

I-71 3径間連続桁式逆ローゼ橋の最適弦材分配率について

室蘭工業大学 正員 中村作太郎

1 緒 言

長径間の橋梁に連続桁式逆ローゼ型式を用いることはきわめて妥当なものと考え、3径間連続桁式逆ローゼ道路橋の設計試案として、支間 $L=47m+200m+47m$ を有する図-1 に示すような橋梁を設計し、その上・下弦材の分配率比 $N0.1 (0.3 : 0.7)$, $N0.2 (0.4 : 0.6)$, $N0.3 (0.5 : 0.5)$, $N0.4 (0.6 : 0.4)$, $N0.5 (0.7 : 0.3)$ の5通りの場合について計算し、その結果を基とし最適弦材分配率について論及したものである。

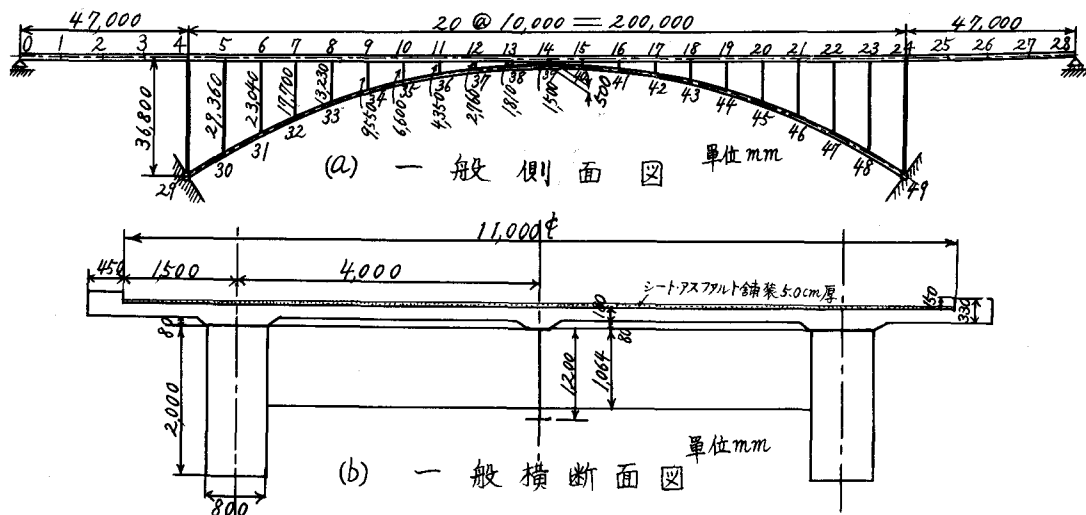


図-1 3径間連続桁式逆ローゼ橋試案設計(支間全長294m)-一般図

2 設計条件

図-1 を参照し、その設計条件を列記すれば次の通りである。

1) 型式: 3径間連続桁式逆ローゼ橋, 2) 橋種: 1等道路橋(荷重T-20, L-20), 3) 支間: $47m+200m+47m$, 4) 幅員: $11.0m$, 5) 舗装: $5.0cm$ 厚シートアスファルト舗装, 6) 床版: 鉄筋コンクリート床版, 7) 使用鋼材: SS-41, SM-50A, 60kg鋼, 8) 適用示方書: 鋼道路橋設計示方書(1964), 鋼道路橋製作示方書(1964), 溶接鋼道路橋設計示方書(1964), 鉄筋コンクリート標準示方書(1967)

3 主構の解析理論

図-2 は3径間連続桁の中央径間を2ヒンジアーチで補剛した型式であり、中央径間がいわゆる逆ローゼ桁となる。

この型式では中央径間が $(n+1)$ 個

の格間を有するとすれば、全体では $(n$

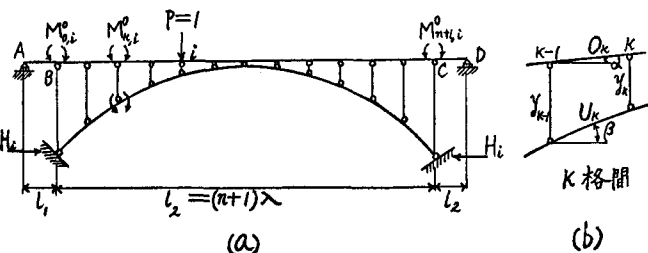


図-2 3径間連続桁式逆ローゼ橋の主構解析用構造図

十3) 次の高次不静定構造物となる。理論解析に用いた仮定はすべてローゼ桁橋の弾性設計法に従い、不静定量としては上下弦材の格点に作用する支変モーメント、下弦材両端に作用する水平反力及び支変B, Cに作用する支変モーメントをとる。

