

1. まえがき

近年の建設工事の増大あるいはコンクリート構造物の大規模化にともない、骨材需要量は膨大なものとなった。これに反して、天然骨材の枯渇または環境保全の立場からの採取規制などにより、骨材供給量は減少の傾向が見うけられる。そこで、新しい骨材供給源として、我国でも、いわゆる高炉スラグ砕石をコンクリート用骨材に利用することが検討され、土木学会RC方書にも一部の規定が見え付けられる。しかしながら、スラグコンクリートの疲労性状に関する研究は皆無である。普通骨材コンクリートと軽量コンクリートではその疲労強度に差異があることはすでに明らかなにされており、スラグコンクリートについても疲労強度を定める必要がある。筆者は、数年来実施してきた普通コンクリートの疲労試験結果を参考にし、スラグコンクリートの疲労強度に関する試験を実施し、スラグコンクリートのS-N曲線が普通コンクリートのそれと差異が認められないとの結果が得られた。この概要を報告する。

2. 実験方法

高炉スラグの品質は、その製造場所によって大きく異なっており、吸水量だけでなく1~10数%とばらついている。したがって本試験に使用した高炉スラグは、吸水量からみて甲級品と考えられる2社のものを使用した。このうち1つは表乾比重からみて良好な品質と考えられるものであり、他の1つは表乾比重が小さく、単位容積重量もRC方書の規定(2500kg/m³)以上にやっと合格する品質のものである。なお、コンクリート用高炉スラグ粗骨材のJIS 命名によると、前者は分類Bに、後者は分類Aに属す。高炉スラグの性質に関する試験結果を表-1に示す。細骨材には佐賀県小川島産海砂(比重2.59, 吸水量1.5%, 単位容積重量1610kg/m³, FM=2.78)を使用した。セメントにはポルトランドセメントと、減水剤にはポゾリスNo5Lを使用した。空気調整剤としてポゾリス303を使用した。

コンクリートの疲労強度に及ぼすコンクリートの使用材料の影響や配合の影響を調べるため、コンクリートの配合は、品質の異なる2社の高炉スラグを使用し、セメント水比を2種に、スランプを2種に変化した計6種類のコンクリートの配合を求めた。配合条件およびその配合を表-2にまとめた。

試験に使用した供試体はφ75×15cmの円柱供試体であり、試験日のコンクリート収縮は、疲労試験期間が長期にわたるため、収縮100日をすぎ、コンクリートの強度増進が無視できる時期とした。また、コンクリートの試験時の乾湿の影響は、コン

表-1 スラグ骨材の品質

	神鋼 神戸	新日鉄 八幡	
表乾比重	2.45	2.26	
吸水量 (%)	6.2	8.2	
単位容積重量 (kg/m³)	1390	1270	
実積率 (%)	60.2	61.1	
小さい分け試験 各ふるいの通過百分率 (%)	最大寸法 mm	30	25
	粗粒率	7.43	6.88
	30 mm	100	100
	25	82	100
	20	43	82
	15	32	66
	10	13	24
	5	3	3
2.5	1	1	

表-2 コンクリートの配合

配合番号	高炉スラグの種類	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	セメント水比 C/W	細骨材 %a	単位量 (kg/m ³)					
						水	セメント	細骨材	粗骨材	ポゾリス No.5L (cc/m ³)	ポゾリス 303 (cc/m ³)
K-1		6±1	4±0.5	1.5	42.1	154	231	797	1042	2310	—
K-2	神鋼神戸	6±1	4±0.5	2.5	38	134	385	674	1041	3850	2310
K-3		18±2.5	4±0.5	1.5	42.1	190	285	740	966	2850	2850
Y-1		6±1	4±0.5	1.5	40.4	145	218	781	1005	2180	—
Y-2	新日鉄八幡	6±1	4±0.5	2.5	38.5	145	363	662	1005	3630	1450
Y-3		18±2.5	4±0.5	1.5	40.4	170	255	746	960	2550	510

疲労試験に先立ち、各グループから任意にとり出した5~7本の

供試体により静的強度を求めた。繰返し応力はその最小応力を静的強度の10%とし、最大応力は静的強度の85%、80%、75%、70%の4種とした。繰返し応力は正弦波化とし、所定の応力を供試体が破壊するまで繰返し、疲労寿命Nを測定した。なお、200万回繰返しても破壊しない場合には試験を中止した。

