

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 226 Sept. 1975

鋼板鉄筋コンクリートのひびわれ性状について

関 博

堀 井 義 一

運輸省港湾技術研究所



鋼板鉄筋コンクリートのひびわれ性状について

目 次

要 旨	3
1. ま え が き	4
2. 供試体の製作および試験方法	4
2.1 供試体の形状と種類	4
2.2 使用材料の性質および供試体の製作	4
2.3 試験方法	6
3. 鋼板を用いた鉄筋コンクリートのひびわれ	8
3.1 鋼板および鉄筋の応力分布	8
3.2 ひびわれ幅およびひびわれ間隔	8
3.3 繰り返し載荷による残留ひびわれ幅	16
3.4 鋼板とコンクリートのずれ	16
4. あ と が き	18
参 考 文 献	18

Crack Property of Composite Concrete Members
Reinforced with Bars and Steel Plate

Hiroshi SEKI *
Yoshikazu HORII **

Synopsis :

This paper discusses the crack property and the stress distribution of tensile zone of composite concrete member. Steel plate is embedded at the center of specimens (40cm wide, 61.6cm high and 4.0m long) , and the longitudinal tensile force is partly transferred from steel plate to reinforcement (ϕ 16mm, deformed bars) .

Test results show as follows :

- (1) The longitudinal tensile force is divided into steel plate and reinforcement in proportion to each sectional area.
- (2) Steel connectors (H-type frame, dowel) welded to steel plate do not greatly influence the crack characteristic and the stress distribution along the composite members.
- (3) Maximum crack width can be estimated due to the equations proposed so far, considering that tensile zone is equivalent to the ordinal reinforced concrete members.
- (4) Maximum crack width and residual crack width increase quite slightly through several loading processes.

* Chief of the Materials Laboratory, Structures Division
Member of the Materials Laboratory, Structures Division

鋼板鉄筋コンクリートのひびわれ性状について

関 博*
堀井 義一**

要 旨

鋼殻方式で製作される沈埋函では、地震時に函体に作用する軸引張力を外殻鋼板と鉄筋によって負担させる設計方法によることが通例である。本文では、中央に鋼板を取り付けた供試体（幅40cm、高さ61.6cm、長さ4.0m）を製作し、鋼板に引張力を作用させて、軸引張力を受ける鋼板鉄筋コンクリート部材の応力分布状態、ひびわれ特性などに関し検討した。

実験結果によると、(1)軸引張力は断面比率によって鋼板と鉄筋に分担されること、(2)鋼板にH型鋼などの補強材が配置されていても応力分布やひびわれ性状に与える影響は小さい、(3)最大ひびわれ幅は軸引張部を通常の鉄筋コンクリート部材と同等と考えて既往の計算式により推定することができる、(4)最大ひびわれ幅や残留ひびわれ幅は数回の繰り返し載荷によってもほとんど増加しない、などが明らかとなった。

* 構造部 材料施工研究室長

** 構造部 材料施工研究室

1. ま え が き

最近、海域を横断する輸送路として沈埋トンネルが多く建設されるようになってきた。沈埋函には、施工条件等によって鋼殻方式あるいは鉄筋コンクリート方式が採用されており、鋼殻構造では地震時における軸引張力を外殻鋼板と鉄筋によって負担させる方式となっている。鋼殻方式では鋼殻を海上に浮かべてコンクリートを打設するために、鋼殻自体に施工時に所要の剛性が要求される。このために、鋼板厚さも12mm以上となるのが普通であり、さらに、剛性を増すために多量の補剛材が取り付けられている。

鋼板鉄筋コンクリートとしては、引張縁に鋼板を用いたはりの載荷試験によって種々の検討がなされており^{1),2)} 十分なずれ止め材が配置されていれば鉄筋コンクリート部材におけると同等の耐力が期待できるようである。しかし、沈埋函などの軸引張力の想定される部分に関し、H型鋼などの補強材の取り付けによる応力分布とひびわれの性状、大きな荷重が繰り返し載荷されるときひびわれ性状、などについては十分に検討がなされていない。

従って、本文では、鋼板鉄筋コンクリート部材が軸引張力を受ける場合を想定して、応力の分布状況、H型鋼などの補強材の影響、ひびわれ特性などについて検討したものである。ひびわれ特性に関しては、鋼板鉄筋コンクリートとしての最大ひびわれ幅の計算手法、繰り返し載荷による残留ひびわれ幅の性状、などの項目について考察を加えた。

なお、本実験に当っては第二港湾建設局の方々より種類の御指唆を賜った。謹んで感謝の意を表する次第である。

2. 供試体の製作および試験方法

2.1 供試体の形状と種類

供試体の形状は、図-1に示すように幅40cm、高さ61.6cm、長さ4.0mのコンクリート体であり、載荷時における曲げモーメントの発生を防ぐために鋼板(幅40cm、厚さ16mm)は供試体の中央に設置した。供試体のひびわれ性状を検討するための区間は中央部ほぼ2.5m程度とし、端部には供試区間に所定の応力を発生させるための補強区間としてスタッドを取り付けた。軸引張部材としてのコンクリート有効断面積に対する鋼材の比率は、鉄筋比として1.32%、鋼板比として2.67%であり、鋼材(鉄筋および鋼板)比としては3.99%となる。

