

1箇にすべき事を強調したい。レベルについては、感度そのものについては余り異論はないが、b.方式即ち気泡端合致方式は種々の面で利点があり、感度も30°程度でよいのであるから、今後の器械の製作、改良及び使用にはこの方面に注目すべきものとする。

この報文中の p の測定には北大真井教授の御厚意による所が多い。記して謝意を表する次第である。

文 献

- 1) Jordan: Handb. d. Vermes. Bd. II 1914 s. 274
大前憲三郎他3氏: 陸地測量学 1942. p.150
- 2) 筆者: 土木学会誌 “気泡管の感度について”
- 3) Jordan: 前同 Bd. II 1914 s.196
- 4) L.H.Berger: Civil Engineering, V.9 N.7 1939 p.422 (昭.26.10.27)

UDC 625. 41. 003

最近の単価による高架線の経済的形式

正員 坂元左馬太*

ECONOMICAL CONSTRUCTION OF ELEVATED LINE BASED ON THE LATEST COST OF MATERIAL AND LABOR

(JSCE March 1952)

Samata Sakamoto, C.E. Member

Synopsis This paper describes the author's study of the economical construction of elevated line of various types basing on the latest work cost, cost of right of way under an assumed height of the elevation.

要旨 高架線の高さを仮定し各種構造材料の高架線について最近の工事単価を用い、用地代に関連して如何なる構造が経済的であるかを調べた。

この研究は既に約20年前工務資料(鉄道省工務局)に発表せられているが、本文はそれにならつて調査したものである。

1. 概 要

高架線の構造様式として普通に考えられるものは次の如くである。

- (1) 盛土式
- (2) 石垣式
- (3) 重力擁壁式
- (4) 鉄筋コンクリート扶壁付擁壁盛土式
- (5) 鋼鈹桁式(単線, 複線, 上路, 下路)
- (6) 鉄筋コンクリート高架線(スラップ, 拱)
- (7) ラーメン式(鉄筋コンクリート, 鋼材)

これ等の中には、建設費の低廉のみでは市街地に採用し難いものもあるわけである。

最近の物価は周知の如く凸凹が多い。例えば、昭和の始め頃に比して鉄筋は約600倍、人夫賃は150~200倍、用地代は30~100倍と見られる。以前の研究は用地代によつて構造様式が甚しく左右せられたが、現在は、鋼材、セメント等をあまり使用しないものが有利となる筈である。

2. 設計の仮定

設計の仮定は工務資料(前出)に用いられたものに近いものとした。

(1) 設計荷重 設計荷重はKS-12又は名古屋市高速度鉄道建設規程案(第4)にあるM-M-Tとした。

M-M-Tの軸距は

P_1 2.45m P_2 11.15m P_3 2.45m P_4 3.95m P_5 2.45m P_6 11.15m P_7 2.45m P_8 3.95m P_9 ……

で P_1 ~ P_8 は軸重18t, P_9 以下15tである(20m車輛)。この荷重とKS-12を比較すると次の如くである。

曲げモーメント: 支間4mまではKS-12よりやや大きく、支間16m附近まではKS-12に殆んど等しい。

剪断力: 支間5mまではKS-12よりやや大きく、ここで交叉し、支間11~13mで殆んど等しく、支間20m附近でKS-12とKS-9の中間に来る。

以上の事柄からM-M-TとKS-12との設計は荷重的に見て同等であるとして調査を進めた。

(2) 高さ及び巾 道路面と、設計施工基面との差を6.0mとした。これは前と研究との比較を便利にする為である(土木工学ポケットブック, p.3221山海堂)。複線の場合のみを考え、線路中心間隔を3.6m, F.L.の巾を左右それぞれ2.5mとした。従つて全巾は8.60mとなる。

(3) 用地巾 盛土式の場合は法尻に、道路から高さ約1.0mの土留石垣を考え、盛土の法勾配を1:1.5、全巾を27.4mとし石垣式の場合は石垣と道路面との交

* 復興建設技術協会中部支部

点の外方それぞれ1.3mとし、全市を15.4mとした(法勾配 1:0.35)。重力擁壁のときは前面勾配を 1:0.1とし全市を 12.4m, 扶壁擁壁の場合は全市を 11.20mとし、鋼鈹桁単線併列上路開床式のとき 7.5m, 同上下路道床式のとき 9.0m その橋脚部分は 11.5×5.0m 又は 12.5×6.0m とした。又鋼鈹桁複線式下路道床付のとき巾を 8.6m, その橋脚部分は 10.5×5.0m 又は 11.5m×6.0m とした。鉄筋コンクリート高架線のときは全体を 9.0m とした。

