

8~9月には論文集第76号(36年9月発行)登載論文7編を紹介し、今月は3編紹介し、次の4論文は9月号で紹介し、

岡林 稔：引張りを受ける有孔薄板の極限解析
 山辺春雄・吉木 正：巾広ぎきの越流係数の理論的研究
 和仁達美・川口輝夫・菅原 操 } 小丸川PC鉄道
 野口 功・羽田野義真 } 橋の架替え工事
 ならびに関連して行なった実験的研究報告
 山田正男：大都市における自動車交通需要より見た
 都市構成論

アーチ ダムの地震動観測

岡本舜三・加藤勝行
 伯野元彦・宮越義暉

1. 振動試験

アーチダムのような複雑な形状をもつ可撓性構造物が地震のような不規則な強制外力を受ける場合に生ずる弾性振動を論ずるには Modal method が適していることは古くから知られている。しかしながらこの方法を用いるには地震動の性質と構造物の各基準振動の性質が明らかにされていることが必要である。本文は以上についての情報を得るために行なった実在するアーチダム(堤高62m, 堤頂長128.7m)の地震観測についての報告である。

地震観測に先だちその基本的性質を知るために常時微動の測定と堤体の振動試験を行なった。ダムサイトにおける常時微動はきわめて微弱であったが、その中に周期1秒前後の長周波の存在が推察された。堤体の振動試験は満水位、低水位時の2回行ないその間の水位差は全水深の20%である。

ダムを起振するには、偏心動輪3個をもつ起振機(動輪半径25cm, 最大回転数12cps, 最大起振力1.74t)を用いた。これをダム頂部中央にすえ、ダム軸方向およびこれに直交方向に起振しダムに対称形および逆対称形の振動を生じせしめた。ダムの振動は電磁式の測定系で測った。換振器の固有振動数は水平動計1.0秒, 上下動計1.5秒であってオッシログラフと結んで振動速度が記録される。ダム軸に直交方向の起振力によるダム頂中央の半径方向の変位振巾とダム軸方向の起振力による頂部アーチの1/4断面における半径方向の変位振巾の応答曲線によればそれぞれ減衰の少ない2個の振動系の応答曲線の重複なることを示していた。一つは1次基準振動、他は2次基準振動と考えられ、その固有振動数は1次振動については逆対称振動の方が対称振動より少なく2次振動については両者はほぼ等しい。これは高次基準振動では振動エネルギーのうちアーチ要素の軸圧縮によるエネルギーがかなりの比率を占めることを示すもので、このことから3次振動においては対称振動の方が逆対称振動よりも振動数が小さくなるものと推定される。

振動が共振状態に入ったときの変位すなわち、振動形は1次対称振動では半径方向変位は中央断面で最大となる。頂部アーチには1/4断面付近に節があり、その位置は2個の水位に対してほとんど変わっていない。中央片持ばりには節がない。2次対称振動の振動形では中央片持ばりには1個の節があり、頂部

アーチには低水時に右岸側拱台に近く1個の節がみられるほかには節はみられない。頂部中央における半径方向変位の大きさは1次対称振動の場合の6~8割である。切線方向変位の最大値は半径方向変位の最大値の約1/10となっている。振動形がアーチの2次振動形として普通に推定される形とは異なって節の位置がはなはだしく起拱点近くにあるのはダムが大きなオリフィス孔をもつためであると思われる。1次逆対称振動の振動形は頂部アーチの半径方向変位について、中央に1個の節をもつ。満水時の変位は低水時の変位と形においては同様であるが大きさにおいてはやや小さい。切線方向変位の最大値は半径方向変位の最大値の約1/3になっている。2次逆対称振動の振動形は頂部アーチの半径方向変位について比較的中央に近く3個の節をもつ。切線方向変位には節はなく、その最大値は半径方向変位の最大値の約1/6となっている。

起振機をダム頂中央にすえ上下方向に振動外力を与えると、ダム上下方向に起振させることができる。そのとき頂部に生ずる上下方向変位の応答曲線によれば水位112mのとき6.0, 10, 11.5cpsに、水位125mのとき5.5, 9.8cpsに山がある。2個の低次共振振動数は水平駆動の場合のそれと一致して、この時生じている頂部アーチの水平変位の形は水平駆動によって生ずる変形とほぼ同じである。したがって、これらの2個の周期をもつ振動は水平運動を主とする基準振動が誘起されたもので、これはダムが下流側にそっているために生じた現象と考えられる。11.5cpsの振動数をもつ起振力によるダムの振動では、水平変位はほとんどもたず、鉛直運動が振動の主要部をなしている。