供試体数は6個であり、供試区間には所要応力時におけるひびわれ性状の相違を検討するために、表-1に示す補強用鋼材を配置した。

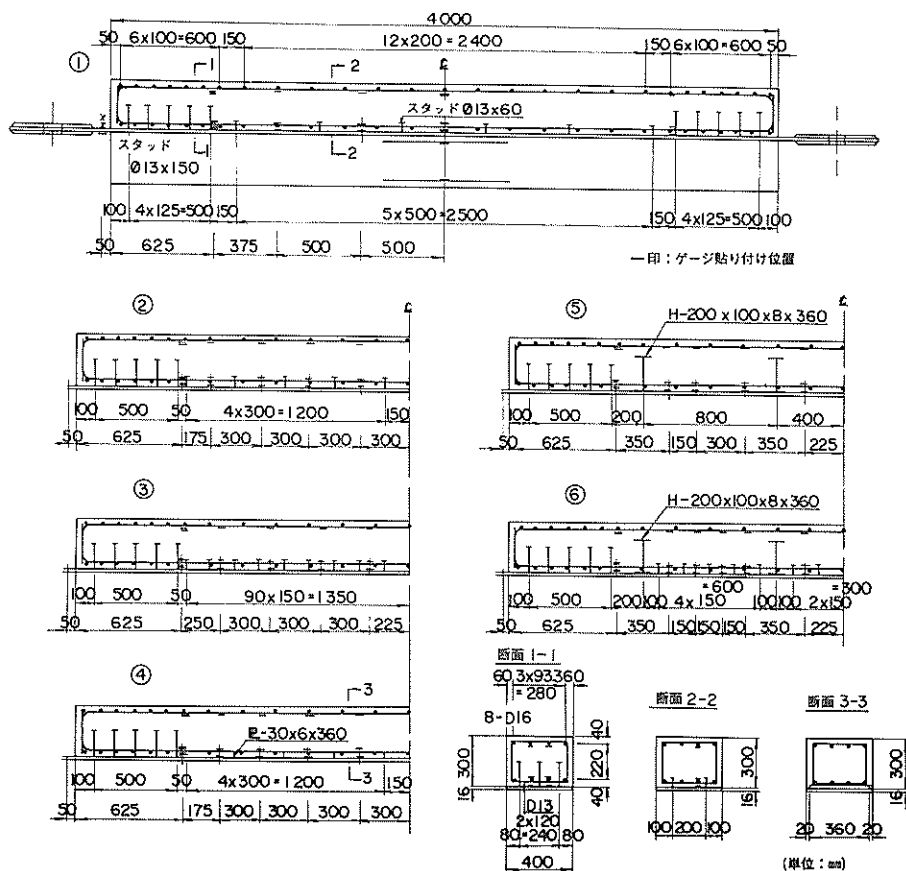
2.2 使用材料の性質および供試体の製作

コンクリートは、スランプ 8 ± 2 cm、圧縮強度 24.0 kg/cm^2 を目標とした。用いたコンクリートの配合は、表-2に示す通りである。使用した鋼板はSM50(降伏点 $3,800 \text{ kg/cm}^2$ 、引張強度 $5,850 \text{ kg/cm}^2$ 、ヤング係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)、鉄筋はSD30(降伏点 $3,640 \text{ kg/cm}^2$ 、引張強度 $5,400 \text{ kg/cm}^2$ 、ヤング係数 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)である。補強材として使用した板および型鋼の材質は、SS41である。

鋼板にはあらかじめグリースを塗布しておき、打込まれたコンクリートとの付着を防止し、載荷される荷重がすべて鋼板に溶接したジベルなどによりコンクリートに伝達されるようにした。コンクリートは 6 m^3 のミキサ車により、1回で打込んだ。供試体の製作状況は写真-1

表 - 1 供 試 体 の 種 類

供試体番号	ずれ止めの種類	ずれ止め 間隔 (cm)	備 考
№1	スタッド(φ13×60mm)	50	ずれ止めの少ない場合
№2	スタッド(φ13×60mm)	30	スタッド間隔=片面コンクリート厚
№3	スタッド(φ13×60mm)	15	スタッドを密に配置した場合
№4	板(30×6×360mm)	30	スタッドを板に置換えた場合
№5	H型鋼(200×100×360mm)	80	実際の横構を想定
№6	H型鋼(200×100×360mm) スタッド(φ13×60mm)	80 15	№5にスタッドを追加した場合



図一 1 供試体形状およびひずみ測定位置

表一 2 コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント*	細骨材	粗骨材	減水剤**
					W	C	S	G	
20	11	4.0	5.8	4.1	14.9	25.4	7.84	11.66	0.635

* セメントは普通ポルトランドセメント

** ポゾリス 5 L

に示す通りである。なお、採取された強度試験用供試体（ $\phi 15 \times 30$ および $15 \times 15 \times 53$ cm）の試験結果は表-3に示した。

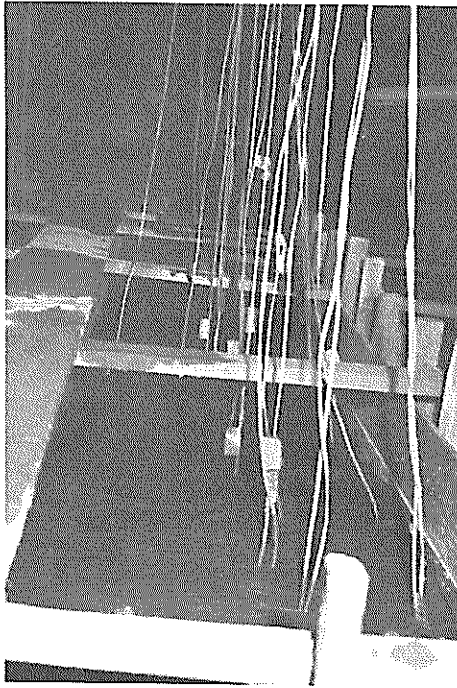


写真-1 供試体の製作状況

表-3 コンクリートの強度試験結果

項目	標準養生	現場養生
圧縮強度 (kg/cm^2)	270	245
引張強度 (kg/cm^2)	—	23
曲げ強度 (kg/cm^2)	—	27
ヤング係数 (kg/cm^2)	—	2.0×10^5

- 注) 1) 表中の値は、材令43日における供試体3本の平均値
 2) 供試体寸法は、圧縮強度、引張強度、ヤング係数測定用は $\phi 15 \times 30$ (cm)、曲げ強度試験用は $15 \times 15 \times 53$ (cm)である。
 3) ヤング係数は $\sigma_c/3$ のときの正割係数である。

2.3 試験方法

(1) 載荷方法

供試体は図-2に示すように水平に設置し、 250 t 油圧ジャッキを用いて荷重を加えた。供試体下面には、水平移動を拘束しないようにコロを設けた。

荷重は 16 t ごとに上昇させ、 32 t ごとに 0 t に戻す一種の繰り返し載荷とした。また、最大荷重時には、ひびわれおよびずれの影響を調べるために数回の繰り返しを行った。最大荷重 (208 t) は、供試体の供試区間で所要の応力が発生すること、載荷端鋼板の応力が降伏点を越えないことなどを考慮して定めたものである。

(2) 測定方法

鋼板および鉄筋のひずみは、ストレインゲージ (ゲージ長 3 mm 、抵抗 120Ω) を使い、図-1に示すように供試区間の端部、中央部、その他2~5断面について測定した。なお、補強材の位置における応力集中の影響を避けるために、補強材の中間位置を測定断面とした。

鋼板とコンクリートの相対変位、および、コンクリートのひびわれ幅の測定にはコンタクトゲージ (ゲージ長 100 mm) を用いた。測定位置を図-3に、試験の状況を写真-2に示す。