中央径間格点モーメント $M_{L,i}^0, M_{R,i}^0$ の解析には三連モーメントの定理の適用に始まり、 n 元一次方程式をたてマトリックス解法を用いることにより電子計算機にかけ易い形とした。

支変B, Cの支変モーメント $M_{B,i}^0, M_{C,i}^0$ の解式はローゼ桁全体としての内部エネルギー W の式に始まり、これを変形して $M_{B,i}^0, M_{C,i}^0$ で偏微分して端のたわみ角を求め、連続桁の条件を用いることにより誘導した。また支変モーメント $M_{B,i}^0$ による水平反力 ΔH の解式はローゼ桁橋全体の内部エネルギー W の式に最小仕事の原理を適用し、 $\frac{\partial W}{\partial H} = 0$ と置いて求めた。それから水平反力 $H_{L,i}^0$ の解式は最初側径間のないローゼ桁としての $H_{L,i}^0$ を計算し、これに $\Delta H (M_{B,i}^0 + M_{C,i}^0)$ を加算することによって求めた。

更にせん断力 $V_{L,i}$ の解式は $M_{R,i}^0 - M_{L,i}^0, M_{C,i}^0 - M_{B,i}^0$ 及び $H_{L,i}^0$ の影響を考慮して求め、支柱軸力 $Z_{L,i}$ はせん断力にKroneckerの表示 $\delta_{L,i}$ 及び側径間を単純桁と考えた時の反力 P の影響を加算して求めた。なお解析理論及び解式については、中村作太郎：連続桁式逆ローゼ桁橋の解析について、土木学会北海道支部研究発表会論文集第26号（昭和55年2月）参照のこと。