2. 地震観測

ダムの竣功後間もなく地震観測をはじめ今日におよんでいる。観測の初期においては堤頂中央に石本式3成分加速度計[固有周期:0.1秒(水平), 0.08秒(上下), 幾何倍率:200(水平上下とも)]を設置した。

数ガル以下程度の加速度をもつ地震動記録がかなり多く得られたが、ここには特別な分析によらずともある特定の周波数の波の卓越を認めうる場合が多かった。

これによると半径方向の水平動には6cps, 切線方向の水平動には5~6cps, 上下動には9~12cpsの振動が卓越していた。ついで電磁換振器(固有周期水平動1.0秒, 上下動1.5秒), 電磁オッシログラフおよびスターターよりなる観測系を追加し詳細な速度記録をとれるように改めた。得られた記録から岩盤上の地震について一般的に認められることは、はじめに主部とみべき部分、すなわち比較的振巾の大きな部分があり、そのあとに小振巾の振動がしばらく続くことであるが、例外的には両者の区別の明瞭でないものもある。工学的の重要さからは主部のみに注目すればよいであろう。

堤体の振動記録については10cpsをこえるような高周波成分を多数ふくむもの、5cps程度の周波成分を多数ふくむもの、それよりさらに小なる振動数の振動数が主となっているもの3種に大別しようようにみえる。それらを代表するものとして3個の記録を選んで波形のフーリエ分析を行なった。その結果から地震によって堤体には1次および2次の基準振動が卓越することが知られ、また時としては3次程度の高次振動も生じることが推測された。

このとき基準振動の増巾の程度を知ればその減衰常数を求めることができる。地動が河川上下流方向の正弦振動であるとき、その周期がダムの対称形基準振動周期と同じであるときは該当する基準振動が誘起される。この時ダムの天端中央点の半径方向振巾と地動の振巾との間には、

$$\frac{v_d}{v_r} = \frac{C_0 \int C_1 dm}{2h \int C^2 dm}$$

なる関係がある。ここに v_r : 地動振巾, v_d : ダム天端中央点の半径方向振巾, C_0 : 基準振動形における天端中央点の半径方向振巾, C : 基準振動形における各点の変位, C_1 : C の地動方向の成分, dm : 堤体の要素質量, h : 基準振動の減衰常数である。逆対称振動についても同様の式が得られる。

模型試験を併用して上記の諸値を計算, 減衰常数を求めた。こうして得られた値を振動試験から得られた値と比較すると対称1次振動において, ほぼ一致し逆対称1次振動においてやや大きい。

これまでの所論はたかだか 2kine 程度の微震についてであって, さらに強い地震についてどうなるかは問題である。完全なる弾性的挙動では振巾の大小はその性質に影響しないが実在するダムについてはその点も実証の必要があり, 強震の記録が望まれている。ただ1個ではあるがかなり強い地震の記録が得られ, その結果微弱な地震によるものと同様1次の対称および逆対称と上下動の基準振動が誘起されていることが認められた。以上, アーチ・ダムにおける地震動観測の結果次の諸点が明らかとなった。

(1) 岩盤の振動は左岸と右岸とで異なるか ダムの両岸地震動変位の間にいちじるしい差があれば堤体地震応力に影響があるので, この点は一般に注目されている。われわれの観測したダムでは両岸の地震動の波形はほぼ同形で相互間の位相差はない。一般に岩盤は谷に臨んで複雑な起伏をしているから, 突出部には局部的に固有な振動がおこることはあり得ると思われるが, 得られた記録の範囲では両者の間に顕著な位相差を生ずるには至っていない。

(2) 岩盤振動に卓越周期があるか 主部の波形は比較的長周期大振巾の波に短周期小振巾の波が重なっているのが普通であるが, 両種の波ともその生起について顕著な規則性はなく, 特にその前者の波の生起は全く不規則のように思われる。周期は区々で長周期では 1~10 cps, 短周期波では 9~19 cps に涉っている。以上の結果からみると従来応々にして信ぜられているが山中部では地震時に短周期の波動が卓越すると速断することには無理があり, ダム地点の地震動の性質は工事着工前に数年間地震観測を行ないその結果から判断すべきものと思われる。