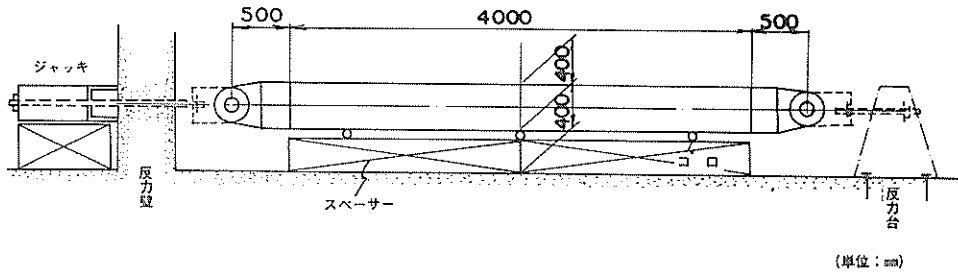
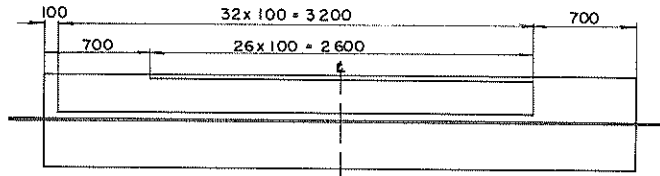
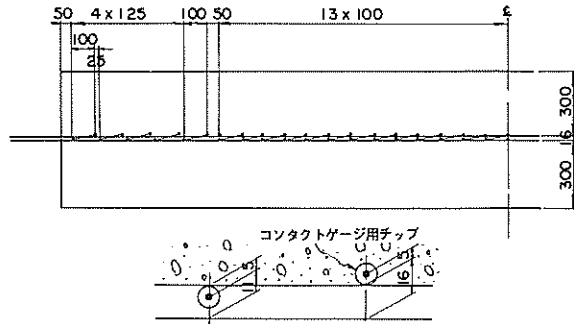


図-2 供試体の設置および荷重の載荷方法



(1) ひびわれ幅測定用のコンタクトゲージチップ取付け位置



(2) 鋼板とコンクリートの相対変位測定位置 (単位: mm)

図-3 ひびわれ幅および相対変位の測定位置

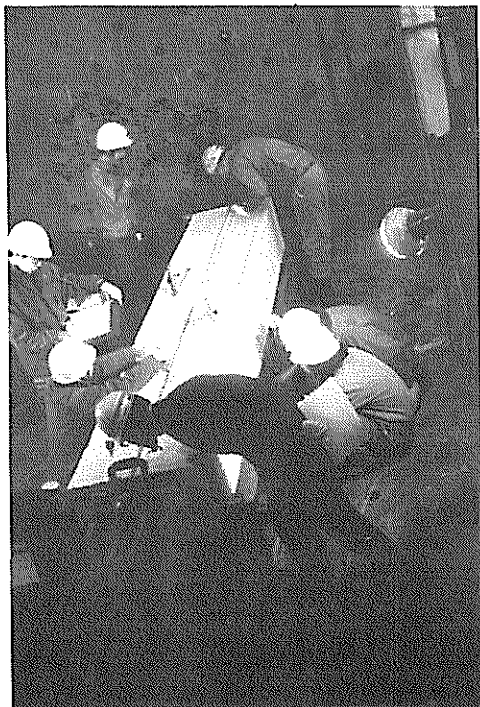


写真-2 載荷試験における測定の状態

3. 鋼板を用いた鉄筋コンクリートのひびわれ

3.1 鋼板および鉄筋の応力分布

供試体の軸方向における鋼板応力度および鉄筋応力度の分布状態の一例を図-4に示した。供試体No5は比較的測定値のバラツキの大きいものであるが、供試区間端部を除いては鋼板応力度は軸方向に対しほぼ一定となり、補強区間近傍で十分に応力がコンクリートに伝達されたと考えられる。鉄筋の応力度はひびわれと密接な関連を有しており、ひびわれの発生と共にひびわれ近辺の鉄筋応力度は急激に増加する。この傾向は鉄筋コンクリートはりにおける森田の実験³⁾ともほぼ同様であり、荷重が $16^t \sim 64^t$ （鉄筋応力度 $100 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ ）に達するとひびわれの発生により鉄筋の軸方向応力分布は乱される。

図-5は供試区間端部および中央部の、同一荷重時における鋼板と鉄筋の応力度の関係を図示したものである。ひびわれの影響によって供試区間中央部においても鋼板と鉄筋に若干の応力度の相違は認められるが、傾向としてはいずれの供試体においてもほぼ同一の応力度が発生していると考えられる。しかし、供試区間端部では、補

強材の種類によって異なるようであり、H型鋼を設けた供試体では端部の鉄筋応力度が小さくH型鋼のずれ止め効果が予想以上に大きくなっている。ただし、この部分を除けば補強材の種類および間隔の相違にかかわらず供試区間の応力分布はすべての供試体に対しほぼ同様の状態にあると考えられる。

3.2 ひびわれ幅およびひびわれ間隔

ひびわれは荷重 64^t で供試区間中に3~4本発生し、 $96 \sim 128^t$ に至るまでに11~13本に増加して、以後は荷重の増加と共にひびわれ幅は増大したがひびわれ本数はあまり変化しなかった。それぞれの供試体のひびわれ発生状況は図-6および図-7であり、図-8では荷重段階ごとの個々のひびわれ幅を示している。板、H型鋼を使用した供試体では、供試区間端部附近の補強材位置でひびわれが発生しやすく、特に、H型鋼を用いた場合には荷重が増加しても、補強材位置のひびわれ幅が他の部分よりも多少大きい傾向が認められた(図-9参照)。

図-10~12は、供試区間における平均ひびわれ幅、最大ひびわれ幅および総ひびわれ幅(ひびわれ幅の累加値)を示したものである。図-10によると、平均ひびわれ幅は $\sigma_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$ のとき $0.08 \sim 0.10 \text{ mm}$ 、 $\sigma_s = 1,500 \text{ kg/cm}^2$ のとき $0.11 \sim 0.15 \text{ mm}$ 、 $\sigma_s = 2,000 \text{ kg/cm}^2$ のとき $0.15 \sim 0.21 \text{ mm}$ 程度であり、スタッドを設けたH型鋼の供試体が若干大きな値を示しているが、他の供試体では大きな相違はない。最大ひびわれ幅は、図-11によると、 $\sigma_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$ で $0.09 \sim 0.14 \text{ mm}$ 、 $\sigma_s = 1,500 \text{ kg/cm}^2$ で $0.15 \sim 0.21 \text{ mm}$ 、 $\sigma_s = 2,000 \text{ kg/cm}^2$ で $0.20 \sim 0.28 \text{ mm}$ 程度であって、平均ひびわれ幅のほぼ1.5倍である。表-4は、供試区間のコンクリート部を、鉄筋コンクリート部材の引張部と考へて既往の最大ひびわれ幅の提案式と比較したものである。太径鉄筋を用いた鉄筋コンクリートはりのひびわれ性状に関する実験によると、⁴⁾鉄筋のかぶりの関数と考へたB, B, Bromの理論式($W_{\max} = 3te \sigma_s / B_s$)および鉄筋1本当りのコンクリート有効引張面積を主要因と考へたP. H. Karr & A. H. Mattockの式が、最大ひびわれ幅を比較的精度良く推定することができるようである。本試験においても、B. B. Bromの理論式およびP. H. Karr & A. H. Mattockの式、さらには、B. B. Bromの式と同様に鉄筋のかぶりを主要因と考へたO & C A式により求めた最大ひびわれ幅の計算値は、最大ひびわれ幅の実験値に近い値となった。本実験に用いた供試体では、補強材として、スタッド、板、H型鋼が鋼板に取り付けられているが、最大ひびわれの性状は一般の鉄筋コ

