

九州大学 工学部 学生員 〇足立 徹
正会員 松下 博通

1. まえがき

過去に報告された繰返し応力を受ける場合のコンクリートの疲労損傷のとりえ方として、繰返し応力の最大応力時でのひずみ量に着目したものがある。つまり、繰返し応力を受けた後では次第にその弾性ひずみ量が増大していくが、これが静的試験における弾性ひずみ量を越えると疲労破壊が発生するという説である。レビエ実験によって求めた破壊時近傍の弾性ひずみは、同一配合でも繰返し応力比、繰返し回数等によつてかなりのばらつきを示し、一定の傾向は認められなかった。ところで、先にコンクリートの二段階疲労試験を行つた際、応力-ひずみ曲線から変形増大に消費されるエネルギー量を求めたところ、応力比によらずほぼ一定の傾向が認められた。そこで、今回はさらに静的圧縮強度試験、一定繰返し疲労試験、前繰返し応力を加えた後の残存強度試験のデータを加え、変形増大に消費されたエネルギー量から疲労破壊条件が求まるかどうかについて検討した。

2. 実験方法

表-1. 配合

No.	W/C (%)	s/a (%)	Gmax. (mm)	単 位 量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
I	50	44	20	180	360	743	1166
II	63	45	20	189	300	824	1162
III	70	44	20	180	257	832	1218
IV	78	44	20	190	244	845	1192

試験供試体はφ75×15cmの内柱供試体であり、コンクリートの配合は表-1に示す4種類とした。試験は4シリーズに分け、各種の載荷条件下でコンクリートの変形増大に消費されるひずみエネルギー量（以下これをAとして示す）を次のようにして求めた。試験1は、配合I, II, IVの供試体により静的圧縮強度試験を行ない、図-1(a)に示す応力-ひずみ曲線によつて囲まれる面積をAとして求めた。このときの破壊時ひずみ量は、最大荷重時の直前のひずみ量とした。試験2は、配合IIIの供試体により種々の繰返し応力比の一定繰返し疲労試験を行ない、図-1(b)の応力-ひずみ曲線の包絡線によつて囲まれる面積を求めた。この時、破壊時近傍ではひずみ量が急増し破壊時ひずみ量が明確でないため、ε-σ曲線の直線部（定常領域）を延長して破壊時のひずみ量を求めた。試験3は、配合II, IVの供試体により、種々の一定繰返しを加えた後に残存圧縮強度試験を行ない、図-1(c)の応力-ひずみ曲線によつて囲まれる面積を求めた。破壊時ひずみ量の求め方は試験1と同様である。試験4は、配合IIの供試体により二段階疲労試験を行ない、図-1(d)の応力-ひずみ曲線の包絡線によつて囲まれる面積を求めた。破壊時ひずみ量のとりえ方は試験2と同様である。

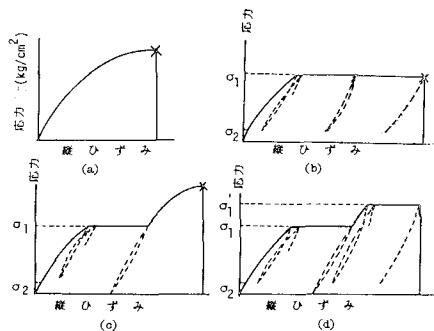


図-1. 応力-ひずみ曲線

3. 実験結果および考察

静的圧縮試験から求めたAの測定結果を表-2に示す。Aは同一コンクリートの範囲内でも大きくばらついてゐるが、図-2に示すように正規確率紙にプロットすると、各々の配合について直線関係となり正規分布することがわかる。また分散分析によればこれらの配合間には有意差が認められ、W/Cが小さいすなわち圧縮強度が大きいほど静的圧縮強度試験におけるAの値が大きいことが示され、W/C=50%では587平均、W/C=63%では488、W/C=78%では377となる。一定繰返し疲労試験によるAの測定結果は表-3の通りである。繰返し応力比の最大値、最小値の大きさによらず、Aの値にばらつきは大きいがほぼ500~800の間にあり、この分布は図-3に示すように正規分布しており、この平均値は619である。残存強度試験によるAの測定結果を表-4に示

す。前繰返し応力比は種々異なり、この間には応力比に依存せず、 A の値は $W/C = 63\%$ では500~800、 $W/C = 78\%$ では300~600の間にあり、図-4より分布は共に正規分布である。この平均値は $W/C = 63\%$ で654、 $W/C = 78\%$ で469となり、

静的圧縮試験の場合と同様の差が配合間にみられた。二段階疲労試験による A の測定結果を表-5に示す。第一段階繰返し応力比の大小は種々変化させているにもかかわらず、 A の値はこれらに依存せず各応力比間に有意差は認められなかった。すべしこの場合の分布は、図-5に示すように正規分布し、その平均値は565であった。また、この時の A の値は、同一配合の時の残存圧縮強度試験により求めた A の値と有意差がないことが認められた。

