

すべての主桁剛度の異なる格子構造の実験的研究

奥 村 敏 恵※
 玉 置 脩※※
 大 久 保 禎 二※※※
 戸 倉 隆※※※※
 中 野 雄 太※※※※※

1 まえがき

本実験は、首都高速道路の高架橋に関する模型実験である。実橋の上部構は単純合成格子桁橋で、標準スパンの長さは14.5 mである。橋脚はラーメン構造で、その格子桁橋を支持する梁は箱断面の鋼構造、柱は円形断面の鉄骨鉄筋コンクリート構造である。実験は上部構格子桁の $\frac{1}{4}$ 縮尺模型について行なつた。すなわち上部構は、弾性ラーメン梁によつて支持された格子構造であり、また主桁はすべて曲げ剛性が異なるため、それらの荷重横分布作用におよぼす影響を解明することを目的として実験を行なつた。

2 実験の概要

実験桁は実橋の $\frac{1}{4}$ 縮尺の模型桁で、5本主桁、1本横桁の供試体1箇を製作し、この供試体を使用して支持条件および載荷方法をかえて、表-1のような各種の実験を行なつた。

表-1 実験の種類

試験の種類		支持条件	摘要
Test 1	剛支持格子桁試験	各主桁を2点で剛に支持	
Test 2	対称弾性支持格子桁試験	格子の両支持辺を支持梁により弾性支持、両支持辺の支承条件は同一。	
Test 3	非対称弾性支持格子桁試験	Test 2 と同称、両支持辺を弾性支持 両支持辺の支承条件は等しくない。	
Test 4	破壊試験	剛支持の状態 (Test 1 と同じ) で破壊	Test 4-1...G-1 載荷 Test 4-2...G-2 G-4) 同時載荷

※東京大学

※※首都高速道路公団

※※※新三菱重工業神戸造船所

※※※

Test1は剛支承上の格子桁の荷重横分布作用を確かめるための実験で、Test2以下の各実験に対する基準となるものである。

Test2およびTest3はTest1の結果と比較することにより、弾性支承上の格子桁の荷重横分布作用を確認するための実験である。

3 模 型 桁

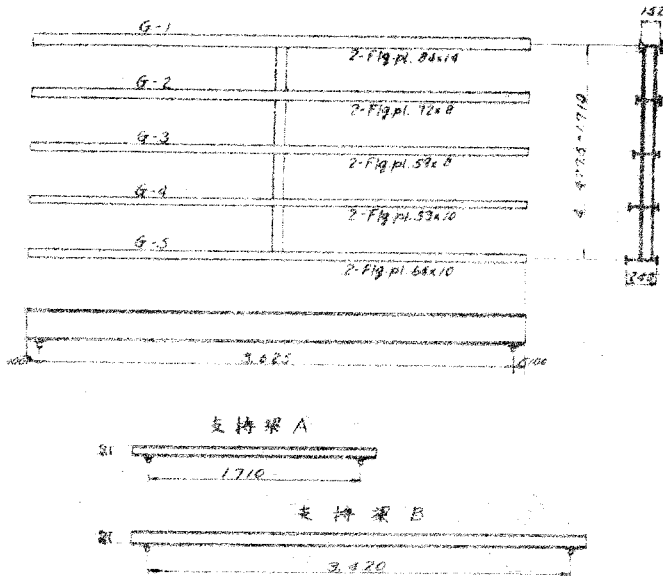
模型桁は実橋との縮尺比 $\frac{1}{4}$ とし、実橋の標準スパン14.5mに対して模型桁はスパン3.625m、主桁5本、荷重分布横桁はスパン中央に1本を配置した。実橋と模型桁の諸元の比較を示せば、表-2のようになる。また模型桁の形状、寸法を図-1に示す。

表-2 実橋-模型桁諸元比較表

諸 元		単位	実 橋	模 型 桁	比 率
ス パ ン		m	14.5	3.625	$\frac{1}{4}$
主 桁 間 隔		m	4⑥1.71	400.4275	$\frac{1}{4}$
断 面 二 次 モ ー メ ン ト	G-1	cm ⁴	122.165(411.610)	1914.9	$\frac{1}{64}(\frac{1}{214})$
	G-2		92.610(432.160)	1504.5	$\frac{1}{64}(\frac{1}{288})$
	G-3		107.670(415.310)	1688.2	$\frac{1}{64}(\frac{1}{246})$
	G-4		146.020(536.950)	2290.1	$\frac{1}{64}(\frac{1}{234})$
	G-5		202.240(537.855)	3153.1	$\frac{1}{64}(\frac{1}{284})$
	横 行		53.052(246.483)	834.4	$\frac{1}{64}(\frac{1}{284})$
	支持梁A			131.5	
	〃 B			528.6	

注 ()内は鋼に換算した合成断面を示す。

図-1 模型桁



なお模型桁の製作に使用した鋼材の材料試験結果を表-3に示す。

表-3 鋼材材料試験結果

厚さmm	材質	降伏点 Kg/mm^2	抗張力 Kg/mm^2	伸び%	使用箇所
19	SS41	30.0	48.0	28.5	横桁フランジ
14	〃	31.1	44.1	27.5	主桁フランジ
10	〃	33.3	45.6	24.5	主桁フランジ 〃 ウェブ 横桁ウェブ
8	〃	33.2	48.6	22.5	主桁フランジ

4 実験方法

1) Test1……剛支持格子桁 (図-2 a) 参照)