(3) 上下動は水平動より小さいか 岩盤上の記録について上下動と水平動の最大速度振巾を比較してみると, いずれの記録に対しても上下動と水平動の大きさの間に顕著な差異は認めがたい。

(4) 地震時に堤体に主としておきる振動形はおおむねいかなる形であるか 地震時に堤体に主として誘起されるのは水平にも上下にも低次の基準振動である。そのうち工学的に重要なのは1次振動であると思われ, われわれの観測では対称形のものが多い。しかし他のダムでの研究では1次逆対称振動の卓越が報告されていて対称逆対称のいずれが主に現われるかは堤体の形状によるものと考えられる。

(5) 堤体に生ずる上下動の性質 地震によるダムの上下動は従来は水平動に対するほど重視されていなかったが, アーチダムのように張応力が問題になる構造物ではその検討が必要である。地震観測の結果は上下動についても堤体の縦振動としての共振現象が存在することを示している。したがって上下動による応力もまた動的考察によって評価せねば過少評価に陥るおそれがある。

(6) 減衰常数の大きさ 減衰常数の正確な評価は振動勢力の逸散を経路別に分析してはじめてないうことで, 今日ま

だその段階に達せず, したがって多くの資料を集めることが必要である。本観測もまた減衰常数に関し新たな資料を加えることができた。この結果実在するアーチダムの減衰常数は 2~11% の範囲にあり, 高さの高いダムではいくぶん小さい値をもつ傾向があること, 逆対称振動では対称振動におけるよりいくぶん大きい値をもつ傾向があること等が認められた。【筆者: 岡本・正員 工博 東京大学教授 生産技術研究所, 加藤・正員 東京大学生産技術研究所第一部, 伯野・正員 東京大学大学院学生数物系研究科, 宮越・正員 関西電力 KKK 建設部水力計画課】

曲線格子桁の解法

倉西 茂

本論文は曲線格子桁の解法を取扱っている。その解析方法は主桁に働く曲げモーメント, ねじりモーメント, 主桁のたわみ, ねじれ角, 主桁と横桁との間に働く反力, モーメントなどをすべて正弦の項のみからなるフーリエ級数に展開して表わし, 主桁と横桁の変形が一致することよりそれらの係数を定めて解く方法によっている。そのため横桁はいちように主桁間に分布しているものと仮定している。

今, 垂直荷重 w , ねじりモーメント荷重 mT をフーリエ級数で展開すると次の形で表わされる。

$$w = \sum_{r=1}^{\infty} w^{(r)} \sin \frac{r\pi}{\alpha} \varphi, \quad mT = \sum_{r=1}^{\infty} m^{T(r)} \sin \frac{r\pi}{\alpha} \varphi \quad \dots(1)$$

これらの荷重による曲げモーメントは,

$$M = \sum_{r=1}^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 - 1} (Rw^{(r)} + m^{T(r)} \sin \frac{r\pi}{\alpha} \varphi) \dots\dots\dots(2)$$

で与えられる。ここで, 主桁は円弧をなすものとし, R は曲率半径, α は中心角である。曲りばりのたわみとねじれ角についての微分方程式は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} & -\frac{EC_{bd}}{R^3} \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} + \left(\varphi J_T - \frac{EC_{bd}}{R^2} \right) \frac{1}{R} \frac{d^2\beta}{d\varphi^2} + GJ_r \frac{\beta}{R} \\ & = \left(1 + \frac{GJ_T}{EJ} \right) M - \frac{C_{bd}}{R^2 J} \frac{d^2 M}{d\varphi^2} - m^T \\ & \frac{1}{R^2} \frac{d^2 u}{d\varphi^2} = -\frac{M}{EJ} + \frac{\beta}{R} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

外側よりかぞえ k 番目の主桁に関する諸量はすべてその右下に k を付して表わすと, (3) 式を解き, 主桁のたわみ u_k , ねじれ角 β_k は荷重と同じようにフーリエ級数で表わされ次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} Eu_k &= \sum_{r=1}^{\infty} E_{\alpha k}^{(r)} = \sum_{r=1}^{\infty} \\ & \times \{ U_k^{w(r)} (w_k^{(r)} - v_k^{(r)}) + U_k^{T(r)} m_k^{T(r)} \} \\ E\beta_k &= \sum_{r=1}^{\infty} E\beta_k^{(r)} = \sum_{r=1}^{\infty} \\ & \times \{ B_k^{T(r)} m_k^{T(r)} + B_k^{w(r)} (w_k^{(r)} - v_k^{(r)}) \} \end{aligned} \right\} \dots(4-a \sim b)$$