4 数種の弦材分配率の場合の比較計算

すでに緒言のところで述べた通り、上下弦材分配率比を $N0.1 (0.3:0.7) \sim N0.5 (0.7:0.3)$ の5通りに変化させ、水平反力・上弦材モーメント・下弦材モーメント・上弦材せん断力・下弦材せん断力・吊材軸力などの影響線を求めたため、デジタル電子計算機FACOM-231（室蘭工業大学所有）を利用し、次に示すALGOLのProgramをくみ膨大な数値計算を行なった。

```

begin
integer k, i, j;
real a, s1, s2, s3, s4, AA;
array E[1:19,1:19], H, M, S, K[1:20], C, D, A[1:20,1:5], L[0:20],
a1, a2, a3, F, U[1:5], E1[4,1:20];

Readarray(C); Readarray(B); Readarray(a1);
for j=1 step 1 until 5 do
begin
for k=1 step 1 until 19 do
begin
s=0;
for i=1 step 1 until 19 do
begin
AA:=D[i,k]*C[i,j];
s:=s+AA;
Printstring('C='); Printinteger(k);
Printstring('j='); Printinteger(i); Space(5);
Print(AA); GRLF;
end;
H[k]:=a1[j];
Printstring('S='); Print(s); GRLF;
Printstring('SOS='); Print(H[k]); GRLF;
end;
GRLF(3);
end;
Readarray(D); Readarray(A); Readarray(L); Readarray(a2);
Readarray(F); Readarray(B); Readarray(G); Readarray(U); Readarray(K);
Readarray(a3);
for j=1 step 1 until 5 do
begin
for k=1 step 1 until 20 do
begin
E[1,k]:=U[k,j]*(20-k)/20+2*a2[j]/A[k,j]*L[20-k];
E[2,k]:=D[k,j]*K[20-2*a2[j]/A[k,j]*L[20-k];
E[3,k]:=U[k,j]*(20-k)/20+2*a2[j]/A[k,j]*L[k];
E[4,k]:=U[k,j]*K[20+2*a2[j]/A[k,j]*L[20-k];
Printstring('E='); Printinteger(k);
Printstring('B='); Print(E[1,k]);
Printstring('G='); Print(E[2,k]);
Printstring('U='); Print(E[3,k]);
Printstring('K='); Print(E[4,k]); GRLF;
end;
end;
s1:=s2:=s3:=0;
for k=1 step 1 until 20 do
begin
s1:=s1+E[1,k]*D[k,j]*M[k]+G[k]*E[3,k]*K[1-D[k,j]]*M[k]+s1;
s2:=F[j]*D[k,j]*K[0,k]+M[k]*K[k]*G[k]*(1-D[k,j])*C[1-D[k,j]]*M[k]+s2;
s3:=G[k]*a3[j]*K[k]*K[k]*U[j]+s3;
end;
s4:=(s1-a2[j]*C[0.6666666666666666*E[1,1]-1.0]*D[1,j]*K[1])/(s2-0.6666666666666666*
a2[j]*D[1,j]*D[1,j]*M[1]+s3);
Printstring('D='); Print(s4); GRLF;
end; GRLF(3);
end;

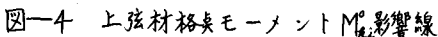
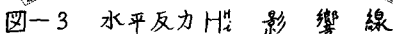
begin
integer k, i, j, ni;
real dh, h1, e1, e2, a3, a5, a6, a8, C1, C2, e4, e7, M1, M2;
array A[1:5,1:6], D[1:3,1:20], B[1:19,1:20], E1[1:19], FB, HC[1:6];

procedure SNEEPOUT(A)order:(N)MultipleConstant(C);
value M, N; array A; integer M, N;
begin integer i, j, k; real temp, w;
M:=N;
for k=1 step 1 until N do
begin temp:=0;
for j=k step 1 until N do
if abs(A[j,k])>temp then begin temp:=abs(A[j,k]); j:=j and
if A[j,k]>0 then begin Printinteger(j); Printstring('H=');
go to END end;
if i=k then for j=k step 1 until N do
begin temp:=A[k,j]; A[k,j]:=A[j,j]; A[j,j]:=temp end;
temp:=2*A[k,k];
for j=k+1 step 1 until M do
begin w:=A[k,j]-A[k,j]*temp;
for i=1 step 1 until N do
if i=k and w#0 then A[i,j]:=A[i,j]-A[i,k]*w
end;
end;
END; end; SNEEPOUT;
for j=1 step 1 until 19 do
for k=1 step 1 until 20 do
Readreal(E2[j,k]);
for i=1 step 1 until 5 do
begin
Readreal(dh); Readarray(L); Readreal(i);
for j=1 step 1 until 8 do
for k=1 step 1 until 20 do
Readreal(B[i,k]);
for i=1 step 1 until 19 do
begin
A[2,1]:=A[2,3]*A[1,4]-A[1,5]*A[3,1]-A[3,2]*A[4,2]=
A[4,3]-A[4,5]*A[5,2]-A[5,3]*A[5,4]*2;
A[1,1]:=A[2,2]*A[3,3]-A[4,4]*A[5,5]-1;
A[1,2]:=A[1,3]*e1; A[1,6]:=A[1,1];
A[2,3]:=C1;
for k=1 step 1 until 20 do
begin
a1:=D[1,k]*B[3,2]-dh*B[3,k]*B[4,k]*2;
a1:=a1+k*B[6,1]-dh*(1-B[3,k])*B[4,k]*2+e1;
C2:=D[1,k]*B[6,1]-dh*B[3,k]*B[4,k]*2*B[6,2,k];
dh:=B[3,k]*B[4,k]+B[5,k]*B[5,k];
dh:=(1-B[3,k])*B[4,k]-dh*(1-B[3,k])*B[4,k]+C2;
C1:=a1*B[1,1]*2*(1+(D[2,1]-dh*B[3,1])*B[4,1])
-2*(B[2,1]-dh*B[3,1])*B[4,1]+47*(3+2.1e7*B[1]);
a2:=C1*C1-C2*C2;
A[2,4]:=C1*A2; A[2,5]:=C2*A2;
A[3,4]:=A[2,5]; A[3,5]:=A[2,4];
A[3,6]:=A[2,6]=0;
a4:=a7-a3=0;