3. 鋼鈹桁

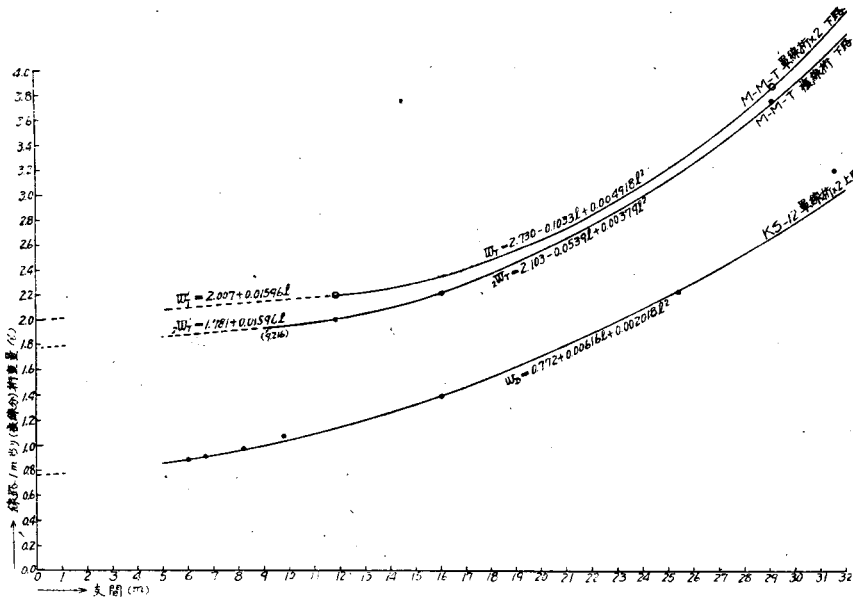
(a) 単線上路併列開床式の場合 運輸省達桁を使用するものとし(桁下有効高 4.50m 以上) 橋脚も省標準型を用いるものとする。複線 1m 当りの達桁の重量は表-1 の如くである。但し桁と桁と間は一様に 15 cm のあきを考え延長当りの重量とした。*

表-1 複線 1m 当り鋼鈹重量 (KS-12, 達桁併列)

支間	桁全長	総重量(1連)	桁下高	複線 1m 当り重量	備考
m	m	t	m	t	
5.05	5.35	1.953	5.63	0.7512	I 形桁
6.00	6.30	2.843	5.63	0.8816	"
6.70	7.00	3.261	5.31	0.9150	"
8.20	8.66	4.301	5.284	0.9764	鈹桁
9.80	10.26	5.543	5.113	1.0650	"
16.00	16.46	11.521	5.080	1.3872	"
25.40	25.86	28.871	4.620	2.2200	"
31.50	31.96	44.972	(4.340)	3.2000	"

*今横軸に支間 (m) をとり、縦軸に複線 1m 当りの重量をとつて点記すると 図-1 の如くなる。これに 2 次の拋物線を仮定して常数を決定すると次の式を得る。

図-1



$$W_D = 0.772 + 0.00616l + 0.002018l^2 \dots\dots(3.1)$$

式中 W_D は支間 l (m) のとき線路(複線) 1m 当りの桁の重量 (t) である。

次に KS-12 標準型の橋脚について各支間毎に体積を計算し、前同様に複線 1m 当りの所要コンクリート量を計算して点記すると 図-2 の如くなる。これに簡単な曲線を仮定して常数を決定すると次の式を得る。

