AX*CT+AY*ST-DU*VTH*VTH)/9.8; ACY=(-AX*ST+AY*CT+DU*ATH)/9.8; ACM=SQRT(ACX*ACX+ACY*ACY);
  OUT7(6,'B-D.3D.6(B-ZD.2D)'.Y[1],X0,Y0,XW1,YW1,XW2,YW2);
  OUT7(6,'3(B-ZD.0).4(B-ZD.2D)'.57.3*TH,57.3*PH,57.3*CPH,VCX,VCY,ACX,ACY);
  OUT6(6,'B2D.2D.B-ZD.2D.2(-ZD.2D).2(-ZD.2D)'/'.AC.RY.XR.YR.LL.T);
end;
procedure RIREK;
begin
  real CD;
  for N=0 step 1 until 100 do begin CD=((100-N)*CD0+N*CD1)/100.0; if CD>CDREN then CDREN=CD; end;
end;
S1: READ(M); if M=0 then go to E1; READ(H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,W1,W2); READ(WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
S2: READ(E1); if E1<1.0 then go to S1; READ(M0,GK,PK,PW,FX,DP,PFM);
S3: READ(V); if V<1.0 then go to S2; READ(TH); CRLF(2);
PRINTS(' THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO GUARDRAIL 918 3-15'); CRLF(2);
PRINTS(' H(s) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) W1(m) W2(m)');
PRINTS(' WR(m) DU(m) RT2(m2) W(t) K(t/m2) M(t/m) FWC FMAX'); CRLF(2);
OUT9(6,'3B9(B2D.3D)'.H,L1,L2,A1,A2,B1,B2,W1,W2);
OUT8(6,'3(B2D.3D).B2D.3D.B32D.D.B32D.D.2(B2D.3D)'/'.WR,DU,R2,CW,CK1,CK2,FWC,FM);
PRINTS(' E(tm2) M0(tm) GK(t/m) PK(t/m) PW(t) PX(m) DP(m) PFM(t) V(km/h) TH(deg) EY(tm)'); CRLF(2);
OUT8(6,'4B32D.D.7(B2D.2D)'.E1,M0,GK,PK,PW,FX,DP,PFM);
OUT3(6,'4B32D.D.2(B32D.D)'/'.V,TH,CW*(V*SIN(0.01745*TH))/3.6)T2/19.6);
PRINTS(' T X0 Y0 XW1 YW1 XW2 YW2 TH PH CPH');
PRINTS(' VCX VCY ACX ACY AC FY XR YR LL T'); CRLF(2);
PRINTS(' [s] [m] [m] [m] [m] [m] [m] [deg] [deg] [deg]');
PRINTS(' [m/s] [m/s] [g] [g] [g] [t] [m] [m] [t]'); CRLF(2);
VWV/3.6; TH=0.0174533*TH; PH=TH; LLX=100.0; LRX=-100.0; for N=0 step 1 until 100 do CDR[N]=0.0;
Y[1]=0.0; Y[2]=A1*PCOS(TH)+B1*SIN(TH); Y[3]=-A1*SIN(TH)+B1*PCOS(TH); Y[4]=TH;
Y[5]=V*PCOS(PH); Y[6]=V*SIN(PH); Y[7]=0.0; EG=EY=0.0;
C1=1.0-SQRT(0.5); C2=2.0-C1; D6=1.0/6.0;
for I=1 step 1 until 7 do Q[I]=0.0; F[1]=1.0;
FUNC;
PRINT;
for J=1 step 1 until M do
  begin
    for I=1 step 1 until 7 do
      begin
        K=H*F[I]; R=0.5*K-Q[I]; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;

```

```

    end;
  FUNC:
  for I=1 step 1 until 7 do
    begin
      K=H*F[I]; R=C1*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C1*K; Y[I]=Y[I]+R;
    end;
  FUNC:
  for I=1 step 1 until 7 do
    begin
      K=H*F[I]; R=C2*(K-Q[I]); Q[I]=Q[I]+3.0*R-C2*K; Y[I]=Y[I]+R;
    end;
  FUNC:
  for I=1 step 1 until 7 do
    begin
      K=H*F[I]; R=(K-2.0*Q[I])*D6; Q[I]=Q[I]+3.0*R-0.5*K; Y[I]=Y[I]+R;
    end;
  FUNC:
  EG=EG+RY*(YR-EY); EY=YR;
  RIREK1;
  if J=J+2*2 then PRINT;
end;
PRINTS('  DESTRUCTION OF CAR (m)'); CRLF(2);
for N=0 step 5 until 100 do OUT1(6,'-D.3D',CDR[N]);
ECD=0.0;
for N=0 step 1 until 100 do
  begin CK=(CK1*(100-N)+CK2*N)/100.0; CD=CK*CDR[N]*2/2.0; if N=0 then CD=CD/2.0; ECD=ECD+CD; end;
ECD=(A1+A2)*ECD/100.0; CRLF(2);
PRINTS('  ENERGY ABSORBED BY CAR ='); OUT1(6,'2D.2D',ECD);
PRINTS('  ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL ='); OUT1(6,'2D.2D',EG);
PRINTS('  Y AXLE MOVING ENERGY LEFT ='); OUT1(6,'2D.2D',CW*VY*VY/19.6);
EJECT; go to S3;
E1:EJECT;
end;

*PRBL STOPE
**
40, 0.05, 3.33, 1.47, 3.83, 1.97, 1.08, 1.18, 0.93, 0.88, 0.50,
2.43, 4.93, 14.0, 50.0, 150.0, 0.1, 0.7,
25.0, 1.5, 25.0, 10.0, 1.6, 2.0, 4.0, 7.6,
60.0, 15.0, 0.0,
20.0, 1.2, 20.0, 8.0, 1.3, 2.0, 4.0, 1.3,
50.0, 15.0, 0.0,
14.0, 8.0, 15.0, 6.0, 0.9, 2.0, 4.0, 0.9,
35.0, 15.0, 0.0,
0.0, 0.