```

Program-1 $H_L^0, B_{L,0}, B_{L,NH}, B_{R,0}, B_{R,NH}, \Delta H$

Program-2 支桌B, Cの支桌モーメント $M_{o,i}^0, M_{nt,i}^0$ 及び水平反力 H_i^H



```

begin
  integer i,j,k,l;
  real z,w;
  array w[1:27,5:14], t,E,j,B,c,B01,B02[5:14,1:5], M0, M0, h[5:14], H[1:27,1:5],
    VC[5:14], MC1,MC2[1:27,1:5], V[1:27], A[5:14];

  procedure PRINT(S,R); string S; real R;
  begin
    Printstring(S); Print(x,k,3); Printstring(' '); Print(x,i,2);
    Print(R); GCFL;
  end;

  Readarray(t); Readarray(c); Readarray(h); Readarray(H); Readarray(B01);
  Readarray(B02); Readarray(MC2); Readarray(MC3); Readarray(V); Readarray(Gul);
  Readarray(Bu2); Readarray(A);

  for j=1 step 1 until 5 do
    begin
      for i=1 step 1 until 27 do
        begin
          for k=5 step 1 until 14 do
            begin
              VC[i]:=(t[i]-t[i-k]-h[i-k]*w[i,j]+B01[k,i]*MC1[i,j]+B02[i,j]*M02[i,j]);
              PRINT('w', h[i,k]);
            end;

            VC[i]:=(t[i]-t[i,j])%1; k=6; PRINT('w', VC[i]);
          for k=5 step 1 until 13 do
            begin
              VC[k]:=(t[k]-t[k,i])%1;
              PRINT('w', VC[k]);
            end;
            V[14]:=(t[i]-t[i-k]*w[i,j]-B01[i,j]*VC[i,j]*2%1);
            k=14; PRINT('w', VC[k]);
            z:=VC[i]-H[i,j]/47; k=6; PRINT('z', z);

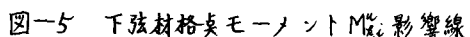
          for k=5 step 1 until 13 do
            begin
              z:=VC[k]-VC[k+1]; PRINT('z', z);
            end;

          for k=5 step 1 until 14 do
            begin
              Mu[k]:=(t[i-k,j]-t[i-k]-h[i-k]*w[i,j]+Bu1[k,i]*M01[i,j]+Bu2[k,i]*M02[i,j]);
              PRINT('w', Mu[k]);
            end;

            Vmu[i]:=(t[i]-t[i,j]*A[5,i]);
            PRINT('w', Vmu);
          for k=5 step 1 until 13 do
            begin
              Vmu[k+1]-Mu[k]/10%1; Vmu[i]:=(t[i]-t[i,j]*A[5,i]);
              PRINT('w', Vmu);
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

```

Program-3 $H_{i,i}^H, M_{k,i}^0, M_{k,i}^u, M_{o,i}^0, M_{att,i}^0, V_{k,i}^0, V_{k,i}^u,$
 $Z_{k,i}, Z_{l,i}$ などの各影響線の縦距