$$G_C = \frac{46.883}{1 + 0.8427l - 0.00745l^2} \dots\dots(3.2)$$

式中 G_C は支間 l (m) のとき省標準コンクリート橋脚の複線 1m 当りのコンクリート体積である。

(b) 単線下路道床付併列の場合 既設計の荷重 M-M-T の道床付単線桁を用いて前同様の計算を行うと

次の式を得る。

$$W_T = 2.730 - 0.1033l + 0.004918l^2 \dots\dots(3.3)$$

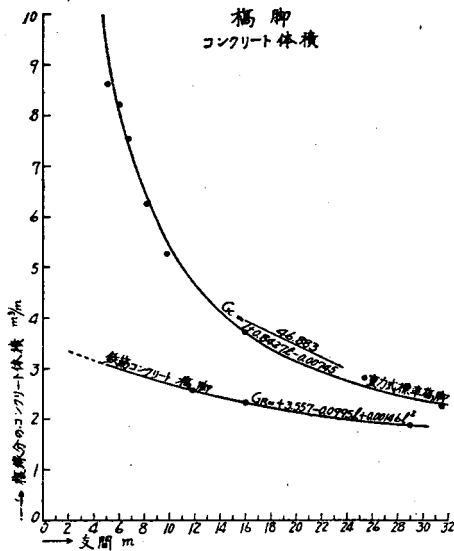
但し l が 12m 以下の支間に対しては次の式を用いる。

$$W_T' = 2.007 + 0.0160l \dots\dots(3.31)$$

式中 W_T 又は W_T' は支間 l (m) のとき複線 1m 当りの下路単線併列の鈹桁の重量 (t) である (図-1 参照)。

この桁に対する橋脚は鉄筋コンクリート造とし、桁のペイント塗の便を考え線路間隔を 4.5m (桁中心間隔 3.6m, 突縁の巾 0.29m 又は 0.38m, 脊の巾 0.58m 又は 0.72m) 橋脚の形は 3 柱式とし桁の厚さを h , 同巾を b_B , 横巾を 9.40m, 外側柱の大きさを b_1, c_1 , 中

図-2



中央を b_3, c_3 , 基礎の大きさ d_f, b_f , その厚さを h_f とする。地耐力を $20.0 \sim 25.0 \text{ t/m}^2$ として杭打を用いず、荷重 M-M-T によって計算すると表-2 の如くなる。これ等の寸法から鉄筋コンクリートの数量を計算し、前同様にして次の式を得る。

$$G_R = +3.557 - 0.0995l + 0.00146l^2 \dots \dots \dots (3.4)$$

式中 G_R は支間 $l(m)$ のとき複線 $1m$ 当りの橋脚用

表-2 鉄筋コンクリート橋脚寸法 (cm)

支間	h	b_B	b_1	c_1	b_2	c_2	h_f	b_f	d_f
m 11.84	70	90	80	90	90	90	45	250	300
16.00	80	100	90	100	100	100	48	300	300
29.04	100	110	110	110	130	110	50	350	(405)

の鉄筋コンクリートの体積である (図-2 参照)。

(c) 複線桁下路道床付の場合 線路間隔を $3.6m$ とし M-M-T 複線桁について重量を計算すると表-3 の如くなる。

表-3

支間	桁の全長	総重量	複線1m当り重量
m 11.84	m 12.42	t 25.087	t 1.996
16.00	16.74	37.352	2.211
29.04	29.94	112.426	3.736

これは次の式で表わすことが出来る。

$$2W_T = 2.103 - 0.0539l + 0.00379l^2 \dots \dots \dots (3.5)$$

又橋脚用の鉄筋コンクリート量は

$$2G_R = 3.50 - 0.10l + 0.00148l^2 \dots \dots \dots (3.6)$$

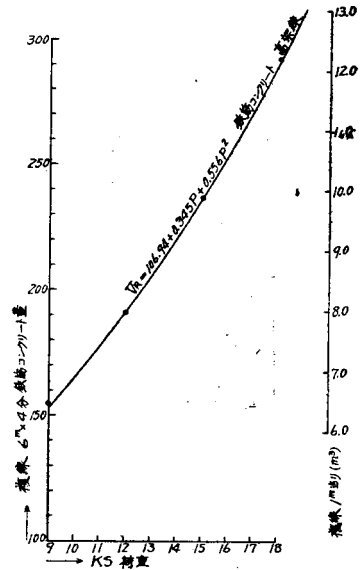
としてよい。符号の意味は前に準ずるものとする。

4. 鉄筋コンクリート高架線

(a) 既設計の高架線

(1) 荷重と鉄筋コンクリート量との関係: 土木工学ポケットブック p.3226 に掲載の表から $6m$ 3 径間, $24m$ 分の複線高架に要する鉄筋コンクリート (含均しコンクリート) の数量と KS 荷重との関係は図-3 の如くである。これは次の式を表わすことが出来る。