```

THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO CONCRETE WALL BARRIER 916 2-4

H(s)	L1(m)	L1(m)	A1(m)	A2(m)	B1(m)	B2(m)	DU(m)	R12(m2)	W(t)	FWC	FMAX	K1(t/m2)	K2(t/m2)	V(km/h)	TH(deg)
0.007	1.160	1.370	1.850	2.430	0.840	0.840	0.300	1.760	1.18	0.200	0.500	75	>0.0	60.0	20.0
T(s)	X(m)	Y(m)	TH(deg)	PH(deg)	CPH(deg)	VX(m/s)	VY(m/s)	CVX(m/s)	CVY(m/s)	ACX(g)	ACY(g)	AC(g)	FY(t)		
0.000	0.000	-1.422	20.00	20.00	20.00	15.66	5.70	15.66	5.70	-0.00	0.00	0.00	-0.00		
0.010	0.157	-1.365	20.00	19.97	19.96	15.66	5.69	15.66	5.69	-0.11	-0.34	0.39	-0.39		
0.020	0.313	-1.309	19.98	19.75	19.70	15.64	5.62	15.62	5.60	-0.67	-1.32	1.48	-1.50		
0.030	0.469	-1.253	19.93	19.18	19.01	15.60	5.43	15.62	5.38	-1.46	-2.81	3.16	-3.25		
0.040	0.625	-1.200	19.78	18.11	17.73	15.53	5.08	15.57	4.98	-2.43	-4.62	5.22	-5.44		
0.050	0.780	-1.152	19.48	16.46	15.74	15.41	4.55	15.46	4.36	-3.44	-6.55	7.40	-7.75		
0.060	0.933	-1.110	18.99	14.14	12.99	15.26	3.84	15.36	3.54	-4.31	-8.40	9.44	-9.81		
0.070	1.085	-1.076	18.26	11.21	9.52	15.07	2.99	15.22	2.55	-4.86	-9.72	10.87	-11.22		
0.080	1.235	-1.050	17.24	8.17	5.94	14.89	2.14	15.07	1.57	-2.74	-5.30	5.97	-6.34		
0.090	1.383	-1.031	16.07	7.24	4.90	14.83	1.88	15.00	1.29	-0.89	-1.38	1.64	-1.91		
0.100	1.531	-1.012	14.88	6.84	4.48	14.80	1.78	14.96	1.17	-0.58	-0.78	0.97	-1.17		
0.110	1.679	-0.995	13.68	6.58	4.21	14.78	1.71	14.93	1.10	-0.44	-0.54	0.70	-0.84		
0.120	1.827	-0.978	12.49	6.39	4.01	14.77	1.65	14.91	1.04	-0.36	-0.42	0.55	-0.66		
0.130	1.975	-0.962	11.31	6.21	3.85	14.76	1.61	14.88	1.00	-0.31	-0.33	0.45	-0.55		
0.140	2.122	-0.946	10.15	6.06	3.73	14.75	1.57	14.86	0.97	-0.27	-0.27	0.38	-0.47		
0.150	2.270	-0.931	8.99	5.94	3.63	14.74	1.53	14.84	0.94	-0.25	-0.23	0.34	-0.43		
0.160	2.417	-0.915	7.85	5.83	3.54	14.74	1.50	14.82	0.92	-0.23	-0.21	0.31	-0.40		
0.170	2.564	-0.900	6.73	5.72	3.46	14.73	1.48	14.80	0.89	-0.22	-0.20	0.30	-0.39		
0.180	2.712	-0.886	5.62	5.61	3.38	14.72	1.45	14.78	0.87	-0.21	-0.21	0.30	-0.40		
0.190	2.859	-0.872	4.52	5.50	3.29	14.71	1.42	14.76	0.85	-0.21	-0.23	0.31	-0.43		
0.200	3.006	-0.858	3.44	5.37	3.19	14.71	1.38	14.74	0.82	-0.22	-0.29	0.36	-0.49		
DESIGNATION OF CAR (m)			0.318	0.182	0.058	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

— 62 —

△ △
▽ ▽ ▽

—

T	X0	Y0	XW1	YW1	XW2	YW2	TH	PH	CPH	V CX	V CY	ACX	ACY	AC	FY	XP	YR	XL	UR
[s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[deg]	[deg]	[deg]	[m/s]	[m/s]	[g]	[g]	[g]	[t]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.000	-3.42	-2.03	-0.44	-0.27	-3.07	-1.56	15.0	15.0	15.0	21.46	5.75	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.3
0.010	-3.21	-1.98	-0.23	-0.22	-4.85	-1.51	15.0	15.0	15.0	21.47	5.75	-0.01	-0.05	0.05	-0.26	0.18	0.000	0.0	0.0
0.020	-2.99	-1.92	-0.01	-0.16	-4.64	-1.45	15.0	15.0	15.0	21.47	5.74	-0.01	-0.09	0.10	-0.55	0.31	0.000	0.0	0.0
0.030	-2.78	-1.86	0.20	-0.10	-4.42	-1.39	15.0	15.0	14.9	21.47	5.72	-0.04	-0.26	0.27	-1.55	0.45	0.001	0.0	0.0
