

I-4 繰り返し荷重を受ける鋼I桁および合成I桁の疲労と破壊挙動に関する考察

室蘭工業大学工学部 中村作太郎

1. 緒 言

鋼I桁および合成I桁の曲げ疲労に関する研究は、世界各国において種々行なわれるようになり、我が国においても漸く実施されるようになって来た。しかしそれらの研究には、特定の目的による断片的なものが多く、片振れ・面振れによる現象を基礎的に研究した一般的なものは少なく、まだまだ未知・未開発の研究問題が沢山残っている。

著者は橋梁に作用する荷重として、自動車荷重・鉄道車輛荷重のほか、風荷重・地震荷重などの単位サイクル数の異なる動的荷重が載荷された場合をも想定し、片振れおよび面振れの繰り返し荷重を受ける鋼I桁および合成I桁の模型について曲げ疲労試験研究を試み、各種の基礎的現象を見出すことが出来たので、それらを基として各種の問題点などについて考察を行なう。

2. 模 型

鋼I桁の模型は、鋼種SS41よりなるI形の同一断面・寸法のもの5個(No.1, 2, 3, 4, 5)とし、その寸法の詳細およびストレインゲージの貼付位置は、図-1の通りとする。

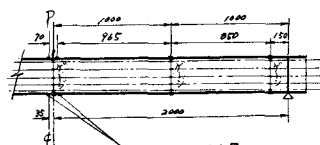
また、合成I桁の模型製作に当っては、出来るだけ鉄筋コンクリート床版の強度を高め、床版の破壊のみならず、鋼I桁の亀裂・崩壊に至るまでの現象と過程の全貌を試験出来るように工夫した。すなわち、鉄筋コンクリート床版の厚さは実物に近く15cmとし、その強度の指定は材齢28日で 400 kg/cm^2 以上としたが、テストピースをとり試験した結果、平均値 430 kg/cm^2 となり満足な強度が得られた。また、合成I桁を構成するに必要な鋼I桁にはSS41を用いたが、材料試験の結果、引張強度の平均値 $4,786 \text{ kg/cm}^2$ となり、充分な強度が示された。

次に合成I桁の製作に当っては、支保工を工夫し合成機能を完全に発揮出来るような死・活荷重合成I桁としての工法をとつた。すなわち、図-2はその死・活荷重合成I桁の模型の寸法の詳細とストレインゲージの貼付位置を示したものであり、これと同一断面・寸法のもの3個(No.1, 2, 3)を全く同一仕様の基で製作した。

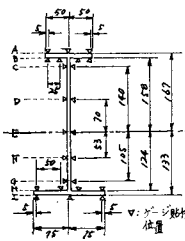
3. 試験装置・測定機器および記録装置

実験に用いた試験装置・測定機器および記録装置を列記すれば次の通りである。

島津製作所製サーボパルサーEHF30型の構造物疲労試験機(面振れ型、動荷重最大能力30t、静荷重最大能力40t)、SM-6K型抵抗線静的歪測定器、DPM-E型抵抗線動的歪測定器、ダイヤルゲージ(精度: $1/100 \text{ mm}$)、ビジグラフFR-301型、ラピコダーRMV-33型電磁オ

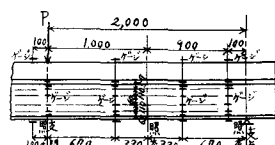


(a) 側面図 (単位: mm)

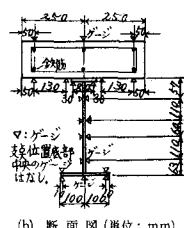


(b) 断面図 (単位: mm)

図-1 鋼I桁模型とストレインゲージ貼付位置



(a) 側面図 (単位: mm)



(b) 断面図 (単位: mm)

図-2 合成I桁模型とストレインゲージ貼付位置

ツシログラフ。

4. 実験方法

(1) 鋼I桁模型の実験²⁾

すでに挙げた島津製作所製の構造物疲労試験機を使用し、鋼I桁模型 No. 1, 2, 3, 4, 5 とともに 1 個ずつ、支間 4.0 m に設定した曲げ試験台の上に載せ、図-1 に示す位置にストレインゲージを貼付完了後、前述の測定機器・記録装置を酷使し、中央1点集中線荷重載荷により、次に示す5種類の実験を行なった。

1) 模型 No. 1 の実験

ほかの4個の模型による繰返し荷重試験の結果と比較吟味する目的で、両端単純支持、中央1点集中線荷重載荷による静荷重試験を行なった。すなわち、荷重は模型が破壊するまで2t ずつ増加し、その都度歪測定器・ダイヤルゲージの測定可能な限り、ひずみ・たわみを測定し、更にそれ以後の荷重増加に対しても変形過程・破壊現象について観測・追求を続けた(破壊荷重: 14t)。

