

によつてその構造物の寿命  $T$  及び超過確率  $P$  が定まると、図上にて基準年に対する寿命  $t$  が得られる。架設後基準年に達するまでの年数  $t''$  は  $t'' = T - t$  として求まるから、 $\sigma$ ,  $\beta$  及び  $t''$  によつて設計に用うべき許容応力として応力頻度分布上限値  $\sigma_0$  が算出されることになる。

### 8. 結 言

以上述べた保有寿命推算法、許容応力決定法に関してはもちろん多数の実験実測値を必要とし、さらに  $\beta$  の決定には幾多の困難があり、今後の研究にまつところはなほが多い。

また作用応力頻度曲線として上下限有限の Pearson 系第 I 型曲線を用いることには疑義も生ずるが、これを用いることにより安全度等の経年変化の取扱いがいちじるしく簡単になる点、並びに頻度曲線上限付近の微少な頻度の応力が安全度に及ぼす影響のほとんど無視しうる点よりすれば、実用上の価値より十分許容されるものと思う。

一方疲労破壊に対して腐食の影響を無視したが、この点については多数の実験結果にてらして明らかに危険側である。また断面積減少を考える場合は応力集中係数の変化も考えられるが、これらは一応  $\beta$  なる係数値に含ませて補うるものと考えられる。

なお疲労破壊を生じない場合でも、静的変形条件によつて寿命がつきする場合がある。すなわち軟鋼材使用の場合は  $\sigma_0$  が降伏点に一致する場合を考慮に入れる必要がある。また本研究は年単位のものであるが、ある種構造物においてはより適当な期間をとる必要が生

じてくるのはもちろんである。

本研究によつて実際構造物が半永久的な使用期間中にいかなる安全度、従つて寿命の変化を受けるかについて大略の傾向を知りうるとともに、許容応力の決定法、従つてまた安全率の決定法を一層具体性・客観性を帯びてくるものと思う。

本研究は文部省科学試験研究費による研究成果の一部である。また本研究に当たりたえず御指導を賜わり、加えて必要実験資料を御提供下さつた京大小西教授、並びに後藤助教授、及び計算に御協力いただいた関西電力阿河俊夫氏の各位に深謝する次第である。

### 参考文献その他

- 1) 小西一郎：繰返応力による構造物の疲労強度とその寿命について、土木学会論文集第 4 号，昭 24.
- 2) 池田哲夫：土木学会誌 Vol. 40, No. 5, 昭 30.5.
- 3) 上記 1) あるいは日本材料試験協会疲労委員会金属の疲労強度と安全設計，昭 29.
- 4) 佐藤良一郎：数理統計学，培風館，昭 26.
- 5)  $\beta$  の元は  $[L/T]$  である。
- 6) 土木学会第 11 回年次学術講演会講演概要集，p. 62 ただし  $P$  はこの場合非超過確率としておく。
- 7) 上記 3) p. 122
- 8) 小西一郎・西村 昭：突合せ溶接継手の許容応力について，土木学会誌，Vol. 37, No. 2, 昭 27.2
- 9) A.M. Freudenthal: Planning and Interpretation of Fatigue Tests, ASTM, S.T.P. No 121, p. 6, 1952

(昭.30.6.13)

## スラブ止め格子模型桁の実験的研究

正員 工学博士 成 岡 昌 夫\*  
 正員 大 村 裕\*\*  
 正員 伊 藤 敏 一\*\*\*

### EXPERIMENTAL STUDY ON MODEL GRILLAGE BEAM BRIDGE WITH SLAB CLAMP CONNECTION

(JSCE Dec. 1955)

Dr. Eng. Masao Naruoka, C.E. Member, Hiroshi Ōmura, C.E. Member, and Kōichi Itō, C.E. Member

**Synopsis** The stress and deflection of the model grillage beam bridge with slab clamp connection were measured. This model bridge consists of five main beams, one load distributing cross beam and slab which is connected to steel girder by slab clamp usually used. The result of experimental study shows that the measured stress and

\* 京都大学教授，工学研究所

\*\* 神戸大学助教授，工学部土木工学教室

\*\*\* 新三菱重工業 K K，神戸造船所技師，造船部鉄構設計課

deflection differ considerably from the theoretical values which is calculated by assuming that the beam is either perfectly composite or non-composite. The measured values, however, coincide with the theoretical values calculated by the theory of imperfect composite beam. Applying the load to the second and fourth beam simultaneously, the ultimate load was 70% of that of model composite beam bridge and 125% of that of model non-composite beam bridge.