0.040	-2.56	-1.80	0.41	-0.04	-4.21	-1.33	15.0	14.9	14.8	21.47	5.68	-0.08	-0.51	0.52	-3.09	0.58	0.001	0.0	0.0
0.050	-2.35	-1.75	0.63	0.01	-3.99	-1.28	15.0	14.9	14.6	21.48	5.61	-0.13	-0.84	0.85	-5.20	0.71	0.002	0.0	0.0
0.060	-2.13	-1.69	0.85	0.07	-3.78	-1.22	15.0	14.7	14.4	21.49	5.50	-0.20	-1.24	1.25	-7.80	0.85	0.003	0.0	0.0
0.070	-1.92	-1.63	1.06	0.12	-3.56	-1.16	14.9	14.6	14.0	21.51	5.35	-0.27	-1.62	1.65	-10.40	1.02	0.005	0.6	0.6
0.080	-1.70	-1.58	1.28	0.17	-3.35	-1.11	14.8	14.4	13.5	21.53	5.17	-0.33	-1.99	2.02	-12.90	1.22	0.007	1.4	1.4
0.090	-1.49	-1.52	1.49	0.22	-3.13	-1.05	14.7	14.2	12.9	21.55	4.95	-0.39	-2.32	2.36	-15.25	1.42	0.012	2.0	2.0
0.100	-1.27	-1.47	1.71	0.27	-2.92	-0.99	14.6	13.9	12.3	21.57	4.70	-0.45	-2.63	2.66	-17.40	1.62	0.017	2.5	2.5
0.110	-1.06	-1.42	1.93	0.31	-2.73	-0.93	14.4	13.6	11.6	21.59	4.42	-0.50	-2.88	2.93	-19.30	1.84	0.025	3.0	3.0
0.120	-0.85	-1.37	2.15	0.35	-2.49	-0.88	14.2	13.3	10.8	21.61	4.12	-0.55	-3.11	3.15	-20.96	2.05	0.033	3.3	3.3
0.130	-0.63	-1.32	2.37	0.39	-2.27	-0.82	14.0	12.9	10.0	21.64	3.80	-0.60	-3.30	3.35	-22.43	2.27	0.043	3.7	3.7
0.140	-0.42	-1.27	2.60	0.42	-2.06	-0.76	13.7	12.5	9.1	21.66	3.46	-0.64	-3.46	3.51	-23.69	2.48	0.058	4.1	4.1
0.150	-0.21	-1.22	2.82	0.45	-1.84	-0.71	13.4	12.1	8.2	21.67	3.11	-0.67	-3.50	3.56	-24.23	2.70	0.078	4.5	4.3
0.160	0.01	-1.18	3.04	0.48	-1.62	-0.65	13.0	11.7	7.3	21.69	2.76	-0.69	-3.56	3.63	-24.64	2.93	0.094	4.9	4.5
0.170	0.22	-1.13	3.27	0.50	-1.41	-0.60	12.6	11.3	6.3	21.70	2.40	-0.72	-3.64	3.71	-24.99	3.15	0.109	4.9	4.6
0.180	0.43	-1.09	3.49	0.51	-1.19	-0.54	12.1	10.9	5.4	21.71	2.03	-0.74	-3.71	3.78	-25.24	3.38	0.120	4.7	4.7
0.190	0.65	-1.05	3.72	0.53	-0.97	-0.49	11.6	10.5	4.4	21.71	1.66	-0.77	-3.76	3.84	-25.39	3.60	0.127	4.8	4.8
0.200	0.86	-1.01	3.95	0.53	-0.75	-0.43	11.0	10.0	3.4	21.71	1.28	-0.79	-3.79						

0.250	1.92	-0.85	5.10	0.51	0.34	-0.17	7.5	7.6	-1.5	21.60	-0.58	-0.89	-3.21	3.33	-24.23	4.32	0.078	4.3	4.3
0.260	2.13	-0.82	5.33	0.49	0.57	-0.12	6.7	7.1	-2.2	21.54	-0.84	-0.88	-2.11	2.28	-23.77	3.28	0.061	4.1	4.1
0.270	2.34	-0.80	5.56	0.47	0.79	-0.07	5.8	6.6	-2.6	21.47	-0.98	-0.83	-0.90	1.23	-23.09	2.08	0.047	3.9	3.9
0.280	2.55	-0.77	5.79	0.45	1.01	-0.03	5.0	6.1	-2.7	21.39	-1.01	-0.76	0.06	0.76	-22.85	1.11	0.046	3.8	3.8
0.290	2.76	-0.75	6.01	0.42	1.23	0.02	4.3	5.6	-2.7	21.32	-1.01	-0.71	0.05	0.71	-24.31	1.30	0.080	4.3	4.3
0.300	2.97	-0.73	6.24	0.40	1.45	0.05	3.6	5.1	-2.7	21.26	-1.01	-0.64	0.03	0.64	-25.05	1.52	0.111	4.1	4.7
0.310	3.18	-0.71	6.46	0.38	1.67	0.09	2.9	4.6	-2.7	21.20	-1.01	-0.58	0.02	0.58	-25.64	1.73	0.140	4.9	4.9
0.320	3.39	-0.70	6.68	0.36	1.89	0.12	2.3	4.0	-2.7	21.14	-1.01	-0.52	0.01	0.52	-26.13	1.94	0.165	5.1	5.1
0.330	3.60	-0.68	6.90	0.35	2.11	0.15	1.7	3.5	-2.7	21.09	-1.01	-0.47	-0.01	0.47	-26.52	2.16	0.188	5.3	5.3
0.340	3.81	-0.67	7.12	0.33	2.33	0.18	1.2	2.9	-2.8	21.05	-1.02	-0.42	-0.07	0.42	-26.86	2.37	0.208	5.4	5.4
0.350	4.02	-0.66	7.34	0.31	2.54	0.20	0.8	2.4	-2.8	21.01	-1.03	-0.37	-0.12	0.39	-27.13	2.58	0.226	5.5	5.5
