

VI — 3 繰返し載荷によるコンクリートの力学的性質
(低サイクル疲労試験)

九州大学 工学部 正員 松下 博通
“ “ 学生員 近 藤 暢 男

1. まえがき

コンクリート供試体に圧縮応力を加えるとその容積は減少し続けるが、ある限度をこえたと逆に増加しはじめる。この限度を critical stress (σ_{cr}) とよび、この近傍のなかでコンクリートのモルタル部分のマイクログラックが著しく増加することが知られている。本実験は、 σ_{cr} 以上の繰返し応力を受けるコンクリートは、次第に内部から損傷され破壊することが考えられるので、高応力低サイクル繰返し試験を行ない、ひずみ変化と強度変化について調べたものである。

2. 実験概要

53本の円柱供試体を3シリーズに分けて試験した。各シリーズの静的圧縮強度試験結果を表-1に、繰返し載荷試験結果を表-2に示す。繰返し載荷試験は、一定応力 σ_{max} までの荷重を前載荷し、所定回数繰返し後に破壊応力 σ_{fail} を求めた。所定回数に達しない前に破壊したものは、そのときの応力と σ_{fail} とした。荷重繰返し中は、コンクリートの縦ひずみ ϵ_1 と横ひずみ ϵ_2 をワイヤストレーンゲージにより測定した。応力-

表-2 繰返し試験結果

		σ_{max} (%)	σ_{cr} (%)	N=1			N_{fail}	σ_{fail} (%)	σ_{cr} (%)	N=N _{fail} -1			
				ϵ_1	ϵ_2	e				ϵ_1	ϵ_2	e	*
I-1	69	22.1	255	50	155	2	2	302	96.8				
2	70	22.4	240	60	90	2	2	320	102.6				
3	108	34.6	505	80	345	2	2	306	98.1				
4	124	39.7	515	105	305	2	2	285	91.3				
5	158	50.6	800	140	520	2	2	283	90.7				
6	176	56.4	770	200	370	2	2	312	100.0				
7	201	64.4	1050	180	600	2	2	290	92.9				
8	211	67.6	1020	210	600	2	2	307	98.4				
9	228	73.1	1335	330	675	2	2	284	91.0				
10	238	76.3	1340	280	780	2	2	297	95.2				
11	293	93.9	1580	630	920	2	2	294	94.2				
12	296	94.9	1590	700	900	2	2	321	102.9				
13	280	89.7	2170	890	390	2	2	294	94.2				
14	297	95.2	2050	1250	450	2	2	294	94.2				
II-1	228	70.4	1020	285	430	25	25	326	100.6	x	x	x	
2	293	90.4	1570	590	390	19	19	278	85.8	x	x	x	
3	278	85.8	1530	485	560	20	20	294	90.7	2560	2520	-2480	
4	302	93.2	2070	995	80	7	7	325	100.3	2540	2570	-2600	
5	327	100.9	2070	1510	-950	6	6	307	94.7	2890	5110	-7330	
6	306	94.4	1980	715	550	10	10	298	92.0	3430	x	x	
III-1	317	65.5	1110	—	—	—	2	475	98.2				
2	342	70.6	1120	—	—	—	2	507	104.7				
3	357	73.7	1230	—	—	—	2	480	99.1				
4	371	76.7	1340	—	—	—	2	464	95.8				
5	468	96.8	2300	—	—	—	2	434	89.8				
6	475	98.2	2180	1330	480	2	2	455	94.0				
7	348	72.0	1230	—	—	20	20	491	101.4	1440	—	—	
8	385	79.5	1500	—	—	20	20	455	94.0	2100	—	—	
9	278	57.5	990	215	560	15	15	457	94.4	x	x	x	
10	448	92.6	1840	505	830	20	20	480	99.1	2570	1800	-1030	
11	369	76.2	1250	270	710	20	20	527	108.9	1420	350	720	
12	459	94.9	1920	595	730	3	3	439	96.7	2120	765	590	
13	498	102.9	2260	1295	-395	3	3	466	96.3	2440	1950	-1460	
14	480	99.1	2320	—	—	3	3	452	93.5	2360	—	—	
15	412	85.1	1540	430	680	20	20	507	104.7	1880	780	320	
16	425	87.9	1610	420	770	20	20	493	101.9	2010	850	310	
17	470	97.2	2130	730	630	8	8	466	96.3	2880	1640	-400	
18	457	94.4	1830	530	770	20	20	482	99.6	2570	1670	-770	

