

PC 矢板の JIS 改正について

阿 部 宗 人*
 中 條 友 義**
 菅 野 昇 孝***

1. はじめに

コンクリート矢板は、その構造、製造法により、鉄筋コンクリート矢板 (JIS A 5325)、プレストレストコンクリート矢板 (JIS A 5326)、加圧コンクリート矢板 (JIS A 5329) に分けられる。本文では、このうちのプレストレストコンクリート矢板 (以後、PC 矢板と略す) について、昭和 63 年に JIS 改正した際の改正の要点と新たに規格化した PC 波形矢板の載荷試験について述べる。

PC 矢板は、昭和 28 年に初めて製造され、昭和 40 年に JIS A 5326 として規格化されてから 20 余年が経過した。昭和 40 年頃は製造設備のアバットの緊張能力は小さかったが、高度成長期に至り能力の大きなものに逐次変遷し、現在では 500~600 t の強力アバットを所有している工場も多くなってきている。

コンクリートも優れた性能のバッチャープラントの出現、混和剤の改良、品質管理技術の向上により 700 kgf/cm² 以上の高強度のものまで容易に製造できるようになった。PC 矢板も施工技術の合理化と相まって、多種類にわたり、かつ、長さ 21 m 程度までの長尺矢板が生産可能となり、生産量も増大でき、土木工事の大型化と多様化に伴う要求に対応できるようになった。以上のようなことをふまえて、昭和 63 年 9 月に 2 回目の JIS 改正を行い、新たに幅 1 m の平形・溝形・波形の各矢板を規格に追加した。

2. PC 矢板 (JIS A 5326) の改正の要点

(1) 種類

昭和 63 年の改正では、従来の幅 400 mm の平形矢板の規格を、近年、その使用実績が減少していることから削除し、製造・施工技術の進歩、経済性等を考慮して新たに 1 m 幅の平形、溝形、波形の 3 種類を規格に加えることにした。3 種類の形状は 図—1, 2, 3, 4 に、寸法は 表—1, 2, 3 に示す。

表—1, 2, 3 に示す矢板の種類呼び名の項につけた

* Muneto ABE : PC 建設業協会 JIS 矢板改正委員

** Tomoyoshi NAKAJO : PC 建設業協会 JIS 矢板改正委員

*** Noritaka SUGANO : PC 建設業協会 JIS 矢板改正委員

記号 (表—1 の F, 表—2 の C, 表—3 の W) は、それぞれ、Flat, Channel, Wave の頭文字を記号化したものであり、それに続く数字は矢板の断面の高さ、呼称幅を示す。

種類の呼び名中、溝形・波形の矢板の高さの末尾に A, B, C とあるのは、同一断面でプレストレス量をかえた場合、ひび割れモーメントの大きさに応じて、A 種、B 種、C 種と区分したことを意味する。

表中の製品幅は、矢板を施工する場合、一般に目地による 4 mm 程度の施工伸びを生じる実績を考慮して、996 mm とした。

また、表中に示すひび割れモーメントは、ひび割れ幅 0.05 mm をこえるひび割れが発生しないことを保証するモーメントであって、土木学会制定のコンクリート標準示方書の計算方法を参考にして算出した。

コンクリート標準示方書によると、鋼材の腐食に対する許容ひび割れ幅は、一般の環境における場合、異形丸鋼・普通丸鋼で 0.005×かぶり、PC 鋼材で 0.004×かぶりとなっている。

本 JIS では、鉄筋の最小かぶりは 12 mm、PC 鋼材の最小かぶりは 15 mm としたので、各々の許容ひび割れ幅を上記式によって計算すると鉄筋は 0.06 mm、PC 鋼材も 0.06 mm となり、安全を考慮して許容ひび割れ幅を 0.05 mm とした。

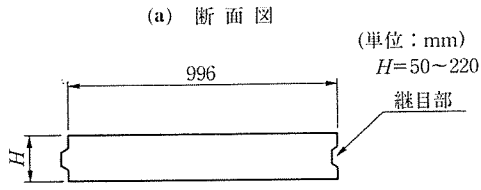
溝形は、図—2, 3 に示すように、断面に圧縮側と引張側の区別があり、矢板の建込み時など、図に示す方向と逆向きのモーメントを作用させても、ひび割れモーメントは、一般に 表—2 に示す値の 70% 程度は確保されることを参考として示してある。