以上のことから、繰返し応力を受けるコンクリートの破壊条件は、変形増大に消費されるエネルギー量から求められることが推定される。このエネルギー量は、静的強度試験から求めるそれと比較して、20%~30%程度大きくなり、この間、破損近傍の最大ひずみ量を正確に求めることがかなり難しいことになり大きくばらついている。しかし、このばらつきは正規分布することから、変形増大に消費されるエネルギーの進行速度から疲労寿命の推定が可能であり、また既存の構造物コンクリートの疲労損傷の程度をその残存エネルギー量から推定することも可能と考えられ、疲労現象における損傷度の指標として、これが十分有効であると考える。

表-3. 一定繰返し疲労試験

配合	繰返し 応力比 (%)	疲労寿命 (回)	面積 A ($\times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$)
	10-65	723520	649
	10-75	27690	464
	10-85	100	532
III	30-75	450950	650
	30-85	660	604
	30-90	71	561
	50-80	65280	684
	50-90	650	809

表-2. 静的圧縮試験

配合	強度 (kg/cm^2)	面積 A ($\times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$)
I	432	500
	441	550
	491	667
	493	491
	545	493
	569	545
II	577	867
	340	370
	346	512
	364	413
	382	491
	397	553
IV	408	590
	149	333
	160	308
	172	344
	179	376
	189	518
	197	382

表-4. 残存強度試験

配合	前繰返し 応力比 (%)	前繰返し 回数	残存強度 (kg/cm^2)	面積 A ($\times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$)
II	10-20	10^2	320	795
	10-60	10^2	423	556
	"	10^2	332	476
	"	10^2	295	746
	10-70	10^2	328	627
	10-75	10^2	282	707
IV	10-80	10^2	322	614
	10-85	10^2	326	710
	10-70	10^2	178	519
		10^2	212	571
		10^2	204	384
		10^2	204	446
		10^2	224	405
		10^2	216	610
	5 $\times 10^2$	10^2	172	385
		10^2	192	431
		10^2	195	422
		10^2	202	444
		10^2	200	508
		10^2	215	457
	10-80	10^2	157	404
		10^2	151	344
		10^2	178	325
		10^2		

表-5. 二段階疲労試験

配合	前繰返し 応力比 (%)	前繰返し 回数	後繰返し 応力比 (%)	後繰返し 回数	面積 A ($\times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$)
II	8-50	10^2	8-80	510	656
		10^2		1340	496
		10^2		770	548
		10^2		4130	461
	8-60	10^2	8-80	13160	549
		10^2		1080	571
		10^2		6620	566
		10^2		20820	611
	8-65	10^2	8-80	8860	542
		10^2		640	465
		10^2		4980	693
		10^2		2550	696
	8-75	10^2	8-80	8440	572
		10^2		845120	709
		10^2		220	429
		10^2		333	567
		10^2		313	471

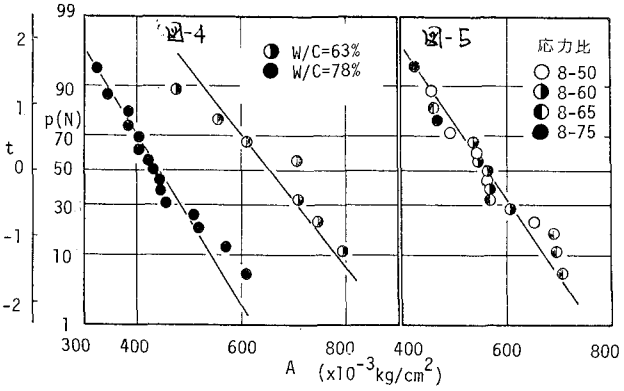
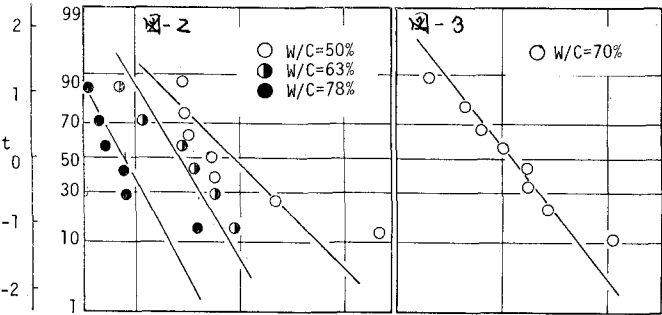


図-2 (左上) 静的圧縮試験、図-3 (右上) 一定繰返し疲労試験、図-4 (左下) 残存強度試験、図-5 (右下) 二段階疲労試験