

石灰石骨材を用いたコンクリートの付着および疲労性状

鳥取大学大学院 学生会員 ○小林 聖人 鳥取大学 フェロー会員 井上 正一
西日本旅客鉄道（株） 正会員 箱崎 恵介 鳥取大学 正会員 黒田 保

1. はじめに

石灰石は摩砕に弱く粉体化しやすいという特性を持つ。そこで、石灰石微粒分量を要因に選び、粗骨材のみ石灰石を用いたコンクリートと細・粗骨材とも石灰石骨材を用いたコンクリートを対象に、鉄筋とコンクリート間の付着特性や圧縮疲労性状を普通骨材を用いたコンクリートと比較・検討した。

2. 実験概要

セメントには高炉 B 種を用いた。コンクリートの種類は、細・粗骨材ともに石灰石骨材を用いたコンクリート（ただし、細骨材および粗骨材に含まれる石灰石微粒分量を JIS の上限値（細・粗骨材に対し

て 5% と 9%）としたもので、L①と表記）および粗骨材のみに石灰石骨材を用い、粗骨材に含まれる石灰石微粒分を 5、16% としたコンクリート（NL5、NL16 と表記）、および通常のコンクリート（N）で、コンクリートの配合条件は 28 日目標強度を 30N/mm^2 、スランプ $5\pm 1\%$ 、空気量 $5\pm 1\%$ とした。示方配合を表-1 に示す。付着強度試験は、JSCE-G503-1999 に準拠し、鉄筋は SD345 の D16 を用いて行った。

一軸圧縮疲労試験は上限荷重を静的強度の 85~70% の間で 4 水準、下限荷重を 10% とし、繰返し载荷速度は 5Hz、荷重と時間との関係には正弦波形の下で行った。

3. 実験結果および考察

3.1 付着強度

付着試験における付着応力と自由端すべりとの関係（図-1）は、コンクリートの種類によらず、ほぼ同一の挙動を示している。また、自由端すべり量が鉄筋径 0.02 倍に相応する初期

付着応力 τ_0 および最大付着応力 τ_{\max} の値を示した図-2 より、石灰石コンクリートの τ_0 および τ_{\max} の値は、微粒分量の多少によらず、普通コンクリートのそれにほぼ等しく、石灰石を用いたコンクリートの付着性状は普通コンクリートと同等、あるいはやや良好であるといえる。

3.2 一軸圧縮疲労強度

試験条件が同一であっても疲労寿命は著しくばらつくため、確率統計的な取扱いを行う必要がある。

表-1 示方配合

試験項目	コンクリートの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤 (ml)	AE助剤 (ml)
				W	C	S	G		
付着強度試験	L①	60		32	151	252	622	C×0.25%	C×1.8%
	NL5			39	150	250	753		C×1.6%
	NL16			27	172	287	497		C×4.5%
	N			45	158	263	853		C×1.2%
一軸圧縮疲労試験	L①	65	36	152	234	696	1237	C×1.4%	

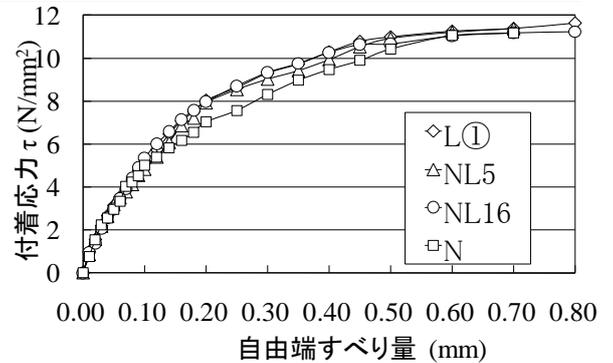


図-1 付着応力と自由端すべり量の関係

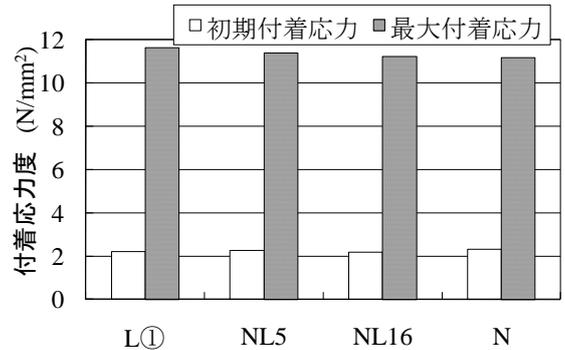


図-2 付着応力度の比較

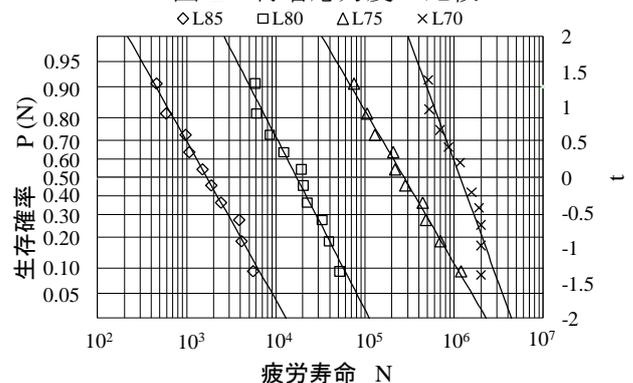


図-3 対数正規分布へのあてはめ (L①)

そこで、疲労寿命が指数分布, McCall 分布, 2 および3母数ワイブル分布, 対数正規分布のいずれの分布モデルに最も適合するかを Kolmogorov-Smirnov 検定を用いて行った結果, 対数正規分布に最も適合することが明らかになった。以下において, 疲労寿命の分布は対数正規分布に従うものとして考察する。