また、溝形にタイロッドを使用する場合のように、断面の片側に正負のモーメントが発生するときは、新たに計算することによって安全を確かめなければならない。

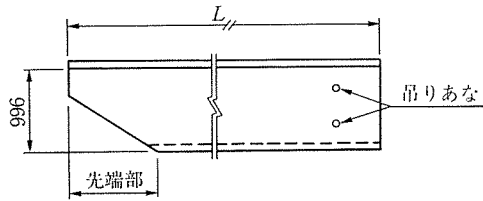
なお、本矢板は、すべてプレテンション部材であるので、部材の端部の伝達長区間内に設計断面をとる場合はプレストレスの分布の程度を考慮しなければならない。

(2) 形状

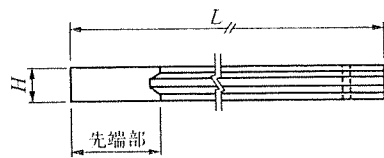
PC 矢板の形状は、図—1~図—4 に示すものを原則とするが、矢板の使用目的によって、



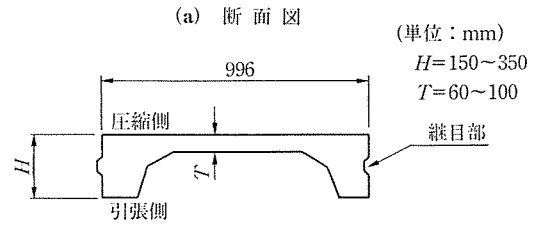
(b) 平面図



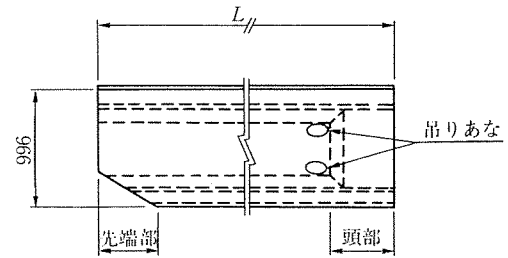
(c) 側面図



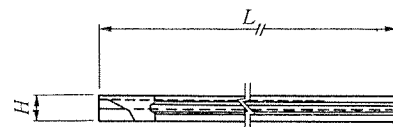
図—1 平形 (幅 1 000 mm)



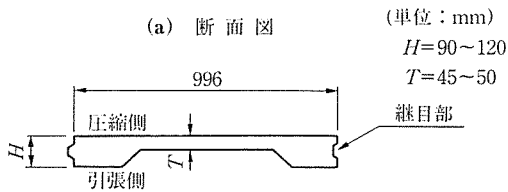
(b) 平面図



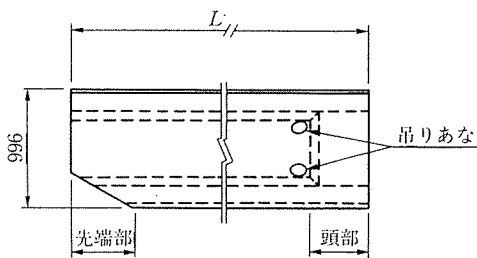
(c) 側面図



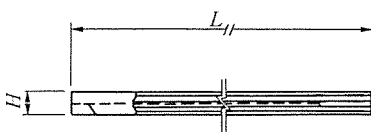
図—3 溝形 (高さ 150~350 mm)



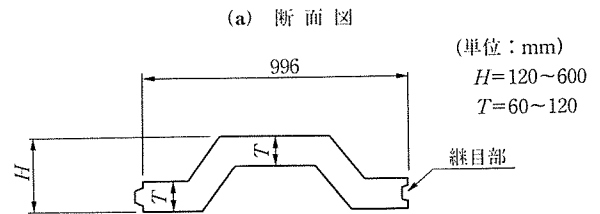
(b) 平面図



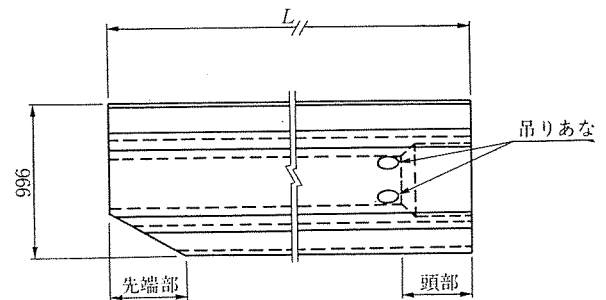
(c) 側面図



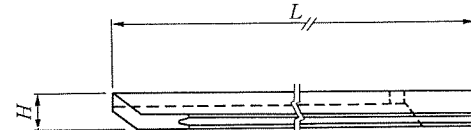
図—2 溝形 (高さ 90~120 mm)