2) 模型 No. 2 の実験

両端固定ヒンジ挾持(上下より取付棒で締め付ける固定方法の支持)の状態、中央1点集中線荷重載荷により、表-1 の通り上限荷重およびサイクル数を種々変えて

表-1 鋼I桁模型 No. 2 の片振れ繰返し荷重試験

荷重種別	載荷量	Repeated Load (t)		Hz (N/sec)	Number of Cycle (N)	Total N. of Cycle (Σ N)
		Max.	Min.			
片振れ	①	1	0.5	4	7×10^4	7×10^4
	②	4	0.5	2	25×10^4	32×10^4
	③	6	0.5	1.5	25×10^4	57×10^4
	④	8	0.5	1	25×10^4	82×10^4
	⑤	10	0.5	0.8	8.4×10^4	90.4×10^4

片振り繰返し荷重試験を行なった(10t—0.8 Hz, 84,000 回にて亀裂進行のため中止)。なお、荷重・周期を変える度に6t までの静荷重載荷試験を行ない、疲労の影響について吟味を加えた。

3) 模型 No. 3 の実験

両端固定ヒンジ挾持の状態、中央1点集中線荷重載荷により、 $1 H_2 - \pm 6t$ (一定)にて両振り繰返し荷重試験を行なった(破壊回数: 163,000)。

4) 模型 No. 4 の実験

両端固定ヒンジ挾持の状態、中央1点集中線荷重載荷により、 $1 H_2 - \pm 4t$ (一定)にて両振り繰返し荷重試験を行なったが、200万回の繰返しによっても破壊しなかったため、模型 No. 1 と比較し疲労の影響を吟味するため、両端単純支持、中央1点集中荷重載荷による静荷重試験も行なった(静的破壊荷重: 13t)。

5) 模型 No. 5 の実験

両端固定ヒンジ挾持の状態、中央1点集中線荷重載荷により、 $1 H_2 - 8t$ にて片振り繰返し荷重試験を行なったが、110万回の繰返しによっても破壊しなかったため、模型 No. 1 と比較し疲労の影響を吟味するため、両端単純支持・中央1点集中線荷重載荷による静荷重試験も行なった(静的破壊荷重: 14t)。

また、模型 No. 3, 4, 5 についても、模型 No. 2 で行なったと同様に、繰返し荷重試験の途中における動的ひずみを測定したほか、繰返し荷重試験の途中において、時々、載荷6t までの静荷重試験を試み、疲労の影響についても吟味追求した。

(2) 合成I桁模型の実験³⁾

上述した島津製作所製の構造物疲労試験機を使用し、合成I桁の模型 No. 1, 2, 3 とともに1個づつ、支間 4.0 m に設定した曲げ試験支持台の上に載せ、図-2 に示す位置にストレインゲージを貼付完了後、先に列記した測定機器・記録装置を酷使し、中央1条集中線荷重載荷により、次に示すような各種の実験を行なった。

1) 模型 No. 1 の実験

模型 No. 1 については、最初両端固定ヒンジ挟持（上下より取付棒で締め付ける固定方法の支持）の状態で、静荷重の最大能力 40 t まで静荷重試験を行ない、次に同一の支持状態のまま、表-2 の通り片振れおよび両振れ繰り返し荷重試験を行なった。

2) 模型 No. 2 の実験

模型 No. 2 については、両端固定ヒンジ挟持の状態で、初めから終りまで両振れ繰り返し荷重試験のみ行なった。すなわち、載荷せる荷重 $P = \pm 20$ t の一定とし、繰り返し単位サイクル数にも、 $1 H_z$ (1 Cy/Sec) の一定値を用い、繰り返し回数 10 万回程度（模型の崩壊回数）まで試験も続行した。

3) 模型 No. 3 の実験

模型 No. 3 については、最初両端単純支持および両端固定ヒンジ挟持の状態で、弾性限度以内における静荷重試験を行なって、支持条件の違いによる差異を追求し、更に両端固定ヒンジ挟持の状態で、表-3 に示す通りの荷重・単位サイクル数および総サイクル数を用いて両振れ繰り返し荷重試験を行なった。