ここで

$$\left. \begin{aligned} B_k^{w(r)} &= \frac{\left\{ 1 + \frac{GJ_k^T}{EJ_k} + \frac{C_{bdk}}{R^2 J_k} \left(\frac{r\pi}{\alpha} \right)^2 \right\} R_k^3}{C_k^T \left\{ \left(\frac{r\pi}{\alpha} \right)^2 - 1 \right\}^2} \\ B_k^{T(r)} &= \frac{\left\{ 1 + \left(\frac{r\pi}{\alpha} \right)^2 \left(1 + \frac{C_{bdk}}{R^2 J_k} \right) \right\} R_k}{C_k^T \left\{ \left(\frac{r\pi}{\alpha} \right)^2 - 1 \right\}^2} \\ U_k^{w(r)} &= \frac{1}{\left(\frac{r\pi}{\alpha} \right)^2} \left\{ R_k B_k^{w(r)} + \frac{R_k^3}{EJ_k \left\{ \left(\frac{r\pi}{\alpha} \right)^2 - 1 \right\}} \right\} \end{aligned} \right\}$$

$$U_k^{T(r)} = \frac{1}{\left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2} \left\{ R_k B_k^{T(r)} + \frac{R_k^2}{E J_k \left\{ \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 - 1 \right\}} \right\}$$

$$C_k^{T(r)} = \frac{C_{bdk}}{R_k^2} \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 + \frac{G}{E} J_k^T \dots\dots\dots(5-a \sim e)$$

v_k は主桁と横桁との間に働く反力であり、 $J, J^T, C_{bd},$ はそれぞれ水平軸まわりの断面 2 次モーメント、ねじり係数、および曲げねじり係数である。

不静定力を横桁端に働く曲げモーメントとすると、主桁と横桁の変形の関係より次式が得られる。

$$k=2, 3, \dots, k-1, \dots, m-1, m \text{ で}$$

$$(2 B_{k-1}^w \lambda^2 - 3 U_{k-1}^w \lambda) w_{k-1} + (B_{k-1}^w \lambda^2 + 3 U_{k-1}^w \lambda) w_k = (-2 B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w) m_{k-2, k-1}^q + (-2 B_{k-1}^w + 3 U_{k-1}^w - 2 B_{k-1}^T \lambda^2 + 3 U_{k-1}^T \lambda) m_{k-1, k-2}^q + \left(-2 B_{k-1}^T \lambda^2 + 3 U_{k-1}^T \lambda + 2 B_{k-1}^w \lambda - 3 U_{k-1}^w \right. \\ \left. - 3 U_k^w - \frac{\lambda^2}{2 k k^q} \right) m_{k-1, k}^q + (-B_{k-1}^T \lambda^2 - 3 U_{k-1}^T \lambda + 2 B_{k-1}^w \lambda - B_{k-1}^w \lambda - 3 U_{k-1}^w - 3 U_k^w) m_{k, k-1}^q + (-B_{k-1}^T \lambda^2 - 3 U_{k-1}^T \lambda + B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w) m_{k, k+1}^q + (B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w) m_{k+1, k}^q \dots\dots\dots(6-a)$$

および

$$(B_{k-1}^w \lambda^2 - 3 U_{k-1}^w \lambda) w_{k-1} + (2 B_{k-1}^w \lambda^2 + 3 U_{k-1}^w \lambda) w_k = (-B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w) m_{k-2, k-1}^q + (-B_{k-1}^T \lambda^2 + 3 U_{k-1}^T \lambda - B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w - 2 B_{k-1}^T \lambda^2 + 3 U_{k-1}^T \lambda + B_{k-1}^w \lambda - 3 U_{k-1}^w) m_{k-1, k}^q + \left(-2 B_{k-1}^T \lambda^2 - 3 U_{k-1}^T \lambda + B_{k-1}^w \lambda - 2 B_{k-1}^w \lambda - 3 U_{k-1}^w - 3 U_k^w - \frac{\lambda^2}{2 k k^q} \right) m_{k, k-1}^q + (-2 B_{k-1}^T \lambda^2 - 3 U_{k-1}^T \lambda + 2 B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w) m_{k, k+1}^q + (2 B_{k-1}^w \lambda + 3 U_{k-1}^w) m_{k+1, k}^q \dots\dots\dots(6-b)$$