**要旨** 主桁5本（スパン3m）をそのスパン中央で荷重分布横桁で結んだ鋼格子桁とモルタルスラブとを、普通用いられているスラブ止めで結合し、このようなスラブ止め格子模型桁の載荷実験を行い、応力およびタワミの状態について考察したものである。

**1. 緒言**

わが国の合成桁構造の歴史は日が浅く、スパンも約30mまでであり、なお単純バリにのみ使用されている。また、わが国では、負の曲げモーメントに対する合成の処置が、現在のところでは実施されていないので、ゲルバー桁橋の定着部あるいは連続桁橋に対しては、合成桁構造の実例がない。単純桁橋構造で合成桁構造としない場合、あるいは負の曲げモーメントを受ける区間の存在する桁橋構造の場合、従来は鋼桁を並列し、鋼桁とスラブはスラブ止めでとめるのが通例であるが、この際、スラブ止め格子桁の採用が考えられる。

わが国でも最近における格子桁の実験的研究により、両端単純支持構造の合成格子桁が各地に架設されるようになったが、スパンの大きい場合は合成桁構造とせず、スラブ止めによる准合成作用をねらう場合もあるようである。

スラブ止めによる鋼桁とスラブの結合は、完全合成

と完全非合成の中間にあり、桁構造の耐荷力の問題において、おもしろい問題を提示する。

以上の考えから、両端単純支持で、主桁5本横桁1本の鋼格子桁にスラブ止めでスラブを結合した場合について、各断面が主として正の曲げモーメントを受けるような載荷状態で実験を行い、応力およびタワミの状態および耐荷力をしらべたものである。

**2. 実験用スラブ止め格子桁の概要<sup>1)</sup>**

鋼桁: 主桁 2-P1 50×8, 1-P1 120×6,  $I=479.6\text{ cm}^4$

横桁 2-P1 50×8, 1-P1 80×6,  $I=180.5\text{ cm}^4$

スラブ: 厚さ 4 cm, モルタルスラブ

図-2 スラブ止め

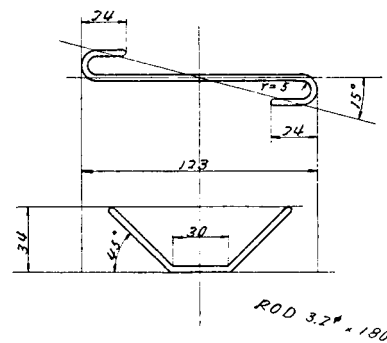
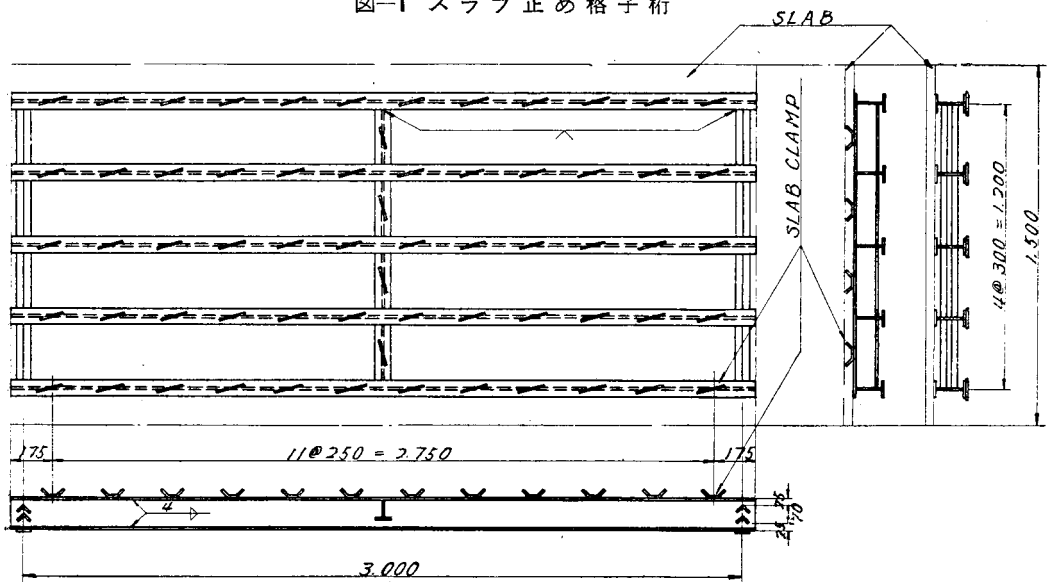


