

運輸省港湾技術研究所 正会員 大郎 信明

1. 研究の目的及び概要：プレストレストプレキャストコンクリートを海洋構造物として用いる場合、海洋での外力条件に対する力学的性質及び施工上問題となる接合法の点に関して検討する必要がある。本研究では、力学的性質に関してPCパイルの曲げを考え、設計荷重を上回る荷重及び繰り返し荷重を加え、それらがPCパイルのたわみ、ひずみ、ひびわれ及び破壊荷重に与える影響を検討した。また、接合法としてはPCパイルの溶接接合及びPCはりのエポキシ樹脂又は後打ちコンクリートを母地とした接合法を検討した。

2. 荷重の与え方：海洋での外力条件は、繰り返しの性質を有し予想困難な波力によって代表される。このことを考え、本試験では供試体に設計荷重を上回る荷重（ここでは $0.6 P_{ult}$ ）によりひびわれを発生させ、荷重Ⅰ（引張応力が0となる荷重）及び荷重Ⅱ（ $P_{ult}/2.5$ ）による片振り、両振りの繰り返し載荷を行い、それに伴う破壊荷重等の変化を検討した。なお、PCはりについての繰り返し荷重は荷重Ⅱのみとした。

3. 繰り返し載荷によるPCパイルの力学的性質の変化：本試験で使用したPCパイルの概略を資料-1に示す。繰り返し載荷の影響を検討するため、0より5までのPCパイルのたわみ、圧縮側コンクリートのひずみ、ひびわれ幅を 10^4 回ごとに測定し、これを繰り返し載荷を受けないPCパイルの測定値と比較したものを表-1に示す。この表より、YF-Fを除き、繰り返し数が増すにつれて、いずれも減少することが認められ、PCパイ力は疲労初期段階ではcyclic hardeningを生ずるものと考えられる。これに対してYF-Fは、いずれの測定値も増加する傾向がある。YF-Fの場合、PC鋼線の疲労寿命をHilms & Ekbergの式より求めるべし、 10^4 回ではその数10%を費しており、この段階ではcyclic softeningを生じていると考えられる。又、接合部を有するA型パイルのたわみは、接合部を有しないY型パイルに比較して少なく、この接合法の欠点としては図-2に示すように引張側でのコンクリートと鋼材部との一体性に若干疑問があるが、実用上は無視できると判断される。更に、破壊モーメント及び曲率を表-2に示す。これによると、繰り返し荷重によって破壊モーメントは低下しないが、曲率は低下し、その傾向は片振り載荷で著しい。

4. 接合部を有するPCはりの力学的性質：単体、後打ちコンクリート接合部を有するはり及びエポキシ樹脂接合部を有するはりのたわみ、ひびわれ幅及び破壊モーメントの相違をA型はりの試験結果より述べる。ひびわれについては、発生荷重はほとんど変わらないのであるが、最大ひびわれ幅に対応する荷重は、0.1、0.2、0.3mmとなるにつれてA-1型、A-2型、A-3型の順となる傾向が明らかとなり、又、破壊モーメントも同様であるが、たわみについては明確ではない。又、いずれのはりについても繰り返し荷重により、ひびわれ幅及びたわみは減少し、破壊モーメントは増加することが認められる。更に、後打ちコンクリート接合部を有するはりにおけるプレストレス量の影響についてA-2型、B-2型、C-2型、E-2型はりの試験結果より述べる。最大ひびわれ幅に対する荷重を比べると、ひびわれ発生荷重はプレストレス量の多いものほど大きいのは当然であり、0.1mmに対する荷重も同様であるが、0.2mm、0.3mmとなるにつれてその差は小さくなり、0.3mmではA-2型よりもB-2型の方が大きくなるようである。しかし、0.3mmではC-2型、E-2型はRCはりの単体よりも小さな荷重となり、PCとしての利点が少なくなる。

5. まとめ：PCパイ力は、繰り返し荷重により、たわみ、ひずみ、ひびわれ幅、破壊モーメントも多少の変化を受けるが、破壊時の曲率が大きな影響をうける。溶接接合及び後打ちコンクリート接合の力学的性質は比較的良好である。

なお、本研究は昭和55年度吉田奨励金を受けたものであり、感謝の意を表します。

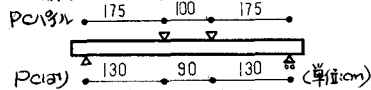
資料-1 供試体の種類及び形状・寸法

PCパイル 形状・寸法はすべてφ300mm (t=60mm), l=5m, $\sigma_c \approx 850 \text{ kg/cm}^2$

X型 JIS 4種相当

Y型 JIS C種相当

Z型 JIS C種相当(溶接接合)



PCはり 形状・寸法はすべて $200 \times 310 \times 4000 \text{ mm}$, $\sigma_c \approx 500 \text{ kg/cm}^2$

