

奨励賞受賞論文要旨

土木工事における PERT 手法の導入と開発に関する業績

(参考論文：新しい工事計画と管理の技法)
——PERT, CPM の理論と使い方

加藤 昭吉

1. はじめに

われわれは、工程を計画し管理するための指標として経験や勘を働かせながらガント・チャート(横線工程表)を使ってきた。しかし、工事の規模が大きくなり、生産過程の分業化が進めば進むほど、各要素作業を目標に向けて統一しながら工事全体を効果的に“ものにする”ための科学的手法が必要になってくる。しかし、実際の仕事にまつわる実行計画(日程計画)が組まれる実際面はどうかといえば、この種の作業は残念ながら今日に至るまで一種の試行錯誤(trial and error)で処理され、いふならば鋭い勘や推量に頼ってきたというのがその実状ではなからうか。

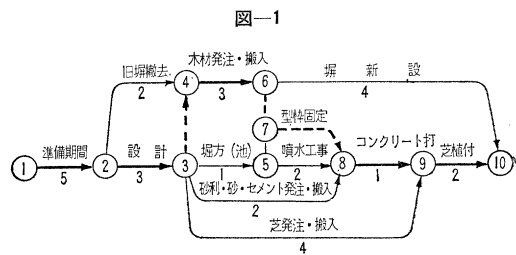
もっとも、こういった問題は土木工事に限らず、なにかという部分・部分を積みあげて“全体の恰好”をつけるといった日本人の思考形式に帰因するところが多い。つまり、部分・部分の積算や見積には相当のエネルギーを投入しながら、全体の計画をまとめる段になると魂のこもったガント・チャートを引いただけに終ってしまい、全体を時間やコストの面で効果的にまとめるための数理的検討が社会的傾向としてあまり問題にされなかったのである。

そのため、問題が複雑化してくると結果的には急ぐ必要のなかった作業を急がせるなど、全体の結果や成績に貢献しないむだな忙しきや資金的ロスをつくってしまう危険性が随所にあったといえる。では、このような問題に対して有効に機能し得る計画や管理の技法はいかにあるべきかといえば、まず、各作業が仕事全体に対して持っている諸関係を客観的にとらえることが可能で、つきつきに入ってくる計画の変更や条件の変化にも対応できるようなものでなくてはならない。また同時に、手法そのものが科学的論理性によって貫かれ、問題がどのように複雑化しても、有効な管理資料(Management Action Report)が得られるような手法でないと目的とする効果を期待できない。

そういった観点から、アメリカにおけるポラリス・ミサイル計画を契機として新しく登場した PERT(Program Evaluation and Review Tecnique)・CPM(Critical Path Method)などの Network 手法はこれからの計画と管理の技法に新しい方向を与えるものとして深い示唆をふくんでいる。しかし、この手法の着想をとり入れながら土木工事に適用しやすい実践的手法としてこれを生かすためにはいくつかの問題点が残されている。そこで、実際、適用した結果をもとにしてこの手法の解説と問題点を扱ってみたのが拙論「新しい計画と管理の技法」である。なお PERT 手法の考え方にふれながらその要点を集約するつぎようになる。

2. 手続き上の問題

(1) プランニング



① 矢線(activity)は作業活動、物品入手期間など時間を必要とする活動を示す。マル(event)は作業と作業との結合点を示し、マルに入ってくる矢線(作業)群が全部終了したあとでないと、マルからでていく矢線(作業)が開始できないという約束でこのような図が描かれる。

② (4-6)の<木材発注・搬入>は(2-4)の<旧掘撤去>だけではなく(2-3)の<設計>も終らねないと開始できない。この関係は点線の矢線で示されている。このような点線の矢線は作業の相互関係を示すために使われるが、所要時間ゼロの擬似作業と考えれば①のルールと矛盾しない。

③ マルには識別用の番号がつけられる。この番号は矢線の頭の方が大きくなるように付けられるが、このような番号の付け方は常に可能である。しかる時、矢線は2つの番号をもって呼ぶことができる。