主桁は図のように各主桁2点、計10点で剛に支持し、荷重をスパン中央 $l/2$ 点に1点集中荷重として作用させた。荷重の大きさは、両縁桁(G-1, G-5)に対しては0-2-5-7t、中桁(G-2, G-3, G-4)に対しては0-2-5-7-10tである。

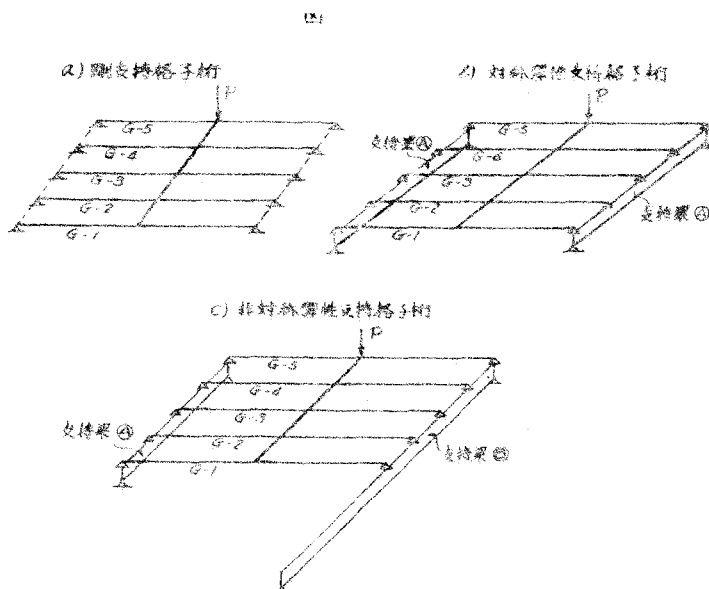
2) Test2……対称弾性支持格子桁 (図-2 b) 参照)

図-1の弾性支持梁④で主桁の両支持辺を支持し、弾性支承上の格子桁の状態、Test1

と同じようにスパン中央に1点集中荷重を作用させた。荷重の大きさは、各主桁とも0-2-5-7 tである。

3) Test3……非対称弾性支持格子桁 (図-2 c) 参照)

左右両支持辺の支持条件を変えるために、弾性支持梁④を左側の支持辺に、弾性支持梁⑤を右側の支持辺に使用し、主桁両支点のたわみ量を変えて載荷試験を行なった。荷重はTest1, Test2 と同様、スパン中央に1点集中荷重を載荷した。荷重の大きさは各桁とも0-2-5-7 tで載荷試験を行なった。



4) Test4……破壊試験

Test1~3 を終了した後に、剛支持格子桁 (Test1) の状態で破壊試験を行なった。

Test4-1

主桁 G-1 の $l/2$ 点に1点集中荷重を載荷し、12 tまで荷重を上げて、G-1 を降伏させた。この場合 G-1 以外の主桁はまだ降伏していない。

Test4-2

Test4-1 終了後 G-2, G-4 の各スパン中央各1点ずつ計2点に集中荷重を同時載荷し、

破壊試験を行なった。

荷重の大きさは、弾性試験（荷重 10 t まで）ではリングゲージを、破壊試験ではロードセルを使用して検定した。

5 計 算 法

本橋の構造は先にも述べたとおり、5 本の主桁おのおのの断面性状がすべて異なっており、かつ両支持辺は弾性支承であるため、慣用格子桁計算法をそのまま適用することはできない。そこで実橋の設計および模型桁解析のために、次に述べるような計算法を誘導し、理論値を求めた。

1) 両辺弾性支持格子桁計算法の概要

図-3 a) に示すような、スパン中央に 1 本の荷重分布横桁を持つた弾性支持格子桁を考える。支持梁の支持条件は任意にとることができる。主桁、横桁、支持梁がすべて工桁より

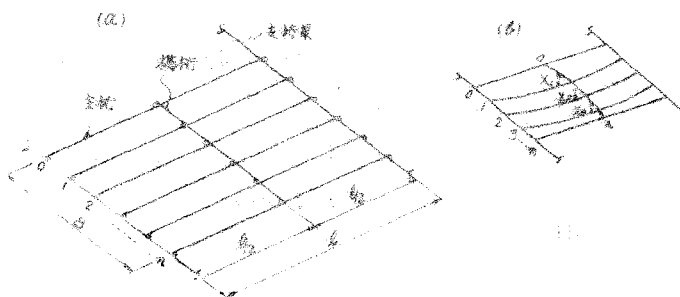


図-3

なる場合、実用上これらのねじり抵抗は無視することができよう。以下ねじり抵抗のない場合について考えることとし、通常のねじり抵抗のない格子桁の解法においてなされているのと同じ仮定が、この場合にも成立するものとする。図-3 の構造は、主桁数を $(m+1)$ とすれば、 $(n-1)$ 次の不静定構造物である。本構造を静定化するために、中間主桁と横桁の結合を解放し、この結合点に働く格点力を不静定力 X にとる。(図-3 b))

