

本年度から会告に発表しとおり論文集の編集方針が変更となりました。そのため学会誌に論文紹介欄を新設し論文集に登載される論文を順次紹介致します。4～5月には5月末発行予定の論文集第74号登載予定論文6編の紹介を行ないます。

## 航空写真を利用した地質構造の調査 ——大町トンネル付近を例にとりて——

吉 田 登・西尾元充

従来、わが国の水力開発計画にさいして、利用されてきた航空写真測量は、そのほとんどが計画用の地形図を製作するために使用されるだけであった。著者達は、航空写真を、単にこのような目的に使用するだけでなく、水力開発計画の全般にわたって利用すべきであると考え、黒部川の開発計画にさいしては、いわゆる Photogeology といわれる新しい技術を導入し、現在まで、これによって、黒部川の各地域における調査研究を実施してきたのである。

日本においては、Photogeology が土木工学において実際に応用された例はないようである。したがって、この研究の実施にさいしては、その基礎的な問題の解決から始めなければならなかった。また、その方法についても、いろいろな実験的手段をとったのである。

この論文は、このような研究の中で、特に大町トンネル付近について行なった一つの例について発表したものである。

いうまでもなく、大町トンネルの掘削にさいしては、予期しない断層破砕帯のために、数カ月にわたる工事の停滞と、巨額の損失を招いたのである。著者達は、この論文で、この断層破砕帯が、航空写真上で、どのように表われているか、また、今後このようなトンネル工事の計画をたてるにさいして、航空写真を、どのように利用すべきであるかについて論じたのである。

すなわち、工事の進捗につれて、トンネルの内部で測定された断層の走向傾斜の実測値や、各種の資料をもとにして、これらの資料と、航空写真上にみられる特長を比較することによって、相互の関係を推定したのである。このための一つの方法として、トンネルの中心線から南北両端に1kmの中をとり、この中にふくまれる地域内において、各集水区域ごとに分割し、おのおの集水区域内における水系を刻明に調べて、これを1:5000の地形図に記入した。

次に、この各集水区域ごとに、それらの水系の数と長さ、方向を測定し、これをグラフで示して比較することにした。このグラフに始めて Schmidt の網図を利用した。

これらのグラフを比較することによって、このトンネル付近の水系の特徴が平行状であり、またその方向の頻度は、トンネルの内部で実測した断層の走向とよく一致することがわかった。この水系の型を明瞭にするために、日本における Drainage Pattern の形態と分類が、従来から明らかでなかったため、これを新しく、系統的に再分類して図示した。

さらに、水系密度と水系頻度の測定を行ない、これと基盤岩の種類との関係について、アメリカにおける例を引用して比較した。また Stereogram による観察、およびそのほか、これか

らの調査において考えられる問題と方法についても言及したのである。

この論文は、実験の一例を報告するだけでなく、土木工学における Photogeology の方法について、著者達の見解を提唱したもので、航空写真を利用するについての一つの方向を示したものである。

【筆者：吉田：正員 関西電力KK建設部長，西尾；正員 東京大学生産技術研究所研究員，アジア航測KK調査課長】

## 単純箱桁橋の近似解析法

星 治 雄

従来桁橋の設計方法としては、これを主桁・床組・床版などに分割して、平面的な計算方法が採用されていた。ところが最近における鋼道路橋構造の進歩発展、ならびに応力測定の普遍化などにもなると、桁橋に対しても在来の慣習的解析方法で処理することは不十分であって、これに立体的の考慮を加える必要性が確認されて来た。ことに箱桁橋は主桁が相当な巾をもっているから、これを棒の集合として取り扱うことは実際と相違する結果に到達することは明らかである。そこで著者は鋼床版を有する箱桁橋を対象として、その変形および応力を立体的に解析して近似解析法を提示し、模型実験によってその信頼性を確かめ、さらに荷重配分に対する床版の協力作用を考察した。以下その内容を各項目について簡単に記述する。

