

セメントアスファルトモルタルの圧縮疲労強度

鉄道総合技術研究所 正会員

○ 高橋貴蔵 長沼光
同上 桃谷尚嗣 藪中嘉彦

1. はじめに

スラブ軌道とはコンクリート製の軌道スラブをセメントやアスファルト乳剤等からなるセメントアスファルトモルタル（以下、CA モルタルとする）で支持する軌道である．このスラブ軌道において、凍害等により CA モルタルの外周部から劣化が生じて軌道スラブの支持面積が小さくなった場合、健全な部分に生じる圧縮応力度が大きくなる可能性がある．このような状態で列車荷重が繰り返された場合、CA モルタルで圧縮疲労破壊が生じ、軌道スラブの支持状態がさらに悪化する可能性がある．以上を踏まえ、本論文では CA モルタルの一軸圧縮疲労試験を実施し、疲労強度を算定した結果について報告する．

2. 一軸圧縮疲労試験概要

φ50×100mm の円柱供試体に対して一軸圧縮疲労試験（以下、「圧縮疲労試験」という）を実施した．試験に用いた CA モルタルの使用材料を表 1 に、配合を表 2 に示す．円柱供試体は恒温恒湿槽（温度 20℃、湿度 60%）で 27 日間の養生を行った後に脱型し、試験温度で 1 日間の養生を実施した．なお、CA モルタルのひずみはひずみゲージで測定するものとし、脱型後に貼りつけた．試験条件は表 3 の通りであり、雰囲気温度と繰返し応力度の上限値をパラメータとした．繰返し応力度の下限値は圧縮疲労試験の直前に別途実施して得られた表 4 に示す圧縮強度の 5%とし、上限値は圧縮強度に対して表 3 に示す応力比とした．載荷周波数は 20Hz とし、荷重制御の正弦波で載荷した．繰返し回数は最大 500 万回とし、疲労破壊した時点で試験を終了した．なお、圧縮強度試験は 0.5mm/min の変位制御で実施し、供試体の寸法は圧縮疲労試験と同じである．

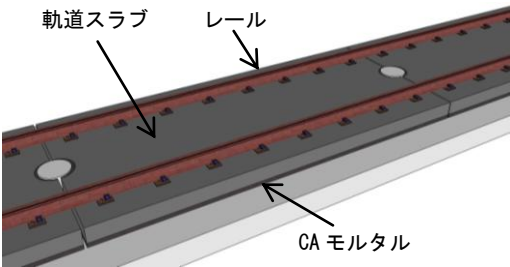


図 1 スラブ軌道の概略図

表 1 使用材料

材 料	種 類	比重
A 乳剤	アスファルト乳剤	1.02
セメント	早強ボルトランドセメント	3.12
混和材	膨張性セメント混和材	2.93
細骨材	山形県大石田町産天然硅砂 (6 号と 7 号のブレンド、粗粒率:1.4)	2.63
消泡剤	エマルジョン型シリコーン消泡剤	1.01
AE 剤	天然樹脂酸塩	1.06
膨張剤	アルミニウム粉末	—
添加水	水道水	1.00

3. 圧縮疲労試験結果

0℃、20℃および 40℃における

表 2 CA モルタルの配合

圧縮疲労試験から得られた繰返し回数と最大荷重時のひずみの関係を図 2 に示す．ひずみは繰返し回数 100 万回までの間に急激に増加し、その後線形的に増加した．応力比 15～55% に対する繰返し回数 100 万回以降の線形回帰直線の傾きをひずみ勾配と称して図 3 に示す．各温度において、ひずみ勾配は繰返し荷重の増加に伴い大きくなる傾向にあった．ただし、40℃では繰返し荷重が最も小さい条件でもひずみ

セメント (kg/m ³)	混和材 (kg/m ³)	A 乳剤 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	膨張剤 (g/m ³)	消泡剤 (g/m ³)	AE 剤 (kg/m ³)	添加水 (kg/m ³)
279	31	496	620	40	155	7.8	65