5. 桁の曲げと疲労に関する基本的概念

(1) 桁の弾性曲げ解析

桁の弾性曲げ解析法における Bernoulli - Navier の仮設、Hooke の法則に関する仮定のほか、従来用いられている諸仮定をそのまま用い、次式を採用する。

$$\left. \begin{aligned} \frac{E}{\rho} = \frac{1}{\rho} = \phi, \quad M = \int_A \sigma y dA = EI \phi, \quad \sigma = E \varepsilon = E y \phi, \quad M_y = EI \phi_y = \sigma_y S \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここに、 $0 < \phi < \phi_y$

なお、 ρ ：曲率半径、 ε ：ひずみ、 y ：中立軸からの垂直距離、 E ：弾性係数、 A ：断面積、 I ：断面2次モーメント、 M ：弾性限度以内における曲げモーメント、 M_y ：降伏モーメント、 σ ：弾性限度以内における曲げ応力度、 σ_y ：降伏曲げ応力度、 S ：断面係数、 ϕ ：弾性限度以内における曲率、 ϕ_y ：降伏モーメント時の曲率。

(2) 桁の塑性曲げ解析⁵⁾

荷重が段々増加し、弾塑領域を超過すると最大縁維応力が降伏応力 (σ_y) に到達するようになり、その後は他の外縁においても降伏応力となる。その後は、荷重の増大につれて降伏部分が次第に部材内部へ広がって行き、最後に全断面降伏状態となる。

すなわち、断面はこれ以上の曲げモーメントの増加には抵抗出来なくなり、変形のみが進行する。

表-2 合成I桁模型 No. 1 の片振れおよび両振れ繰り返し荷重試験

荷重種別	載荷順	Repeated Load (t)		Hz (N/sec)	Number of Cycle (N)	Total N. of Cycle (Σ N)
		Max.	Min.			
片 振 れ	①	10	4	5	10×10^4	10×10^4
	②	15	5	4	17×10^4	27×10^4
	③	20	6	3	30×10^4	57×10^4
	④	25	6	2	30×10^4	87×10^4
	⑤	30	6.5	1.5	30×10^4	117×10^4
両 振 れ	⑥	20	-20	0.5	3×10^4	120×10^4
	⑦	30	-30	0.5	0.12×10^4	120.12×10^4

表-3 合成I桁模型 No. 3 の両振れ繰り返し荷重試験

荷重種別	載荷順	Repeated Load (t)		Hz (N/sec)	Number of Cycle (N)	Total N. of Cycle (Σ N)
		Max.	Min.			
両 振 れ	①	10	-10	3	22×10^4	22×10^4
	②	10	-10	1	10.7×10^4	32.7×10^4
	③	10	-10	0.5	5×10^4	37.7×10^4
	④	15	-15	1	7.5×10^4	45.2×10^4

この状態を塑性ヒンジの状態といい、その時の曲げモーメントを全塑性モーメント (M_p) という。

この場合、 M_p は断面形状により一定値を示し、全塑性モーメント M_p は次の形で表わされる。

$$M_p = \sigma_y Z, f = M_p / M_y = Z / S_1, f S_1 = Z \quad (2)$$

ここに、 Z : 塑性断面係数、 S_1 : 普通の弾性断面係数 $= I/y$, f : 形状係数 (断面形状により一定値)、 M_y : 降伏モーメント、 σ_y : 降伏曲げ応力度。

(3) 疲労の基本的概念

構造物が繰り返し応力を受ける場合、静荷重試験による静的極限強さより低い応力でも、繰り返し回数が増えると破壊することが知られている。このように繰り返し応力を受けて抵抗力の低下する現象を疲労といっているが、その応力変化の基本的なものとして、大きさが時間とともに正弦波的に変化する場合が挙げられる。

この種の応力変化を表わすには、最大応力度 (σ_{max})、最小応力度 (σ_{min}) を用いるか、あるいは平均応力度 (σ_m)、応力振幅 (σ_a) を用いることになっている。

その表示方法として、次式がよく用いられる。

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a, \sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_a; \sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min})/2, \sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min})/2 \quad (3)$$

図-3の通り、繰り返し応力の範囲には7種類あるが、狭義では、②、④を片振り応力 ($\sigma_{min} = 0$)、④を両振り応力 ($\sigma_m = 0$) というが、広義では、①、②、⑥、⑦を片振り応力、③~⑤を両振り応力ということが出来る。②、④に示す片振り応力は基本強さともいわれ、④の両振り応力とともに疲れ強さの基本となるものである。