### 1. 解析方法

2箱桁を並列し、 $m$  横桁および鋼床版で連結された、ねじり固定で単純支持の箱桁橋を考える(図-1)。その解法を誘導するため、横桁を有しないで、鋼床版によってのみ連結された箱桁並列構造(図-2)を基本系にとり、まずこれを解析する。次に横桁を有する場合は、横桁の支間中央に断面を設定し、そこ

図-1

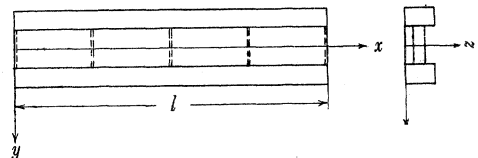


図-2

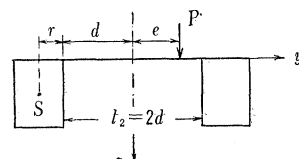
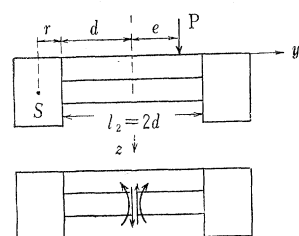


図-3



に不静定量としてモーメントおよびせん断力を作用せしむれば(図-3)、基本系が支間中央のところで切断された横桁を有する場合を解くことに帰する。

このさい、解析上の仮定としては

- 1) 箱桁部分の断面形状は常に元の形を保持する。
- 2) 箱桁はその両支点において、ねじり固定の単純支持である。
- 3) 両箱桁の中間にある床版部分は等方性板とする。
- 4) 床版部分は両支点のところで単純支持される。
- 5) 横桁は床版と無関係にあり、そのねじり剛性は無視する。
- 6) 応力計算のさいの中立軸は全断面によって決定する。

などである。

基本系は左右対称であるから、 $y$ の正の部分のみについて考える。すると荷重の作用位置および作用状態によって、次の6つの場合が取り扱われることになる。

(a) 荷重位置 $0 \leq e \leq d$	(b) 荷重位置 $d \leq e$	(c) 不静定量が作用する場合
i) 対称荷重 ii) 逆対称荷重	i) 対称荷重 ii) 逆対称荷重	i) 対称荷重 ii) 逆対称荷重

以上のうちの(a)の場合について、板のたわみの方程式ならびに境界および連続条件を示せば次のようである。

$$0 \leq y \leq e$$

$$w = \sum_n L_n (A_n \cosh \alpha_n y + B_n \sinh \alpha_n y + C_n \alpha_n y \sinh \alpha_n y + D_n \alpha_n y \cos h \alpha_n y) \sin \alpha_n x$$

$$e \leq y \leq d$$

$$w' = \sum_n L_n (A'_n \cosh \alpha_n y + B'_n \sinh \alpha_n y + C'_n \alpha_n y \sinh \alpha_n y + D'_n \alpha_n y \cosh \alpha_n y) \sin \alpha_n x$$

$y$	対称荷重の場合	逆対称荷重の場合
1	$\frac{\partial w}{\partial y} = 0$	$w = 0$
2	$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y} = 0$	$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$
3	$w - w' = 0$	同 左
4	$\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial w'}{\partial y} = 0$	"
5	$D \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) - D' \left( \frac{\partial^2 w'}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2} \right) = 0$	"
6	$D \left( \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y} \right) - D' \left( \frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2 \partial y} \right) = -p$	"
7	$w' = -\phi r + \delta$	"
8	$\frac{\partial w'}{\partial y} = \phi$	"

上表中の $\phi$ および $\delta$ は

$$-EC_w \frac{d^4 \phi}{dx^4} + GJ \frac{d^2 \phi}{dx^2} = D \left( \frac{\partial^2 w'}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2} \right)_{y=d} + D' \left( \frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \cdot r$$

$$EI_1 \frac{d^4 \delta}{dx^4} = D \left( \frac{\partial^3 w'}{\partial x^3} + [2-\nu] \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d}$$

であって、それぞれ

$$\phi = \sum_n L_n R_n \sin \alpha_n x, \quad \delta = \sum_n L_n S_n \sin \alpha_n x$$