数 100 万回までの間に急激に増加し、その後線形的に増加した．応力比 15～55% に対する繰返し回数 100 万回以降の線形回帰直線の傾きをひずみ勾配と称して図 3 に示す．各温度において、ひずみ勾配は繰返し荷重の増加に伴い大きくなる傾向にあった．ただし、40℃では繰返し荷重が最も小さい条件でもひずみ

表 3 圧縮疲労試験条件

雰囲気 温度	応力比(%) (繰返し応力度の上限値)
0,20,40℃	15,35,55,75

表 4 圧縮強度

応力比 (%)	圧縮強度(N/mm ²)		
	0℃	20℃	40℃
15	4.0	2.7	2.4
35	3.8	3.0	2.2
55	4.4	2.9	2.2
75	3.4	2.5	2.6

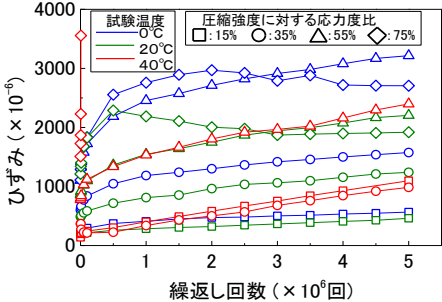


図 2 繰返し回数-ひずみ関係

キーワード CA モルタル、圧縮疲労強度、スラブ軌道

連絡先 〒185-0854 東京都分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 TEL 042-573-7276

勾配が大きく、载荷一回当たりの疲労度が大きいことがわかった。同条件での線形回帰直線の切片を初期ひずみと称して図 4 に示す。各温度において、初期ひずみは繰返し荷重の増加に伴い大きくなる傾向にあった。ここで、40℃で応力比を 35%としたケースについては試験装置の不具合によって所定の応力度を与えることができなかったことから、図 3 および図 4 には示していない。

圧縮強度の 75%に相当する荷重で繰返し载荷した場合、図 5 に示すように 40℃では 0.5 万回以降でひずみが急激に進展し、0℃では 200 万回以降、20℃では 50 万回以降でひずみが低下した。ひずみが急激に進展したのは繰返し载荷によってせん断ひずみが蓄積したためと考えられる。また、ひずみが低下したのは疲労破壊によりひずみゲージ貼り付け部付近の応力が徐々に解放されたためと考えられる。

そこで、ここではひずみが急激に進展あるいは低下した状態を圧縮疲労破壊と定義し、この際の繰返し回数を圧縮疲労寿命とした。次に圧縮強度と静的破壊ひずみの関係を図 6 に示す。圧縮疲労破壊に達した際のひずみは $2000 \sim 3000 \times 10^{-6}$ 程度であり、図 6 に示す静的破壊ひずみの平均値 4207×10^{-6} に対して約 50~70%であることを確認した。

4. 圧縮疲労強度の推定

CA モルタルの圧縮疲労寿命は繰返し回数 100 万回以降の線形回帰直線を用いて推定するものとし、図 7 に示すように圧縮疲労破壊は静的破壊ひずみの 50%に達すると生じるものとした。静的破壊ひずみは、図 6 に示した結果を考慮して、平均的な値として 4000×10^{-6} を用いることとした。圧縮疲労寿命の推定に用いるひずみ勾配と初期ひずみは、図 3 と図 4 を基に応力比から推定するものとし、温度の影響は 0~20℃および 20~40℃の範囲で線形補間することで定めた。

表 4 に示した圧縮強度に対する基準強度(20℃における平均値)の比率と温度の関係を図 8 に示す。図 8 に示す関係が 20℃における任意の基準強度に対して成立するものとして、応力比に用いる圧縮強度を算出するものとした。