(b) 平面図



(c) 側面図



図—4 波 形

(7) コンクリートの塩化物量

近年、骨材において海砂の使用量が増えているので、まだ固まらないコンクリートに含まれる塩化物量は、塩素イオンとして 0.30 kg/m^3 以下でなければならないと規定した。

(8) コンクリートの強度

今回の改正で材令 28 日の圧縮強度を 600 kgf/cm^2 以上から 700 kgf/cm^2 以上に変更した。

その理由は、矢板のひび割れモーメントを高めるためである。

3. 波形 PC 矢板の載荷試験

3.1 概 要

昭和 63 年 9 月の JIS A 5326 の改正に先立って、新たに規格化する波形 PC 矢板について下記の目的で載荷試験を行った。

- 1) JIS に規定されたひび割れモーメントを対象として、計算ひび割れモーメントの試験値との比較をす

る。

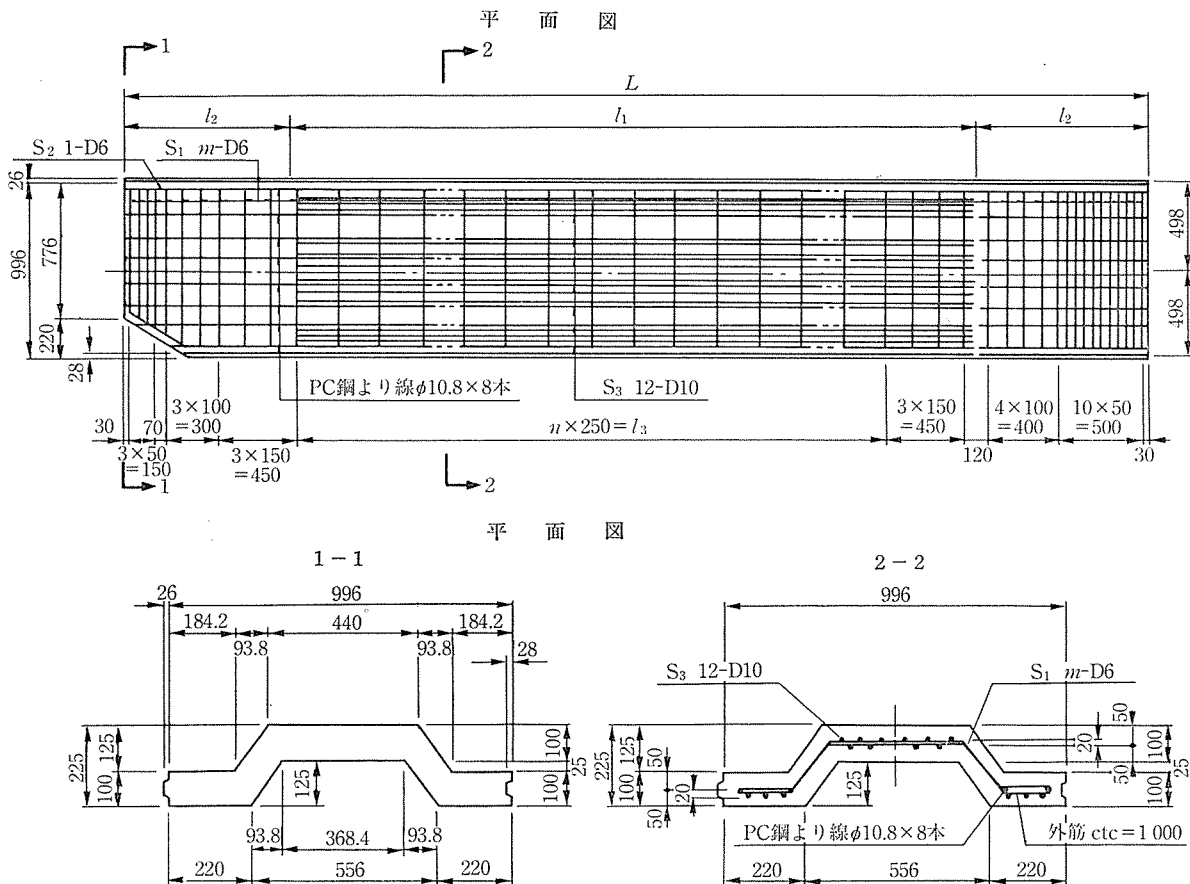
- 2) せん断スパン比の曲げひび割れ発生への影響を確かめる。

- 3) 材令 6 か月での有効プレストレスの減少を調べる。

載荷試験は、表-4 に示すように、同一断面で矢板長を 4, 5, 6 m の 3 種類にわけ、各々 2 枚計 6 枚を作製し、試験体 No. 1, 2, 3 は材令約 2 週間の短期載荷、No. 4, 5, 6 は有効プレストレスの減少を調べるために材令約 6 か月の長期載荷試験を行った。

表-4 載荷試験の日程

試験日	試験体 No.	矢板長 (m)	載荷試験時の材令	載荷の種類
昭 63 年 1 月 29 日	1	4	16 日	短期載荷
" " 30 "	2	5	12 日	"
" " 30 "	3	6	14 日	"
" 7 月 19 "	4	4	約 6 か月	長期載荷
