

オリエンタルコンクリート㈱ 正員 甲斐 一夫
運輸省 港湾技術研究所 正員 大 郎 信 明
運輸省 港湾技術研究所 正員 森 好 生

1. まえがき

コンクリートの強度が試験時の乾湿状態により変化することは、広く知られていることであるが、これに関する研究は少ない。また、コンクリート部材の載荷試験は数多く実施されているが、大半が気乾状態におけるものであり、湿潤状態におけるものは少ない。この報告は水中におけるコンクリート部材の力学的性質を明らかにし、港湾および海洋のコンクリート構造物の設計法を改良する第一歩として実施した、水中および気中における、コンクリートの強度試験ならびに R 〇 はりおよび P 〇 はりの載荷試験についての中間とりまとめである。

2. コンクリートの水中強度試験

水中および気中において、コンクリートの圧縮、引張、および付着の強度試験を行った。供試体製作に用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。供試体は打込みの翌日に脱型して 28 日まで標準養生した後気中養生とした。水中試験用供試体は、試験前 7 日間水中に入れて湿潤状態とし、水中載荷した（湿潤状態水中載荷）。気中試験用供試体は、気乾状態のまま気中載荷した（気乾状態気中載荷）。このほか、湿潤状態気中載荷、気乾状態水中載荷、標準養生気中載荷を行った。

材齢 90 日における試験結果を表-2 に示す。湿潤状態水中載荷における圧縮強度、引張強度、および付着強度は、気乾状態気中載荷に比較してそれぞれ 1～2 割小さい。

3. R 〇 はりおよび P 〇 はりの水中載荷試験

水中および気中において、R 〇 はりおよび P 〇 はりの単純支持二点載荷を行い、はりの破壊荷重、ひびわれ発生荷重、たわみ、コンクリートおよび鋼材のひずみ、ひびわれ幅などを測定した。載荷手順は単調載荷（0 t $\xrightarrow{\Delta P=0.1t}$ 破壊）と繰返し漸増載荷（0 t $\xrightarrow{\Delta P=0.1t}$ 0.4 t $\rightarrow$ 0 t $\rightarrow$ 0.4 t $\xrightarrow{\Delta P=0.1t}$ 0.8 t $\rightarrow$ 0 t $\rightarrow$ 0.4 t $\rightarrow$ 0.8 t $\xrightarrow{\Delta P=0.1t}$ 1.2 t $\rightarrow$ 0 t $\rightarrow$ 破壊）の 2 種類である。せん断スパンと有効高さの比（a / d）は 5.0, 3.75, 2.5, 1.25 の 4 種類である。供試体の形状寸法および載荷状態を図-1 に示す。供試体の製作に用いたコンクリートの配合および鋼材の機械的性質を表-1 表-3 に示す。供試体は、打込みの翌日に脱型して 28 日まで湿潤養生し、その後気中養生した。水中試験用供試体は、試験前 7 日間水中に入れて湿潤状態とし、水中載荷した。気中試験用供試体はそのまま気中載荷した。試験時の材齢は 14 週から 23 週までである。P 〇 はりの試験時の有効プレストレス力は気中試験の場合約 4.5 t である。

ひびわれ発生荷重と破壊荷重の試験結果を表-4 に示す。水中におけるひびわれ発生荷重は気中にくらべて大きい。これはコンクリートの湿潤膨張（乾燥収縮）に対する鋼材の拘束の影響などによるものと考えられる。非拘束時のコンクリートの湿潤状態と気乾状態におけるひずみの差を 300 μ と仮定すると、鋼材による拘束力は R 〇 はりの場合 0.8 t、P 〇 はりの場合 0.4 t となる。これによるひびわれ発生荷重の差は R 〇 はりの場合 30%，P 〇 はりの場合 6% であり、試験結果とおおむね一致する。破壊荷重については、はりのせん断耐力の推定が甘かったことなどにより、コンクリート強度の水中における減少を反映させるものとならなかった。

荷重と最大ひびわれ幅の関係および繰返し漸増載荷を行った場合の残留ひびわれ幅と最大ひびわれ幅の関係を図-2、図-3 に示す。残留ひびわれ幅の最大ひびわれ幅に対する割合は水中の方が小さい。

表-1 コンクリートの配合

種 別	P/Ck (kg/cu)	Amax (mm)	スランプ (cm)	W/O (%)	W (kg/m ³)	G (kg/m ³)	S (kg/m ³)	U (kg/m ³)
無筋 (A 配合)	400	20	5 ± 1	40	152	582	761	1036
無筋 (B 配合)	240	20	8 ± 1	67.4	170	250	879	978
はり	400	20	5 ± 1	40	161	415	734.5	989

図-1 供試体の形状寸法と載荷状態

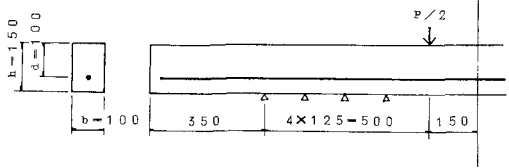


表-2 コンクリートの強度

A 配合	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	付着応力度 J=0.1mm (kg/cm ²)	付着強度 (kg/cm ²)	含水比 (%)
供試体環境条件					
気乾状態気中載荷	598	45	155	196.1	5.24
〃 水中載荷	562	44	145	162.1	5.46
湿潤状態気中載荷	477	42	121	160.3	6.69
〃 水中載荷	483	42	142	166.9	6.62
標準養生気中載荷	491	39	123	140.4	6.45