図-3, 4 は, 疲労寿命 N と平均ランク法による生存確率 $P(N)$ との関係に対数正規確率紙上にプロットしたもので, プロット点はほぼ直線上にあり, 疲労寿命の分布は次式(1)で表される対数正規分布に従うといえる。このとき, 平均疲労寿命 (\bar{N}) および $\log N$ の標準偏差 $V(\log N)$ は式(2)より算定される。

$$t = A \log N + B, \quad t = \phi^{-1}(P(N)) \quad \dots\dots(1)$$

$$\bar{N} = 10^{-B/A}, \quad V(\log N) = 1/|A| \quad \dots\dots(2)$$

図中の直線は A, B を $V(\log N)$ 最小 2 乗法によって求めたものである。

図-5 は 上限応力比と平均疲労寿命 (\bar{N}) との関係, すなわち $S-\bar{N}$ 線図を示したものである。図より, プロット点は直線式で近似でき, 最小 2 乗法によって $S-\bar{N}$ 線式を求めると,

$$L1: S = -5.073 \log \bar{N} + 101.549 \dots\dots(3)$$

$$N: S = -4.886 \log \bar{N} + 99.097 \dots\dots(4)$$

上式に $\bar{N} = 200$ 万回を代入して求めた 200 万回疲労強度は, L1 で 69.6%, N で 68.3% となり, L1 は N と同等ないしはやや大きいといえる。

図-6 に, 上限応力比と生存確率 95% ($t = 1.645$) に対応する疲労寿命との関係を示す。図より, L1 と N を比べると, 生存確率 95% における疲労寿命も L1 よりも N の方が小さくなった。

土木学会コンクリート標準示方書では, $S-N$ 線式として式(5)で表されるグッドマン式を採用している。

$$\log \bar{N} = K_1 \frac{100 - S_{\max}}{100 - S_{\min}} \quad \dots\dots(5)$$

ここに, 最大応力比と最小応力比(ここでは $S_{\min} = 10$), K_1 は実験定数。

図-7 より, K_1 を求めると L1 で $K_1 = 19.0$, N で $K_1 = 17.7$ となった。疲労試験を行わない場合の K_1 の値として, 土木学会では普通コンクリートにおいて $K = 17$ を用いてもよいことを規定している。本実験の結果より石灰石コンクリートは普通コンクリートと同様に, やや安全側の値でもって $K = 17$ を適用できる。

4. まとめ

石灰石を用いたコンクリートの付着強度は, 普通コンクリートのそれと同等の値を示し, 骨材の種類や微粒分量は付着強度に影響を及ぼさない。また, 石灰石骨材を用いたコンクリートの一軸圧縮疲労強度も普通コンクリートと同等であるといえる。

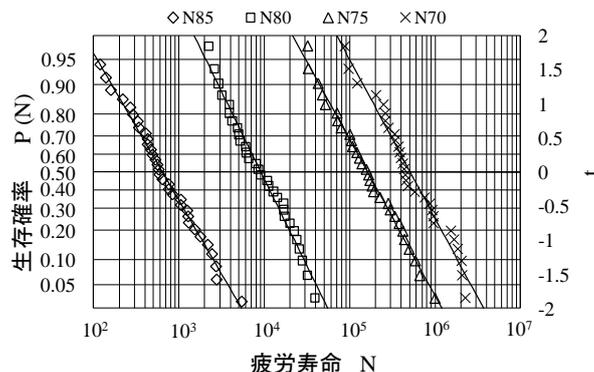


図-4 対数正規分布へのあてはめ (N)

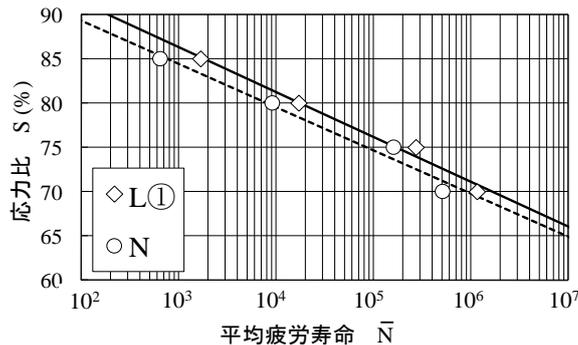


図-5 $S-\bar{N}$ 線図

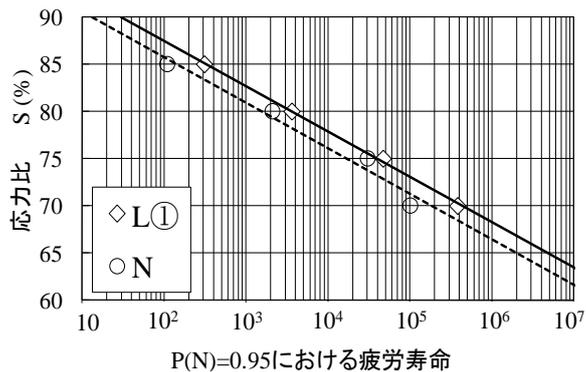


図-6 P-S-N 線図

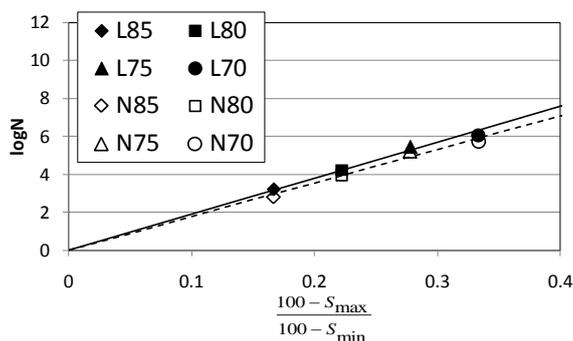


図-7 最小応力比一定の $S-\bar{N}$ 線式