手続きは3段階に分けて考えられる。最初の手続きは図一のような Network と呼ばれる図を描くことによって作業の相互関係を検討明示する手続きがとられる。この手続きは PERT・CPM はじめ Network 手法の基本的要件で、この種の Network を組むためのルールは図一の下に記されているようにきわめて簡潔なものである。この点、つまり単純な原理で複雑なプロジェクトの内容を整理し定型化でき、目的に応じて計画の全貌を

示す俯瞰図を作ることができる点はこの手法のすぐれたところで、その過程では計画の論理性や合理性を検証することができる。これは、プロジェクトの規模が大きくなっても作業の相互関係を明確に表現できるからで、特に土木工事の工程を計画するような場合には、Networkを描いただけでも種々の問題点を発見することが可能である。また、Networkには、ねりあがった計画の論理性を総合的な見地から検討することができるなど多くの利点が認められる。

つぎに各作業に対して時間見積が入られるが、これは納期のいかんにかかわらず、まず標準状態でその作業を遂行するに要する時間値が対象になる(PERTは各作業に対する時間見積を楽観値・最可能値・悲観値の三点から行ない、統計解析的手法にもとづいて確率論的な体系をとっているが本稿では一点見積によって話を進めることにした)。したがって、「500m³掘削」という作業があれば掘削量をだして、歩掛から巡航ペースで進んだ場合の所要日数を計算する。そのため、作業量から一意的に時間見積を入れることができるので時間見積が客観化され、各作業の時間値を他の作業に関係なく独立に見積っている。しかし、作業の標準化とかデータの整備が不十分な段階では過去の経験とか勘に頼らざるを得ない部分のあることは否定できないが、こういった手法が普及することによって、逆に要素作業の分析や標準化が促進される事実を見逃してはならない。

(2) スケジュール イング

前記のような手続きを経て図-1ができあがると最初のマル(event)から最終のマル(event)に至る経路で時間的に一番長いものを所定の計算手続きを踏むことによって見つけることができる。この経路が一般に(Critical Pathと呼ばれるもので、プロジェクトの工期を規定している経路である。したがって、この経路の上ののっている作業が遅れると、その日数だけ工期が遅れてしまう(図-1の経路の数は8通りであるがマルの数が200程度のものになると経路の数は万近くになる)。図-1でこれにあたる経路を計算してみると①→②→③→④→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩となり、この上にのらない作業にはある種の余裕時間が計算される。そしてこれを一般にFloatと呼んでいる。

それから、Critical Pathについて指摘しておきたいことは、200近い実際のプロジェクトについてこれを求めてみた結果は、Network全体の矢線の数を100とするとCritical Pathの上ののる矢線の数は全体の10~15パーセント前後でおさまるという事実である。

ところで、図-1のプロジェクトは標準状態で16日

かかることが計算されるが、16日で納期オーバーになる場合にはどのような方法がとられるかといった疑問が残る(Critical Pathの長さは16日)。しかし、Critical Path上の作業のなかからコスト的に有利かつ技術的に短縮可能な作業を選んで短縮の手を打っても相対的に他の経路が長くなって全体の工期に効いてくるような短縮はできない。

ここに、Critical Pathだけでは解決できない日程短縮上の問題点があるが、これに対しては実践的手法として大成Limit Pathと名付ける方法を案出した。したがって、これによって、どの作業を重点的におさえれば全体が納期内におさまるかを求明することができ、全体の成績や結果に貢献しないところまでむだなエネルギーを投入したり、むだな資金をつぎ込むといった態のロスが事前にチェックされることとなる。