ここで、指標 (r) は省略した。また λ は主桁間隔であり、 $m_{k, k+1}^q$ は主桁 $k, k+1$ 間の横桁の主桁 k 側での端モーメントであり、横桁の断面 2 次モーメントを J_k とし、 α' を隣り合った横桁のなす角とし $k k^q = J_k \alpha' / \lambda$ である。横桁端に働くモーメントが求められる主桁に働く応力は次式で与えられる。

$$\lambda v_k = (m_{k, k+1}^q + m_{k+1, k}^q) - (m_{k-1, k}^q + m_{k, k-1}^q) \dots\dots(7)$$

$$m_k^T = m_{k, k-1}^q + m_{k, k+1}^q$$

横桁が剛体とみなせる場合は解析はかなり簡単となる。今度変形項の関数として外力の項を表わすと前式と同様にフーリエ級数の係数は次式で与えられる。

$$m_k^{T(r)} = E (-M_k^{T u(r)} u_k^{(r)} + M_k^{T \beta(r)} \beta_k^{(r)}) \dots\dots(8)$$

$$v_k^{(r)} - w_k^{(r)} = E (-W_k^{u(r)} u_k^{(r)} + W_k^{\beta(r)} \beta_k^{(r)})$$

ここで

$$M_k^{T u(r)} = \frac{J_k}{R_k^2} \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 \left\{ 1 + \frac{G J_k^T}{E J_k} + \frac{C_{bdk}}{R_k^2 J_k} \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 \right\}$$

$$M_k^{T \beta(r)} = \frac{J_k}{R_k} \left\{ 1 + \frac{G J_k^T}{E J_k} + \frac{C_{bdk}}{R_k^2 J_k} \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 \right\} + \frac{C_k^T}{R_k} \left\{ \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 - 1 \right\}$$

$$W_k^{u(r)} = \frac{J_k}{R_k^2} \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 \left\{ \frac{G J_k^T}{E J_k} + \left(1 + \frac{C_{bdk}}{R_k^2 J_k} \right) \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 \right\}$$

$$W_k^{\beta(r)} = \frac{J_k}{R_k^2} \left\{ \frac{G J_k^T}{E J_k} + \left(1 + \frac{C_{bdk}}{R_k^2 J_k} \right) \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 \right\} + \frac{C_k^T}{R_k^2} \left\{ \left(\frac{r\pi}{\alpha}\right)^2 - 1 \right\} \dots\dots\dots(9)$$

横桁が剛体という仮定より一番外側の主桁のたわみを u_1 とし、

各主桁のたわみは

$$u_k^{(r)} = u_1^{(r)} + \beta^{(r)} \lambda (k-1) \dots\dots\dots(10)$$

で与えられる。また力の平衡より、

$$\sum_{k=1}^m v_k^{(r)} = 0$$

$$\sum_{k=1}^m v_k^{(r)} (k-1) \lambda + \sum_{k=1}^m m_k^{T(r)} = 0 \dots\dots\dots(11)$$

(11) 式に (8) 式、(10) 式を代入して次式を得る。

$$\sum_{i=1}^m w_i^{(r)} = E \left[u_1^{(r)} \sum_{k=1}^m W_k^{u(r)} + \beta \sum_{k=1}^m \left\{ W_k^{u(r)} \lambda (k-1) + W_k^{\beta(r)} \right\} \right]$$

$$\sum_{i=1}^m w_i^{(r)} (i-1) \lambda = E \left[u_1^{(r)} \sum_{k=1}^m \left\{ W_k^{u(r)} (k-1) \lambda + M_k^{T u(r)} \right\} + \beta^{(r)} \sum_{k=1}^m \left\{ W_k^{u(r)} (k-1) \lambda^2 + W_k^{\beta(r)} (k-1) \lambda + M_k^{T u(r)} \lambda (k-1) + M_k^{T \beta(r)} \right\} \right] \dots\dots\dots(12)$$