図-1 スラブ止め格子桁



もし完全に合成されていると考える場合、フランジの有効幅を、主桁、横桁ともに 30 cm (主桁間隔) とすると、 $I=1\ 037.4\text{ cm}^4$ ,  $482\text{ cm}^4$  となる。

実験格子桁の概要を図-1 に示す。また鋼桁とスラブを結合するスラブ止めは、普通の橋梁工事に使用するものと同一の形をしており、詳細は図-2 のようである。

この実験格子桁の横分布数は次のようである<sup>2)</sup>。

q	区分		q	区分	
	完全合成	非合成		完全合成	非合成
$q_{aa}$	0.630	0.635	$q_{ab}$	0.384	0.380
$q_{ba}$	0.384	0.380	$q_{bb}$	0.312	0.315
$q_{ca}$	0.170	0.163	$q_{cb}$	0.213	0.215
$q_{aa}$	-0.011	-0.012	$q_{ab}$	0.102	0.102
$q_{ca}$	-0.173	-0.166	$q_{cb}$	-0.011	-0.012
$q_{ac}$	0.170	0.163			
$q_{bc}$	0.213	0.215			
$q_{cc}$	0.235	0.244			

3. 単独および同時載荷実験

実験格子桁の A, B, C 桁の  $l/2$  断面に、それぞれ圧力計の読みで  $p=20\text{ kg/cm}^2$  ( $P=4.735\text{ t}$ ) をかけたときの、 $l/2$  断面の応力、タワミの実測値を、表-1, 2 に示す。 $\sigma_u, \sigma_o$  は鋼桁下(上)フランジ内側表面の応力を、 $\sigma_c$  はスラブ表面の応力を示す。この場合の  $l/4$  断面の実測値および  $l/4$  断面に載荷した場合の  $l/4, l/2, 3l/4$  断面の実測値は紙数の都合で省略する<sup>3)</sup>。

この場合、A 桁、 $l/2$  断面に  $p=20\text{ kg/cm}^2$  をかけると、A 桁の下フランジの上面の応力は、計算上、 $2\ 823\text{ kg/cm}^2$  (非合成),  $2\ 035\text{ kg/cm}^2$  (合成) となるのに対し、実測によれば  $1\ 890\text{ kg/cm}^2$  しか生じていないことがたしかめられたので、以下各桁ともこの  $p=20\text{ kg/cm}^2$  の一定値にきめたものである。

また B, D 桁の  $l/2$  断面に  $p=20\text{ kg/cm}^2$  を同時に載荷した場合の応力、タワミの実測値を、表-3 に示

表-1 スラブ止め格子桁の  $l/2$  断面の応力測定結果 (単位: 応力  $\text{kg/cm}^2$ , 比 %)

載荷断面		A 桁, $l/2$ 断面								
桁		A			B			C		
区分		$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$
実測値		1890	-1330	-112	1100	-710	-71	515	-340	-32
計算値		2085	-502	-154	1270	-306	-94	562	-135	-41
非合成		2823	-2823		1689	-1689		726	-726	
応力比		91	264	73	87	232	76	92	252	78
非合成		67	47		65	42		71	47	
載荷断面		B 桁, $l/2$ 断面								
桁		A			B			C		
区分		$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$
実測値		890	-830	-68	920	-615	-65	600	-402	-34
計算値		1271	-306	-94	1034	-249	-76	705	-169	-52
非合成		1690	-1690		1398	-1398		957	-957	
応力比		70	272	72	89	247	85	85	238	65
非合成		53	49		66	44		63	42	
載荷断面		C 桁, $l/2$ 断面								
桁		A			B			C		
区分		$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$
実測値		445	-264	-34	630	-325	-36	660	-259	-47
計算値		562	-135	-41	705	-170	-52	777	-187	-57
非合成		726	-726		957	-957		1075	-1075	
応力比		79	195	83	90	191	69	85	139	82
非合成		61	36		66	34		61	24	