* e (破壊ひずみ) = $\epsilon_1 - 2\epsilon_2$, * フェーズ不良, * ゲージ不良, * 測定ミス

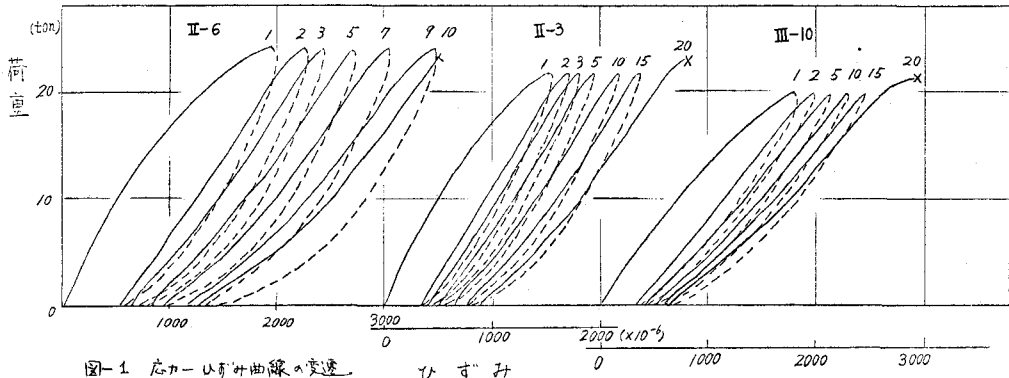


図-1 応力-ひずみ曲線の変遷

ひずみ曲線の変遷の例を図-1に示す。定荷重繰返すと、高応力では数回の繰返しにより破壊することが示されている。この場合、1回の荷重繰返しによるひずみの増加量が大きい。したがって、この点を検討するため、繰返し回数と縦ひずみ、横ひずみ、体積ひずみの関係を図-2に示した。IIとIIIでは、ひずみの増加率 $\Delta e / \Delta N$ の大きさは異なるが、シリーズ毎では増加率の大小もものが破壊に至っており、曲線もいくぶん下に凸の傾向にある。IIシリーズでは、体積ひずみの増加率が破壊現象をよく表現できようであり、IIIシリーズでは、横ひずみと体積ひずみが破壊現象をよく表現できる。

σ_{max} / σ_u により $\Delta e / \Delta N$ がどのように変化するかと図-3に示す。これより、 $\Delta e / \Delta N$ は σ_{max} / σ_u が 87-90% をこえると急激に大きくなりこれを shake down - limit と考える。

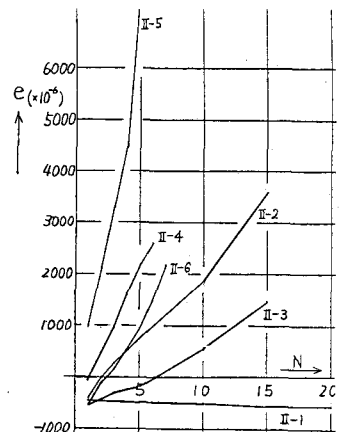
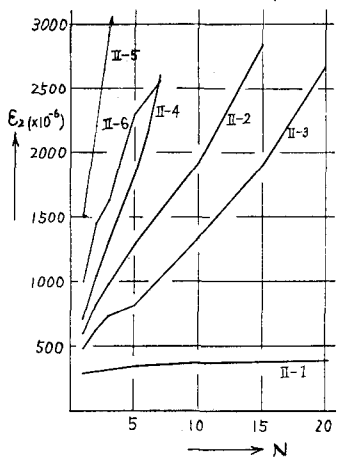
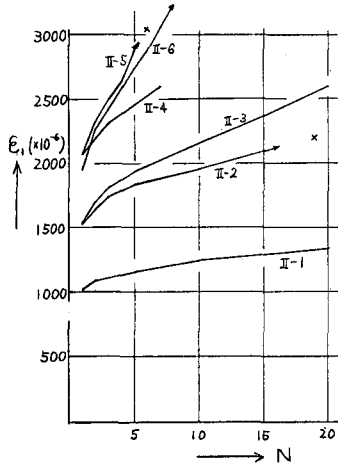
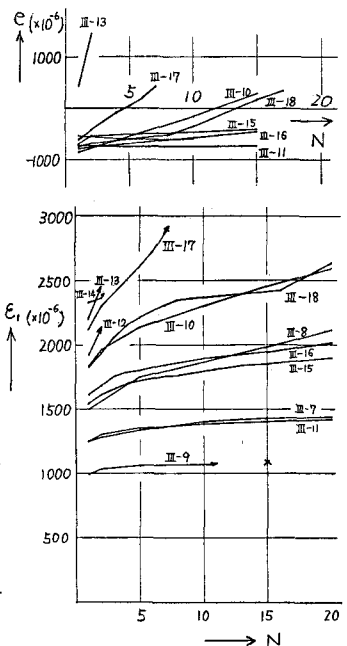


図-2. N と e_1, e_2, e の関係

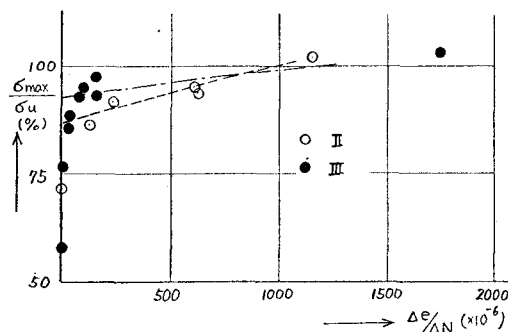


図-3 σ_{max} / σ_u と $\Delta e / \Delta N$ の関係

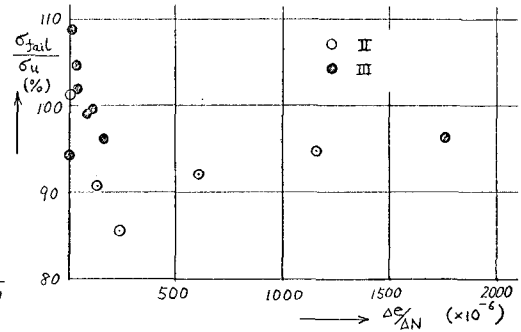


図-4 $\Delta e / \Delta N$ と σ_{tail} / σ_u の関係