" " 20 "	5	5	"	"
" " 20 "	6	6	"	"



L	l_1	l_2	l_3	n	m
4 000	2 700	650	1 500	6	34
5 000	3 200	900	2 500	10	38
6 000	4 000	1 000	3 500	14	42

図-5 試験体構造図

◇報 告◇

また、試験の内容は、(1) 圧縮強度、(2) ヤング係数、(3) たわみ量、(4) ひずみ量、(5) コンタクトゲージによるひび割れ幅の各種測定を行った。

なお、試験は岡山県倉敷市、ピー・エス・コンクリート(株)水島工場において実施した。

3.2 試験体

試験体は、図-5 に示すように、矢板長は 4, 5, 6 m の 3 種類で、断面はいずれも同一である。

断面の幅は 996 mm、高さは 225 mm、厚さは 100 mm で、PC 鋼材は PC 鋼より線 SWPR 7 A-φ 10.8 が 8 本、軸方向鉄筋は D 10 が 12 本配置されている。また、軸方向鉄筋は、実用上の経済性を考慮して、全長にわたって配筋することはやめて、設計断面部を含んだ必要長

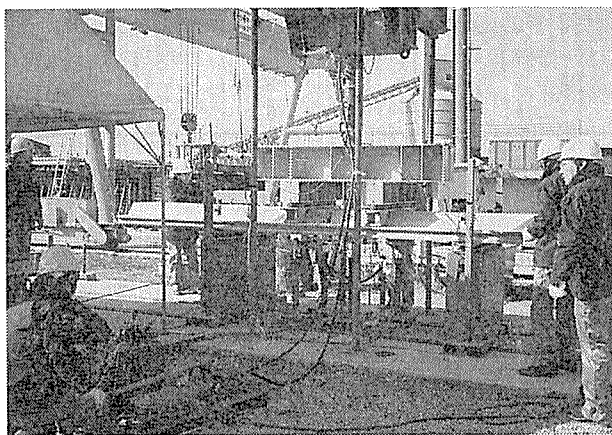


写真-1 載荷装置 (L=5 m)

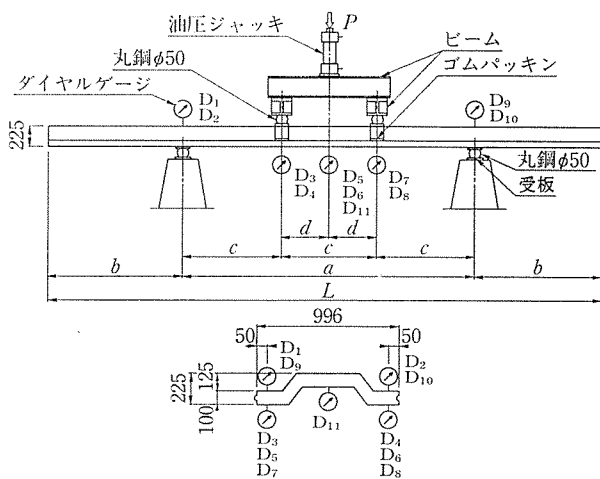


図-6 ダイヤルゲージ配置図

表-5 各試験体のスパン割り

試験体	L(m)	a=L/2(m)	b=L/4(m)	c=L/6(m)	d=L/12(m)
No. 1, 4	4	2	1	0.667	0.333
No. 2, 5	5	2.5	1.25	0.883	0.417
No. 3, 6	6	3	1.5	1.000	0.500