表-2 スラブ止め格子桁の  $l/2$  断面のタワミの測定結果 (単位: タワミ mm, 比 %)

載荷断面		A 桁, $l/2$ 断面					B 桁, $l/2$ 断面					C 桁, $l/2$ 断面		
桁		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C
実測値		10.02	6.28	3.36	-0.25	-2.94	6.15	5.21	3.60	1.59	-0.12	2.67	3.27	3.65
計算値		7.67	4.69	2.08	-0.14	-2.13	4.69	3.84	2.60	1.23	-0.14	2.08	2.60	2.89
非合成		16.87	10.09	4.31	-0.33	-4.45	10.09	8.33	5.68	2.70	-0.33	4.31	5.68	6.39
タワミ比		130	134	161	178	138	131	136	138	129	86	128	126	126
非合成		59	62	78	76	66	61	63	63	59	36	62	58	67

表-3 スラブ止め格子桁の B, D 桁のスパン, 中央に載荷した場合の応力, タワミの測定結果  
(単位: 応力 kg/cm<sup>2</sup>, タワミ mm, 比 %)

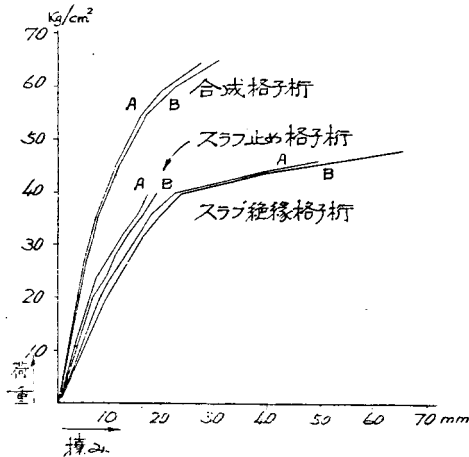
応力	断面		l/2 断面																				
	桁		A			B			C														
	区	分	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$												
実測値	計算値	応力比	合成	970	-478	-64	1200	-675	-78	1185	-790	-63											
			非合成	1236	-298	-91	1370	-330	-101	1410	-338	-104											
			合成	1633	-1633		1849	-1849		1914	-1914												
			非合成	79	160	70	88	204	77	84	234	61											
力	断面	桁	区	分	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$										
														合成	585	-369	-27	682	-460	-33	690	-413	-31
														非合成	618	-149	-88	681	-165	-50	704	-170	-52
														合成	817	-817		925	-925		956	-956	
タワミ	断面	桁	区	分	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$										
														合成	95	247	31	100	278	66	98	242	60
														非合成	72	45		74	50		72	43	
														合成	6.05	6.65	6.84	4.35	4.71	4.69			
タワミ	断面	桁	区	分	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$										
														非合成	4.55	5.07	5.20	3.21	3.50	3.60			
														合成	9.71	11.03	11.36	6.67	7.58	7.86			
														非合成	133	131	131	135	134	130			
タワミ	断面	桁	区	分	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$										
														合成	62	60	60	-65	62	60			
														非合成									
														合成									

す。

4. 破壊実験

B, D 桁の l/2 断面に  $p=20 \text{ kg/cm}^2$  を同時に載荷して, 上記の測定を行い, ついで荷重を順次あげて,  $p=50 \text{ kg/cm}^2$  で, モルタルスラブより破壊した。またこの場合の荷重-タワミ曲線の図を, 合成格子桁, スラブ絶縁格子桁の同じ載荷状態の値とともに 図-3 に示す。

図-3 荷重-タワミ曲線



5. 実験結果の考察

$p=20 \text{ kg/cm}^2$  における, 単独載荷および同時載荷の場合の応力比, タワミ比の平均値を表-4 に示す。

表-4 応力比, タワミ比の平均値

区 分	応 力 比						タワミ比	
	単独載荷			同時載荷			単独載荷	同時載荷
	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$		
合成作用を考慮する場合	91	206	76	90	227	67	135	132
合成作用を考慮しない場合	68	37		67	42		63	62