上式を解き u_1, β を求めることができる。いま求めた u_1, β より主桁に働く応力は次式で求めることができる。

$$m_k^{T(r)} = -M_k^{T u(r)} u_1^{(r)} + (M_k^{T \beta(r)} - M_k^{T u(r)} (k-1) \lambda) \beta^{(r)}$$

$$v_k^{(r)} - w_k^{(r)} = -W_k^{u(r)} u_1^{(r)} + (W_k^{\beta(r)} - W_k^{u(r)} (k-1) \lambda) \beta^{(r)} \dots\dots\dots(13)$$

以上の解法はちょうどランガー桁で吊材応力を等分布応力として計算しているように、主桁に対し横桁応力がいちように分布していると仮定していることになる。

しかし荷重を Klemp, W. が与えているように、

$$w_i = \frac{2}{n} \sum_{x=1}^{n-1} W_x \sin \frac{i\pi}{n} x$$

$$W_x = \sum_{i=1}^{n-1} w_i \sin \frac{i\pi}{n} x \dots\dots\dots(14)$$

なる形で表わした場合と比較すると横桁の数がある程度多い場合はフーリエ級数で与えたとき、荷重と変形の関係はほとんど変わらないことが予想される。そこで主桁に働く応力より曲げモーメントを求める場合、横桁を剛として横桁端に働く曲げモーメントを求める場合などに (14) 式の関係を利用すると便利である。

また横桁を剛とみなせる場合は 1 より断面の場合連続曲線格子桁の解も比較的簡単に求めることができる。

【筆者：正員 工博 東北大学助教授 工学部土木工学科】

緩和曲線の合理的新形状について

多谷 虎男

従来、緩和曲線の形状についての理論では、車両運動をその重心運動で置き換え、かつこの質点が軌道中心線上を軌道面に密着しつつ走行することを暗に仮定していた。しかし実際には車両は平面的にはボギー中心を結んだ弦の midpoint の画く軌跡上を運動し、かつ立面的にはカントの存在のために、さらに軌道中心線よりもかなり曲線内側に偏った曲線上を走行する。したがって軌道中心線と車両重心の運動軌跡とは異なるものとして取扱うべきであり、緩和曲線の形状の探究は車両重心の運動が円滑となるような軌道中心線の形状を求めることでなければならぬ。

しかしながら他方、一般に曲線半径 R はきわめて大きく、上述のような理由で仮りに重心がわれわれの想定した軌道中心線

より 10~20 cm 程度偏った曲線上を走行しても、その曲率半径と元の曲率半径 R との相違は、 R に比してきわめて小さいように考えられ、したがってこのために生ずる遠心力の変動はほとんど問題とするに足りないのではないかという疑問が生ずる。しかし緩和曲線をそう入しない単純円曲線に対して、3 次の緩和曲線をそう入した曲線では、通常そのシフト量が 20~30 cm 程度の相違に過ぎないことを想起して、十分に考察検討すれば上記疑問の誤りであることが明らかである。

1. 重心軌跡緩和曲線の一般式

重心緩和曲線軌跡というのは、車両重心の運動を円滑ならしめるような軌道中心線の緩和曲線という意味で著者が名づけた名称である。

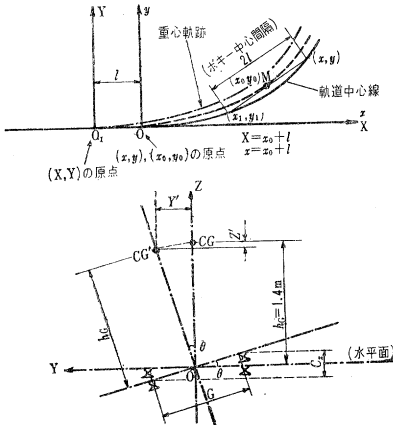
重心軌跡緩和曲線の一般基本式は次式のようになる。

$$(\ddot{y})_x = \frac{127}{GV^2} C_x - K_1 \ddot{C}_x \dots\dots\dots (1)$$

- ただし、 $(y)_x$: 直交座標 (x, y) による軌道中心線の縦距 (m)
 C_x : x 点におけるカント量 (m)
 G : 軌間 (m)
 V : 列車速度 (km/h)
 $K_1 = \frac{h_G}{G}$
 h_G : 車両重心の高さ (m)