のみ配筋した。

3.3 載荷方向

(1) 載荷装置

載荷装置は、写真-1、図-6 および表-5 に示すように、スパン a は L/2、張出し部 b は L/4、c は L/6 とし、スパン中央の自重による曲げモーメントが 0 となるよう載荷点、支点位置を定めた。

(2) たわみ測定

図-6 に示すように、ダイヤルゲージをスパンセンターと載荷点直下の下縁側に 7 個、支点部の上縁側に 4 個取り付け、ひび割れ荷重程度までのたわみを測定した。

なお、破壊載荷までのたわみはレベルによって測定した。

(3) ひずみ測定

図-7 に示すようにペーパーゲージをスパンセンターの上縁側に 2 箇所、下縁側に 2 箇所、載荷点直下の下縁側に 4 箇所張り付け、デジタルひずみ測定器により測定した。

(4) ひび割れ測定

短期載荷は、図-8 に示すように、下縁側にコンタクトゲージを 10 cm 間隔で貼りつけ、ひび割れ幅を測定

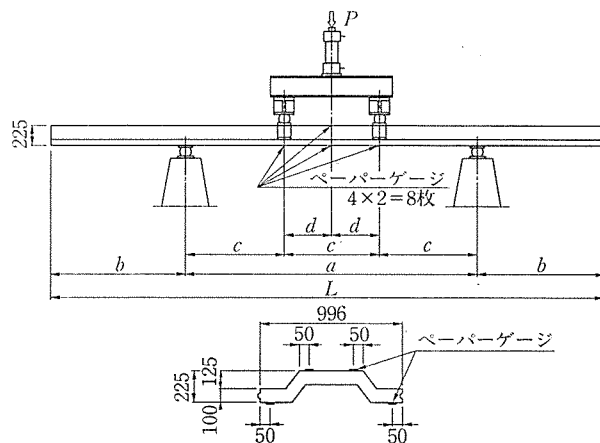


図-7 ひずみゲージ配置図

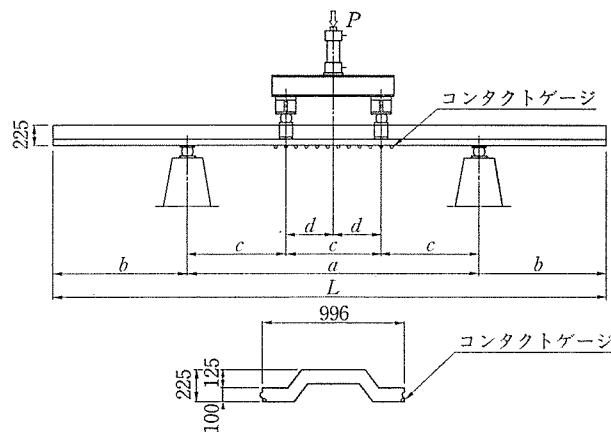
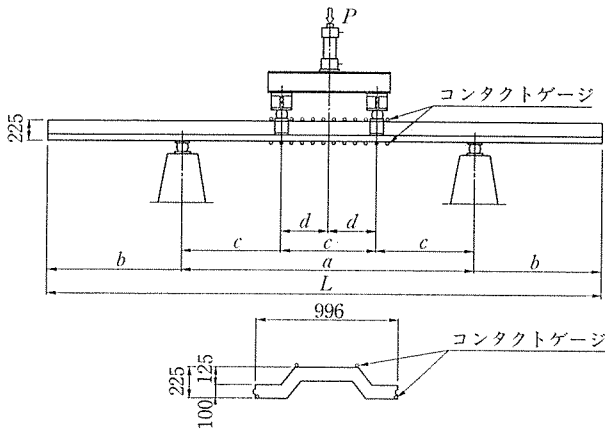


図-8 コンタクトゲージ配置図 (短期載荷)

表—6 コンクリートの示方配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の 範 囲 (cm)	空気量の 範 囲 (%)	水セメン ト 比 [W/C] (%)	細骨材率 [S/a] (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
					セメント [C] (kg)	水 [W] (kg)	細骨材 [S] (kg)	粗骨材 [G] (kg)	混和材 [D] (kg)	混和材 [M] (kg)
20	10±2.5	2±1	30.0	40.0	500	150	679	1031	50	10