A 桁, l/2 断面の載荷状態における, 荷重直下の  $\sigma_u$  が最も大きく, 約  $2000 \text{ kg/cm}^2$  であつて, このような応力状態に対しても,  $\sigma_u$  の実測応力は計算応力を決して超過せず, 全般的にみて,  $\sigma_u$  は合成作用を考慮した場合の 90% 程度である。すなわち, 相当高い応力状態に対しても,  $\sigma_u$  については合成作用を期待できよう。しかし, 合成格子桁における  $\sigma_u$  の応力比の平均値が, 実験の結果 83% 程度であることから考えると, 表-4 に示す応力比 90% はやや高く, スラブ止め格子桁における  $\sigma_u$  の計算値は, 表-1.3 の合成作用を考慮した場合の計算値の 10% 増しくらいが適当であろうと思われる。

また  $\sigma_o$  については, もちろん合成作用が認められないが, 非合成と考えた場合の 40% 程度である。し

かこの 40% の値は、模型桁における応力比の正しいと思われる値に比較して低すぎるので、 $\sigma_0$ についても、応力比が 80% くらいになる計算値が望ましい。

タワミ比についても、この好ましいと思われる値が 90% であることから考えて、スラブ止め格子桁は完全合成と非合成との中間にあるものといえよう。

以上  $p=20 \text{ kg/cm}^2$  の載荷状態について示したが、 $p=10, 15 \text{ kg/cm}^2$  についても、同様なことがいえる。

次に B, D 桁の  $l/2$  断面に同時載荷で、 $p=50 \text{ kg/cm}^2$  の破壊荷重の値を得たが、全く同一断面で合成構造とした場合の同様の載荷状態のもとの破壊荷重  $p=70 \text{ kg/cm}^2$  に比較すると、上記の値は約 70% にあたる。しかし、スラブと鋼桁とを完全に絶縁した場合の、全く同一断面の格子桁の、同一荷重状態での極限荷重  $p=40 \text{ kg/cm}^2$  に比較すると、やはりスラブ止めの効果がわかる。

### 6. 不完全合成桁構造理論の適用

上記のように、スラブ止め格子桁は、すべての点で合成格子桁とスラブ絶縁格子桁との中間にあり、准合成とはいへ、いかなる程度の不完全合成の状態にあるか、用いた Slab clamp の形、大きさ、間隔に対しても、決して全般的に論ずることはできなくても、究明を要するといえよう。

この不完全合成桁理論は、N.M. Newmark が、flexible なジベルを用いた合成桁の解析のために提唱したものであるが、ここでは、スラブ止め桁の解析に用いてみよう。

この理論は次のようである。まず次のような 4 つの仮定を設ける。

仮定 1) スラブと鋼桁との間の Shear connection は、桁の全長にそつて、連続的である。

2) Shear connection によつて許されるズレの量は荷重に比例する。

3) スラブ、鋼桁の深さにそつてヒズミの分布は、直線的である。

4) スラブ、鋼桁は常に、あらゆる点において、同一量だけタワむ。

なお次の記号を用いることにする。

記号  $s, b$  をもつて、それぞれ、スラブ、鋼桁を表わすこととする。

A: 断面積, E: ヤング係数, I: 断面 2 次モーメント, Z: スラブと鋼桁との重心間の距離, F: スラブおよび鋼桁の重心に作用する力,  $y_b, y_s$ : 鋼桁およびスラブの重心よりの距離, P: 集中荷重, u: 荷重の作用点の左支点よりの距離, x: タワミおよびヒズミを求めようとする断面の左支点よりの距離, l: スパ

ン, M: 曲げモーメント

以上のような記号および仮定を用いると、タワミおよびヒズミは、次のようになる。

$$v = -\frac{Pl^3}{EI} \left(1 - \frac{u}{l}\right) \frac{x}{l} \left\{ \frac{1}{6} \left[ 2 \frac{u}{l} - \left(\frac{u}{l}\right)^2 - \left(\frac{x}{l}\right)^3 \right] + \frac{\overline{EA}z^2}{\Sigma EI} \frac{c}{\pi^2} \frac{F}{F'} \right\}$$

$$\epsilon_s = \left[ \frac{y_s}{\Sigma EI} - \frac{F}{F'} \frac{\overline{EA}z}{EI} \left( \frac{y_s z}{\Sigma EI} + \frac{1}{E_s A_s} \right) \right] M$$

$$\epsilon_b = \left[ \frac{y_b}{\Sigma EI} - \frac{F}{F'} \frac{\overline{EA}z}{EI} \left( \frac{y_b z}{\Sigma EI} - \frac{1}{E_b A_b} \right) \right] M$$