2) 弾性方程式

X_i を求めるための弾性方程式は

$$(d_{ij}) \cdot (X_j) = (d_{i0})$$

で与えられる。ここで

$d_{ij} : X_j = 1$ のみを静定系に作用させたときの X_i 着力点の X_i 方向の変位を表わす。

d_{im}^0 : 荷重項で、荷重状態 m での静定系の X_i 着力点の反 X_i 方向の変位を表わす。
 d_{ij} , d_{im}^0 等はそれぞれ横桁、主桁、支持梁のたわみ変形の累積されたものであるから、
以下それぞれの成分に分けて、主桁に関するものを P 、横桁に関するものを Q 、支持梁に関するものを R のそえ字でそれぞれ表わすことにする。

$$(d_{ij}) = (d_{ij})^P + (d_{ij})^Q + (d_{ij})^R$$

$$(d_{im}) = (d_{im})^{OP} + (d_{im})^{OQ} + (d_{im})^{OR}$$

上式において、支持梁に関する値が $(d_{ij})^R = 0$, $(d_{im})^{OR} = 0$ となるときは、普通の剛支点上の格子桁となる。

荷重項を求めるための荷重状態については、鉛直下向きの単位荷重が、静定系横桁格点 m に働く場合を考える。

(a) d_{ij}^Q, d_{im}^{OQ} の計算

d_{ij}^Q は主桁、支持桁が完全剛なものとして、 $X_j = 1$ を与えたときの i 点の変位を求めればよい。明らかに

$$(d_{ij})^Q = (g_{ij})$$

となる。ただし、 g_{ij} は横桁 0、 n 点を単純支持し、 j 점에単位荷重を載荷したときの i 点のたわみである。また

$$(g_{ij}) = g_c(d_{ij}) \quad \text{ただし} \quad d_{ij} = g_{ij}/g_c$$

g_c : 標準値

とおくことができる。同様にして、

$$(d_{im})^{OQ} = (g_{im}) = g_c(\alpha_{im})$$

となるが、あきらかに $\alpha_{i0}, \alpha_{in} = 0$ である。

(b) d_{ij}^P, d_{im}^{OP} (図-4 a)

横桁、支持梁が剛なものとして考える。 $i(j)$ 主桁が 0 主桁より $K_i B$ ($K_i B$)、 n 主桁より $K'_i B$ ($K'_i B$) の距離にあるとすれば、

$$(d_{ij})^P = f_c \left\{ \begin{pmatrix} \beta_1 & 0 \\ 0 & \beta_1 \end{pmatrix} + \beta_0 (K'_i K_j) + \beta_n (K_i K_j) \right\}$$

$$(d_{im})^{OP} = f_c \left\{ \beta_0 (K'_i K_j) + \beta_n (K_i K_j) \right\}$$

ただし、 f_i : 主桁の横桁格点に単位荷重を載荷したときのたわみ。

f_c : 基準値 $\beta_i = f_i / f_c$

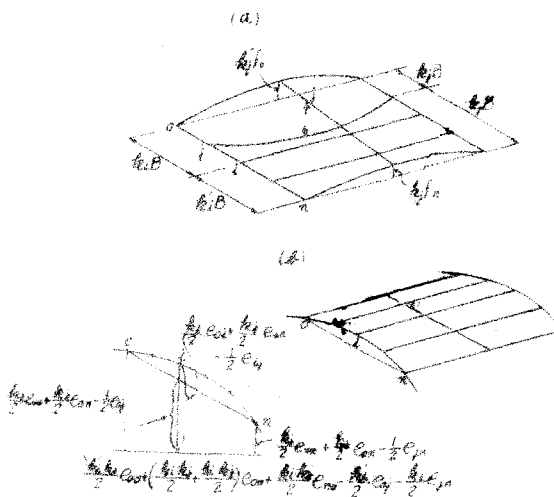


図-4

(c) d_{ij}^R, d_{im}^{OR} (図-4 b))

主桁、横桁が剛なものとして考える。

$$(d_{ij}^R) = \frac{e_c}{2} \{ K'_{i1} K'_{j1} \gamma_{00} + (K'_{i1} K_1 + K_1 K'_{j1}) + K_1 K_{jn} \gamma_{nn} - K'_{i1} \gamma_{0j} - K_1 \gamma_{jn} - K'_{j1} \gamma_{0i} - K_j \gamma_{in} + \gamma_{ij} \}$$

$$(d_{im}^{OR}) = \frac{e_c}{2} \{ K'_{i1} K'_m \gamma_{00} + (K'_{i1} K'_m + K_1 K'_m) \gamma_{0n} - K_1 K'_m \gamma_{nn} - K'_m \gamma_{0i} - K_m \gamma_{in} \}$$

ただし $e_{ij}/e_c = \gamma_{ij}$, e_c : 基準値

e_{ij} : 支持梁の j 点に単位荷重を載荷したときの i 点のたわみ。

(d) 不静定量の計算式

以上をまとめると、弾性方程式は

$$\begin{aligned} & [g_c(\alpha_{1j}) + f_c \{ (\beta_1 \quad 0) + \beta_0 (K'_{j1} K'_{j1}) + \beta_n (K_1 K_{j1}) \} + \frac{e_c}{2} \{ K'_{i1} K'_{j1} \gamma_{00} + (K'_{i1} K_{j1} \\ & + K_1 K'_{j1}) \gamma_{0n} + K_1 K_{jn} \gamma_{nn} - K'_{j1} \gamma_{0i} - K_1 \gamma_{jn} - K_j \gamma_{0i} - K_j \gamma_{in} + \gamma_{ij} \}] \cdot (X_j) \\ & = g_c(\alpha_{1m}) + f_c \{ \beta_0 (K'_{i1} K'_m) + \beta_m (K_1 K'_m) \} + \frac{e_c}{2} \{ K'_{i1} K'_m \gamma_{00} + (K'_{i1} K'_m + K_1 K'_m) \\ & \gamma_{0n} + K_1 K'_m \gamma_{nn} - K'_m \gamma_{0i} - K_m \gamma_{in} \} \end{aligned}$$