(3) フォローアップ

前項のスケジュール イングの手続きを踏むと納期内におさまる合理的なプラン(Starting Plan)ができあがる。しかし、プランはあくまでもプランで現実の姿がそのまま展開するとは限らないから、計画をとりまく諸条件の変化に対応してこれに対処し得る手続きが準備されていないとすぐれた管理手法とはいえない。これが、この項のFollow-upと呼ばれる手続きでNetwork手法では当初の時間見積を修正したり、設計変更などの変更要因をNetworkにとり入れてプロジェクトの進捗実況をチェックする手続きがきわめて動的な形で展開できる。この点、日本人はどちらかというところから完璧を期して動きがとれなくなるような計画を立ててしまう傾向があるが、計画の展開を待って現実化してくる要素についてはむしろそれに適応し調和していく手続きを準備して、これを巧みに活用していく必要があるといえる。

3. おわりに

以上、PERTの手続きを中心に、本手法の輪郭に触れるとともに、その焦点がどこにあるかを指摘したつもりである。しかし、PERTはここにとりあげた日程情報を主体としたPERT(PERT/TIME)にとどまらず、Networkを通して人・金・物といった生産諸要素を計画し管理するための経営情報組織(Management Information System)にまで発展してきている。もちろんその背景には電子計算機の長足の進歩があることは指摘するまでもないが、これらの手法はPERTのなかでも特にPERT/COSTと呼ばれ、積算や計画機能と結びつく前向きの管理方式として世の注目をあびている。

〔正会員 大成建設KK企画調査部〕

- (1) 横荷重・ねじれ・ならびに垂直荷重を受けるつり橋の計算を電子計算機にかけるためのプログラム
- (2) つり橋ケーブルの水平反力簡易算定法

島 田 静 雄

- (1) 横荷重・ねじれ・ならびに垂直荷重を受けるつり橋の計算を電子計算機にかけるためのプログラム

つり橋に風が作用するときのように、横荷重が作用すればつり橋はねじれる。実験で簡単に再現できるこの現象を解析的に解こうとすると、条件の非常に簡単な場合であっても、基本式は連立偏微分方程式となって、尋常の手段では解くことはまず不可能に近い。もし解析的な解が得られたとしても、実用の数値計算に適するとは限らない。

ある与えられた条件のもとに、とに角、答を求めたいというのであれば、手段はいくらでも考えられる。弾性不安定現象でない限り、解析の道すじをどのように選んでも、最終の結果は常にただ一つであることが保証されるから、最小の労力で精度のよいものが得られれば、これが最善の方法であると考えられる。解析的な精確解があったとしても、これはこれで価値があるが、実用計算には全く役に立たないことも少なくない。

つり橋を、いうなれば立体的に解析し、数値計算を電子計算機にかけ、とに角、答を得たいというとき、今述べた2つの点、すなわち解の唯一性の保証の性質と、実用計算に適する計算式もしくは計算方法を探す、ということを中心としてみることにした。したがって、この論文の構成は3つの節から成り立っている。第1には条件の設定である。これは、つり橋の垂直変位、横変位、ねじれ変形に関する3つの連立偏微分方程式と、ケーブルの弾性変形に関する2つの条件式の計5つであることを示してある。

第2には、この5つの条件式をどのような実用計算式で処理するかの方法を説明してある。基本的な考え方は、とに角、何かの方法で近似解を求め、この解が最初の5つの条件式を満たさない誤差の部分、を、何回も補正して行こうという、きわめて原始的な方法である。そのため、なぜそのような式を使うか、なぜそのような補正方法を使うか、という説明には多くの省略がある。これ

は、最初に説明したように、条件が同じであれば、途中のプロセスが何であっても、精確解はただ一つしかないという原理があるからである。

第3には、実際に電子計算機に演算させるならば、どのような順序がよいかを計画したものである。筆者は電子計算機の実際の運転には素人であるので、プログラムの専門家に実際のプログラムを依頼することにし、筆者の方で式の順序や計算式を整理した。この際、計算誤差の生じやすい箇所や、演算停止の場合に誤りを検出できるヒントや、イテレーションの速度が早くなり早く収束させるためのマニュアルの操作等を、あらかじめ指示しておいた。

本文最後の節に示したフローチャートと計算式は有隣電器精器KK計算センターに依頼したそのままである。実際の作業は大森義和氏が担当したが、演算の収束の点で二、三の変更を加えただけで満足する結果を見ることができた。