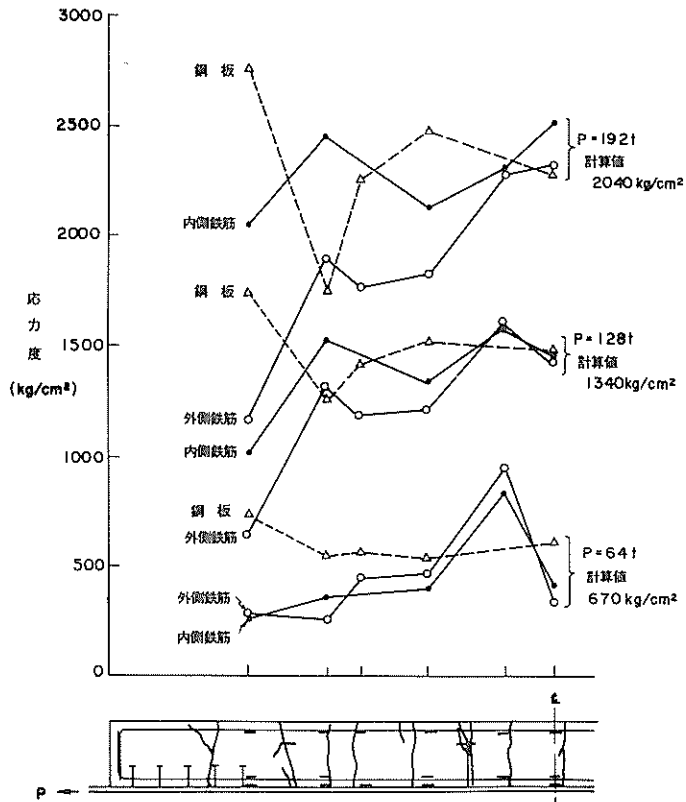


図-4 供試体軸方向の応力分布 (供試体 No. 5)

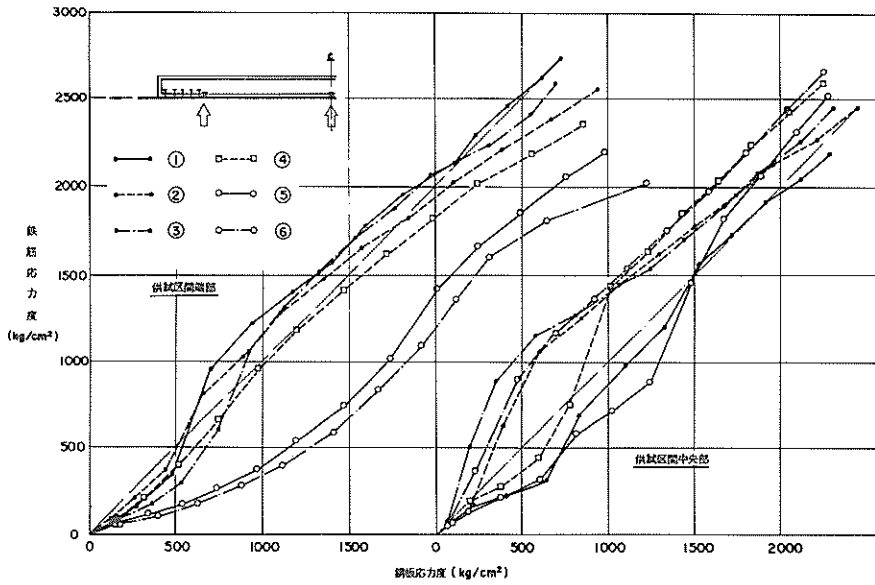
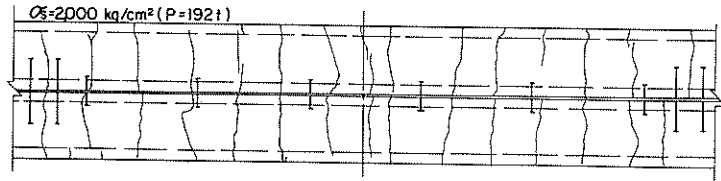
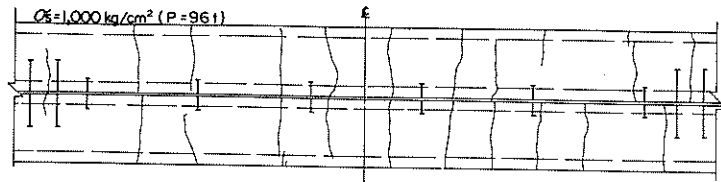
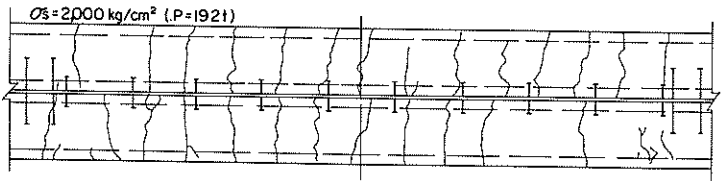
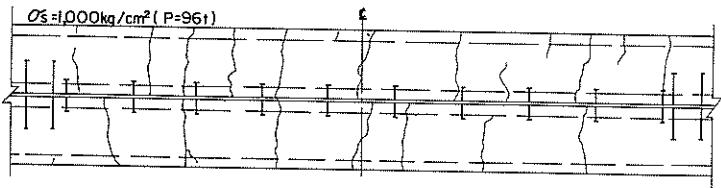


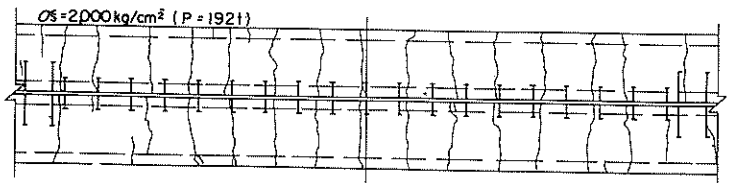
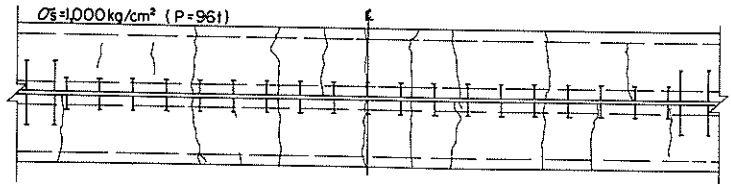
図-5 鋼板と鉄筋の応力度の関係