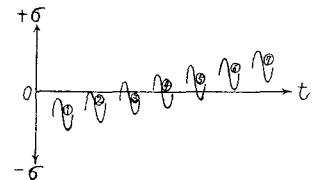


図-3 繰り返し応力の種類

6. 研究成果

(1) 鋼I桁模型の実験

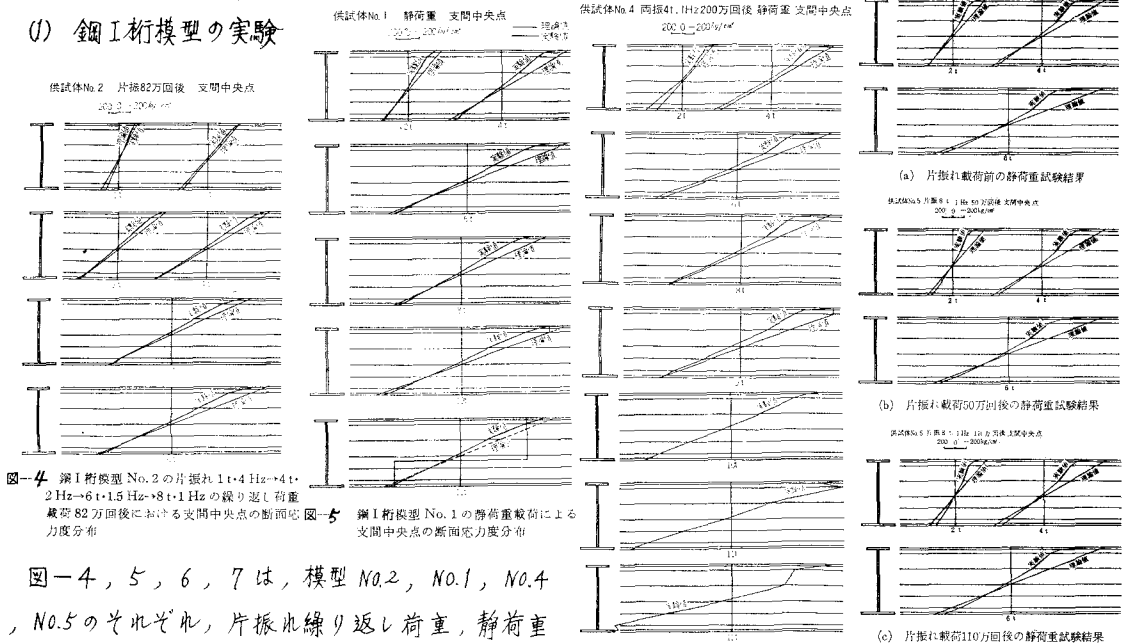


図-4, 5, 6, 7 は、模型 No. 2, No. 1, No. 4, No. 5 のそれぞれ、片振れ繰り返し荷重、静荷重、両振れ繰り返し荷重、片振れ繰り返し荷重による断面応力度分布を示す。

図-8は模型No.1, No.4, No.5の静荷重による荷重-たわみ曲線の比較を示し、図-9, 10, 11は模型No.2, No.4, No.5のそれぞれ、片振れ、両振れ、片振れの繰り返し荷重載荷前、後における静荷重による荷重-たわみ曲線を示す。

図-12, 13, 14は模型No.2, No.4, No.5のそれぞれ、片振れ、両振れ、片振れの繰り返し荷重載荷前、後における上・下縁部の荷重-ひずみ曲線を示し、図-15は模型No.1, No.4, No.5の静荷重による荷重-ひずみ曲線比較を示す。

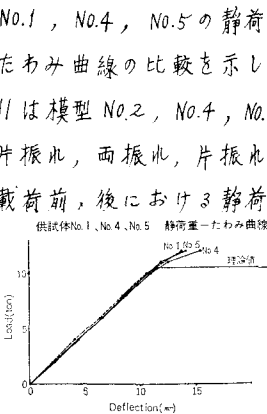


図-8 鋼1桁模型No.1, No.4, No.5の静荷重載荷による支間中央点の荷重-たわみ曲線比較
供試体No.2の繰返し荷重(片振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

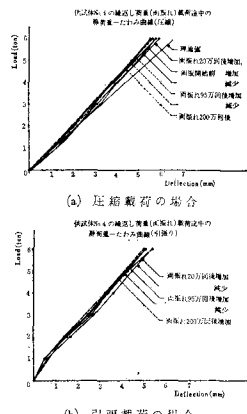


図-9 鋼1桁模型No.2の片振れ繰り返し荷重載荷前、後における支間中央点の荷重-たわみ曲線
供試体No.4の繰返し荷重(両振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