とする。

図-1 車両重心軌跡と重心の偏倚



2. 各種のカントのてい減方式に対応する重心軌跡緩和曲線

C_x を全緩和曲線長区間において、次のような種々の方式にしたがっててい減する場合、これに対応する重心軌跡緩和曲線はそれぞれ次のようになる。

(1) C_x を直線でてい減する場合

$$y = \frac{x^3}{6RL} - K_1 \left(\frac{C_0}{L} \right) x \dots\dots\dots (2)$$

(2) C_x を半波長正弦曲線でてい減とする場合

$$y = \frac{x^2}{4R} - \left(1 - \cos \frac{\pi x}{L} \right) \left(\frac{L^2}{2\pi^2 R} + K_1 \frac{C_0}{2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

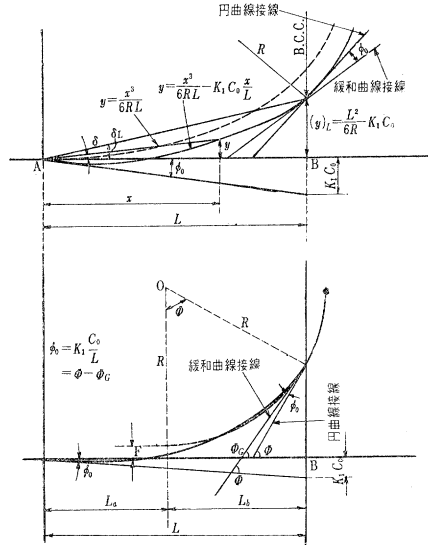
(3) C_x を1波長正弦曲線でてい減とする場合

$$y = \frac{x^3}{6RL} + \left(\frac{L^2}{4\pi^2 R} + K_1 C_0 \right) \left\{ \frac{1}{2\pi} \sin \left(2\pi \frac{x}{L} \right) - \left(\frac{x}{L} \right) \right\} \dots\dots\dots (4)$$

3. 変化平均速度の場合の重心軌跡緩和曲線

緩和曲線の形状の考究では、各種通過列車の平均速度を決定

図-2 重心軌跡直線てい減式緩和曲線



し、この平均速度に対する均衡カント量にもとづいて合理的緩和曲線形を探究するのであるが、この場合、平均速度は緩和曲線中のいずれの点でも一定であると仮定するのが普通である。

図-3 カントのつけ方と車両重心の運動

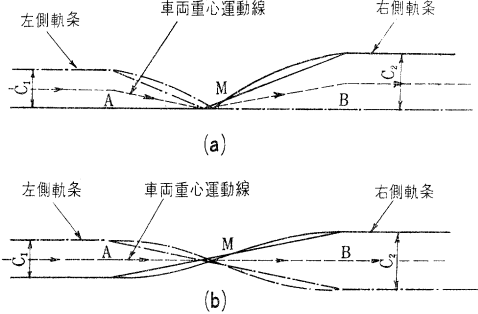
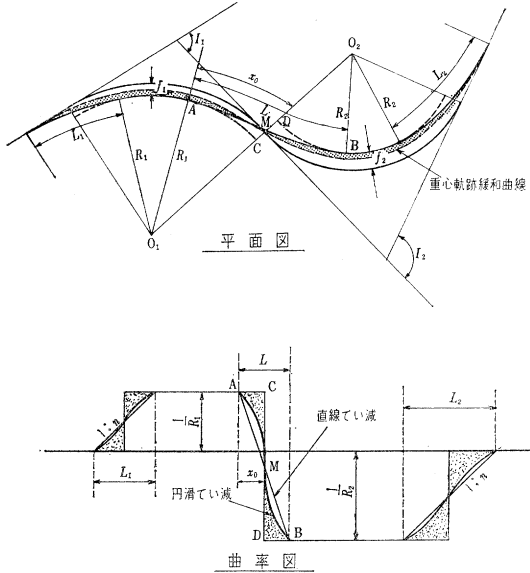


図-4 反向曲線間の連続てい減緩和曲線



しかし曲線が停車駅の近くに存在する場合には、いずれの列車も加速または減速するので、それらの平均速度も緩和曲線中で変化するものとして、これに対応する緩和曲線形を考えねばならぬ。