と Fourier 級数展開されるものとする。ただし

$EI_1$ : 主桁の曲げ剛性  $EC_w$ : 主桁の曲げねじり剛性

$GJ$ : 主桁の単純ねじり剛性  $D$ : 板の曲げ剛度

である。以上によって板のたわみの方程式における未定係数を決定することができる。(b), (c)の場合についても同じように解くことができる。

上述のようにして、基本系が解決すれば、その結果を利用し

て、横桁切断面における連続条件から釣合条件式を立て、不静定量を求めることができる。

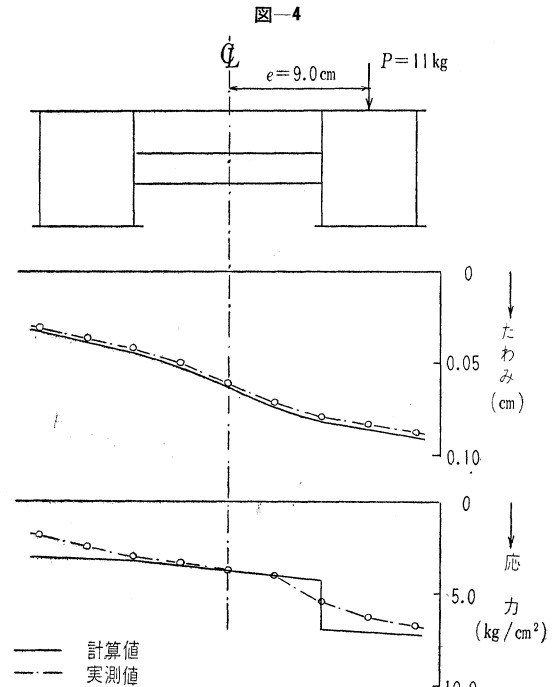
## 2. 床版の荷重配分効果

普通に用いられると思われる範囲の曲げ剛度を有する鋼床版を対象にして考えれば、その要項は次の通りである。

- 1) 横桁のない場合には、床版の曲げ剛度の大小によって、荷重配分に相当の差異が認められる。
- 2) 横桁が存在すれば、それが軽易な断面のものであっても、床版の場合に比較して、荷重配分効果は格段よくなる。
- 3) 横桁が存在すれば、床版の曲げ剛度の大小による荷重配分の差異はごく微小となり、床版を除いた骨組の場合とほとんど変わりなくなる。
- 4) このような事実から、横桁のある場合には、床版による荷重配分効果は無視しても差し支えない。

## 3. 実験的考察

原構造系・基本系・骨組の3種について、支間1.20mの有機ガラス模型桁を作成し、単一集中荷重を作用せしめて、その変形および応力を測定し、計算値と比較した。その結果、たわみについては理論値と実験値との良好な一致が見られ、応力についてもその傾向は一致しているため、本計算方法はほぼ妥当であると考えられる。なお原構造系についての結果は図-4に示す通りである。



【筆者：正員 工博 徳島大学教授 工学部土木工学科】

## 特性係数法による確率降雨強度式の算定法について

石黒政儀

本論文は都市下水道計画での雨水流出量や、中小河川の改

修、水力ダムの建設における計画洪水量および飛行場、鉄道、道路などの排水工において最も基本となる降雨強度について、水文統計的方法により 1) 降雨資料の豊富な地点での厳密算定法、と 2) 資料僅少な地方での特性係数法とによる算定法を提唱したものである。とくに 1) としては対数正規法を応用した前報文<sup>1)</sup>に引続き、極値極限法を応用する方法を提案し、また 2) によると計算が容易であって、しかも 1) とほとんど同一の結果がえられることと、既往のあらゆる降雨強度式は一つの基本式で包括的に示されることを明らかにし、特性係数式の誘導および特性係数値の算出法を提案し、さらに本邦全域の確率時間雨量分布図と確率特性係数分布図とを製作、提示した。

### (1) 確率降雨強度式の厳密算定法

水文事象の再現期間 (Return Period) を求める極値極限法を応用する方法を提唱したこの算定手順は、前報文<sup>1)</sup>の対数正規法を用いる場合と全く同様であり、それは図-1 によって示すことができる。