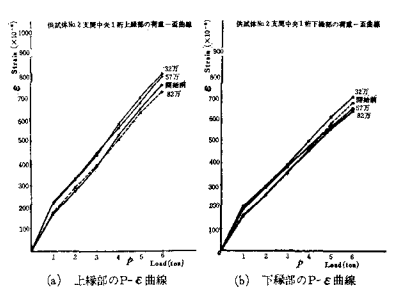


図-10 鋼1桁模型No.4の両振れ繰り返し荷重載荷前、後における支間中央点の荷重-たわみ曲線
供試体No.5の繰返し荷重(片振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

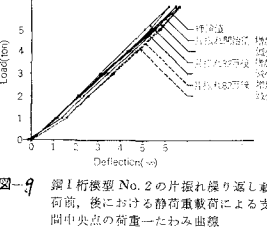


図-11 鋼1桁模型No.5の片振れ繰り返し荷重載荷前、後における支間中央点の荷重-たわみ曲線
供試体No.1の繰返し荷重(両振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

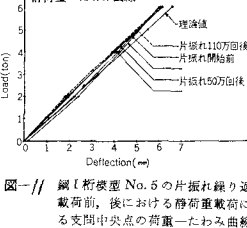


図-12 鋼1桁模型No.2の片振れ繰り返し荷重載荷前、後における支間中央点の荷重-たわみ曲線
供試体No.4の繰返し荷重(両振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

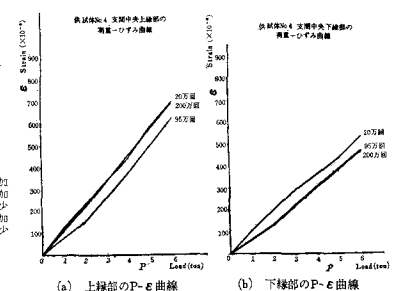


図-13 鋼1桁模型No.4の両振れ繰り返し荷重載荷前、後における支間中央点の荷重-たわみ曲線
供試体No.5の繰返し荷重(片振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

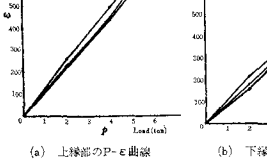


図-14 鋼1桁模型No.5の片振れ繰り返し荷重載荷前、後における支間中央点の荷重-たわみ曲線
供試体No.1の繰返し荷重(両振れ)載荷途中の静荷重-たわみ曲線

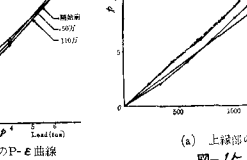


図-15 鋼1桁模型No.1, No.4, No.5の静荷重載荷による支間中央点・下縁部の荷重-ひずみ曲線比較

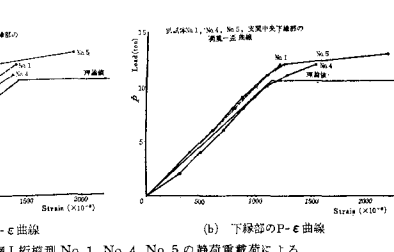


図-16 鋼1桁模型No.1, No.4, No.5の静荷重載荷による支間中央点・下縁部の荷重-ひずみ曲線比較

(2) 合成I桁模型の実験

図-16, 17, 18は、合成I桁模型No.1およびNo.3, No.2, No.3のそれぞれ、静荷重載荷、両振れ繰り返し荷重載荷後の静荷重載荷、両振れ繰り返し荷重載荷途中の静荷重載荷における断面応力分布を示す(No.1:両端単純支持, No.2, 3:両端固定ヒンジ挟持)。

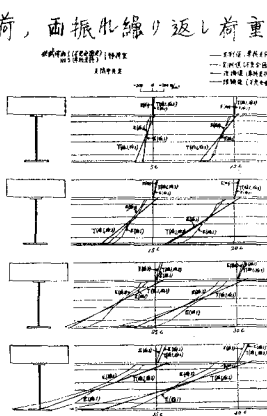


図-16 合成I桁模型No.1, No.3の静荷重載荷時の支間中央点における断面応力分布

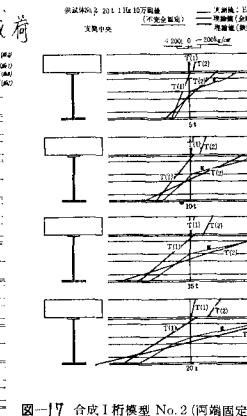


図-17 合成I桁模型No.2(両端固定ヒンジ挟持)の両振れ $\pm 20 \pm 1 \text{ Hz}$ の繰り返し荷重載荷10万回後の静荷重載荷時における断面応力分布(支間中央点の σ_x)