ただし、

$$c = (s/k) (\pi^2 \overline{EA} \Sigma EI / l^2 \overline{EI}),$$

$$\Sigma EI = E_s I_s + E_b I_b, \quad \overline{EI} = \Sigma EI + \overline{EA} \cdot z^2$$

$$\times (1/\overline{EA}) = (1/E_s A_s) + (1/E_b A_b)$$

$$F = \frac{\overline{EA}z}{EI} Pl \left\{ \left(1 - \frac{u}{l}\right) \frac{x}{l} - \frac{1}{\pi} \frac{c}{\sqrt{c}} \right.$$

$$\left. \times \frac{\sinh \left\{ \frac{\pi}{\sqrt{c}} \left(1 - \frac{u}{l}\right) \right\}}{\sinh \frac{\pi}{\sqrt{c}}} \sinh \left( \frac{\pi}{\sqrt{c}} \frac{x}{l} \right) \right\}$$

$$F' = F_{c=0} = (\overline{EA}z/\overline{EI}) M$$

であつて、 $s$  は shear connection の間隔、 $k$  は modulus of shear connection である。

上式中  $c$  は、 $c=0$  が完全合成、 $c=\infty$  が非合成の場合にあたる。

上式において、 $u=l/2, x=l/2$  とすると、中央に集中荷重載荷の場合の、中央断面のタワミ、応力が得られる。このような載荷状態に対して、 $f(c) = \pi/2\sqrt{c}$  の種々の値に対する、桁のスパン中央断面のタワミ、上、下フランジ内側表面およびスラブの両面のヒズミを求めると、表-5 のようである。

さて、この理論の適用にあつては、 $c$  の値が必要である。 $c$  の値は、スラブ止めのズレの実験を行つて、決められる。しかしこの格子桁の実験では、別にスラブ止めの実験を実施しなかつたので、次のようにすることにした。

さて  $p=20 \text{ kg/cm}^2$  ( $P=4.735 \text{ t}$ ) が A 桁、 $l/2$  に作用する場合を例にとつて検討しよう。

鋼格子桁 (非合成) の場合の  $q_{aa}=63.5\%$ 、合成格子桁の場合の  $q_{aa}=63.0\%$  であるから、どちらと仮定しても、A 桁には  $4.735 \times 0.63 \approx 2.98 \text{ t}$  が作用することになる。

スラブ止め単独桁の実験およびスラブ止めのズレの実験を別に行わなかつたので、タワミの値より  $f(c)$  を推定することにする。

われわれの経験によれば、タワミ比は、模型桁の実

表一5 荷重  $P=1000\text{ kg}$  がスパン中央に載荷された場合の、中央断面のヒズミおよびタワミ

$\pi/2\sqrt{c}$	c	タワミ	鋼桁のヒズミ		スラブのヒズミ	
			下フランジ上面	上フランジ下面	スラブ裏面	スラブ表面
0	∞	5.580 mm	$446.4 \times 10^{-6}$	$-446.4 \times 10^{-6}$		
1.0	2.467 40	4.617	412.2	-347.1	$85.3 \times 10^{-6}$	$-167.8 \times 10^{-6}$
2.0	1.233 70	3.714	388.5	-247.0	16.3	-195.6
3.0	0.822 47	3.255	375.8	-193.2	-20.8	-210.5
4.0	0.616 85	3.028	368.9	-163.9	-41.0	-218.6
5.0	0.493 48	2.905	364.7	-146.1	-53.3	-223.6
6.0	0.411 23	2.831	361.9	-134.2	-61.5	-226.9
7.0	0.352 49	2.784	359.8	-125.6	-67.4	-229.2
8.0	0.308 43	2.752	358.3	-118.9	-72.1	-231.1
9.0	0.274 16	2.730	357.2	-114.3	-75.2	-232.4
10.0	0.246 74	2.714	356.2	-110.3	-78.0	-233.5
∞	0	2.582	332.8	-80.2	-107.8	-245.5