供試体 No. 1

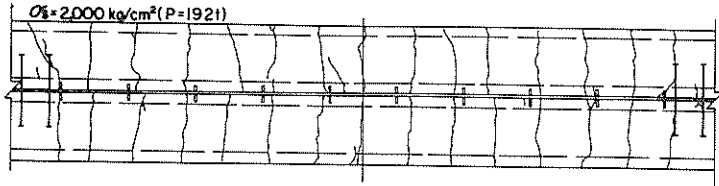
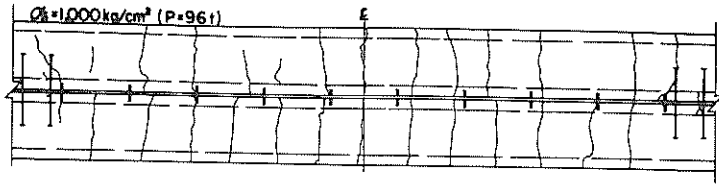


供試体 No. 2

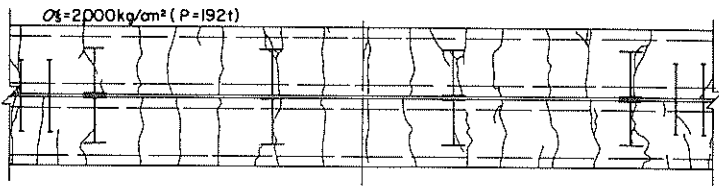
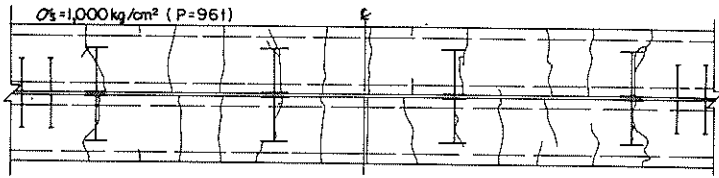


供試体 No. 3

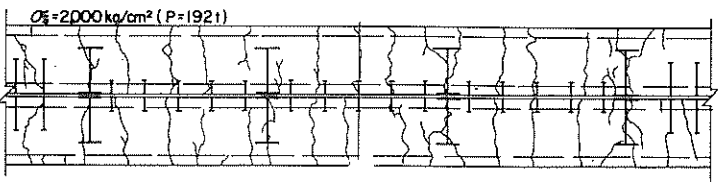
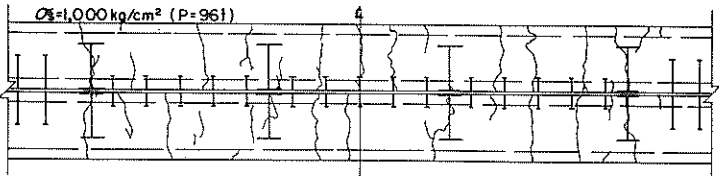
図-6 ひびわれの発生状況 (1)



供試体 No. 4



供試体 No. 5



供試体 No. 6

図-7 ひびわれの発生状況 (2)

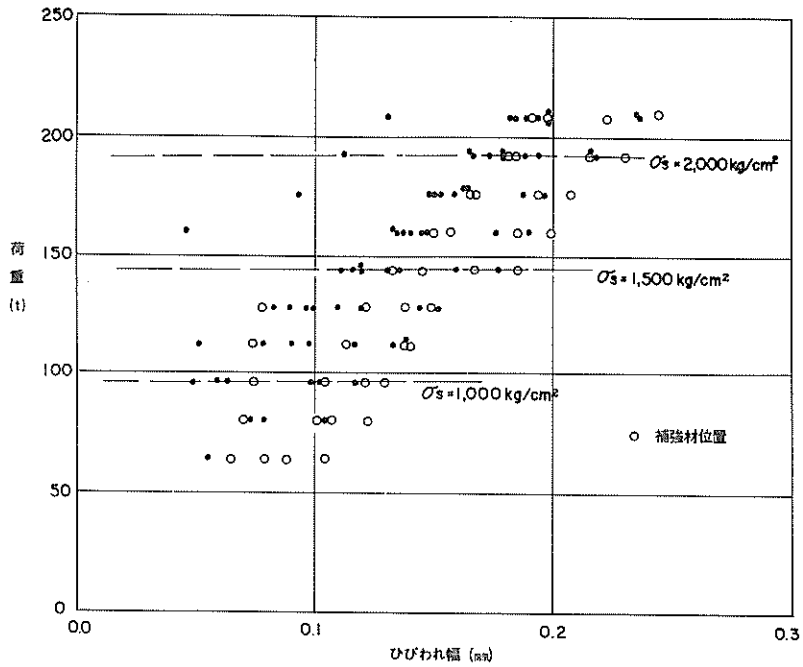


図-8 各荷重段階におけるひびわれ幅 (供試体 No. 5)