となる。 $f_c/g_c = F$, $g_c = E$ において、上式を簡略化すれば

$$(A^d + F B^d + E G^d) \cdot X = A^d \ell + F B^d \ell + E \cdot G^d \ell$$

となる。ただし

$$A^d = (\alpha_{ij})$$

$$B^d = \begin{pmatrix} \beta_1 & 0 \\ 0 & \beta_n \end{pmatrix} + \beta_0 (K'_i K'_j) + \beta_n (K_i K_j)$$

$$G^d = \frac{1}{2} \{ K'_i K'_j \gamma_{00} + \dots + \gamma_{ij} \}$$

$$X = X_j$$

$$A^l = (\alpha_{im})$$

$$B^l = B_0 (K'_i K'_m) + \beta_n (K_i K_m)$$

$$G^l = \frac{1}{2} \{ K'_i K'_m \gamma_{00} + \dots + K_m \gamma_{in} \}$$

3) 数値計算

2) で求めた弾性方程式に断面数値を代入して、不静定力 X を求める。主桁、横桁、支持梁の断面値は、表-4に示すとおりである。

表-4 断 面 値

桁種類		断面係状	断面構成	断面積 cm^2	断面二次モーメント cm^4	断面係数 cm^3
主 桁	G-1		2-Flg 84×14 1-web 152×10	38.72	1914.9	212.8
	G-2		2-Flg 72×8 1-web 180×10	29.52	1504.5	153.5
	G-3		2-Flg 59×8 1-web 200×10	29.44	1688.2	156.3
	G-4		2-Flg 53×10 1-web 220×10	32.60	2290.1	190.8
	G-5		2-Flg 64×10 1-web 240×10	36.8	3153.1	242.5
横 桁			2-Flg 84×19 1-web 80×10	39.92	834.4	141.4
支持梁	A		2-Flg 90×8 1-web 50×10		131.5	
	B		2-Flg 120×10 1-web 80×10		528.6	

不静定力 X が求まれば、荷重分布係数 q は簡単に求めることができる。計算結果を次に示す。

a) 剛支持路格子桁

$$\begin{aligned} q_{11} &= 0.6733 & q_{12} &= 0.4646 & q_{13} &= 0.1854 & q_{14} &= 0.0218 \\ q_{15} &= -0.1098 & q_{21} &= 0.3179 & q_{22} &= 0.2739 & q_{23} &= 0.1895 \\ q_{24} &= 0.0884 & q_{25} &= -0.0123 & q_{31} &= 0.1634 & q_{32} &= 0.2127 \\ q_{33} &= 0.2274 & q_{34} &= 0.1733 & q_{35} &= 0.0871 & q_{41} &= 0.0261 \\ q_{42} &= 0.1346 & q_{43} &= 0.2351 & q_{44} &= 0.3008 & q_{45} &= 0.3019 \\ q_{51} &= -0.1808 & q_{52} &= -0.0257 & q_{53} &= 0.1626 & q_{54} &= 0.4156 \\ q_{55} &= 0.7331 \end{aligned}$$

b) 対称弾性支持格子桁

$$\begin{aligned} q_{11} &= 0.7577 & q_{12} &= 0.5054 & q_{13} &= 0.2887 & q_{14} &= 0.1073 \\ q_{15} &= -0.0567 & q_{21} &= 0.2759 & q_{22} &= 0.2290 & q_{23} &= 0.1482 \\ q_{24} &= 0.0584 & q_{25} &= -0.0267 & q_{31} &= 0.0818 & q_{32} &= 0.1125 \\ q_{33} &= 0.1225 & q_{34} &= 0.0850 & q_{35} &= 0.0307 & q_{41} &= -0.0221 \\ q_{42} &= 0.0663 & q_{43} &= 0.1554 & q_{44} &= 0.2257 & q_{45} &= 0.2445 \\ q_{51} &= -0.0933 & q_{52} &= 0.0868 & q_{53} &= 0.2852 & q_{54} &= 0.5236 \\ q_{55} &= 0.8072 \end{aligned}$$

c) 非対称弾性支持格子桁

$$\begin{aligned} q_{11} &= 0.7835 & q_{12} &= 0.5169 & q_{13} &= 0.2850 & q_{14} &= 0.0962 \\ q_{15} &= -0.0711 & q_{21} &= 0.2570 & q_{22} &= 0.2142 & q_{23} &= 0.1441 \\ q_{24} &= 0.0586 & q_{25} &= -0.0233 & q_{31} &= 0.0623 & q_{32} &= 0.1100 \\ q_{33} &= 0.1303 & q_{34} &= 0.0988 & q_{35} &= 0.0461 & q_{41} &= -0.0305 \\ q_{42} &= 0.0699 & q_{43} &= 0.1672 & q_{44} &= 0.2418 & q_{45} &= 0.2620 \\ q_{51} &= -0.0723 & q_{52} &= 0.0899 & q_{53} &= 0.2734 & q_{54} &= 0.5046 \\ q_{55} &= 0.7863 \end{aligned}$$