A型 $A_p = A_{pc} = 2.654 \text{ cm}^2$, $\sigma_{ce} \approx 65 \text{ kg/cm}^2$ (A-1: 単体, A-2: 後打ちコンクリート接合部, A-3: エポキシ樹脂接合部)

B型 $A_p = A_{pc} = 2.654 \text{ cm}^2$, $\sigma_{ce} \approx 50 \text{ kg/cm}^2$, $A_s = A_{sc} = 2.534 \text{ cm}^2$ (B-1: 単体, B-2: 後打ちコンクリート接合部)

C型 $A_p = A_{pc} = 1.327 \text{ cm}^2$, $\sigma_{ce} \approx 35 \text{ kg/cm}^2$, $A_s = A_{sc} = 3.902 \text{ cm}^2$ (C-1: 単体, C-2: 後打ちコンクリート接合部)

E型 B型と同じであるが、鋼棒が「ulbond」である。

また、全はりで有効高さは25.0cm, 222 ϕ A_p , A_{pc} は引張側及び圧縮側PC鋼棒断面面積

A_s , A_{sc} は

鉄筋断面面積

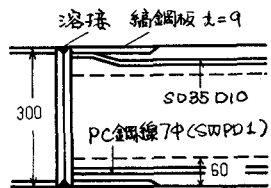


図-1 溶接接合部概略図 (単位:mm)

使用PC鋼棒

A型 SBPR 95/110

その他 SBPR 80/95

使用鉄筋 SD35

表-1 PCパイル試験結果

パイルの種類	たわみ測定値 (mm)							圧縮側コンクリートひずみ ($\times 10^{-6}$)							ひびわれ幅 (mm)			
	測定したリクル数 (0~5t)							測定したリクル数 (0~5t)							リクル数	最終リクル	最終ひびわれ幅	N=1以前のひびわれ幅
	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	最終7.5t	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	最終7.5t	1	10 ²	最終7.5t	N=1以前のひびわれ幅
YF-A	6.18	6.20	6.30	6.17	5.89	5.92	5.68	436	436	438	489	419	421	417	0.05	0.04	0.10	+30.5
YF-C	7.14	7.14	7.15	7.08	6.58	6.65	6.23	402	489	499	494	471	447	443	0.08	0.05	0.20	-3.0t
YF-D	7.23	6.63	6.64	6.64	6.50	6.44	6.19	527	478	—	—	482	470	436	0.05	0.05	0.20	-7.5t
YF-F	7.49	7.24	6.98	6.71	6.47	6.29	8.89	480	500	500	472	462	454	565	0.05	0.10	0.23	-7.5t
YS-C	7.02	—	—	—	—	—	13.38	482	—	—	—	—	—	—	0.05	0.20	0.20	-7.5t
ZF-A	5.82	5.76	5.79	5.78	5.68	5.62	5.63	10.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ZF-B	5.93	6.10	6.05	6.05	6.04	6.06	5.79	9.74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ZF-C	7.03	6.99	6.94	6.57	6.02	5.82	5.74	10.41	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ZF-D	6.92	6.51	6.50	6.76	5.33	5.93	5.32	11.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ZS-B	7.24	—	—	—	—	—	—	13.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

繰返し載荷: YF-A, ZF-A (0~3t), ZF-A (0~5t)
YF-C, YF-D, ZF-C (3~30), YF-F, ZF-D (5~5t)
YS-C, ZS-B (繰返し5tのみ) 荷重I=3t
荷重II=5t