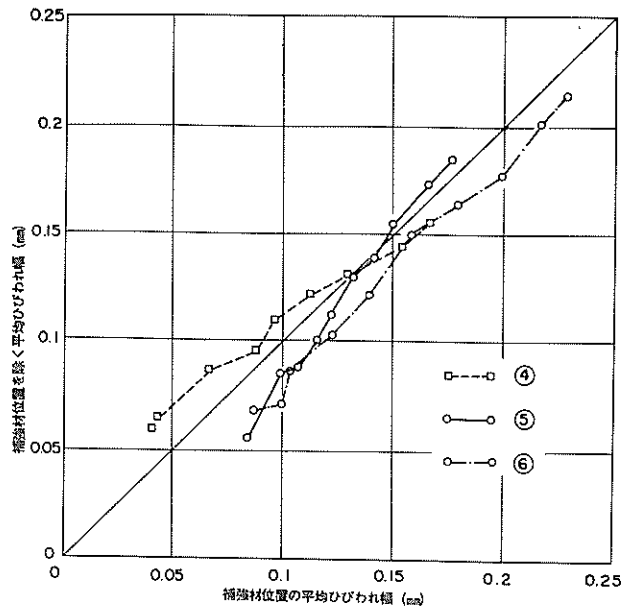


図-9 供試区間における補強材位置とその他の位置とのひびわれ幅の比較

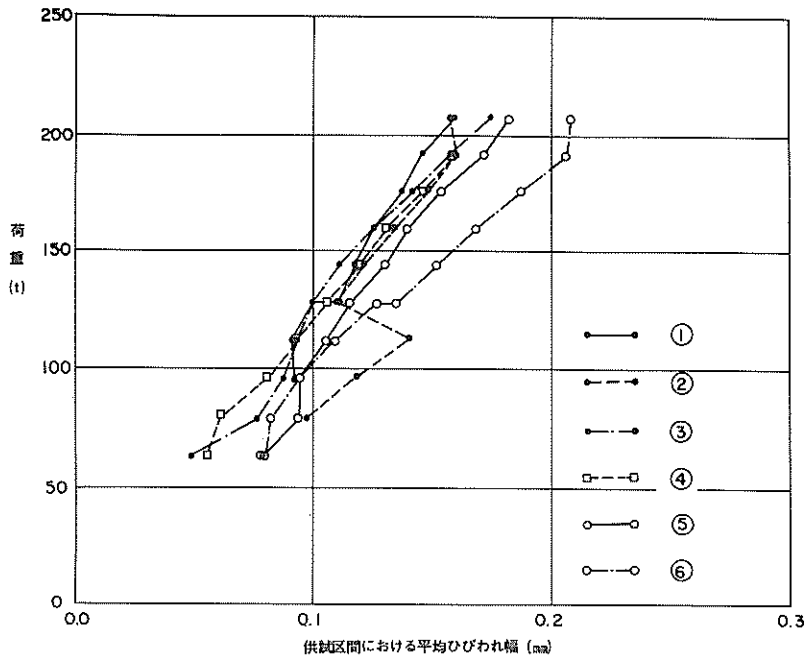


図-10 供試区間における平均ひびわれ幅の平均値

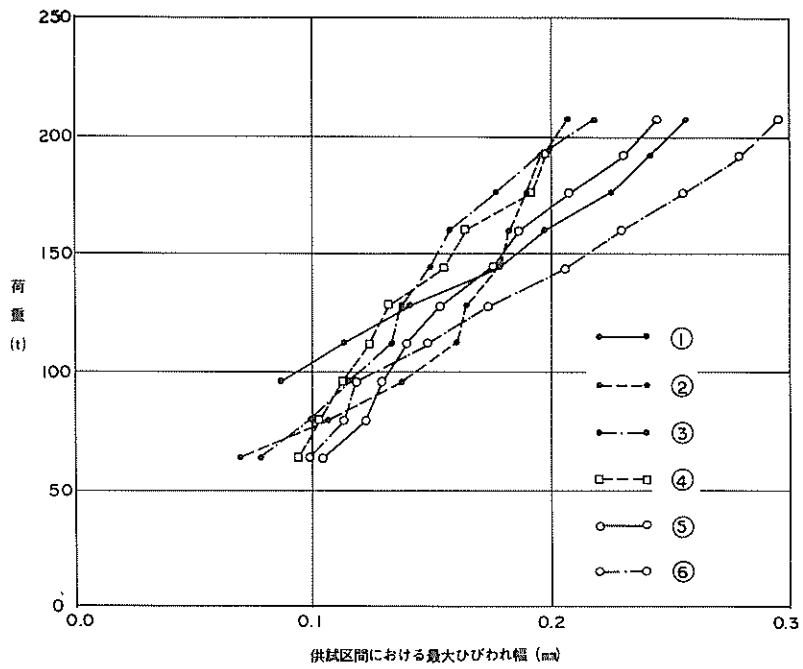


図-11 供試区間に発生した最大ひびわれ幅

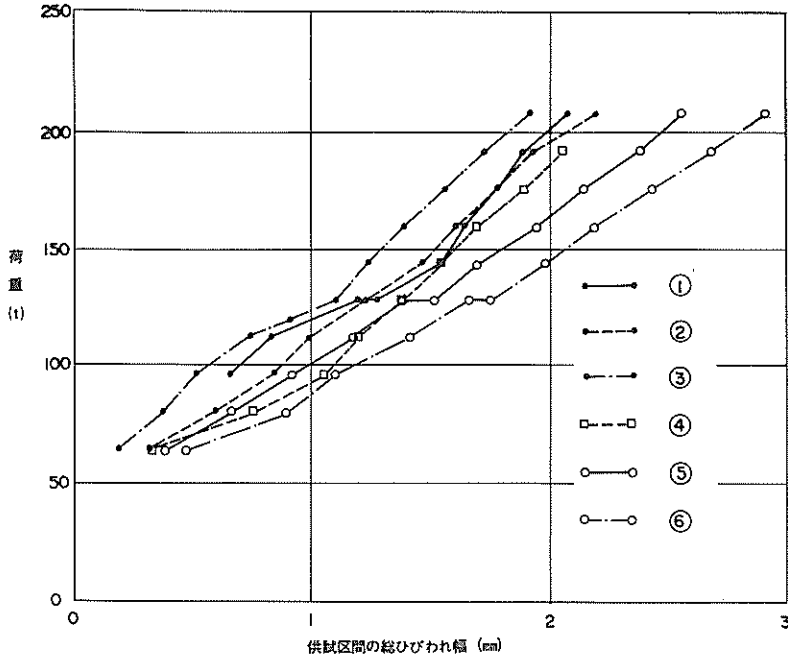


図-12 供試区間に発生したひびわれ幅の総和

表-4 供試区間コンクリート部材の最大ひびわれ幅の実験値と計算値の比較

計算応力度 σ_s (kg/cm ²)	実験値 (mm)						計算値 (mm)					
	供試体 No.1	供試体 No.2	供試体 No.3	供試体 No.4	供試体 No.5	供試体 No.6	港湾構造物 設計基準	Brom(1)	Brom(2)	C&CA	Karr & Mattock	CEB
1,000	0.09	0.14	0.11	0.11	0.13	0.12	0.05	0.15	0.11	0.11	0.09	0.17
1,500	0.18	0.18	0.15	0.16	0.17	0.21	0.07	0.23	0.17	0.17	0.14	0.25
2,000	0.24	0.20	0.20	0.20	0.23	0.28	0.10	0.30	0.23	0.23	0.18	0.33

注) 計算式は

$$\text{港湾構造物設計基準: } W_{\max} = \frac{16C}{E_s} \sigma_s \phi D, \quad \text{C \& C-A: } W_{\max} = \frac{KC \sigma_s}{E_s}$$