表-3. 静的強度試験結果および疲労試験結果

Group	材名 (#)	σ_s (% σ_{max})	σ_{ir} (%)	N	$\log N$	Group	材名 (#)	σ_s (% σ_{max})	σ_{ir} (%)	N	$\log N$	Group	材名 (#)	σ_s (% σ_{max})	σ_{ir} (%)	N	$\log N$
K I I	8	270 ± 6	10~85	1.590	3.201	K III	9	545 ± 38	10~80	3.420	3.531	Y T II	5	220 ± 10	10~85	1.500	3.924
			4240	3.647	6900				3.839	10~80	1.800				4.255		
			1800	3.285	25630				4.409	10~75	3.870				3.595		
			3500	3.544	39200				4.591	10~80	2.390				4.378		
			23973	5.380	4020				4.603	10~70	4.550				4.688		
			30144	5.479				10~70	3.864	5.387			9892	4.989			
			20000	6.301				20000	6.301					10~75	5.060	4.704	
			20000	6.301				300	2.477					6600	4.780		
K II II	8	293 ± 24	10~85	6.67	2.811	Y I I	5	243 ± 21	10~85	540	2.732	Y I III	7	440 ± 20	10~75	1.810	4.140
			935	2.971	2440				3.387	10~70	2.000				4.301		
			2800	3.477	1830				3.262		820				2.623		
			10~80	1.230	4.080				10~80	2.920	3.999				10~85	4.50	2.652
			80500	4.906	2930				3.999		650				2.813		
			2200	3.342	9920				3.997		3440				3.595		
			10~75	4.900	3.670				10~75	2.050	4.212				10~80	4.320	3.640
			87800	5.944	42380				5.627		8750				3.942		
			5100	3.708	140000				6.215		20200				4.305		
			10~70	5.600	3.748				10~70	1.745	2.247				10~75	2.860	4.456
			145600	6.166			20000	6.301			9040	4.956					
														51680	5.713		
														10~70	1.972	6.078	
														20000	6.301		

3. 実験結果と考察

各グループごとに求めた静的強度の平均値および標準偏差を表-3に示す。同一水セメント比の場合でも、スラグコンクリートの圧縮強度は、高炉スラグの品質に影響されていることが示されている。すなわち、B種のスラグの場合、 $C/W = 1.5$ で260~300 kg/cm^2 が期待できるが、A種のスラグでは210~250 kg/cm^2 と約50 kg/cm^2 の差がある。 $C/W = 2.5$ にするとこの傾向は更に顕著となり、B種で550 kg/cm^2 であるものがA種で440 kg/cm^2 である。疲労試験結果もまとめ表-3に示した。各グループごとにS-N曲線を求め、それによって、他のグループのS-N曲線と比較すると、有意的な差は認められなかった。筆者は先に普通コンクリートの疲労強度が、コンクリートの静的圧縮強度に依存していることはコンクリートの配合などによって直接影響されるものではなく、供試体の状態が一定であれば、繰返し応力比（静的強度に対する繰返し応力の大きさ）によってのみ影響されると報告したが、スラグコンクリートの場合についても、繰返し応力比によってS-N曲線が定まると考えられる。従って、コンクリートのS-N曲線を求めるのに、同一繰返し応力比を定めたものは、同一グループであると考え、その分布が対数正規分布するものとして、各応力比ごとの平均値を算出し、その平均値と繰返し応力比からS-N曲線と最小二乗法により算定した。この結果は次の通りである。

$$\log \bar{N} = -18.4 \sigma_{ir} + 18.6 \quad (\sigma_{ir} = 10\%)$$

(σ_{ir} : 最大応力比)

この結果は図-1に示す通りである。普通コンクリートのS-N曲線は、最小応力比 σ_{2r} も考慮して

$$\log \bar{N} = 17.5 \frac{1 - \sigma_{ir}}{1 - \sigma_{2r}}$$

で表されることはすでに報告した通りであるが、これに $\sigma_{2r} = 0.1$ を代入すると図-1の細線のようになる。この細線の式は、スラグコンクリートのS-N曲線の95%信頼区間（破線と示している）に包含されておらず、スラグコンクリートのS-N曲線は普通コンクリートのS-N曲線と差があると考えられることと等しい。本実験はコンクリート用高炉スラグの配合比と配合量の援助を受けた。ここに示す結果は、

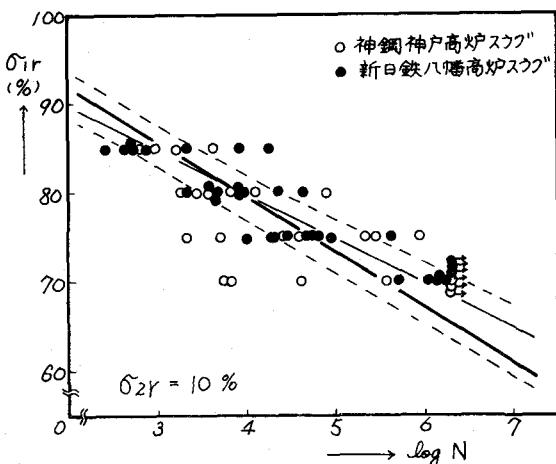


図-1. S-N 曲線