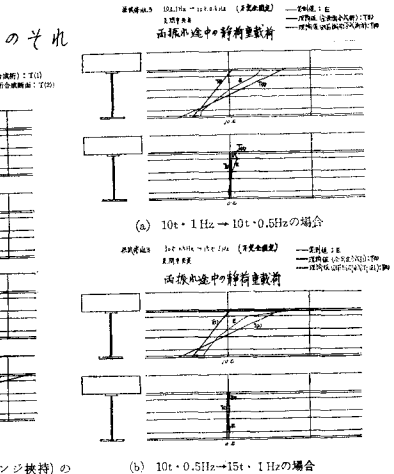


図-18 合成I桁模型No.3(両端固定ヒンジ挟持)の両振れ途中の静荷重載荷時における支間中央点の断面応力分布

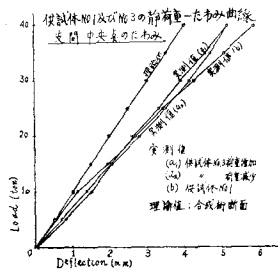


図-19 合成I桁模型 No. 1, No. 3 の静荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点の荷重一たわみ曲線

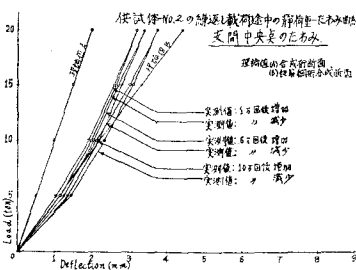


図-20 合成I桁模型 No. 2 の両振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における荷重一たわみ曲線

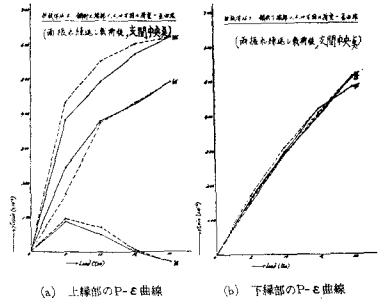


図-21 合成I桁模型 No. 2 の両振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁上・下縁部の荷重一ひずみ曲線

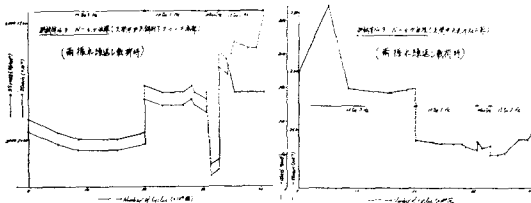


図-22 合成I桁模型 No. 3 の両振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点におけるサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

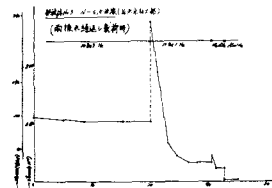


図-23 合成I桁模型 No. 3 の両振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁上・下縁部の荷重一ひずみ (応力度) 曲線

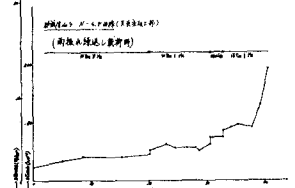


図-24 合成I桁模型 No. 3 の両振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁上・下縁部の荷重一ひずみ (応力度) 曲線

図-19, 20は模型 No. 1 および No. 3, No. 2 のそれぞれ静荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点の荷重一たわみ曲線を示し、図-21は模型 No. 2 の両振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁上・下縁部の荷重一ひずみ曲線を示す。

また、図-22, 23, 24; 図-25, 26, 27; 図-28, 29, 30は、それぞれ、模型 No. 3, No. 1, No. 2 の床版および鋼I桁の各種点におけるサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線を示す。

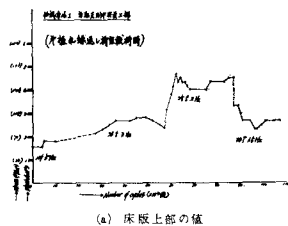


図-25 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点におけるサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