いま各継続時間ごとの降雨資料 (mm) を降雨強度 (mm/h) に換算し、それぞれの頻度分布図を画くと ① のような曲線群で示される。これらの非対称頻度曲線から累加曲線を求めると ② のようになる。これより各継続時間ごとの強度について確率計算を行えば ③ がえられる。この確率計算に種々の方法を用いることができるが、ここでは、極値極限法を用い次式で計算する。

図-1 確率降雨強度式の厳密算定法

$$P(y) = \exp[-e^{-(a+y)/c}] \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $P(y)$  は大きさ  $y$  よりも小さいか等しい確率、 $a, c$  は統計的パラメーターである。これはモーメント法と最小自乗法とで再現期間  $T_M$  と  $y$  とは求められる。またこの計算には頻度係数  $K$  および、変量を  $x$  とした場合は規準化変量  $y$  とによる二方法があり、これらはそれぞれ次式で求めることができる。

$$K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \{ \gamma + \lg [ \lg T_M - \lg(T_M - 1) ] \} \dots\dots(2)$$

$$y = -\lg [ \lg T_M - \lg(T_M - 1) ] \dots\dots(3)$$

ここで、 $T_M = (n+1)/m$ 、 $n$  は資料総数、 $m$  は大きい方よりの資料順位、 $\gamma$  は 0.577216 で Euler 常数である。

本文では  $K, y$ 、モーメント法、最小自乗法による 4 組の計算法を比較算出したが、 $K$  と最小自乗法とを組み合わせた方法が計算上簡便で適合度がよい。

式 (1)~(3) を用いて各継続時間ごとの確率降雨強度値を求めると ④ のようになり、これを各確率年ごとに継続時間に対応し

た降雨強度値をとって並べかえると ⑥ がえられる。このようにプロットされた値を第 2 データーとして、最小自乗法により降雨強度式型の比較算定を各確率年ごとにおこなえばよい。

### (2) 特性係数法による確率降雨強度式の算定法

(1) の方法は各継続時間ごとの降雨資料が長年にわたってえられた場合のみ適用可能である。しかるに本邦ではこうした資料が完備されていないことが多いのに反し、1 時間と 10 分間の降雨資料のみは全国にわたる気象官署で容易に入手できる。本文中で提唱した特性係数法によればこの 2 種の継続時間における降雨資料のみから、降雨強度式は次式によって求めることができる。

$$I_N = \beta_N \cdot R_N \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 $I_N$  は  $N$  年確率降雨強度式 (mm/h)、 $\beta_N$  は  $N$  年確率特性係数で降雨継続時間  $t=60$  分のとき 1.0 となり、 $R_N$  は  $N$  年確率 1 時間雨量 (強度 mm/h) である。

このように降雨強度式は 1 時間雨量  $R_N$  と、曲線の形を支配する特性係数  $\beta_N$  に適当な形式を与えることにより、既往のいかなる降雨強度式でも式 (4) によって表現することができる。たとえば現用の東京都標準降雨強度式  $I=5000/(40+t)$  はであり、これを特性係数式であらわすと式 (4) より  $I_N = \beta_N \cdot R_N$  ∴  $I_N = [100/(40+t)] \cdot 50$  となり、またこれは Talbot 式中の分母常数  $b$  を 40 とし、1 時間雨量は 50 mm であることが示される。

式 (4) 中の  $R_N$  は 1 時間雨量の  $N$  年確率値であるから容易に算定できる。また  $\beta_N$  は既往の降雨強度式型と同一形をとらう。いま降雨強度式の簡易にして精度の高い基本形としてつぎの三式をあげる事ができる。