0.360	4.23	-0.66	7.56	0.29	2.76	0.22	0.3	1.8	-2.8	20.98	-1.04	-0.33	-0.17	0.37	-27.34	2.79	0.241	5.6	5.6
0.370	4.44	-0.65	7.77	0.28	2.97	0.23	-0.1	1.3	-2.9	20.95	-1.06	-0.29	-0.20	0.36	-27.52	3.00	0.253	5.6	5.6
0.380	4.65	-0.65	7.99	0.26	3.19	0.24	-0.4	0.7	-3.0	20.92	-1.08	-0.26	-0.23	0.35	-27.64	3.21	0.262	5.1	5.7
0.390	4.86	-0.64	8.20	0.25	3.40	0.25	-0.7	0.2	-3.0	20.90	-1.10	-0.23	-0.26	0.35	-27.73	3.42	0.268	5.1	5.7
0.400	5.07	-0.64	8.42	0.23	3.62	0.26	-0.9	-0.4	-3.1	20.87	-1.13	-0.21	-0.28	0.35	-27.78	3.63	0.271	5.1	5.7
0.410	5.28	-0.65	8.63	0.22	3.83	0.26	-1.2	-0.9	-3.2	20.85	-1.16	-0.19	-0.29	0.35	-27.80	3.84	0.273	5.8	5.8
0.420	5.49	-0.65	8.84	0.20	4.04	0.26	-1.3	-1.5	-3.3	20.84	-1.19	-0.17	-0.30	0.34	-27.78	4.05	0.272	5.8	5.8
0.430	5.70	-0.66	9.05	0.19	4.25	0.26	-1.5	-2.0	-3.3	20.82	-1.21	-0.16	-0.30	0.34	-27.73	4.26	0.268	5.1	5.7
0.440	5.91	-0.67	9.26	0.17	4.46	0.25	-1.6	-2.5	-3.4	20.80	-1.24	-0.15	-0.30	0.33	-27.64	4.46	0.261	5.7	5.7
0.450	6.11	-0.68	9.47	0.16	4.67	0.24	-1.6	-3.0	-3.5	20.79	-1.27	-0.14	-0.29	0.33	-27.51	4.67	0.252	5.0	5.0
0.460	6.32	-0.69	9.68	0.15	4.88	0.23	-1.6	-3.5	-3.6	20.77	-1.30	-0.14	-0.28	0.31	-27.35	4.87	0.24	5.6	5.6
0.470	6.53	-0.70	9.88	0.13	5.08	0.22	-1.6	-4.0	-3.7	20.76	-1.33	-0.14	-0.27	0.31	-27.14	5.09	0.227	5.5	5.5
0.480	6.74	-0.72	10.09	0.12	5.29	0.20	-1.6	-4.4	-3.7	20.75	-1.35	-0.14	-0.27	0.31	-26.89	5.31	0.211	5.4	5.4
0.490	6.94	-0.73	10.30	0.11	5.50	0.18	-1.5	-4.9	-3.8	20.73	-1.38	-0.15	-0.27	0.30	-26.59	5.53	0.192	5.3	5.3
0.500	7.15	-0.75	10.50	0.10	5.70	0.16	-1.4	-5.3	-3.9	20.72	-1.40	-0.15	-0.26	0.30	-26.22	5.76	0.171	5.1	5.4
0.510	7.36	-0.77	10.71	0.08	5.91	0.14	-1.3	-5.7	-4.0	20.70	-1.43	-0.16	-0.26	0.31	-25.79	6.00	0.147	5.0	5.0
0.520	7.54	-0.79	10.91	0.07	6.11	0.11	-1.1	-6.0	-4.0	20.68	-1.45	-0.17	-0.25	0.30	-25.27	6.23	0.121	4.1	4.7
0.530	7.77	-0.82	11.12	0.06	6.32	0.09	-0.9	-6.4	-4.1	20.67	-1.48	-0.18	-0.24	0.30	-24.64	6.47	0.094	4.5	4.5
0.540	7.98	-0.84	11.32	0.05	6.52	0.06	-0.7	-6.7	-4.2	20.65	-1.50	-0.19	-0.24	0.30	-23.87	6.72	0.064	4.1	4.1
0.550	8.18	-0.86	11.52	0.04	6.72	0.03	-0.5	-7.0	-4.2	20.63	-1.52	-0.18	-0.19	0.26	-21.11	6.97	0.034	3.4	3.4
0.560	8.39	-0.89	11.72	0.03	6.92	-0.00	-0.2	-7.2	-4.3	20.61	-1.53	-0.12	0.05	0.13	-10.55	7.32	0.005	0.1	0.7
0.570	8.60	-0.92	11.93	0.01	7.13	-0.04	0.0	-7.0	-4.2	20.61	-1.50	-0.05	0.38	0.39	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0

0.580	8.80	-0.94	12.13	0.00	7.33	-0.07	0.3	-6.9	-4.1	20.60	-1.46	-0.04	0.40	0.40	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.590	9.01	-0.97	12.33	-0.01	7.53	-0.10	0.5	-6.7	-4.0	20.60	-1.42	-0.04	0.41	0.41	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.600	9.21	-0.99	12.53	-0.02	7.73	-0.13	0.7	-6.6	-3.8	20.59	-1.38	-0.04	0.42	0.42	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.610	9.42	-1.01	12.73	-0.03	7.94	-0.16	1.0	-6.4	-3.7	20.59	-1.34	-0.04	0.43	0.43	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.620	