6 実験結果とその考察

a) 剛支持格子桁

各主桁スパン中央に集中荷重を載荷した場合の、スパン中央断面主桁応力およびたわみの計測結果を表-5に示す。荷重の大きさは各主桁とも $P=7$ ton を載荷した場合である。

計算値と比較した場合、応力比、たわみ比ともほぼ満足すべき結果が得られた。表-5のうちから1例として、G-3載荷の場合の各主桁応力、たわみを図示すると図-5のようになる。比較のために、主桁断面がすべて等しい格子桁の応力、たわみの計算値を併記したが、実測値と比べると傾向は全く異なっており、主桁断面が変化していることによる影響の大きいことがわかる。

表 - 5

載荷区分 測定位置		G-1載荷			G-2載荷			G-3載荷		
		実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比
G-1	上フランジ応力	-1680	-1696	99	-940	-1017	92	-441	-467	94
	下フランジ応力	1900	2009	95	1113	1204	92	504	553	91
	たわみ	11.69	11.62	100.6	6.86	7.00	98.0	2.90	3.22	90.1
G-2	上フランジ応力	-870	-1209	72	-672	-1041	65	-567	-720	79
	下フランジ応力	1166	1316	89	1040	1134	92	666	784	85
	たわみ	673	700	96.1	5.82	6.02	96.7	3.94	4.20	93.8
G-3	上フランジ応力	-520	-616	84	-660	-797	83	-824	-856	96
	下フランジ応力	580	665	87	725	861	84	770	924	83
	たわみ	2.94	3.22	91.3	4.04	4.20	96.2	4.37	4.48	97.6
G-4	上フランジ応力	-74	-77	96	-363	-411	88	-672	-719	93
	下フランジ応力	90	84	107	400	448	89	704	784	90
	たわみ	0.15	0.35	/	1.88	1.96	95.9	3.38	3.43	98.5
G-5	上フランジ応力	383	439	87	64	65	98	-400	-394	111
	下フランジ応力	-390	-476	82	-68	-70	97	415	427	97
	たわみ	-2.32	-1.89	122.8	-0.33	-0.28	117.9	1.78	1.68	106.0

載荷区分 測定位置		G-4載荷			G-5載荷		
		実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比
G-1	上フランジ応力	-68	-53	/	242	278	87
	下フランジ応力	47.5	63	/	-276	-329	84
	たわみ	0.16	0.35	/	-2.18	-1.89	115.3
G-2	上フランジ応力	-242	-334	73	37	45	82
	下フランジ応力	294	364	81	-52	-49	106
	たわみ	1.67	1.96	85.2	-0.57	-0.28	/
G-3	上フランジ応力	-546	-648	84	-280	-324	86
	下フランジ応力	577	700	82	295	350	84
	たわみ	3.00	3.43	87.5	1.41	1.68	83.9
G-4	上フランジ応力	-866	-918	94	-814	-918	89
	下フランジ応力	882	1001	88	877	1001	88
	たわみ	4.14	4.34	95.4	4.03	4.34	92.5

測定位置		G - 4 載荷			G - 5 載荷		
		実測値	計算値	実/比	実測値	計算値	実/比
G 5	上フランジ応力	- 924	-1001	97	-1543	-1770	87
	下フランジ応力	945	1085	87	1652	1918	86
	たわみ	4.32	4.34	99.5	7.72	7.70	100.3

測定係数等付 G-5 載荷時応力 たわみ

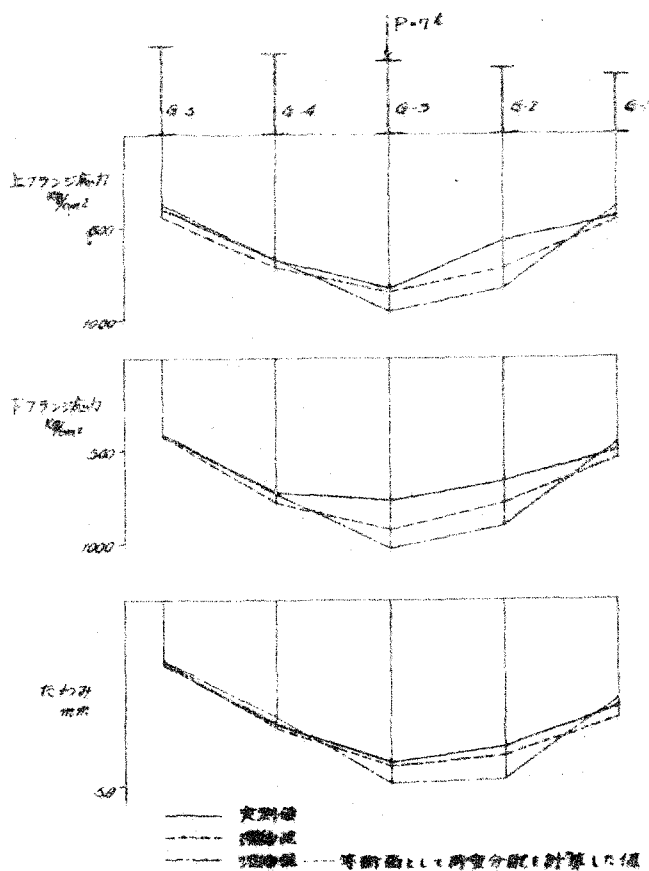


図 - 5

b) 対称弾性支持格子桁

剛支持の場合と同じく、スパン中央に荷重7 ton を載荷した場合の、スパン中央断面主桁応力およびたわみを表-6に示す。

計算値は第5節において述べた方法により計算したものであるが、応力、たわみとも計算値と比較した場合、剛支持格子桁の場合よりもやや良好な結果を示している。G-3載荷の場合の各主桁応力、たわみを図示すれば、図-6のようになる。実測値より荷重分配を逆算すれば、表-7のようになり、応力よりもたわみから求めた荷重分配係数の方が計算値とよく一致しており、また支持桁の弾性を無視したものとの間にかかなりの差異が認められる。