このプログラは、単純に支持された対称なつり橋が、任意の荷重(垂直・水平・ねじれ)を受けるときの応力と変形とを求めるのに使用する。塔頂の変位、温度差の影響も簡単な形で代入できる。特に、つり橋補剛桁に縦断勾配がある場合にも計算できるようにした。

この報文には具体的な数値計算例をええられなかったが、実験的なデータと比較すれば興味があると思いつつ費用の点で果たせなかった。

なお、5つの基本式は次式である。

$$\begin{aligned}
 & EJ_{\xi} \frac{d^4 v}{dz^4} - (EJ_{\xi} - EJ_{\eta}) \frac{d^2}{dz^2} \left[\varphi \frac{d^2 u}{dz^2} \right] \\
 & = p_v + (2H_w + H_1 + H_2) \frac{d^2 v}{dz^2} \\
 & + \frac{b}{2} (H_2 - H_1) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} - (H_1 + H_2) \frac{8f}{l^2} \\
 & \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & EJ_{\eta} \frac{d^4 u}{dz^4} - (EJ_{\xi} - EJ_{\eta}) \frac{d^2}{dz^2} \left[\varphi \frac{d^2 u}{dz^2} \right] \\
 & = p_H + \frac{u}{h} \left[(2H_w + H_1 + H_2) \frac{d^2 v}{dz^2} \right. \\
 & + \frac{b}{2} (H_2 - H_1) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} \\
 & \left. - (2H_w + H_1 + H_2) \frac{8f}{l^2} \right] \dots\dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & EC \frac{d^4 \varphi}{dz^4} - GK \frac{d^2 \varphi}{dz^2} = t_p - \frac{d^2 u}{dz^2} M_x \\
 & + \left(\frac{d^2 v}{dz^2} + \frac{4i}{l^2} \right) \\
 & \cdot M_y + \frac{b^2}{4} (2H_w \\
 & + H_1 + H_2) \frac{d^2 \varphi}{pz_1} \\
 & + \frac{b}{2} (H_2 - H_1) \left(\frac{d^2 v}{dz^2} - \frac{8f}{z^2} \right) \dots\dots\dots(3)
 \end{aligned}$$

$$\frac{L_s}{E_c A_c} H_1 = \frac{8f}{l^2} \int_0^l v_1 dz + \Delta l_1 \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{L_s}{E_c A_c} H_2 = \frac{8f}{l^2} \int_0^l v_2 dz + \Delta l_2 \dots\dots\dots (5)$$

図-1

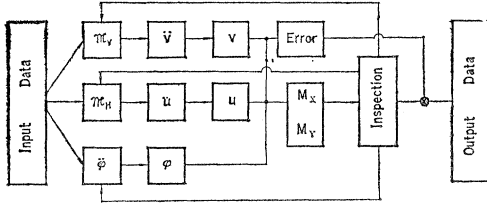


表-1 Input Constants

Symbols	Dimensions	Descriptions
l	m	Span length of stiffening girder
f	m	Sag of cable between length l
b	m	Distance between two cables, also width of stiffening girder
h	m	Height of towers from gravity center of stiffening girder at supports
i	m	Center height of camber of stiffening girder
H_W	t	Horizontal reaction of each cable by whole dead weight of structure
EJ_ξ	tm ²	Bending rigidity of whole stiffening girder
EJ_η	tm ²	Bending rigidity against horizontal bending of stiffening girder
GK	tm ²	Torsional rigidity of stiffening girder
EC	tm ⁴	Torsional rigidity that cause bending in stiffening girder. about $b^2 EJ_\xi/4$
$E_c A_c / L_s$	t/m	Ratio of tension increase of each cable caused by unit elastic elongation of whole cable length

表-2 Input variables

N		Number of division of whole length l
e		Desirable relative error
μ_1, μ_2		Coefficient to check the reduction of Iteration
$P_V(z)$	t/m	Vertical loadings
$P_H(z)$	t/m	Horizontal forces
t_p	tm/m	Torque loadings
Δl_1	m	Distance growth between towers minus thermal elongations of each cable
Δl_2	m	

Notes

- N may be arbitral number about more than 20.
- p_V, p_H and t_p are given by the intensity per unit length at every N -divided panel point. The concentrated load p is then given as PN/l at the panel point where P rests.
- e is decided as 10^{-2m} if relative error is needed for 10^{-m} .
- Reset μ_1, μ_2 so that iteration may converge rapidly.