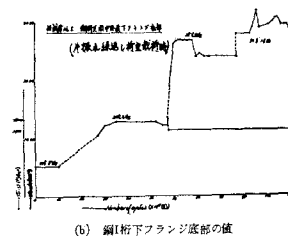


図-26 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

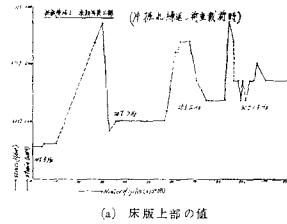


図-27 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

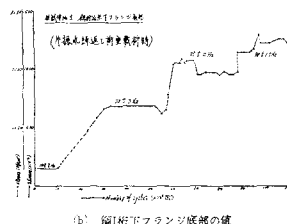


図-28 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

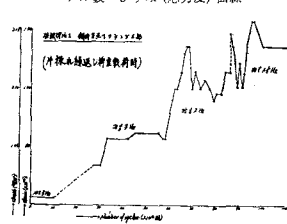


図-29 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

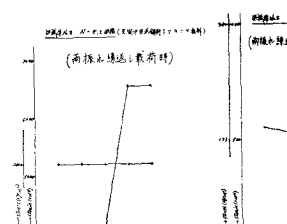


図-30 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

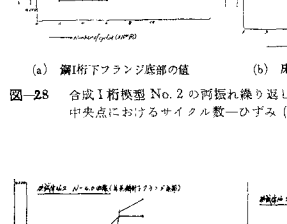


図-31 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

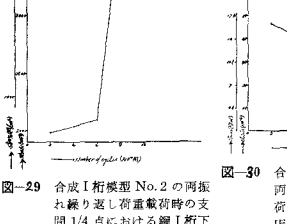


図-32 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線



図-33 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

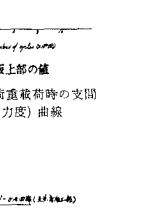


図-34 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

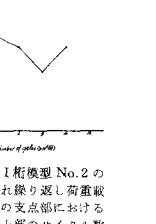


図-35 合成I桁模型 No. 1 の片振れ繰返し荷重・二点荷重・三点荷重による支間中央点における鋼I桁下フランジ上部のサイクル数一ひずみ (応力度) 曲線

図-31, 32, 33は、模型 No. 1, No. 2, No. 3 の両振れ繰り返し荷重載荷前による鉄筋コンクリート床版の破壊模様を示す。

7. 考 察

(1) 鋼I桁について

1) 静荷重破壊試験の耐荷力は塑性理論による最終荷重よりも幾分大きくなる傾向にある。

2) 弾性限度以下の静荷重試験による断面応力度分布では、載荷点付近を除けばほぼ理論値と一致する傾向にある。また、支間中央点（載荷点）付近の断面応力度分布では、圧縮部に僅かながら理論値を下廻る傾向の差異が見られ、しかもフランジ上部に応力集中の影響が現われているほか、両端単純支持と両端固定ヒンジ挾持の差異による影響も僅かながら見られる。

3) 片振れおよび両振れの繰り返し荷重載荷後における静荷重試験の結果より、弾性限度超過後のたわみ増加、降伏強度低下などをみたが、弾性限度以内での変化はきわめて微妙であり、残留ひずみの影響が考えられる。

4) 支間中央点（載荷点）のたわみは、弾性限度以内の単純な静荷重試験、片振れ・両振れ繰り返し荷重載荷後の静荷重試験の結果とも、理論値とはほぼ一致している。しかし、弾性限度超過後においては僅かに増加傾向を示し、理論値を少しく上回っている。

5) 片振れおよび両振れの繰り返し載荷試験による変形・破壊の現象は、単純な静荷重試験の場合よりも、捩れや横倒れに対し不安定であることが認められる。しかし、捩れ座屈や横倒れ座屈よりも圧縮突縁および腹鉋の局部座屈が先行し、破壊は常に上縁部より起こることが明かである。

6) 両振れ繰り返し載荷試験では、片振れの場合に比べ、はるかに小さな荷重によって破壊し、その亀裂進行速度もかなり速いことが確認出来る。

(2) 合成I桁について

1) 両端単純支持と両端固定ヒンジ挾持の静荷重試験結果を比較してみると、支間に比べ断面積のかなり大きい本研究に用いた合成I桁模型では、理論計算上は殆んど差異がみられなかったが、その実験値相互の間には、断面位置によりかなりの差異がみられる。

2) 自動車荷重などを想定しての片振れ繰り返し疲労試験の結果からすれば、床版コンクリートの強度を大きくすることとその厚さを大きくすることは、合成I桁全体の強度・耐久性を増す上に著しい効果があり、鉄筋コンクリート床版の一部に僅かの亀裂が生じても全体の破壊は仲々起らず、片振