$$I = a/(\sqrt{t} \pm b), \quad I = a/(t+b), \quad I = a/t^n$$

この三式を特性係数になおすとつぎのようになる。

$$\beta_N = a/(\sqrt{t} \pm b) \dots\dots\dots(5)$$

$$\beta_N = a/(t+b) \dots\dots\dots(6)$$

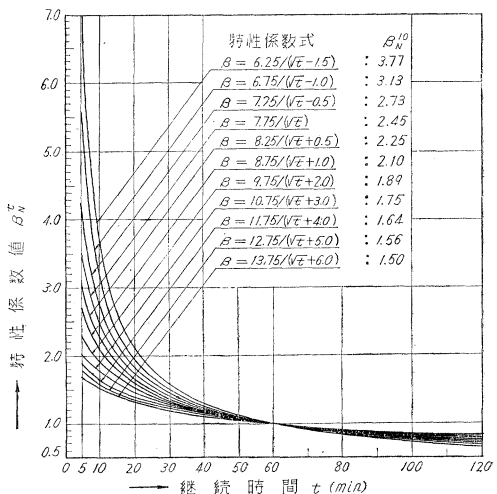
$$\beta_N = a/t^n \dots\dots\dots(7)$$

この  $\beta_N$  は 1 時間雨量と他の一つの任意継続時間雨量との強度比が求めれば決定でき、各式の係数は次式で算定できる。

$$(5) \text{ 式の場合 } \left. \begin{aligned} a' &= b \pm \sqrt{60} \\ b &= \sqrt{60} \pm \beta_N' \cdot \sqrt{t} / (\beta_N' - 1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(8)$$

$$(6) \text{ 式の場合 } \left. \begin{aligned} a' &= b + 60 \\ b &= (60 + \beta_N' \cdot t) / (\beta_N' - 1) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

図-2  $B = a' / (\sqrt{t} \pm b)$  の特定係数値曲線



式 (7) の場合

$$a' = \{\log \beta_N \cdot (\log 60 - \log 1)\} / (\log 60 - \log t) \quad (10)$$

$$n = \log a' / \log 60$$

ここで、 $\beta_N^t$  は  $N$  年確率の 1 時間に対する  $t$  分間の強度比で

図-3  $B = a'/(t+b)$  の特性係数値曲線

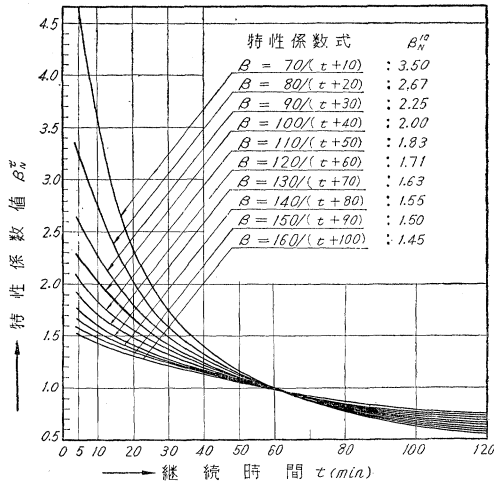
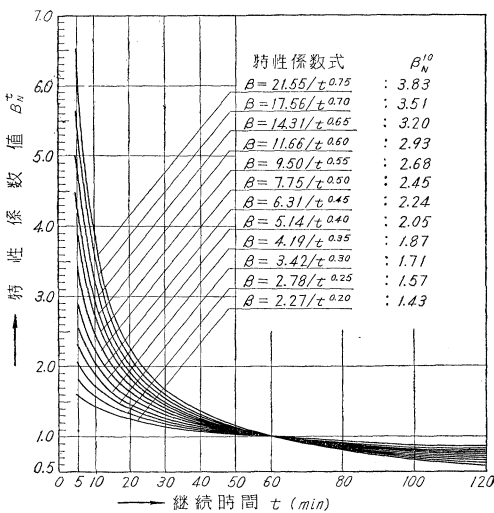


図-4  $B = a'/(t^n)$  の特性係数値曲線



あり、式 (8), (9), (10) は  $\beta_N^t$  と降雨継続時間  $t$  (分) とからただちに定まる。

(5), (6), (7) 式型とそれに対応する  $\beta^{10}$  とのおもな値を示したのが図-2, 3, 4 である。さらに式 (8), (9), (10) によれば図示以外の任意の  $t$  についても  $\beta_N^t, \beta_N$  は容易に算出できる。