表 - 6

載荷区分 測定位置		G - 1 載荷			G - 2 載荷			G - 3 載荷		
		実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比
G-1	上フランジ応力	-1638	-1909	86	-1150	-1271	90	-620	-727	85
	下フランジ応力	2153	2261	95	1400	1505	93	625	661	73
	たわみ	1337	1309	102.1	93.1	87.5	106.4	482	498	96.8
G-2	上フランジ応力	-709	-1048	68	-808	-868	93	-388	-559	69
	下フランジ応力	1060	1141	93	882	945	93	535	609	88
	たわみ	888	875	101.5	86.1	81.2	106.0	60.2	636	94.7
G-3	上フランジ応力	-290	-305	95	-405	-421	96	-430	-460	93
	下フランジ応力	310	329	94	420	455	92	452	497	91
	たわみ	5.16	4.98	103.6	6.65	6.36	104.6	6.50	6.77	96.0
G-4	上フランジ応力	53	64	83	-273	-199	137	-436	-475	92
	下フランジ応力	-52	-70	74	237	217	109	468	518	90
	たわみ	1.73	1.85	93.5	3.86	3.79	101.8	5.11	5.37	95.2
G-5	上フランジ応力	231	226	102	-178	-207	86	-609	-691	83
	下フランジ応力	-226	-245	92	190	224	85	630	749	84
	たわみ	-1.44	-0.98	146.9	0.91	0.91	100.0	2.92	2.99	97.7

載荷区分 測定位置		G - 4 載荷			G - 5 載荷		
		実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比
G-1	上フランジ応力	-226	-272	83	147	142	104
	下フランジ応力	268	322	83	-168	-168	100
	たわみ	1.95	1.86	104.8	-1.36	-0.98	139
G-2	上フランジ応力	-180	-219	82	69	103	67
	下フランジ応力	231	238	97	-79	-112	71
	たわみ	3.69	3.79	97.4	0.72	0.91	79

表-7 G-3 載荷時の荷重分配係数

		G-1	G-2	G-3	G-4	G-5
実測値	フ ラ ン ジ 応 力	0.2684	0.1389	0.1339	0.1677	0.2910
	た わ み	0.2900	0.1456	0.1220	0.1534	0.2890
計算値	対称弾性支持格子桁	0.2887	0.1482	0.1225	0.1554	0.2852
	(剛支持格子桁)	(0.1854)	(0.1895)	(0.2274)	(0.2351)	(0.1626)

c) 非対称弾性支持格子桁

スパン中央に荷重 7 ton を載荷した場合の、スパン中央断面主桁応力およびたわみを表-8 に示す。前記剛支持、対称弾性支持の場合と同様、計算値と良好な一致を示している。G-3 載荷の場合について、これを図示すると図-7 のようになり、この場合にも前述の計算法による理論値の正しいことを示している。

表-8

測 定 位 置		G-1 載荷			G-2 載荷			G-3 載荷		
		実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比
G-1	上フランジ応力	-1764	-1974	89	-1166	-1300	90	-714	-715	100
	下フランジ応力	2158	2338	92	1376	1540	90	709	847	84
	た わ み	26.72	27.30	98	19.42	19.60	99	12.17	12.39	98
G-2	上フランジ応力	-724	-977	74	-630	-810	78	-368	-546	67
	下フランジ応力	861	1061	81	861	882	98	520	595	87
	た わ み	18.90	19.60	96	16.24	16.17	100	11.93	11.83	101
G-3	上フランジ応力	-200	-234	86	-378	-413	92	-462	-489	95
	下フランジ応力	216	253	85	368	446	82	509	529	96
	た わ み	11.78	12.32	96	11.72	11.90	98	10.54	10.36	102
G-4	上フランジ応力	126	93	135	-273	-213	128	-483	-509	95
	下フランジ応力	-147	-102	144	200	232	86	515	556	93
	た わ み	6.13	5.67	108	6.54	6.58	99	7.32	7.07	103
G-5	上フランジ応力	158	174	91	-220	-215	102	-600	-659	91
	下フランジ応力	-168	-189	89	200	233	86	572	714	94
	た わ み	-1.36	-0.77	/	1.06	0.91	117	3.38	2.87	118

測 定 位 置		G - 4 載 荷			G - 5 載 荷		
		実測値	計算値	実/計比	実測値	計算値	実/計比
G-1	上フランジ応力	- 205	- 239	86	184	179	103
	下フランジ応力	252	283	89	- 220	- 212	104
	た わ み	5.94	5.67	105	- 1.05	- 0.77	136
G-2	上フランジ応力	- 168	- 222	76	90	89	101
	下フランジ応力	220	242	91	- 74	- 97	76
	た わ み	6.98	6.58	106	0.94	0.91	103
G-3	上フランジ応力	- 347	- 371	94	- 163	- 173	94
	下フランジ応力	357	401	89	200	187	107
	た わ み	7.52	7.07	106	3.13	2.87	109
G-4	上フランジ応力	- 760	- 738	103	- 750	- 796	94
	下フランジ応力	775	805	96	819	868	94
	た わ み	7.37	6.79	108	5.80	5.32	109
G-5	上フランジ応力	-1082	-1221	89	-1500	-1900	79
	下フランジ応力	1187	1323	90	1896	2058	92
	た わ み	5.90	5.32	111	9.06	8.26	110