図—9 コンタクトゲージ配置図(長期載荷)

した。長期載荷は、図—9 に示すように、下縁側のコンタクトゲージの配置は短期と同一であるが、上縁側にも下縁側と同じ間隔でゲージを貼りつけ、載荷試験時までは自重のみ作用した状態で1か月に1度、試験体の膨張収縮量を測定した。

3.4 試験結果

(1) 圧縮強度

試験体のコンクリートの設計基準強度は 700 kgf/cm² として、示方配合は、表—6 に示すように、セメント量は 500 kgf/m³、単位水量 W=150 kgf/m³、水セメント比 W/C=30%、粗骨材率 S/a=40%、空気量 2.0%、

表—7 テストピースの種類

種 類	養 生 方 法	個 数
プレストレス導入時	試験体と同一養生	3
材令 1 週 (σ_1)	蒸気養生～水中養生	3
短期載荷時	試験体と同一養生	3
材令 4 週 (σ_{28})	蒸気養生～水中養生	3
長期載荷時	試験体と同一養生	3

混和剤として減水剤マイティ 150 を 10 kgf/m³、高強度コンクリート用混和剤ダイミックス S をセメント量の 10% の 50 kgf/m³ 添加した。

テストピースは、表—7 に示すように、5種類すべてコンクリート打設後、試験体と同一の蒸気養生を約 11 時間行い、以後、プレストレス導入時、短期載荷重、長期載荷時は試験体と同一の養生を行い、材令 1 週 (σ_1) と 4 週 (σ_{28}) は水中養生を行った。

コンクリートの圧縮強度試験の結果は、表—8 に示すように、短期載荷時では 624～672 kgf/cm²、長期載荷時では 809～866 kgf/cm² であった。

(2) ヤング係数

ヤング係数の測定結果は、表—9 に示すように、短期載荷時では 3.21～3.30×10⁵ kgf/cm²、また長期載荷時では 3.78～3.99×10⁵ kgf/cm² であった。

(3) たわみ

ひび割れ荷重時および破壊荷重時のたわみの計算値と

表—8 コンクリートの圧縮強度

試験体 No.	製作年月日	コンクリート圧縮強度 (kg/cm ²)									
		プレストレス 導入時 同一養生		σ_1 蒸気養生 水中養生		短期 載荷時 同一養生		σ_{28} 蒸気養生 水中養生		長期 載荷時 同一養生	
1 ・ 3	63年1月13日	1月14日		1月20日		1月29日		2月10日		7月19日	
		532	536	642	645	630	624	723	731	782	809
		541		653		626		736		833	
		535		640		620		733		812	
4 ・ 6	63年1月16日	1月17日		1月23日		1月30日		2月13日		7月19日	
		560	553	658	665	634	651	751	743	842	834
		553		684		656		742		851	
		547		652		662		737		810	
2 ・ 5	63年1月18日	1月19日		1月25日		1月30日		2月15日		7月19日	
		537	533	688	671	670	672	764	754	863	866
		541		662		680		749		849	
		522		662		666		749		886	

表—9 ヤング係数測定結果

	テスト ビース 製作年月日	測定日	コンクリート の圧縮 強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 ×10 ⁵ (kgf/cm ²)	
				各ヤング 係数	平均値
短期 載荷	63. 1.13	63. 1.29	630	3.27	3.21
			626	3.07	
			620	3.28	
	63. 1.16	63. 1.30	634	3.37	3.30
			656	3.17	
			662	3.35	
	63. 1.18	63. 1.30	670	3.31	3.21
			680	3.25	
			666	3.08	
長期 載荷	63. 1.13	63. 7.19	782	3.73	3.78
			833	3.73	
			812	3.69	
	63. 1.16	63. 7.19	842	3.98	3.99
			851	3.97	
			810	4.01	
	63. 1.18	63. 7.19	863	3.81	3.80
			849	3.85	
			886	3.74	