験では 90% 程度が好ましいと考えられるので、荷重 A 桁、 $l/2$  断面の A 桁のタワミの実測値 10.02 mm (表一2 参照) を利用して、理論値を  $10.02/0.90=11.13$  mm と考える。表一5 の値を 2.98 倍して、比較すると、上記のタワミの値は、 $f(c) \div 2.0$  の場合に相当することがわかる。

従つて、 $p=20\text{ kg/cm}^2$  が A 桁、 $l/2$  断面に作用する場合の A 桁、 $l/2$  断面の応力は、表一5 の  $f(c)=2.0$  のヒズミの値を 2.98 倍し、さらに弾性係数 ( $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  および  $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ) を乗じて、不完全合成桁としての応力の理論値が次のように得られる。

$\sigma_u=2430 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_o=-1550 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_c=-122 \text{ kg/cm}^2$ , この不完全合成桁としての計算値を、他の値とともに比較すると、表一6 のようである。

表一6 荷重が A 桁、 $l/2$  断面に作用する場合の A 桁  $l/2$  断面の応力 ( $\text{kg/cm}^2$ ) および応力比 (%)

区 分	$\sigma_u$	$\sigma_o$	$\sigma_c$
実 測 値	1890	-1330	-112
合 成	2085	-502	-154
計算値 { 不完全合成	2430	-1550	-122
非 合 成	2823	-2823	
合 成	91	264	73
応力比 { 不完全合成	78	85	92
非 合 成	67	47	

従つて、 $\sigma_u, \sigma_o$  および  $\sigma_c$  とともに、応力比はきわめて好ましい値をとり、実測値、計算値が決して誤まつた値でなかつたことがわかる。他の実測値についても、同様な結果が得られる。

鋼桁とスラブをスラブ止めで連結したいわゆるスラブ止め桁に対して、われわれは従来スラブを完全に絶縁した桁の計算法をとつているが、これでは応力あるいはタワミの状態を把握することができない。

7. 破壊荷重に対する検討

B, D 桁の  $l/2$  断面に同時に載荷して、 $p=50 \text{ kg/cm}^2$

で、モルタルスラブより破壊した。この際の状況は、上述のものよりみれば、普通の合成桁の破壊の場合と、全く同様であつた。

完全合成格子桁としての横分布数は、 $q_{bb}=0.312$ ,  $q_{bd}=0.102$ , 非合成格子桁としてのそれは、それぞれ 0.315, 0.102 であるから、B, D 桁  $l/2$  断面に同時に載荷した場合の、載荷断面の曲げモーメントは、 $(0.312+0.102)Pl/4$  あるいは  $(0.315+0.102)Pl/4$  となる。すなわち、いずれにしても  $0.104 Pl$  となる。破壊荷重  $p=50 \text{ kg/cm}^2$  ( $P=11.84 \text{ t}$ ) をこの値に代入すると、スパン中央の断面の曲げモーメントは  $3.66 \text{ t-m}$  となる。これが実測より与えられた曲げモーメントの値である。

これに対して抵抗モーメントの理論値を塑性理論より計算すれば、次のようになる。この計算に対して、スラブ止め桁の精密実験のデータがないので、次のように考える。すなわち、合成格子桁では、スラブの断面は、すべて圧縮に抵抗して、モルタルの破壊強度に等しくなるものとする。また全然非合成の場合は、スラブはなんら耐荷力に寄与しない。不完全合成—スラブ止めによる結合—の場合は、この中間であつて、この桁では  $f(c) \div 2.0$  の値を得ている。この状態では、 $p=20 \text{ kg/cm}^2$  では、中立軸はスラブ表面より、3.7 cm のところにあるが、荷重をあげてゆくとともに、中立軸が漸次あがるのが考えられるので、極限の状態においては、中立軸がスラブの中央にくるものとする。この場合、モルタルの破壊強度を  $244 \text{ kg/cm}^2$  (供試体の実験より)、鋼材の降伏点を  $2900 \text{ kg/cm}^2$  (鋼材の引張試験より) とすれば、抵抗モーメントは、 $3.24 \text{ t-m}$  となる。