非対称弾性支持橋子桁 G-3 載荷時 応力 たわみ

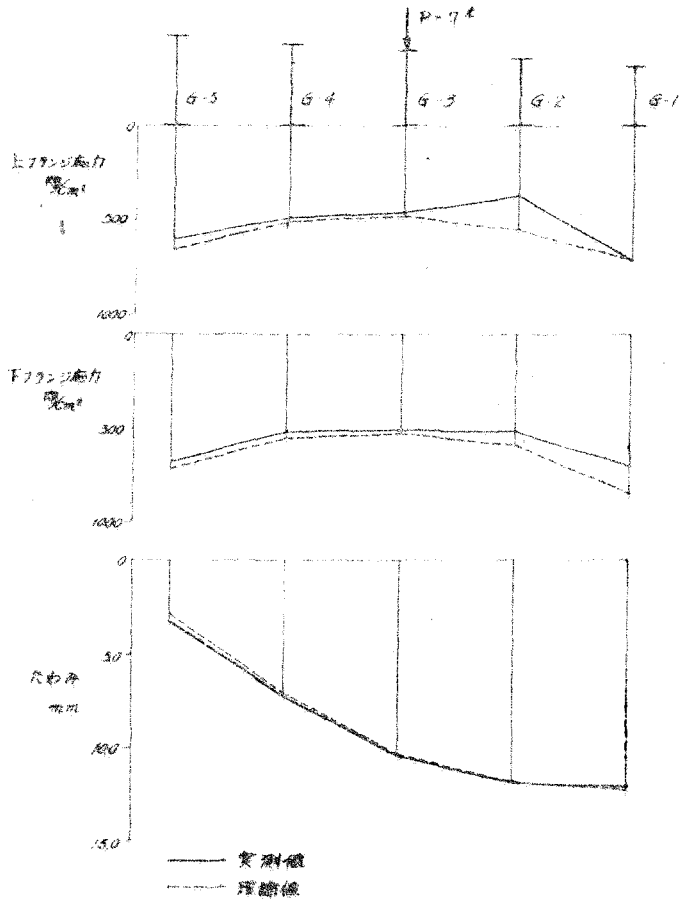


図 - 7

d) 破壊試験

破壊試験は2回に分けて行つた。すなわち、第1回としてG-1スパン中央に1点載荷で12 ton まで載荷し (G-1は完全に降伏)、荷重を零にもどした後、G-2, G-4の各スパン中央に2点同時載荷し、完全に破壊するまで載荷した。この場合の最終荷重はおののの載荷点について、 $P=18 \text{ ton}$ であつた。

第一回の破壊試験において、G-1の計算降伏荷重は

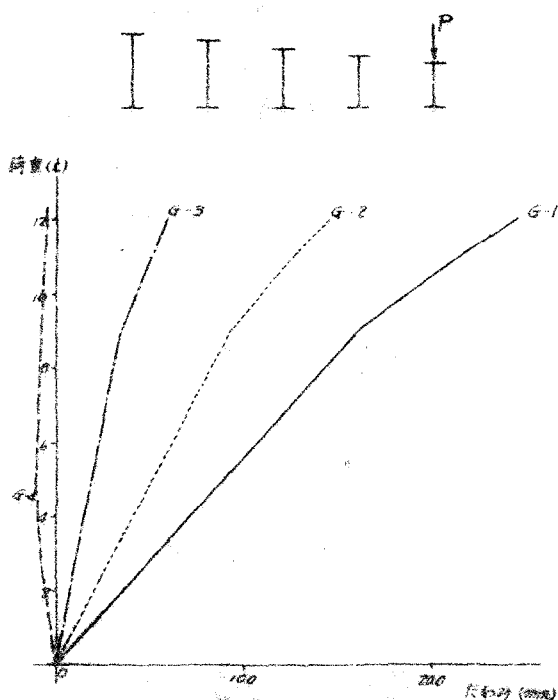
$$P = (\text{フランジの材料降伏点}) / (1 \text{ ton 荷重時応力})$$

$$= 3110 / 287 = 10.8 \text{ ton}$$

であるが、実際には 8 ton から 9 ton の間で下フランジが降伏した。(図-8 参照)