表-3 Main Calculation Routine

①	$cl = l \sqrt{(2H_W + H_1 + H_2) / EJ_\xi}$	cl	⑫	$(H_1)_{r+1} = (H_1)_r \mu_1 + H_1'(1 - \mu_1)$ $(H_2)_{r+1} = (H_2)_r \mu_2 + H_2'(1 - \mu_2)$ Reset more correct values of H_1, H_2	H_1 H_2
②	$v = \frac{l}{EJ_\eta} \int_0^z G_1(z, k) \mathfrak{M}_V(k) dk$ $G_1(z, k) = \begin{cases} \frac{\sinh c(l-k) \sinh cz}{cl \sinh cl} & z \leq k \\ \frac{\sinh c(l-\varepsilon) \sinh ck}{cl \sinh cl} & z > k \end{cases}$	$v(z)$	14	$\Delta \mathfrak{M}_V = -(H_1 + H_2) \frac{8f}{l^2} \frac{z(l-z)}{2} \frac{b}{2}$ $\times (H_1 - H_2) \varphi - (EJ_\xi - EJ_\eta) \varphi \frac{d^2 u}{dz^2}$	$\Delta \mathfrak{M}_V$
3	$\Delta L_v = \int_0^l v dz$	ΔL_v	⑬	$\mathfrak{M}_V = \mathfrak{M}_{V_0} + \Delta \mathfrak{M}_V$	\mathfrak{M}_V
4	$\frac{d^2 v}{dz^2} = c^2 v - \frac{1}{EJ_\xi} \mathfrak{M}_V$	$\frac{d^2 v(z)}{dz^2}$	16	$\Delta p_H(z) = \left[\frac{b}{2} (H_1 - H_2) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} + (2H_W + H_1 + H_2) \left(\frac{d^2 v}{dz^2} - \frac{8f}{l^2} \right) \right] \frac{u}{h}$	Δp_H
⑤	$u = \frac{l}{EJ_\eta} \int_0^z G_2(z, k) \mathfrak{M}_H(k) dk$ $G_2(z, k) = \begin{cases} \frac{l-k}{l} \frac{z}{l} \\ \frac{l-z}{l} \frac{k}{l} \end{cases}$	$u(z)$	17	$\mathfrak{M}_H = \mathfrak{M}_{H_0} + \int_0^l \Delta p_H(k) G_2(z, k) dk$ $-(EJ_\xi - EJ_\eta) \varphi \frac{d^2 v}{dz^2}$	\mathfrak{M}_H'
⑥	$c_l = l \sqrt{GK/EC}$ $GK = GK + b^2 (2H_W + H_1 + H_2)$	c_l	⑭	$(\mathfrak{M}_H)_{r+1} = (\mathfrak{M}_H)_r \mu_2 + \mathfrak{M}_H'(1 - \mu_2)$ Reset more correct function of $\mathfrak{M}_H(z)$	\mathfrak{M}_H
⑦	when $c_l \leq 10$ (if $c_l > 10$, select step No. ⑦) $\frac{d^2 \varphi}{dz^2} = -\frac{l}{EC} \int_0^z G_3(z, k) \tau(k) dk$ $G_3(z, k)$ is the same expression as $G_2(z, k)$ only using c_l instead of cl Refer step No. ②	$\frac{d^2 \varphi(z)}{dz^2}$	⑮	$M_x = -(2H_W + H_1 + H_2)v + \mathfrak{M}_V$ $-(EJ_\xi - EJ_\eta) \varphi \mathfrak{M}_H$	M_x
⑧	$\varphi = \frac{l}{GK} \int_0^z G_4(z, k) \tau(k) dk$ $G_4(z, k) = \frac{1}{c_l^2 l^2} [G_2(z, k) - G_2(z, k)]$	$\varphi(z)$	⑯	$M_y = \mathfrak{M}_H - \frac{(EJ_\xi - EJ_\eta)}{EJ_\eta} \mathfrak{M}_V$ $\times \varphi [(\mathfrak{M}_V - (2H_W + H_1 + H_2)v)]$	M_y
⑨	$\Delta L_p = \int_0^l \varphi dz$	ΔL_p	20	$\Delta t(z) = \frac{b}{2} (H_1 - H_2) \frac{d^2 v}{dz^2}$ $-\frac{b}{2} (H_2 - H_1) \frac{8f}{l^2}$ $-\frac{d^2 u}{dz^2} M_x + \left(\frac{d^2 v}{dz^2} + \frac{8f}{l^2} \right) M_y$	$\Delta t(z)$
10	$H_1' = \frac{E_c A_c}{L_s} \left[\Delta l_1 + \frac{8f}{l^2} \left(\Delta L_v - \frac{b}{2} \Delta L_p \right) \right]$	H_1'	23	$\tau(z) = t_p(z) + \Delta t(z)$	$\tau(z)$
11	$H_2' = \frac{E_c A_c}{L_s} \left[\Delta l_2 + \frac{8f}{l^2} \left(\Delta L_v + \frac{b}{2} \Delta L_p \right) \right]$	H_2'	⑰	$E = \int_0^l (v_{r+1} - v_r)^2 dz$ $\int_0^l v_{r+1}^2 dz$	E
			25	when $E > e$, start again from step No.1 $E < e$, stop the Iteration and put out the data	