図-3



$$V_R = 106.94 + 0.345P + 0.5556P^2 \dots \dots \dots (4.1)$$

これを線路 (複線) $1m$ 当りにすると

$$V = 4.456 + 0.01438P + 0.02315P^2 \dots \dots \dots (4.11)$$

となる。式 (4.11) の勾配は (実績の範囲内で)

$$\dot{V} = 0.01438 + 0.0463P \dots \dots \dots (4.2)$$

KS-12 の附近では

$$\dot{V}_{12} = 0.57 \text{ (m}^3\text{)}$$

即ち KS 荷重が 1 だけ増減すると大体 $0.57 \text{ m}^3/m$ の鉄筋コンクリート量の増減のあることが知れる。

(2) 径間と工費との関係: 土木工学ポケットブックの p.3228 の図によると 3 柱式スクエア・スラップ KS-12 の例によると径間 $4 \sim 6m$ では径間の大小は工事費に殆んど影響がない。して極小を求めると $5.2m$ 附近にある様で、この極小と $6.0m$ のものとは、 $1:1.018$ (柱間 $2.8m$ のとき) $\sim 1:1.003$ (柱間 $3.3m$ のとき) である。

(3) 複線 $1m$ 当りのコンクリート量: 運輸省で設計せられた高架線 $1m$ 当りの鉄筋コンクリートの量を見ると表-4 の如くである。但し最後の欄で換算としたのは、実例が KS-15 であるとして、これに式 (4.11) から得られる、

KS-15: $V_{R15}=9.880$, KS-12: $V_{R12}=7.962$
 から $V_{R12}/V_{R15}=0.805$ としてこれから換算した。

表-4

		実 例	鉄筋コンクリートの量 (m ³)	同左換算 (KS-12)
3 径 間 連 続	柱 式	a	13.3	
		c	15.2	
		d	14.6	
		f	15.2	
	平 均	14.6	11.77	
2 柱 式	g	13.1		
	h	16.2		
	i	14.3		
	j	16.2		
平 均	15.0	12.1		
5 径 間 連 続	k	9.2		
	l	11.6		
平 均	10.4	(10.4)		
方 形 ス ラ ブ	m	9.8		
	o	10.9		
	p	10.3		
	平 均	10.3	(10.3)	
ラ ン 交 1 単 1 桁 互	r	14.4	11.6	

(b) 突桁付2径間ラーメン高架式 東京高速度交通
 営団の新しい設計C型高架橋にならつて M-M-T 荷
 重を用い、全巾 8.6m、中央 10.0m 2径間、突桁部
 各 3.0m、柱間隔 4.6m (2柱) として計算を行い、
 コンクリートの体積を求めると延長 26.0m に対して

基礎コンクリート 63.97m³
 鉄筋コンクリート 228.97"
 根 掘 134.75"

を得る。これによつて 1m 当りの鉄筋コンクリート
 量を求めると 11.845m³/m となる。因みに営団 C 形
 ではこれが 9.408m³/m である (営団の荷重は 16.00
 m 車輛で、 P_1 2.50m P_2 9.50m P_3 2.50m P_4 3.50m
 P_5 2.50m P_6 9.50m P_7 2.50m P_8 $P_1 \sim P_8$ の軸重は
 15t、高架線の全巾 8.3m、中央径間 8.20m、突桁長各
 3.05m)。

以上の結果及び表-4 を参照して、6m 3径間、延
 24.0m のコンクリートの数量 238.0m³ (1m 当り 9.916
 m³) のものについて経済比較を行う。

5. 工事単価

昭和 26 年中頃の単価として次の如く考える。

鉄筋 (標準物) 60 000円/t, (細物) 80 000円/t, セメ
 ント: 8 000円/t, 砂利: 1 000円/m³, 砂: 800円/m³,
 栗石: 900円/m³, 木材: (素材) 1 100円/石, (製材)
 2 600円/石, I 形桁: 80 000円/t, 鋲桁: 83 000円/t,
 入夫: 400円/日, 大工, 蔦: 600円/日, 輸送トラッ
 ク: 8 100円/日 (但し入夫 2 人及び油脂燃料付)

工事単価として次の如く考える

鉄筋コンクリート工 8 500円/m³
 コンクリート工 5 500円/m³
 桁 (架設共) I 形桁 90 000円/t 鋲桁 96 000円/t
 間知石練積 4 200円/m² 同空積 1 500円/m²
 栗石工 1 800円/m³ 根掘 600円/m³
 盛 土 400円/m³

これ等によつて前述の各種工事について複線 1m 当り
 の単価を次の如く求めた。

6. 複線 1m 当り工事費

高架線の構造様式を定めると、前述の単価等からそ
 れぞれの構造に対して 1m 当りの工事費が定まる。従
 つて用地単価によつて 1m 当りの建設費を比較する
 ことが出来る。

今建設箇所を都会地附近とし、地上物件等を含めて
 1m² 当り 100円 (坪当り約 330円) 以上を考える。
 次に計算した工事費と用地面積を示すと 表-5~9 の
 如くである。