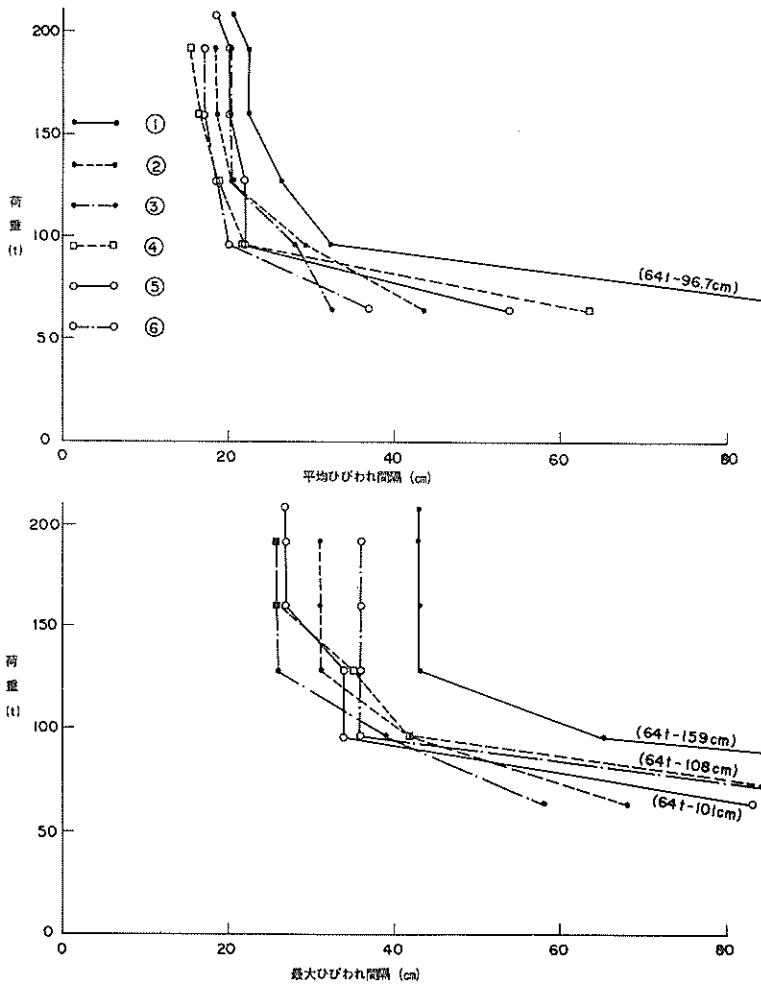
$$\text{Brom(1): } W_{\max} = 4te \frac{\sigma_s}{E_s},$$

$$\text{Karr \& Mattock: } W_{\max} = 2.61 \times 10^{-6} \sigma_s^4 \sqrt{\frac{Ac}{N}}$$

$$\text{Brom(2): } W_{\max} = 3te \frac{\sigma_s}{E_s},$$

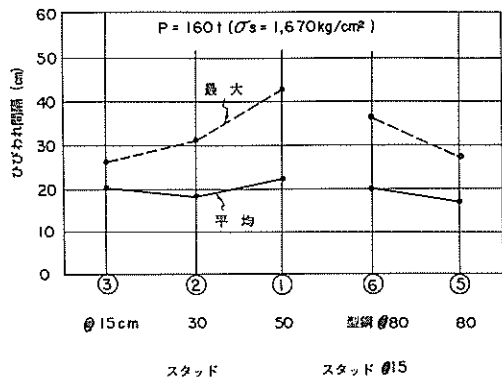
$$\text{CEB: } W_{\max} = \frac{D}{n} \left(4.5 + \frac{0.40}{pe} \right) \frac{\sigma_s}{E_s}$$

単位および記号に関しては、港研報告 第12巻 第4号⁴⁾ pp. 224~225参照



図一 13 供試区間における荷重と平均および最大ひびわれ幅の関係

ンクリート部材におけるとほぼ同様の傾向を示すものと考えられ、最大ひびわれ幅は軸引張部材として既往の提案式によって推定することができるようである。供試区間における平均ひびわれ間隔および最大ひびわれ間隔を図一 13 に示した。平均ひびわれ間隔は、補強材の種類による相違はほとんど認められない。最大ひびわれ間隔で比較すると、ほぼ定常状態に達したと考えられる荷重 160t (計算応力度 $\sigma_s = 1,670 \text{ kg/cm}^2$) において、図一 14 に見られるようにスタッド間隔を小さくすることによってその値は減少する傾向が認められたが、ひびわれ幅 (図一 10~12) との明瞭な相関性は見られなかった。



図一 14 補強材間隔とひびわれ間隔の関係

表-5 残留ひびわれ幅の測定値

荷重 (t)	最大荷重時 鉄筋応力度 σ_s (kg/cm ²)	残 留 ひ び わ れ 幅 (mm)					
		供試体 No. 1	供試体 No. 2	供試体 No. 3	供試体 No. 4	供試体 No. 5	供試体 No. 6
0	0						
→ 64→0	670		(0.06)0.03	(0.03)0.02	(0.09)0.03	(0.10)0.03	(0.10)0.02
→ 96→0	1,000		(0.13)0.03	(0.12)0.03	(0.10)0.03	(0.13)0.03	(0.12)0.02
→128→0	1,340		(0.16)0.04	(0.13)0.04	(0.13)0.03	(0.15)0.03	(0.17)0.03
→160→0	1,670	(0.20)0.05	(0.18)0.04	(0.16)0.04	(0.16)0.03	(0.18)0.04	(0.23)0.02
→208→0	2,170	(0.26)0.05*		(0.22)0.05	(0.20)0.04**	(0.24)0.04	(0.30)0.04
→208→0	2,170	(0.25)0.05*		(0.22)0.07	(0.20)0.04**	(0.25)0.04	

注) 表中の()の数値は最大荷重時におけるひびわれ幅

*荷重が224t→0tのときの値である

**荷重が192t→0tのときの値である

3.3 繰り返し載荷による残留ひびわれ

荷重は数段階ごとに0tに戻す一種の繰り返しとして載荷したが、荷重を解放したときの残留ひびわれ幅を示したものが表-5である。表-5によると、引張応力度が1,500~2,000kg/cm²程度の範囲では、載荷時のひびわれ幅が0.2mm付近に達していても、残留ひびわれ幅はほぼ0.03~0.05mmであり極めて小さな値である。しかも、低い荷重段階で0tに戻し求めた残留ひびわれ幅と大差がない。また、引張応力度2,000kg/cm²付近で2~3回繰り返し載荷を行っても、最大ひびわれ幅および残留ひびわれ幅はほとんど増加しないようであった。

3.4 鋼板とコンクリートのずれ

本試験におけるずれの測定には、コンクリートの伸び(ひびわれ)と鋼板の伸びが含まれているが、これらを補正し純ずれの総和(総ずれ)と荷重の関係を示したものが図-15である。供試区間における総ずれは、スタッドを使用した場合に $\sigma_s = 1,500 \text{ kg/cm}^2$ (荷重144t)程度で急激に増加する傾向があるのに対し、板およびH型鋼を用いた供試体では本試験の荷重の範囲(σ_s の最大2,200kg/cm²)内で、ほぼ荷重と直線的な関係にある。スタッドの間隔が異なる場合に(供試体No.1~No.3)、配置間隔と供試区間の総ずれとの間に一定の傾向は見られず、 $\phi 13 \times 60 \text{ mm}$ のスタッドを15cm, 30cm, 50cmに配置したものではずれに明瞭な相違は生じないと考えられる。また、H型鋼を用いた供試体の総ずれは板を用いたもの