9.63	-1.04	12.94	-0.04	8.14	-0.19	1.2	-6.3	-3.6	20.59	-1.30	-0.04	0.44	0.44	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.630	9.83	-1.06	13.14	-0.05	8.34	-0.21	1.4	-6.1	-3.5	20.58	-1.25	-0.04	0.45	0.45	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.640	10.04	-1.08	13.34	-0.06	8.54	-0.24	1.6	-5.9	-3.4	20.58	-1.21	-0.04	0.46	0.46	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.650	10.24	-1.10	13.54	-0.06	8.75	-0.27	1.9	-5.8	-3.2	20.57	-1.16	-0.04	0.47	0.47	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.660	10.45	-1.12	13.74	-0.07	8.95	-0.30	2.1	-5.6	-3.1	20.57	-1.12	-0.03	0.48	0.48	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.670	10.66	-1.14	13.95	-0.08	9.15	-0.32	2.3	-5.4	-3.0	20.56	-1.07	-0.03	0.48	0.48	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.680	10.86	-1.16	14.15	-0.09	9.36	-0.35	2.5	-5.3	-2.9	20.56	-1.02	-0.03	0.49	0.49	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.690	11.07	-1.18	14.35	-0.09	9.56	-0.37	2.7	-5.1	-2.7	20.55	-0.98	-0.03	0.50	0.50	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.700	11.27	-1.20	14.55	-0.10	9.76	-0.39	2.9	-4.9	-2.6	20.55	-0.93	-0.03	0.50	0.50	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.710	11.48	-1.22	14.75	-0.11	9.96	-0.42	3.1	-4.8	-2.4	20.54	-0.88	-0.03	0.51	0.51	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.720	11.69	-1.23	14.96	-0.11	10.17	-0.44	3.3	-4.6	-2.3	20.53	-0.83	-0.03	0.52	0.52	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.730	11.89	-1.25	15.16	-0.12	10.37	-0.46	3.5	-4.4	-2.2	20.53	-0.78	-0.03	0.52	0.52	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.740	12.10	-1.26	15.36	-0.12	10.57	-0.48	3.7	-4.3	-2.0	20.52	-0.73	-0.03	0.53	0.53	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0
0.750	12.30	-1.28	15.56	-0.13	10.78	-0.50	3.9	-4.1	-1.9	20.52	-0.68	-0.03	0.53	0.53	0.00	0.00	0.000	0.0	0.0

DESTRUCTION OF CAR (m)

0.660 0.615 0.581 0.550 0.523 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 0.269 0.276 0.284 0.294 0.307

ENERGY ABSORBED BY CAR = 126.25

ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL = 0.23

Y AXLE MOVING ENERGY LEFT = 1.54

THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO BOX BEAM GUARDRAIL 918 3-13

H(°) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) W1(m) W2(m) WH(m) DU(m) R12(m2) W(t) K1(t/m2) K2(t/m) FWC FMAX
0.050 3.330 1.470 3.830 1.970 1.080 1.180 0.930 0.880 0.500 2.430 4.930 14.000 50.0 150.0 0.100 0.700

EI(tm2) M0(tm) PK(t/m) PW(t) D0(m) PX(m) DP(m) PFM(t) V(km/h) TH(°) EY(tm)

175.0 6.70 10.00 2.210 0.640 1.000 2.000 0.460 60.0 15.0 13.3

T	X0	Y0	XW1	YW1	XW2	YW2	TH	PH	CPH	VCX	VCY	ACX	ACY	AC	FY	XR	YR	LL	LH
[s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[deg]	[deg]	[deg]	[m/s]	[m/s]	[g]	[g]	[g]	[t]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.000	-3.42	-2.03	-0.44	-0.27	-3.07	-1.56	15.0	13.0	15.0	16.10	4.31	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-3.42	0.00	0.0	0.0