B 配合

供試体環境条件	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	付着応力度 J=0.1mm (kg/cm ²)	付着強度 (kg/cm ²)	含水比 (%)
気乾状態気中載荷	355	33	129	153.1	4.35
〃 水中載荷	362	35	120	144.6	5.25
湿潤状態気中載荷	286	24	112	182.2	6.60
〃 水中載荷	280	24	109	172.4	6.45
標準養生気中載荷	286	26	99	123.7	7.50

表-3 鋼材の機械的性質

鋼材の種類		降伏点降重	降伏点	引張荷重	引張強さ	伸び (%)
名 称	φ	(kg)	(kg/cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(80号)
鉄 筋 SD40	13	5,900	4,600	8,000	6,500	24
PC鋼線 SRPR 95A110	9.2	2,480	14,300	2,740	11,650	11

表-4 はり供試体のひびわれ発生荷重および破壊荷重

はり種類	アーチ長/ 有効高 (a/d)	載荷方法	ひびわれ発生荷重 (t)				破壊荷重 (t)			
			気中載荷	水中載荷	水中/気中	理論値**	気中載荷	水中載荷	水中/気中	理論値***
R O はり	5.0	単調	0.45	0.70	1.56	0.53	2.42	2.35	1.05	2.24
		繰返し	0.58	0.70	1.21		2.28	2.38	1.04	
	3.75	単調	0.70	0.88	1.26	0.70	2.87	3.00	1.05	2.99
		繰返し	0.70	0.80	1.14		3.04	2.93	0.96	
	2.5	単調	1.16	1.60	1.38	1.05	4.93	4.77	0.97	4.12*
		繰返し	1.38	1.79	1.30		4.82	5.30	1.10	
	1.25	単調	3.20	3.60	1.13	2.10	11.60	11.20	0.97	8.25*
		繰返し	2.60	3.40	1.31		12.38	13.20	1.07	
**** P O はり	5.0	単調	2.10	2.08	0.99	1.42	3.12	3.06	0.98	2.58
		繰返し	1.93	2.18	1.13		3.16	3.18	1.01	
	3.75	単調	2.68	2.79	1.04	1.89	4.55	4.28	0.94	3.44
		繰返し	2.60	2.80	1.08		4.24	4.07	0.96	
	2.5	単調	3.88	4.40	1.13	2.83	6.92	6.25	0.90	4.24*
		繰返し	4.40	4.30	0.98		6.82	6.42	0.94	
	1.25	単調	9.60	10.60	1.10	5.66	17.28	18.74	1.08	8.48*
		繰返し	8.80	10.40	1.18		13.84	17.20	1.24	

注釈 * :せん断耐力,その他は曲げ耐力
** :A O I 318-77に準じて算出

*** :土木学会,終局強度設計小委員会に準じて算出
**** :有効プレストレス力 $P=4.5t$

図-3 残留ひびわれ幅と最大ひびわれ幅の関係

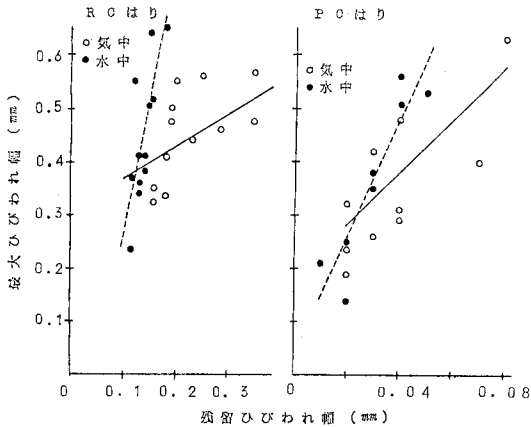
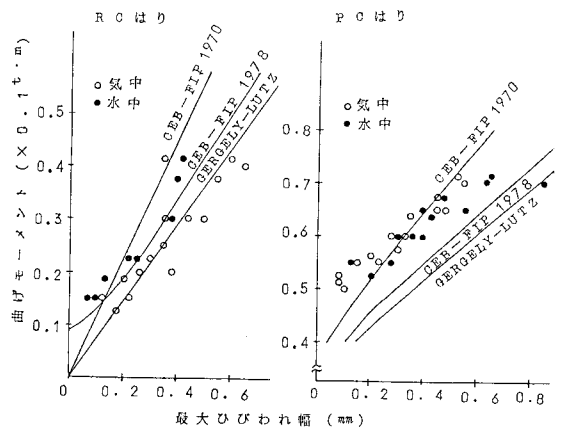


図-2 荷重と最大ひびわれ幅の関係



4. むすび

今回の試験により、水中におけるコンクリート部材のひびわれ発生荷重及び残留ひびわれ幅が気中と比べて小さいことなどが明らかになった。今回の試験結果をふまえ、また松下氏の研究などを参考にして試験項目、試験方法などを検討し、水中におけるコンクリート部材の力学的性質に関する研究を進めていく予定である。

参考文献 松下博通：水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究

(土木学会論文集, 1980-4)

ネビルのコンクリートの特性：後藤幸正, 尾坂芳夫 訳 (技報堂)

コンクリート便覧：日本コンクリート工学協会 (技報堂)