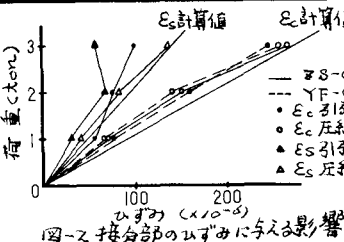


図-2 接合部のひずみに与える影響

表-3 PCはりの試験結果

パイルの種類	たわみ測定値 (mm)							圧縮側コンクリートひずみ ($\times 10^{-6}$)							ひびわれ幅 (mm)			
	測定したリクル数 (0~5t)							測定したリクル数 (0~5t)							リクル数	最終リクル	最終ひびわれ幅	N=1以前のひびわれ幅
	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	最終7.5t	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	最終7.5t	1	10 ²	最終7.5t	N=1以前のひびわれ幅
A-1-B	3.7	2.8	—	6.0	7.0	8.0	(1.49)	1.91	(2.73)	3.22	6.70	—	—	—	—	—	—	—
A-1-C	3.8	2.8	2.8	7.0	9.0	11.0	(1.16)	1.39	2.19	2.60	10.08	—	—	—	—	—	—	—
A-1-D	4.0	3.0	—	6.0	7.5	8.0	(1.34)	1.58	(2.52)	2.94	6.97	—	—	—	—	—	—	—
A-2-B	3.6	2.8	—	5.5	7.0	8.0	(1.51)	1.53	(2.66)	2.78	6.89	—	—	—	—	—	—	—
A-2-C	3.5	2.8	2.8	7.5	9.0	10.0	(1.34)	1.27	2.41	2.28	9.01	—	—	—	—	—	—	—
A-2-D	3.8	2.8	—	5.0	6.0	7.0	(1.38)	1.82	(2.56)	3.25	6.05	—	—	—	—	—	—	—
A-3-B	3.5	3.0	—	4.0	5.0	6.5	(1.69)	1.81	(2.98)	3.53	5.63	—	—	—	—	—	—	—
A-3-C	3.8	2.8	2.8	6.0	8.0	9.0	(1.27)	1.33	2.30	2.27	9.04	—	—	—	—	—	—	—
A-3-D	3.8	2.8	—	5.0	6.0	6.5	(1.42)	1.74	(2.66)	3.25	5.99	—	—	—	—	—	—	—
B-1-B	3.0	2.2	—	6.0	8.0	10.0	(1.72)	2.70	(3.89)	4.60	8.28	—	—	—	—	—	—	—
B-1-C	3.6	2.4	2.3	6.5	8.5	10.0	(1.40)	1.64	2.59	2.98	10.82	—	—	—	—	—	—	—
B-1-D	3.5	2.4	—	6.2	8.0	10.0	(1.48)	2.09	(2.91)	3.51	8.84	—	—	—	—	—	—	—
B-2-B	2.8	2.3	—	4.2	6.0	9.0	(1.69)	2.44	(3.24)	3.90	8.91	—	—	—	—	—	—	—
B-2-C	2.8	2.4	2.4	4.0	9.0	11.0	(1.69)	1.65	2.99	2.99	10.86	—	—	—	—	—	—	—
B-2-D	3.0	2.2	—	4.0	8.0	10.0	(1.81)	2.54	(3.43)	4.41	9.36	—	—	—	—	—	—	—
C-1-B	2.0	1.4	—	4.0	6.0	7.5	(2.08)	2.98	(5.31)	5.52	7.12	—	—	—	—	—	—	—
C-1-C	2.6	1.6	1.4	1.5	3.5	7.5	(2.55)	3.01	4.54	5.24	9.02	—	—	—	—	—	—	—
C-1-D	3.0	1.6	—	5.0	6.5	7.5	(1.86)	2.83	(4.99)	5.36	6.73	—	—	—	—	—	—	—
C-2-B	2.0	1.4	—	3.0	5.0	6.0	(2.35)	3.09	(5.32)	5.59	7.12	—	—	—	—	—	—	—
C-2-D	1.8	1.4	—	2.0	3.0	4.0	(2.65)	3.89	(6.03)	6.62	6.73	—	—	—	—	—	—	—
E-1-B	3.0	2.2	—	5.5	7.0	9.0	(1.81)	2.07	(3.51)	3.64	8.53	—	—	—	—	—	—	—
E-1-D	3.2	2.3	—	5.0	6.0	9.0	(1.95)	2.12	(3.88)	3.96	9.12	—	—	—	—	—	—	—
E-2-B	3.2	2.0	—	4.0	5.5	7.0	(2.14)	2.25	(4.36)	4.19	7.80	—	—	—	—	—	—	—
E-2-D	2.8	2.3	—	4.0	5.7	7.0	(1.94)	2.36	(3.97)	4.32	7.83	—	—	—	—	—	—	—
RC-B	0.9	0	—	3.0	6.0	8.0	(3.68)	4.60	(7.02)	7.20	6.25	—	—	—	—	—	—	—

パイルの種類	破壊モード	Test Cal	Test Cal	破壊時のひびわれ幅
YF-B	6.56	4.38	6.35	7.05
YF-C	6.65	4.03	2.53	7.4
YS-B	5.60	4.47	7.67	6.0
YF-A	12.16	—	2.48	—
YF-C	12.34	9.07	8.33	6.1
YF-D	11.55	—	3.21	6.4
YF-F	11.64	10.44	2.32	3.8
YS-D	11.29	9.25	4.19	—
ZF-A	10.68	9.59	1.21	3.4
ZF-B	11.64	—	1.57	—
ZF-C	11.73	—	1.54	—
ZF-D	13.21	—	2.24	—
ZS-C	11.38	—	2.64	—

単位: t/m 及び $\times 10^{-6}$

a: 標準示し書(梁)

b: 設計施工計画

c: ACI

d: Hognestad

注: このひびわれ荷重は荷重-たわみ曲線より求めたもの
C) は死載荷のもの
はり番号の最後の文字は次のことを表す
B: 負のモーメントを加えたときの通常の載荷
C: 片持ち繰返し載荷
D: 通常の静的載荷