0.100	-1.81	-1.61	1.17	0.15	-3.46	-1.13	14.9	14.6	14.1	16.12	4.05	-0.14	-0.85	0.87	-5.48	1.31	0.17	0.5	0.0
0.200	-0.21	-1.21	2.80	0.49	-1.64	-0.71	13.9	13.2	10.6	16.18	3.04	-0.23	-0.93	0.95	-7.53	2.86	0.51	2.0	0.0
0.300	1.39	-0.86	4.46	0.73	-0.23	-0.29	11.7	11.6	7.7	16.17	2.19	-0.19	-0.71	0.73	-6.53	4.37	0.73	3.5	0.0
0.400	2.98	-0.55	5.13	0.88	1.40	0.09	8.8	10.0	5.6	16.10	1.56	-0.17	-0.58	0.60	-5.50	5.79	0.87	4.9	1.6
0.500	4.57	-0.30	7.79	0.97	3.02	0.43	5.8	3.1	3.6	16.01	1.02	-0.14	-0.55	0.56	-4.92	7.08	0.98	6.2	2.1
0.600	6.16	-0.10	9.44	1.00	4.65	0.70	3.0	6.0	1.9	15.92	0.52	-0.11	-0.50	0.51	-4.59	8.03	1.05	7.2	2.4
0.700	7.74	0.04	11.07	1.00	6.27	0.90	0.5	3.8	0.9	15.83	0.24	-0.07	-0.13	0.15	-4.09	8.49	1.16	5.7	4.3
0.800	9.33	0.12	12.67	1.00	7.87	1.02	-0.9	1.8	0.4	15.79	0.12	-0.06	-0.15	0.16	-3.70	7.65	1.27	6.8	4.1
0.900	10.90	0.14	14.25	0.99	9.45	1.06	-1.4	0.2	-0.1	15.76	-0.03	-0.02	-0.15	0.15	-3.41	9.18	1.31	8.3	4.8
1.000	12.48	0.13	15.83	0.98	11.03	1.04	-1.3	-1.0	-0.6	15.73	-0.15	-0.02	-0.10	0.10	-3.20	10.80	1.29	10.0	4.1
1.100	14.05	0.09	17.39	0.97	12.59	0.99	-0.9	-1.7	-0.8	15.70	-0.22	-0.02	-0.05	0.06	-3.06	12.54	1.24	11.7	4.6
1.200	15.62	0.04	18.95	0.96	14.15	0.93	-0.3	-2.0	-0.9	15.66	-0.24	-0.04	0.01	0.04	-2.98	14.32	1.18	13.5	4.4
1.300	17.18	-0.01	20.50	0.94	15.70	0.86	0.5	-2.0	-0.8	15.63	-0.23	-0.06	0.03	0.07	-3.03	16.31	1.11	15.5	3.9
1.400	18.74	-0.06	22.05	0.93	17.25	0.79	1.2	-1.8	-0.7	15.60	-0.20	-0.03	0.02	0.04	-3.11	18.36	1.04	17.5	3.4
1.500	20.30	-0.11	23.60	0.92	18.80	0.73	1.7	-1.5	-0.9	15.56	-0.23	-0.04	-0.16	0.17	-3.66	21.66	1.00	20.8	2.1
1.600	21.86	-0.15	25.15	0.90	20.36	0.69	1.9	-1.3	-1.3	15.52	-0.36	-0.03	-0.11	0.12	-3.63	23.33	0.97	22.5	1.9
1.700	23.41	-0.18	26.71	0.85	21.91	0.66	1.7	-1.1	-1.6	15.49	-0.42	-0.06	0.00	0.06	-3.37	24.35	0.93	23.5	2.1
1.800	24.95	-0.20	28.26	0.81	23.46	0.64	1.4	-0.9	-1.3	15.46	-0.34	-0.02	0.10	0.11	-2.56	24.86	0.90	24.0	3.1
1.900	26.50	-0.22	29.81	0.78	25.01	0.62	1.2	-0.7	-0.9	15.42	-0.23	-0.02	0.09	0.10	-2.25	26.03	0.88	25.2	3.5
2.000	28.04	-0.24	31.35	0.76	26.55	0.61	1.2	-0.6	-0.5	15.39	-0.14	-0.02	0.07	0.07	-2.14	27.53	0.87	26.7	3.5

DESTRUCTION OF CAR (m)

0.263 0.199 0.151 0.118 0.096 0.080 0.070 0.061 0.056 0.052 0.048 0.045 0.042 0.039 0.037 0.036 0.035 0.037 0.041 0.049 0.060

ENERGY ABSORBED BY CAR = 1.56 ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL = 6.37 Y AXLE MOVING ENERGY LEFT = 0.02

THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO CABLE FENCE 91B 3-14

H(A)	L1(m)	L2(m)	A1(m)	A2(m)	B1(m)	B2(m)	W1(m)	W2(m)	WR(m)	DU(m)	H12(m2)	W(t)	K1(t/m2)	K2(t/m2)	FWC	PMAX			
0.050	3.330	1.470	3.830	1.970	1.080	1.180	0.930	0.880	0.500	2.430	4.930	14.000	50.0	150.0	0.100	0.700			
TFU(t)	TRO(t)	CF(t/m)	CR(t/m)	PK(t/m)	PW(t)	PX(m)	DP(m)	PFM(t)	V(km/h)			TH(deg)	EY(tm)						
10.00	0.00	90.00	0.00	10.00	1.60	3.00	6.00	1.50	60.0			15.0	13.3						
T	X0	Y0	XW1	YW1	XW2	YW2	TH	PH	CPH	VCX	VCY	ACX	ACY	AC	FY	XR	YH	TF	TH