図-8

破壊試験 G-1 荷重時荷重たわみ曲線

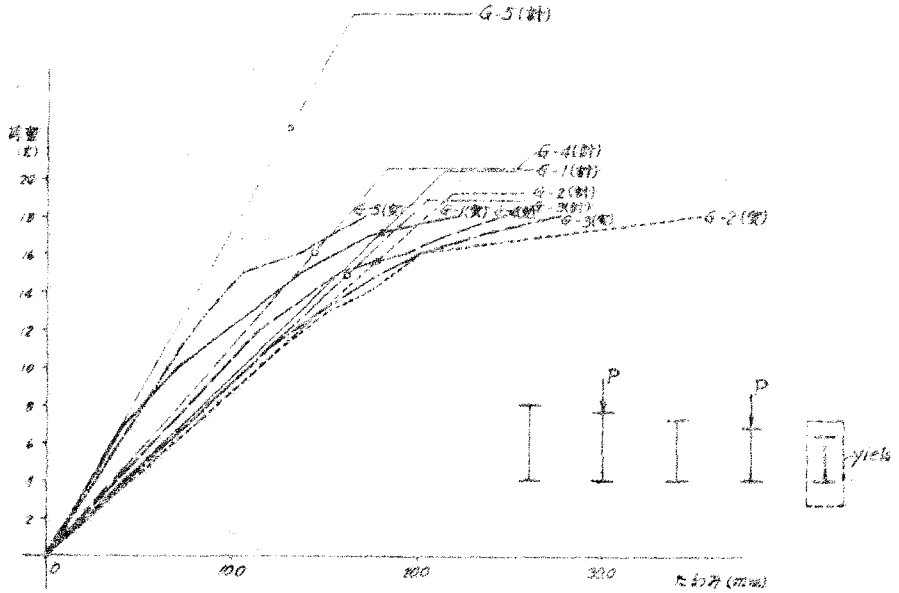


この差を生じた原因として考えられることは、降伏がフランジの横挫屈を伴ったので、フランジの応力分布にアンバランスを生じ、フランジの片側が早く降伏点に達したためと思われる。

第2回の破壊試験においては、G-1においては8.5 ton までたわみは直線的に変化し、計算値より少なく、8.5 ton 以上で急激に増大している。(図-9 参照) G-2, G-3のたわみは計算値と一致しており、13 ton でG-2が降伏点に達した。G-4, G-5は、G-1破壊の影響を大きく受け、たわみが計算値より大きい。G-2が13 ton で

図 - 9

破壊試験 G-2, G-4 激荷時 桁梁たわみ曲線

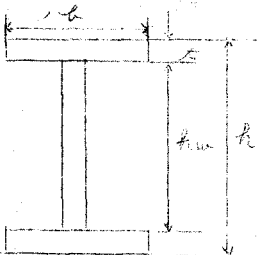


降伏した後 G-4 は 15 ton 附近で降伏した。

次に各桁の破壊荷重について理論値との比較を行つてみる。格子作用なき場合、各主桁がスパン中央の集中荷重によつて崩壊するときの荷重 P を求めると表-9 のようになる。

表 - 9

主 桁	b	t	h_w	Z	f	$M_p(t \cdot cm)$	$P_p(t)$	$\sigma_F(t/cm^2)$
G - 1	8.4 cm	1.4 cm	15.2 cm	252.98 cm^3	1.189	786.77	8.681	3.11
G - 2	7.2	0.8	18.0	189.29	1.233	628.44	6.934	3.32
G - 3	5.9	0.8	20.0	198.18	1.268	657.96	7.260	3.32
G - 4	5.3	1.0	22.0	242.90	1.273	808.86	8.925	3.33
G - 5	5.4	1.0	24.0	304.00	1.254	1012.32	11.170	3.33



塑性断面係数

$$Z = bt(h_w + t) + \frac{1}{4} W \cdot h^2 w$$

第一回の試験でG-1のスパン中央の1点載荷で12 ton で破壊したとみると(図-8 参照)、そのときの計算値は次のようである。前記剛支持格子桁の荷重分布係数 $q_{11}=0.6733$ と、G-1桁の $P_p=8.68/\text{ton}$ より、理論的破壊荷重

$$P_{B1}=8.681 \text{ t} + 0.6733 = 12.893$$

を得る。従つて計算値と実験値は破壊時にはほぼ一致する。

次に第2回の試験で、G-1主桁が破壊していることを無視して、前記同様の理論値を求めると、次のようになる。

$$q_{22} + q_{24} = 0.3623 \quad P_{B2}=6.934/0.3623=19.139$$

$$q_{32} + q_{34} = 0.3860 \quad P_{B3}=7.260/0.3860=18.808$$

$$q_{42} + q_{44} = 0.4354 \quad P_{B4}=8.925/0.4354=20.498$$

$$q_{52} + q_{54} = 0.3899 \quad P_{B5}=11.170/0.3899=28.648$$

また各主桁のフランジが降伏点に達する荷重 P_F は

$$P_{F2} = 15.567 \quad P_{F4} = 16.054$$

$$P_{F3} = 14.878 \quad P_{F5} = 22.783$$

である。

図-9において、理論値と実測値を比較すると、G-1が破壊しているにもかかわらず、G-2, G-3は計算値と比較的良好に合っている。G-4, G-5主桁はG-1主桁破壊の影響を受けて、たわみは計算値より多く、降伏、破壊荷重ともに理論値よりも小さい。

格子構造としての全体の耐荷力を考えた場合、G-1の破壊による影響は比較的小さく、完全格子桁の理論と大体において一致しているとみることができる。すなわち、格子における局所的な破壊は、構造全体の安全度にあまり大きな影響を及ぼさないことが改めて確認できたといえよう。

7 む す び

以上、変断面弾性支持格子桁の実験および解析について述べたが、この模型のように主桁の曲げ剛度が橋軸に関して左右対称でない特殊な格子桁においても、部材断面が工断面であるかぎり、ねじり剛性を無視して設計してもなら支障がないと云える。なお本模型桁においては支持梁の剛度を実験の必要上から、極度に小さくとつていたので、実際の橋梁においてこの実験のような支持状態を生ずることは、極めて稀であると考えられる。