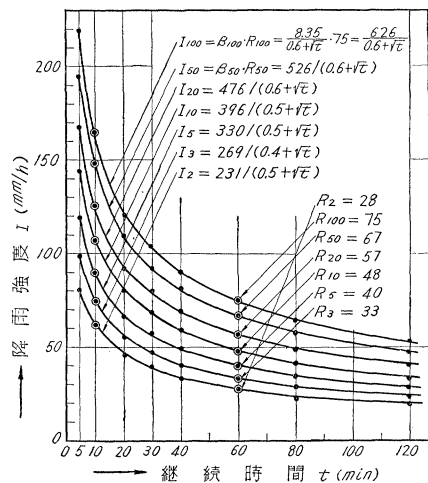
特性係数法による確率降雨強度式は  $I_N = \beta_N \cdot R_N$  であるから、 $\beta_N$  と  $R_N$  は同一確率年値をとらねばならない。いま 1 時間と 10 分間の降雨資料がえられたとすれば、この 2 組についてそれぞれ確率計算を行ない、同一確率年値で  $\beta_N^{10}$  を算出し、式 (8), (9), (10) で各係数を求め式 (5), (6), (7) の特性係数  $\beta_N$  がえられる。この  $B_N$  に  $R_N$  を乗ずれば式 (4) の特性係数式が決定される。 $\beta_N^t$  の推定法はこのようにして確率計算によるのが最良であるが、このほかに 2 組の資料の算術平均値、幾何平均値で求めることもできる。しかしこの方法は 10 分、60 分における降雨の頻度分布が全く同一の形になる場合のみ成立するもので、筆者が本邦全域の 147 地点について計算

した結果は、約 6% の地点のみで  $\beta_N^{10}$  が確率年  $N$  が異なっても同値であり、ほかの 94% の地点では同値とならないことが判明したので、やはり 2 組の資料について確率計算により  $\beta_N$  を求むべきであることがわかった。

特性係数法による確率降雨強度算定法は降雨強度の式型すなわち  $\beta_N$  によってその精度が左右される。この式型について筆者はさきに本邦全域 144 地点の降雨資料を用いて検討した結果、降雨継続時間を 120 分までとすると、本邦 10% の特殊地帯で (6) 式が、またこうした特殊地帯を除いた 90% の地点で (5) 式が、それぞれ降雨資料と式型との平均偏差  $\pm 5\%$  以内で適合し、また 60 分以内であれば (5) 式によって本邦全域が  $\pm 5\%$  以内で適合することを明らかにした。ゆえに本算定法の精度は、その地点の最適式型を選べば本邦では平均偏差  $\pm 5\%$  以内の精度を有する。図-5 は本邦 K 市での特性係数法による確率降雨強度式での計算例を示したものである。

さらに、本邦全気象台、測候所および沖縄、石垣島をふくめた 147 地点の 60 分、10 分間降雨資料を用いて、特性係数法の二要素である確率時間雨量  $R_N$  と確率特性係数値  $\beta_N^{10}$  とを算出して作製した本邦全域にわたる 2 種の両分布図を本文の最後に提示した。本図を利用することによって、本邦のいかなる地点での確率降雨強度式でも容易かつ合理的に求めることができる。と考える。

図-5 特性係数法による確率降雨強度曲線



本研究は筆者が文部省内地研究員として京都大学工学部衛生工学教室において研鑽中にえた成果の一部であり、同教室岩井重久教授の指導をえ、また文部省科学研究費の援助をえたことを付記し、深謝する次第である。

#### 参考文献

- 1) 石黒政儀：日本主要都市の確率降雨強度式について、土木学会論文集第 64 号、pp.21~27、1959—9

【筆者：正員 宮崎大学講師 工学部土木工学教室】

【付記】 5月号で紹介する第 74 号登載論文は次の 3 編です。

- 村山朔郎・柴田 徹：粘土の応力緩和について  
 赤井浩一：有効応力にもとづく斜面の安定解析  
 池上雅夫・赤坂和雄・上田勝基：名神高速道路 尼崎地区で行なったベント杭載荷試験について