[s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[deg]	[deg]	[deg]	[m/s]	[m/s]	[g]	[g]	[g]	[t]	[m]	[m]	[t]	[t]
0.000	-3.42	-2.03	-0.44	-0.27	-5.07	-1.56	15.0	15.0	15.0	16.10	4.31	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0
0.100	-1.81	-1.60	1.17	0.16	-3.46	-1.13	15.0	14.9	14.8	16.10	4.26	-0.03	-0.22	0.23	-1.38	1.45	0.22	10.9	0.0
0.200	-0.20	-1.18	2.78	0.56	-1.85	-0.70	14.7	14.3	13.4	16.13	3.85	-0.19	-0.45	0.49	-4.02	2.85	0.62	14.2	0.0
0.300	1.40	-0.79	4.42	0.90	-0.23	-0.28	13.6	13.3	11.2	16.16	3.19	-0.15	-0.75	0.76	-5.76	4.55	0.94	18.6	0.0
0.400	3.00	-0.43	6.07	1.16	1.38	0.14	11.7	11.8	8.3	16.17	2.36	-0.20	-0.90	0.92	-7.10	6.15	1.17	21.8	0.0
0.500	4.60	-0.12	7.74	1.31	3.01	0.52	8.9	9.8	5.0	16.13	1.40	-0.23	-1.04	1.07	-8.37	7.61	1.31	24.1	0.0
0.600	6.18	0.12	9.41	1.35	4.64	0.86	5.3	7.2	1.4	15.99	0.38	-0.24	-1.07	1.10	-9.16	8.84	1.34	24.9	0.0
0.700	7.77	0.28	11.07	1.29	6.27	1.12	1.5	4.1	-1.5	15.83	-0.41	-0.18	-0.65	0.68	-9.18	8.76	1.35	25.0	0.0
0.800	9.34	0.35	12.69	1.20	7.89	1.26	-1.2	0.9	-1.7	15.71	-0.46	-0.08	-0.09	0.12	-9.88	7.82	1.46	27.0	0.0
0.900	10.91	0.33	14.27	1.14	9.47	1.26	-2.0	-2.1	-2.1	15.65	-0.57	-0.05	-0.12	0.13	-10.25	9.34	1.46	27.2	0.0
1.000	12.47	0.24	15.82	1.09	11.07	1.16	-1.4	-4.0	-2.4	15.56	-0.66	-0.05	-0.09	0.11	-8.66	11.18	1.36	25.0	0.0
1.100	14.02	0.12	17.35	1.04	12.57	1.00	-0.2	-4.8	-2.6	15.50	-0.70	-0.07	-0.01	0.07	-7.46	13.07	1.21	22.4	0.0
1.200	15.57	-0.01	18.88	0.99	14.08	0.84	1.2	-4.7	-2.7	15.43	-0.72	-0.07	-0.05	0.09	-6.75	15.49	1.06	20.2	0.0
1.300	17.11	-0.13	20.40	0.92	15.61	0.69	2.1	-4.1	-3.5	15.38	-0.93	-0.06	-0.16	0.17	-5.75	18.75	0.95	18.8	0.0
1.400	18.64	-0.23	21.94	0.82	17.14	0.59	2.2	-3.4	-3.9	15.30	-1.04	-0.05	-0.08	0.09	-5.43	20.27	0.85	17.6	0.0
1.500	20.17	-0.32	23.47	0.71	18.68	0.52	1.7	-2.9	-4.0	15.25	-1.06	-0.05	0.05	0.07	-4.91	21.24	0.76	16.2	0.0
1.600	21.69	-0.39	25.01	0.60	20.21	0.46	1.0	-2.7	-3.4	15.20	-0.91	-0.04	0.20	0.20	-4.38	21.37	0.68	15.2	0.0
1.700	23.21	-0.46	26.53	0.51	21.73	0.40	0.7	-2.5	-2.8	15.16	-0.73	-0.14	0.22	0.26	-3.98	22.60	0.61	14.9	0.0
1.800	24.72	-0.52	28.04	0.45	23.24	0.34	0.7	-2.4	-2.2	15.09	-0.58	-0.03	0.12	0.12	-3.82	24.11	0.55	14.8	0.0
1.900	26.23	-0.58	29.55	0.40	24.75	0.27	0.9	-2.2	-1.8	15.06	-0.47	-0.03	0.10	0.10	-3.26	25.81	0.49	13.4	0.0
2.000	27.74	-0.64	31.05	0.36	26.25	0.21	1.1	-1.9	-1.5	15.04	-0.39	-0.03	0.08	0.08	-3.03	27.58	0.43	12.5	0.0
DESTRUCTION OF CAR (m)																			
0.243	0.195	0.165	0.143	0.126	0.114	0.102	0.095	0.089	0.085	0.082	0.079	0.071	0.075	0.074	0.076	0.080	0.087	0.098	0.114
ENERGY ABSORBED BY CAR = 2.97																	ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL = 1.51		
																	Y AXLE MOVING ENERGY LEFT = 0.17		

THE MOVEMENT OF CAR DURING COLLISION TO GUARDRAIL 91b 3-15

H(m) L1(m) L2(m) A1(m) A2(m) B1(m) B2(m) W1(m) W2(m) WK(m) WK2(m) RT1(m2) RT2(m2) K(t) K(t/m2) M(t/s) FWC FMAA