表-4 Preliminary Calculation Routine

⑱'	$H_1 = H_2 = 0.9 \frac{3l}{8f} \int_0^l p_V(k) \frac{k(l-k)}{l^2} dk$	H_1 H_2
⑲'	$\mathfrak{M}_{V_0} = l \int_0^l p_V(k) G_1(z, k) dk$	\mathfrak{M}_{V_0}
	$\mathfrak{M}_{H_0} = l \int_0^l p_H(k) G_2(z, k) dk$	\mathfrak{M}_{H_0}
⑳'	$\mathfrak{M}_V = \mathfrak{M}_{V_0} - 4f(H_1 + H_2) \frac{z(l-z)}{l^2}$	\mathfrak{M}_V
㉑'	$\mathfrak{M}_H = (1 - \mu_2) \mathfrak{M}_{H_0}$	\mathfrak{M}_H

Instructions and Notes

- Step Nos. with a circle such as ①, ②, ⑤.....show that the values must be put out.
- Preliminary Calculation give the first approximate values before the main iteration routine in order to save repeat time.
- \mathfrak{M}_{V_0} and \mathfrak{M}_{H_0} are stored so that they may be utilized in every iteration.
- Every value or every function must be stored till it is corrected in $(r+1)$ th iteration calculs.

(2) つり橋ケーブルの水平反力簡易算法

つり橋の計算をしたいとき、既往の参考書に記載されている計算式はかなり複雑である。この複雑さの原因は、つり橋の弾性方程式が、水平反力を変数とする非線型である性質と、仮に水平反力を一定として線型化して解いても、解が指数関数をふくむために代数計算ができ

ない、といった点にあるようである。

普通の線型の弾性構造物では影響線を使えば、種々の荷重状態での解を重ね合わせることができるが、つり橋では、これができない。しかし、ある与えられた荷重状態では、ケーブルの水平反力が一義的に定められるならば計算はずっと楽になる。Perry の提唱した影響線解法がこの思想によるものである。