に対して大きな値となっているが、これはH型鋼のずれ止めとして抵抗する部分はウェブの鋼板に近い部分(板厚の5倍程度)に限られH型鋼の配置間隔が板の場合の約2.5倍であったことによるものと思われる。

補強材の影響が大きいと、ずれが小さくひびわれ幅は大きくなるものと予想した。図-16に示すようにスタッドを用いたものに対し板やH型鋼を使用した供試体の総ひびわれ幅は大きな傾向を示し、ほぼ予想した結果となった。

一般に、ずれ止め効果とひびわれ幅の関係は相反する性状を示すものと考えられる。鋼板鉄筋コンクリートとして鋼板を鉄筋コンクリートと一体とするときには、ずれ止めの機能が過大であるとひびわれが集中的に発生しその断面の鋼材応力度が増大し、十分なずれ止め効果を有していないと所要の応力伝達が期待できない。しかし、本実験におけるように軸力をうける引張部分では、補強材の種類によりずれの相違は認められたが、鋼板とコンクリートとのずれは3.1~3.3で述べたように、引張部分の応力状態や最大ひびわれ幅に著しい影響は与えないようであった。

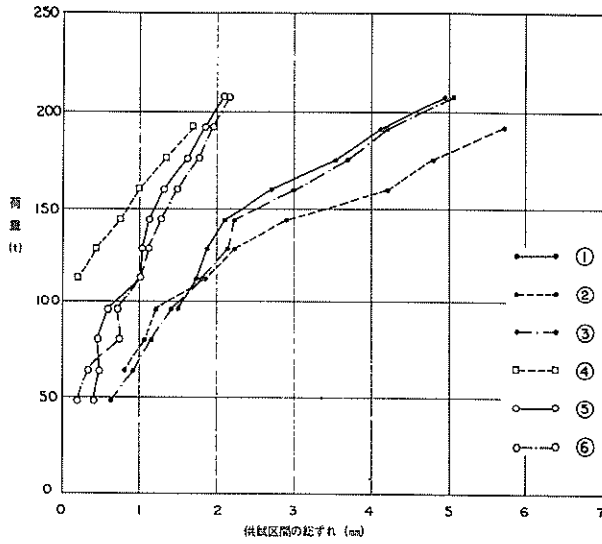


図-15 供試区間の鋼板とコンクリートのずれ

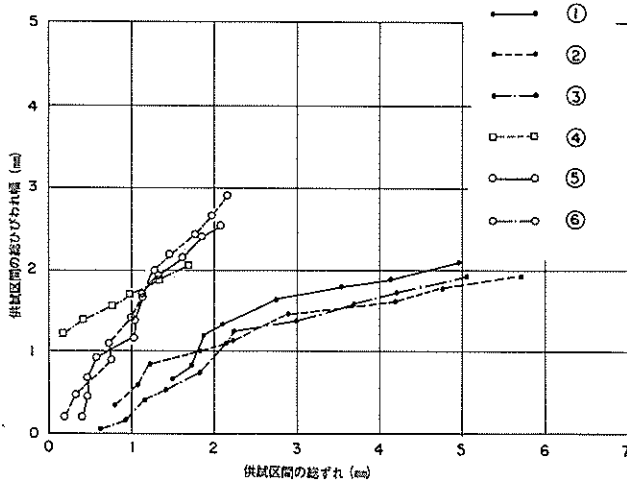


図-16 供試区間のずれとひびわれ幅の関係

4. あとがき

鋼板鉄筋コンクリートに関して、軸引張部に相当する供試体の載荷試験を実施して、H型鋼などが配置されているときの最大ひびわれ幅や平均ひびわれ幅に及ぼす影響、くり返し載荷による残留ひびわれ幅の状況などについて検討した。実験の条件は限られているが、本試験の範囲では次のような事項が明らかとなった。

- (1) 鋼板と鉄筋コンクリートによって構成される引張部では、外力はほぼその断面比率によって鋼板と鉄筋に分担されると考えてよい。
- (2) 鋼板に補強材が配置されていると、H型鋼ではその部分のひびわれ幅が若干大きくなる、スタッドを用いたものでは鋼板とコンクリート相互のずれが大きい、などの相違が見られる。しかし、応力の分布やひびわれ性状に与える影響は小さく、補強材の種類や配置間隔の相違は本実験の範囲では明瞭とはならなかった。
- (3) 供試区間の最大ひびわれ幅は、 $\sigma_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$ で $0.09 \sim 0.14 \text{ mm}$ 、 $\sigma_s = 1,500 \text{ kg/cm}^2$ で $0.15 \sim 0.21 \text{ mm}$ 程度、 $\sigma_s = 2,000 \text{ kg/cm}^2$ で $0.20 \sim 0.28 \text{ mm}$ 程度である。最大ひびわれ幅は、引張部を通常の鉄筋コンクリート部材の引張部と考えると、B.B.Brom の式 ($W_{\max} = 3te \sigma_s / E_s$)、P.H.Karr & A. H. Mattock の式などによって推定することができるようである。
- (4) 載荷時のひびわれ幅が 0.2 mm 付近に達していても、残留ひびわれ幅は、 $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$ と小さな値であり、 $\sigma_s = 2,000 \text{ kg/cm}^2$ 付近で2～3回繰り返し載荷を行っても、最大ひびわれ幅および残留ひびわれ幅はほとんど増加しなかった。

(1975年7月1日受付)

参考文献

- 1) 藤田嘉夫, 松井司, 川口敏夫, 永田守, "鋼板鉄筋コンクリート桁に関する2, 3の実験", 土木学会第27回年次学術講演会講演概要集, V-58, pp. 177~180, 昭和47年
- 2) 藤田嘉夫, 松井司, 横道英雄, "鋼板コンクリート合成桁の静的および疲労性状", 土木学会第28回年次学術講演会講演概要集, V-18, pp. 38~39, 昭和48年
- 3) 六車照, 森田司郎, "鉄筋コンクリート梁引張鉄筋の降伏挙動", 日本建築学会論文報告集号外, p. 212 昭和41年10月
- 4) 関 博, "太径鉄筋を用いたコンクリートはりのひびわれ", 港湾技術研究所報告, 第12巻, 第4号, pp. 201~231, 昭和48年12月

港湾技研資料 No.226

1975・9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 (有) 葵印刷工業

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.