上述した方法で推定した 20℃における基準強度を 2.5 N/mm^2 とした場合の 10℃から 30℃における圧縮疲労強度を図 9 に示す。

5. おわりに

今後、CA モルタルの維持管理に圧縮疲労強度を取り入れ、凍害等によって CA モルタルに劣化が生じた際の補修の要否の判断に活用していくことを考えている。

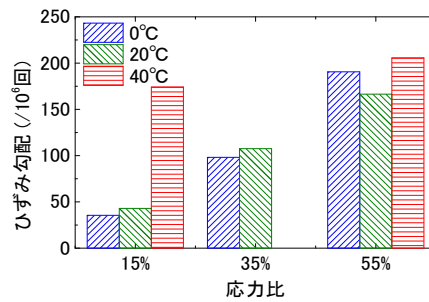


図 3 ひずみ勾配-応力比関係

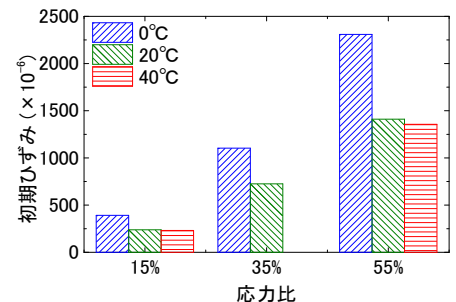


図 4 初期ひずみ-応力比関係

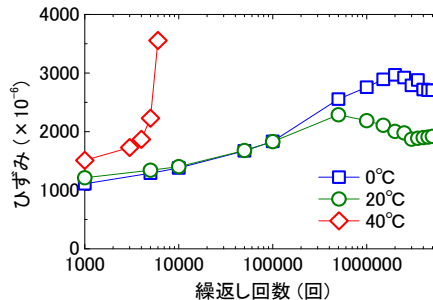


図 5 応力比 75%の圧縮疲労試験結果

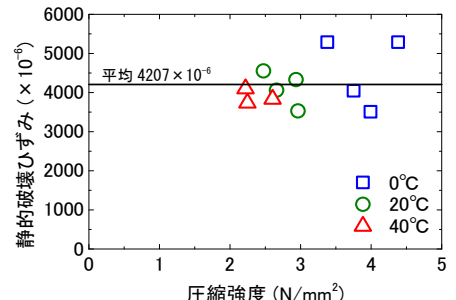


図 6 静的破壊ひずみ-圧縮強度関係

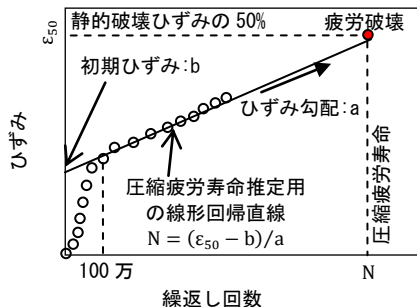


図 7 圧縮疲労寿命の推定の概要

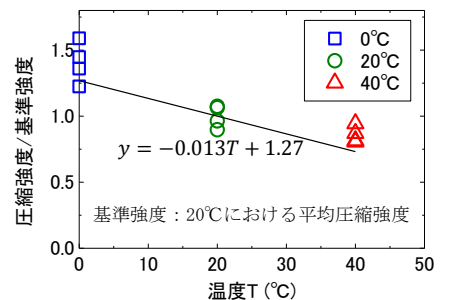


図 8 圧縮強度/基準強度-温度関係

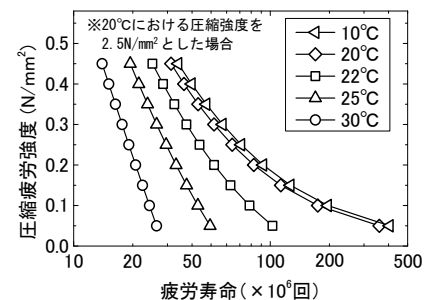


図 9 圧縮疲労強度の算定値