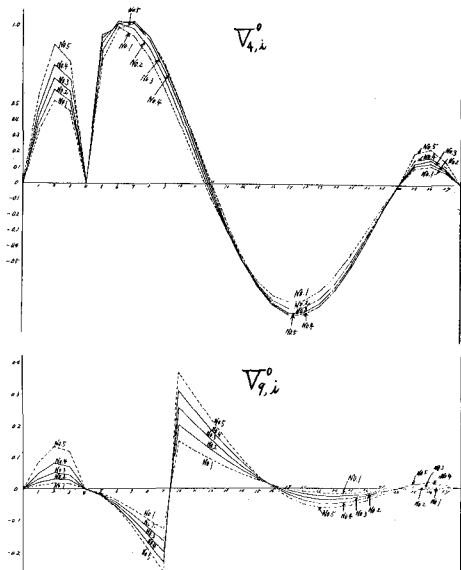


図-6 上弦材せん断力 $V_{4,i}^0$ 影響線

5 弦材分配率の影響について

(1) 水平反力 $H_{4,i}^H$

水平反力影響線縦距の総和は表-1の通りとなる。

表-1 $H_{4,i}^H$ 影響線縦距の総和

分配率比	No.1(0.3:0.7)	No.2(0.4:0.6)	No.3(0.5:0.5)	No.4(0.6:0.4)	No.5(0.7:0.3)
側径間	-0.313/6	-0.40180	-0.50447	-0.66751	-0.73404
中央径間	14.14519	14.19262	14.18632	14.20617	14.20031
全径間	13.51889	13.36702	13.17738	12.86715	12.33223

(2) 上弦材の支桌モーメント $M_{4,i}^0$ (表-2参照)

表-2 $M_{4,i}^0$ 影響線縦距の総和

分配率比	No.1(0.3:0.7)	No.2(0.4:0.6)	No.3(0.5:0.5)	No.4(0.6:0.4)	No.5(0.7:0.3)
側径間	-19.18403	-22.15650	-28.39468	-37.26538	-52.21113
中央径間	7.63309	8.30753	9.07266	9.24501	9.67810
全径間	-9.55094	-13.84897	-19.35542	-28.02037	-42.53303

(3) 上弦材の格点モーメント $M_{4,i}^R$

上弦材の格点モーメントは支桌付近では支桌モーメントの影響を受け負のモーメントが増加し、中央支桌付近では逆に正のモーメントが増加する。この傾向は上弦材分配率の増加にともない顕著にあらわれることがわかった。

(4) 下弦材の格点モーメント $M_{4,i}^W$

下弦材の格点モーメントも上弦材同様にやはり支桌モーメントの影響をかなり受けるが、上弦材の場合ほど著しくない。しかも下弦材分配率の増加にともない支桌モーメントの影響は小さくなっていることがわかった。

6 結 言

上弦材分配率の高いほどすなわち逆ランガー桁に近い構造のものほど、本設計試案のような中央径間200m内外、側径間40~50m程度の長径間連続桁式逆ローゼ橋では不斜をまぬかれないことがわかった。要するに、弦材断面の詳細設計をも考慮に入れNo.1~No.3の中から最適分配率を選ぶべきである。

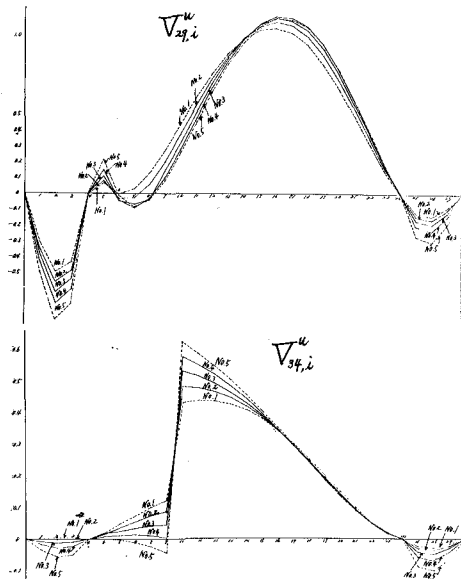


図-7 下弦材せん断力 $V_{4,i}^W$ 影響線

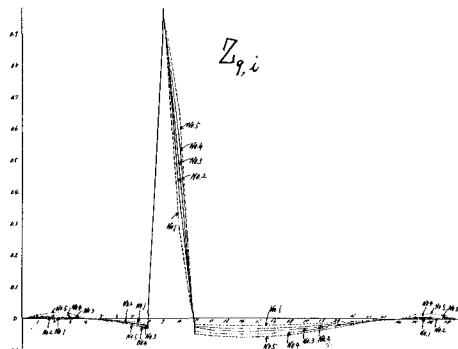


図-8 支柱軸力 $Z_{4,i}$ 影響線