変換平均速度に対応する、各種カントで減方式の重心軌跡緩和曲線を求めた結果は、多少複雑なので、本概要では省略する。

4. カント連続で減の曲線間重心軌跡緩和曲線

前節までは、単一曲線の緩和曲線について考察したのであるが、本文第9節では、複合曲線、反向曲線、および小交角曲線の場合の曲線間カント連続で減緩和曲線について考察した。ただし、複合曲線、小交角曲線、の場合は反向曲線の場合と誘導手法が全く同一なので、単に反向曲線間連続で減緩和

曲線の誘導法を示すにとどめた。

この場合、カントのつけ方として、従来のようにカント全量を曲線外側軌条の昂上のみによってつけるつけ方は、いたずらに車両重心の鉛直方向における動揺をひき起こすので、全カント量の1/2を曲線外側軌条の昂上により、残余の1/2を曲線内側軌条の低下によってつけるようにし、車両重心は常に水平線上を運動するような方式を採用した。

反向曲線間カント連続で減緩和曲線の形状を算定する方法としては、角図法によるのが最も便利であるので、本節では基準円曲線に対する移程 e を算定する方法を、一定平均速度および変換平均速度のそれぞれの場合について、かつ種々のカントで減方式について示しておいた。その結果の式は多少複雑なので本概要では省略する(図-4参照)。

【筆者：正員 工博 国鉄鉄道技術研究所】

書 評

水 文 気 象 学

川 畑 幸 夫 著

地 人 書 館 刊

水文気象学 Hydro-meteorology は水文学の中で新しく独立した一分野であるが、本書はやや範囲が広く、降水・流出・出水と従来の河川学 Potomology の一部にも、およんでいる。応用気象学大系の中の1冊として、気象屋さんの水文学とみなすべきであろうか。

第1章水文気象学(16ページ)は河域開発・水の循環と水文気象学・日本の河川の各節よりなり、全体の概説部である。

第2章降水(122ページ)は日本の雨・雨量の観測・面積雨量と観測点密度および面積雨量算定誤差・代表点の算定方法・観測網の実例とルーチンの面積雨量算定方法・DDA 解析・他の気象要素、地形要素から雨量とその分布を求める方法・降水量の再現期間・最大可能降水量の各節からなり、本書の半ばを占め水文気

象学の名にそむかずくわしく述べられていて、水文学を使う立場からは一応満足すべきであろう。強いていえば水文統計の信頼性をもつと突きこんでもらいたかった。

第3章流出(48ページ)は降水の配分・しや断・浸透と保留・蒸発散・表面流出と表面貯留・地下流出の各節からなっている。この分野は未解明の問題が多く記述がむずかしい。本書でも取り扱い方が未熟で、やや農学的に偏した点もある。地下流出の節はあまりにも安直。

第4章出水(80ページ)は水位と流量・ハイドロ グラフの解析・ユニット グラフ法・洪水追跡・水位流量の予報・洪水予報の実例の各節からなっている。アメリカ流手法の紹介が主になっていて、土木技術者としてこの程度は知っておか

ねばならない。しかしわが国で河川と取り組んでいる土木系の研究は取り上げられていないのは物足りない。また洪水の本質的なものには触れていない。ここに気象屋さんの水文学の限界があるようにみられる。

本書は本格的な水文学の参考書として、わが国では最初のものであり、災害対策に、水資源開発に、まさに待望の書、土木技術者にとって必携の書と称すべきか。

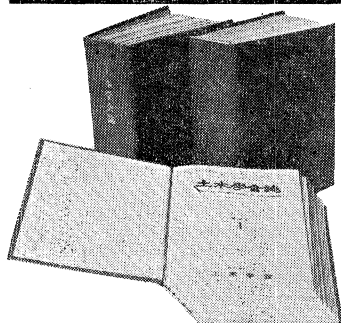
著者：理博 気象庁観測部長

A5判 268 ページ、定価 600 円
昭 36. 3. 31 発行。

地人書館：東京都文京区春日町1の1
Tel (921) 0525・5375

振替東京 1532 番

【大阪大学工学部 田中 清・記】



土木学会誌の保存は合本ファイルで

毎月の学会誌は貴重な研究資料です。学会誌の保存には3つの特長をもつ合本ファイルをご利用下さい。

①操作がきわめて簡単、②本の組替えが自由、③製本費が省ける
B5判学会誌12冊とじ用(薄グリーンクロス装、金文字入)

定価 150 円 (〒 70 円)

お申込みは東京都新宿区四谷一丁目土木学会へ(振替東京 16828 番)、入金次第発送いたします。