表-5 盛土式複線 1m 当り工事費 (円/m)

種 別	純盛土	盛土石垣式	重力擁壁式	扶壁付擁壁式
用地(m ² /m)	27.4	15.4	12.4	11.20
1m当り工費 (除用地費)	48 410	119 000	162 920	139 750

表-6 鋼鋲桁単線上路開床併列式

支 間 別	用 地	1m 当り工費 (除用地費)
5.05m	7.5m ² /m	117 192円/m
6.00	"	130 090
6.70	"	128 733
8.2	"	132 970
9.8	"	135 621
16.0	"	157 354
25.4	"	231 984
31.5	"	284 390

表一7 鋼板桁単線下路道床付併列式

支間別	用地	1m 当り工費 (除用地費)
11.84m	10.0m ² /m	236 828
16.00	10.0	248 192
29.04	9.70	384 734

表一8 鋼板桁複線下路道床付

支間別	用地	1m 当り工費 (除用地費)
11.84m	9.356m ² /m	216 806
16.00	9.340	235 387
29.04	9.179	386 714

表一9 鉄筋コンクリート高架線 (24m 当り)

種別	数量	単価	金額
用地	9.00m ² /m		
根堀	80.0m ³	600	48 000
采石工	15.0 "	1 800	27 000
鉄筋コンクリート工	238.0 "	8 500	2 023 000
防水	214m ²	1 500	321 000
排水工其他			173 000
合計			2 592 000

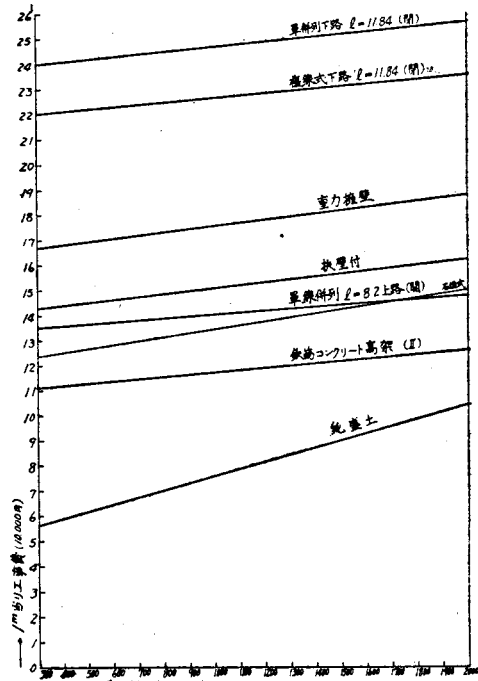
1m 当り (除用地費) 108 000円

7. 各種形式の経済比較

前述の表一5~9 を用いて 1m² 当りの用地費を 100 円, 200 円, ...2 000 円としてグラフを描いた結果用地費 1 700 円/m² 以下の場合には構造物の 1m 当り工事費の少ないものが建設費が安いことになる。鋼板桁単線上路開床式は用地の如何にかかわらず支間 6.7~8.2m の間に極小がある。以上を参考として、純盛土式、鉄筋コンクリート高架式、石垣式、単線上路開床併列式 (支間 8.2m) 扶壁付鉄筋コンクリート擁壁式、重力擁壁式、複線下路道床付 (支間 11.84m) に対して、用地費別に建設費の関係をみると図一4 の如くなる。

これによると用地費 2 000 円/m² までの範囲では、(1) 純盛土式が最も建設費が安く、次は (2) 鉄筋コンクリート高架式、次は用地費約 1 750 円/m² 以下で (3) 石垣式、それ以上で (4) 単線上路開床式 (支間

図一4



8.2~9.8m) (5) 扶壁付鉄筋コンクリート擁壁式、(6) 重力擁壁式等の順序になる。

これ等の内市街地に適するものは幸いにも鉄筋コンクリート高架式である。以上の結果は従来の研究とやや異なるが、それは特に鋼材の値上り率の大きい為であろう。

8. 結 論

以上の調べから市街地の高架線としては、現在の工事単価で、鉄筋コンクリート高架線式が最も経済的である。もし高架下を利用し、その賃貸料を原価に換算し、これを建設費から差し引いて他の構造のものと比較すれば更にこの形式は有利となるであろう。

以上は構造物のみの計算であつて高架線の費用としては勿論、軌道、電気運転設備、電灯電力、通信、信号保安、各種随伴建物、必要により線路に平行な道路等に要する費用を加算しなければならない。

(昭.26.10.30)