ところで、多くの数値計算の経験から、水平反力 H の影響線なるものは、つり橋の剛性に関係する無次元のパラメータ $cl = l\sqrt{H/EJ}$ によって変化するが、その関数の形は cl が多少変化してもほとんど放物線に近く、ただ大きさだけが変化することが知られている。したがって、影響線の面積を常に 1 とするように単位化して、単位化に関する面積だけを、 N という別のパラメータに置きかえて見ることにした。

このようにすると、単純に支持されたつり橋では、 cl のパラメータが 0 から ∞ まで広範囲に変化しても、影響線の形はほとんど変化がない。そこで、単位化された面積を持つ影響線を $k(x)$ という関数であらわし、任意の荷重 $p(x)$ 、塔間の移動量を ΔL 、温度変化を T 、として、水平反力をつぎのような形で整理することを考えた。

$$H = \frac{1}{1+\mathfrak{R}} \cdot \frac{l}{8f} \left[\int p(x)k(x)dx + \mathfrak{R}\Delta L - \mathfrak{R}T \right]$$

ここに \mathfrak{R} というのは、先の N をふくみ、つり橋の種々の弾性的性質が入るものである。 $k(x)$ はほとんど放物線であるから、 cl の変化によるケーブル水平反力の変化は単に $1/(1+\mathfrak{R})$ の変化だけであることがわかる。

そこで、 cl の変化による N の値だけを精密に計算しておけば実際問題としてケーブルの水平反力に多くの労力を費す必要がなくなる。

単純に支持されたつり橋の性質をさらに有用化させる意味で、支点到曲げモーメントが作用するときのケーブルの水平反力の算定式を最後の節に示しておいた。この結果によると、支点モーメントの作用によるケーブル水平反力の変化は、やはり $1/(1+\mathfrak{R})$ の変化だけで十分であることが示されている。

連続つり橋の弾性的性質は、原則として単端で単純に支持されているつり橋と、両端で固定支持された補剛桁のつり橋との中間の性質を示すはずである。その意味で、両端固定桁のつり橋の解析は一方の極限を知る上に必要である。この比較は、やはり単位化された影響線のもとに N の数値を比較することで与えられる。

計算の便を計る意味で、本文中に N の数表および関数 $k(x)$ のほかにいくつかの数値を示しておいた。計算例も示したが、一つの応用例として、支間中央でケーブルと桁とを剛につないだつり橋に、支間中央で橋軸方向の力が作用するときの計算が示されている。

この報文で説明されたいくつかの性質は「横荷重・ねじれ・ならびに垂直荷重を受けるつり橋の計算を電子計算機にかけるためのプログラム」に一部応用されている。たとえば、 H の概略計算では、影響線に放物線式を使っているし、 $1/(1+\mathfrak{R})$ は、いきなり 0.9 を代入している。

[正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部土木工学科教室]

建設／創造／技術

(写真集)

内 容: 最近 10 年間の土木技術の進展はめざましいものがある。戦後、土木工事の機械化にともない工事の進捗は早く、ここ数年の間に黒四ダム、若戸橋、東海道新幹線などの大工事が相ついで完成した。これらの工事の全ぼうを写真および解説でとらえ、立体的にとりまとめたのが本書であり、従来の写真集のイメージを打破した内容は高く評価されている。

論 文: 日本における建設の問題点／高橋 裕・開発と新しい生活の創造／川喜田二郎・土木技術-昨日と今日／久野悟郎

写 真: ダム／発電施設／土地造成・団地／農業／災害／河川・海岸／砂防／都市計画・オリンピック施設／上下水道／国鉄・鉄道橋・トンネル／私鉄／地下鉄／特殊鉄道／道路・道路橋／港湾／空港／研究・試験・実験／基礎工・土工・建設機械／材料／測量・その他

展 望: 産業基盤のための建設 ■ 災害に対応する建設／高橋 裕・国造りにおける産業偏重より生活創造への移行、わが国における交通関係施設の現況および課題／鈴木忠義・最近 10 年間の主要工事リスト

体 裁: A4判 330 ページ 箱入上製

定 価: 3 800 円 (〒 200 円)