0.025 3.350 1.470 3.230 1.970 1.060 1.180 0.930 0.880 0.500 4.430 4.930 11.700 50.0 150.0 0.100 0.700

E1(m2) H0(m) GK(t/m) PK(t/m) PW(t) PX(m) PY(m) PFH(t) V(km/h) I1(deg) EY(t/m)

20.0 1.20 350.00 70.00 3.50 1.00 2.00 2.00 45.0 20.0 10.9

T	X0	Y0	XW1	YW1	XW2	YW2	TH	PH	CPH	VCX	VCY	ACX	ACY	AC	FY	XR	YR	LL	T
[s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[deg]	[deg]	[deg]	[m/s]	[m/s]	[g]	[g]	[g]	[t]	[m]	[m]	[m]	[t]
0.000	-3.23	-2.32	-0.42	-0.31	-4.91	-2.00	20.0	20.0	20.0	11.75	4.28	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.23	0.00	0.0	0.0
0.050	-2.64	-2.11	0.17	-0.10	-4.32	-1.79	20.0	19.9	19.8	11.75	4.24	-0.04	-0.18	0.18	-0.97	0.48	0.01	1.5	0.0
0.100	-2.06	-1.90	0.76	0.11	-3.74	-1.57	19.9	19.4	18.6	11.75	3.96	-0.30	-0.50	0.58	-4.30	0.88	0.15	1.9	3.8
0.150	-1.47	-1.70	1.35	0.29	-3.15	-1.36	19.6	18.6	16.7	11.76	3.53	-0.45	-1.02	1.05	-6.71	1.50	0.25	0.5	10.1
0.200	-0.89	-1.51	1.96	0.45	-2.57	-1.15	18.9	17.3	13.7	11.82	2.88	-0.40	-1.51	1.57	-10.00	1.99	0.40	1.0	20.2
0.250	-0.32	-1.34	2.57	0.56	-1.98	-0.95	17.7	15.4	9.6	11.86	2.00	-0.08	-1.82	1.94	-13.44	2.57	0.48	1.6	25.5
0.300	0.25	-1.20	3.20	0.61	-1.40	-0.76	16.0	12.8	4.0	11.86	0.84	-0.63	-2.44	2.52	-15.51	3.07	0.50	0.1	29.4
0.350	0.82	-1.08	3.84	0.60	-0.81	-0.57	13.5	10.0	-1.3	11.84	-0.27	-0.60	-1.95	2.03	-17.06	3.49	0.47	0.5	4.9
0.400	1.38	-0.90	4.49	0.53	-0.22	-0.40	10.6	7.3	-5.6	11.74	-1.14	-0.55	-1.46	1.56	-18.75	3.84	0.41	0.8	20.4
0.450	1.94	-0.94	5.13	0.41	0.37	-0.25	7.4	4.9	-8.5	11.52	-1.73	-0.51	-1.00	1.12	-18.83	4.06	0.32	1.1	16.1
0.500	2.50	-0.90	5.76	0.27	0.97	-0.13	4.2	2.6	-10.7	11.34	-2.14	-0.41	-0.64	0.76	-17.47	4.03	0.24	1.0	13.2
0.550	3.06	-0.68	6.37	0.11	1.57	-0.04	1.2	0.7	-11.3	11.18	-2.24	-0.29	0.04	0.50	-15.60	3.83	0.21	1.8	1.1
0.600	3.61	-0.69	6.96	-0.03	2.16	0.07	-1.3	-1.4	-10.7	11.02	-2.07	-0.19	0.34	0.39	-13.53	3.68	0.25	1.1	13.5
0.650	4.17	-0.91	7.54	-0.16	2.75	0.05	-3.1	-3.7	-9.8	10.96	-1.89	-0.09	0.41	0.42	-11.02	3.54	0.27	1.5	11.4
0.700	4.72	-0.95	8.11	-0.27	3.32	0.04	-4.5	-4.7	-8.7	10.94	-1.68	-0.04	0.38	0.38	-9.99	3.44	0.26	0.0	10.5
0.750	5.27	-1.00	8.66	-0.36	3.88	0.00	-5.0	-5.9	-8.0	10.94	-1.54	-0.01	0.23	0.24	-8.21	3.60	0.22	0.6	9.9
0.800	5.81	-1.06	9.21	-0.44	4.43	-0.05	-5.2	-6.8	-7.5	10.94	-1.44	-0.00	0.18	0.18	-6.44	4.10	0.17	1.1	1.1
0.850	6.36	-1.13	9.76	-0.51	4.98	-0.12	-5.3	-7.3	-7.1	10.95	-1.36	-0.00	0.14	0.14	-4.41	4.64	0.10	1.0	2.0
0.900	6.91	-1.20	10.31	-0.58	5.52	-0.19	-5.2	-7.5	-6.7	10.95	-1.29	-0.00	0.13	0.13	-2.34	5.20	0.03	0.2	0.1
0.950	7.46	-1.27	10.85	-0.64	6.07	-0.27	-5.0	-7.1	-6.4	10.96	-1.22	-0.00	0.14	0.14	0.00	5.6	0.00	0.0	0.0
1.000	8.00	-1.34	11.40	-0.69	6.61	-0.34	-4.9	-6.6	-6.0	10.96	-1.16	-0.00	0.12	0.12	0.00	6.00	0.00	0.0	0.0

DESTRUCTION OF CAR (m)

0.419 0.737 0.269 0.216 0.174 0.142 0.118 0.102 0.085 0.076 0.067 0.059 0.052 0.051 0.050 0.048 0.047 0.051 0.065 0.091 0.123

ENERGY ABSORBED BY CAR = 4.36 ENERGY ABSORBED BY GUARDRAIL = 0.66 Y AXLE MOVING ENERGY LEFT = 0.96