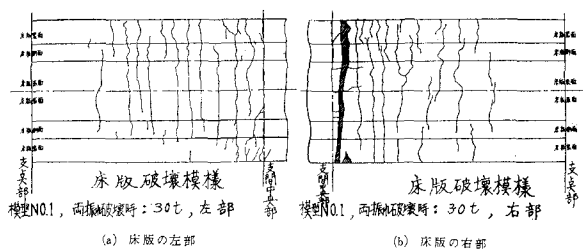


図-31 合成I桁模型 No. 1 の両振れ繰り返し荷重載荷 (120.12 万回) による鉄筋コンクリート床版の破壊模様

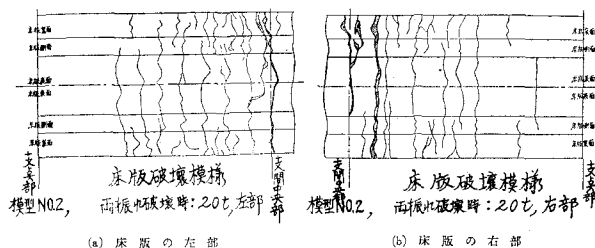


図-32 合成I桁模型 No. 2 の両振れ繰り返し荷重載荷 (10 万回) による鉄筋コンクリート床版の破壊模様

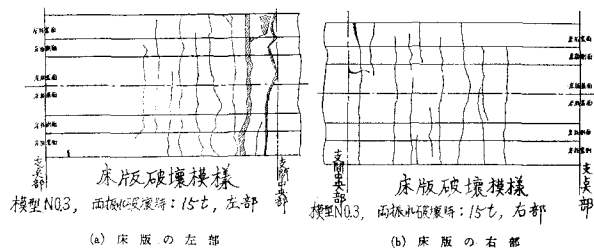


図-33 合成I桁模型 No. 3 の両振れ繰り返し荷重載荷 (45.2 万回) による鉄筋コンクリート床版の破壊模様

れ疲労破壊には著しい繰り返し回数を要することが推定される。

3) 風・地震荷重などを想定しての両振れ繰り返し疲労試験の結果からみると、荷重は割合小さくとも鉄筋コンクリート床版に負の曲げモーメントが作用するから、コンクリートに引張応力が働き、床版に亀裂が入り易く、またその亀裂は直ぐ大きく広がる傾向にある。

4) 両振れ繰り返し載荷後の静荷重載荷試験による支間中央部の断面応力度分布では、鉄筋・鋼I桁合成断面理論による計算値の方が、従来の全断面合成I桁理論による計算値よりもはるかに実験値に接近することが確認出来る。

5) 両振れ繰り返し疲労試験において、鉄筋コンクリート床版の亀裂が大きくなると、鋼I桁に影響を及ぼすようになる。すなわち、鋼I桁の亀裂は上縁部載荷点付近特にブロックジベルの辺りより生じ、腹板中央部に波及して行き、鋼I桁全体の崩壊に進行して行く傾向にある。この場合、載荷点付近以外の個所における鋼I桁の疲労現象は余り見受けられなかったから、応力集中による疲労の影響は予想外に大きいものと推定出来る。

6) 片振れ繰り返し荷重を100万回程度受けている合成I桁に、更に僅かの回数の両振れ繰り返し荷重を載荷しても、急速に破壊に進行して行く可能性が十分に確認出来る。

8. 結 言

(1) 鋼I桁について

鋼I桁のフランジおよび腹板では、片振れおよび両振れ繰り返し荷重載荷による極限強度の低下は勿論無視出来ないが、特に両振れ繰り返し荷重載荷時には、応力集中の影響による局部変形の増大、局部座屈の発生などに充分注意しなければならない。すなわち、鋼I桁の設計においては、動的荷重の物理的性質をよく吟味し、これらの変形および座屈に対する防止対策、材料力学的補強対策など慎重に検討する必要がある。

(2) 合成I桁について

合成I桁における鉄筋コンクリート床版の圧縮強度の増強および厚さの増大は、曲げ疲労強度を増す上に著しい効果があるから、設計の際にはこの点に充分留意する必要がある。また、両振れ繰り返し荷重載荷の際には、床版の亀裂の増大が予想外に速く進行し、相次いで合成I桁全体の崩壊を招く恐れが充分みられるので、合成I桁を設計する際にはこの点にも留意し、動的荷重に対する対策を充分練らなければならない。

なお、本研究には、室蘭工業大学土木工学科の志村政雄助手を初め、教職員、学生諸君のご協力を得たこと、北海道開発局土木試験所、日鉄セメント K・K のご援助を得たこと、北海道科学研究費補助金を受けたことを付記し、心から厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 中村作太郎・志村政雄：室蘭工業大学研究報告，理工編，8-2，63(1974)。
- 2) 中村作太郎・志村政雄：土木学会北海道支部論文報告集30，161(1974)。
- 3) 中村作太郎・志村政雄：土木学会北海道支部研究発表論文集29，221(1974)。
- 4) Sakutaro Nakamura：室蘭工業大学研究報告，理工編，7-1(改文)，193(1970)。
- 5) 中村作太郎・志村政雄：第16回橋梁・構造工学研究発表会論文集，31(1969)。