表—10 各試験体のたわみ

試験体 No.	支 間 (cm)	ヤング 係数 ×10 ⁵ (kgf/cm ²)	ひび割れ荷重時		破壊荷重時		
			計 算 たわみ (mm)	実 測 たわみ (mm)	計 算 たわみ (mm)	実 測 たわみ (mm)	
短期 載荷	1	200	3.21	1.2	1.46	6.6	16
	2	250	3.21	1.9	2.03	10.7	19
	3	300	3.30	2.5	3.08	14.4	27
長期 載荷	4	200	3.78	1.0	1.12	5.6	9
	5	250	3.80	1.6	1.55	9.0	12
	6	300	3.99	2.1	2.97	11.5	27

実測値の比較は表—10に示す。表中のたわみの計算値は次式によって計算した。

$$\delta = \frac{P \cdot c(3a^2 - 4c^2)}{48 \cdot E_c \cdot I_c}$$

P: ひび割れ荷重

c: 載荷点間距離

a: 支 間

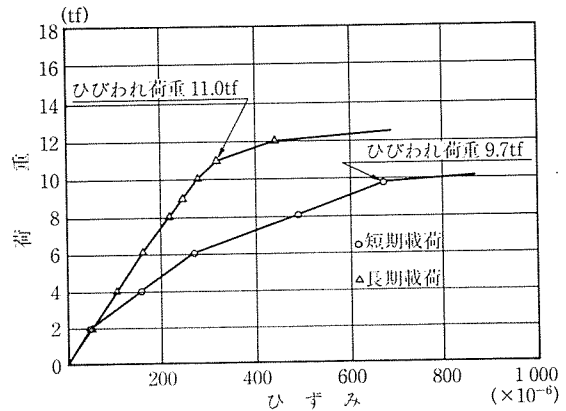
E_c: 載荷時, 実測したヤング係数

I_c: 断面2次モーメント

上記のうち, 断面2次モーメントは, ひび割れ荷重時は全断面有効として, また, 破壊荷重時はひび割れによる剛性低下を考慮して計算した。

(4) ひ ず み

全試験体の荷重-ひずみ図は紙面の都合上省略し, 試験体 No. 2, 5 の載荷点直下の引張縁側に貼りつけた4



図—10 試験体 No. 2, 5 の荷重-ひずみ

枚のゲージのうち最大のひずみを示したゲージについて荷重-ひずみを図—10に示す。

ひび割れ荷重はひび割れ幅 0.05 mm のひび割れが発生したときの値であり, 短期載荷時と長期載荷時の2種類について示した。長期に比べて短期の方がヤング係数も小さく, 当然, ひずみも大きくなっている。

また, いずれもひび割れ発生後はひずみが急激に大きくなっている。

(5) 長期載荷試験体の膨張収縮量

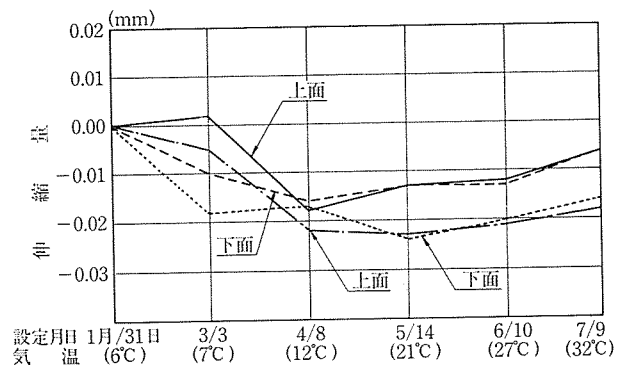
全試験体の膨張収縮量の説明は紙面の都合上省略し, 試験体 No. 5 の測定結果を図—11に示す。

この図では, 試験体は, 1月31日の最初の測定から4月8日までには気温も低く, 乾燥の影響もあり, 収縮する傾向を示している。また, 他の試験体 No. 4, No. 6 も同様な傾向を示した。

(6) ひび割れモーメント

ひび割れモーメントの計算値と実測値の比較は表—11に示す。

実測モーメントは, コンタクトゲージを測定して, ひび割れ幅が 0.05 mm になったときの載荷重から計算して求めた。表に示すように, 短期載荷では M₂/M₁ が 1.00, 1.03, 1.04, 長期載荷では 1.11, 1.16, 0.98 と