すなわち実測モーメント  $3.66 \text{ t-m}$  に対して、理論抵抗モーメントとして、 $3.24 \text{ t-m}$  を得ている。この値の比をとると、113% となる。この値は、橋教授の実施された合成桁の実験における 115% および著者の行

つた同様な実験における 121%などと比較して、おおむね妥当であろう。

なお完全に合成すれば、理論抵抗モーメントの理論値は 4.2 t-m スラブを絶縁すれば 2.4 t-m となる。

## 8. 結 論

一般に橋梁構造に多く用いられているスラブ止めによつて、鋼格子桁とスラブを結合した構造模型に対して、載荷試験を行い、応力、タワミを実測した。実測値は、合成構造と考えた場合と非合成と考えた場合の中間値をとることが明らかになつたので、不完全合成桁構造の理論を適用し、実測値を理論値に近づけることができた。

また 5 本の主桁のうちの第 2, 4 の中間桁に同時に載荷した場合の耐荷力も完全合成桁との中間にくることを明らかにし、この耐荷力を、適当に設けた仮定によつて、理論値と比較し、ほぼ一致することを知り得た。

なおこの研究においては、スラブ止めのズレの研究、スラブ止め桁の実験的研究を必要とするにかかわ

らず、これを省略したために、格子桁の応力、タワミの状態の研究に不十分なところが多く、解析的にも、上のようにはか行えなかつた。これらについては、別途実験を行い、改めて論じたいと思う。

## 参考文献その他

- 1) この鋼格子桁とスラブとの結合を種々変えた場合、すなわち、合成格子桁、スラブ止め格子桁、スラブ絶縁格子桁の実験および合成桁並列構造（合成格子桁で横桁を欠ぐ）の実験を行つた。これに報告するのは、そのうちの一部である。すべての実験の概報は、成岡・伊藤・大村：“格子桁の実験的研究”(1955)を参照されたい。
- 2) F. Leonhardt : Vereinfachte Trägerrost-berechnung, Stuttgart 1950 による。
- 3) 上記 1) の報告には、すべての載荷状態の実測値を書いてある。
- 4) N.M. Newmark : C.P. Siess and I.M. Viest, Proc. S.E.S.A. Vol. 9 (1951), No. 1, p. 75.

註：なお本文中完全合成格子桁あるいはスラブ絶縁格子桁と称するのは、この“格子桁の実験的研究”に述べられている合成あるいはスラブ絶縁の場合を示すものである。

## 砂層による溶解性物質の除去について

—水中放射性物質除去に関連して—

正員	工学博士	岩	井	重	久*
正員		合	田		健**
准員		神	山	桂	一***
准員		井	上	頼	輝****

## ON THE REMOVAL OF THE DISSOLVED SUBSTANCES BY SAND LAYER.

(JSCE Dec. 1955)

Dr. Eng. Shigehisa Iwai, C.E. Member, Takeshi Gōda, C.E. Member,  
Kōichi Kōyama, C.E. Assoc. Member, Yoriteru Inoue, C.E. Assoc. Member

**Synopsis** As the radioactive contamination of public water and the disposal of radioactive wastes are very important problems, the purifying ability of present water treatment plants must be examined for this wastes. In this paper, the behavior of uniform sand layer removing dissolved substances was analysed physico-chemically, and was verified by experiments with model sand filter, using  $\text{CoCl}_2$  and  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ , in solution. Furthermore, the method to apply the above theory to the removal of radiologically decaying matter was discussed.

**緒言** 公共水の放射能汚染や、放射性廃液の処理は当面の重要問題であり、在来の浄水設備の能力は新しい視野から再検討される必要がある。たとえば濾過についていえば、従来のような物理的の抑留の現象解析

だけでなく、各種電解質、コロイドに対する吸着阻止能力についてくわしく知らねばならない。上述の目的にそい、本研究は砂層における溶液濾過の機構を物理化学的に考察したもので、Co, Sr の塩溶液による実験的検証も行つたが、機械的な阻止能や、生化学的な酸化殺菌の機能とならぶ、濾層の主要浄化機能の一

\* 京都大学教授      \*\* 同助教授  
\*\*\* 同 助手          \*\*\*\* 同大学院学生