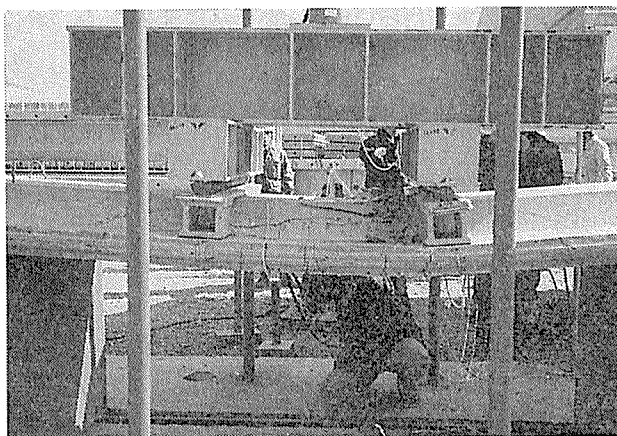
図—11 試験体 No. 5 の膨張収縮量

表—11 曲げひび割れモーメントの計算値と実測値の比較

試験体 No.	計算モーメント M_1 (tf·m)	実測モーメント M_2 (tf·m)	M_2/M_1
1	4.21	4.22	1.00
2	4.21	4.34	1.03
3	4.21	4.37	1.04
4	4.21	4.66	1.11
5	4.21	4.88	1.16
6	4.21	4.11	0.98

表—12 破壊モーメントの計算値と実測値の比較

試験体 No.	計算モーメント M_1 (tf·m)	計算破壊モーメント M_{u3} (tf·m)	実測破壊モーメント M_{u4} (tf·m)	M_{u4}/M_1	M_{u4}/M_{u3}
1	4.21	9.98	11.4	2.71	1.14
2	4.21	9.98	11.9	2.83	1.19
3	4.21	9.98	11.7	2.78	1.17
4	4.21	9.98	13.8	3.28	1.38
5	4.21	9.98	14.3	3.40	1.43
6	4.21	9.98	11.9	2.83	1.19



写真—2 破壊状態 ($L=5$ m)

なった。

(7) 破壊モーメント

計算値と実測値の比較を 表—12 に示す。

表からわかるように、すべての試験体の実測破壊モーメントは計算ひび割れモーメントの 2.7 倍以上あり、破壊モーメントの計算値と実測値の比率 M_{u4}/M_{u3} は 1.14~1.43 の範囲にある。なお、破壊の状態を 写真—2 に示す。

3.5 考 察

(1) 計算ひび割れモーメントを規格値と一致させた試験体の実測ひび割れモーメントは、短期、長期載荷、

いずれも計算値とほぼ等しい値が得られた。

このことは規格値を満足するように PC 矢板を製造するためには製品強度のばらつきの程度を考慮して規格値に適切な安全度を見込んだ計算値を目標ひび割れモーメントとして矢板断面を設計すればよいことを示すものといえ、実用に当たってはプレストレス量を本試験体より増加させるなどして安全度を見込むべきである。

(2) 試験体の実測破壊モーメントは、計算破壊モーメントの約 1.1 倍以上であり、通常の梁の曲げ耐力の算定方法によって矢板の破壊モーメントを算定できることが示された。

(3) せん断支間を 3 段階に変化させた載荷試験の結果より、この範囲でひび割れモーメントおよび破壊モーメントのいずれも、せん断支間の相違の影響を受けないことが確かめられた。また、破壊形態もほぼ同様であった。

(4) 目視で発見できるひび割れ幅は 0.05 mm 以上のものであることが載荷試験によって確かめられた。

また、0.05 mm をこえるひび割れ幅を発生させる荷重において、試験体のたわみの増大する割合が大きくなることが示された。

4. おわりに

これまで、JIS, PC 矢板は平形の幅 40 cm と 50 cm のものだけであったが、今回の改正で新たに幅 1 m の平形・溝形・波形を新規格として加え、矢板の種類をふやしたので今後の伸びが期待される。

改正に要した期間は昭和 62 年 1 月から昭和 63 年 9 月までであり、この間、アンケート募集や載荷試験等を行い、JIS, PC 矢板改正委員会の関係各位からは御指導・御援助をたまわった。ここに心からお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) プレストレストコンクリート矢板, JIS A 5326-1988, 昭和 63 年 9 月 1 日改正, 日本工業標準調査会審議日本規格協会発行
- 2) 昭和 61 年制定コンクリート標準示方書設計編, 土木学会
- 3) プレストレストコンクリート矢板設計便覧, JIS A 5326, 社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 4) 高強度コンクリート矢板設計・施工ハンドブック, 日本コンクリート矢板工業会

【1990 年 5 月 8 日受付】