

III-182

大型三軸試験による道床バラストの繰返し変形特性(その2)

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○名村 明 石川達也 須長 誠
東急建設(株)技術研究所 正会員 薫 軍 中村和之

1. はじめに

有道床軌道は列車の繰返し通過を受け、道床バラスト部の変形、沈下を生じる。本報告では、この繰返し载荷による道床バラストの変形特性解明を目的として行った大型三軸試験結果から考察する。供試体、試験方法等は(その1)に詳述されている。本報告に適用した軸ひずみは特に断らない限り大LDT 2個を用いて供試体側面で測定した値の平均であり、側方ひずみは非接触変位計6個による測定値の平均である。

2. 試験結果および考察

2.1 残留ひずみの増加傾向

一例として、繰返し载荷による残留軸ひずみの増加傾向(CL-04)を図1に示す。図から最大主応力比一定の下でも残留ひずみは繰返し回数とともに増加し、その増分割合は次第に減少する傾向が見られる。主応力比を変化させた各段階において同様な傾向が表れている。

2.2 応力-ひずみ曲線の変化

各段階での第1回目の繰返し载荷における偏差応力と軸ひずみの関係(CL-04)を初期ひずみを0としてプロットしたのが図2である。図から第1段階の第1回目の繰返し载荷では、全応力範囲において応力履歴がないため载荷時の軸ひずみの増加が大きく、除荷後の残留軸ひずみも大きい。その後の段階においては、比較的最大軸ひずみおよび残留軸ひずみが小さくなる傾向にある。

2.3 ひずみ振幅と残留ひずみ

各段階での第1回目の繰返し载荷について、第1段階は最大軸ひずみと残留軸ひずみ増分の関係を、その後の段階については履歴のない応力領域における軸ひずみ振幅と残留軸ひずみ増分(図3参照)の関係をプロットしたのが図4である。図から両者の間には拘束圧とは無関係に比例関係が見られる。このことから、各段階初期における残留軸ひずみは、履歴のない応力領域において生じる軸ひずみに依存し、繰返し载荷により履歴のある応力領域については、弾性化が進行していると考えられる。

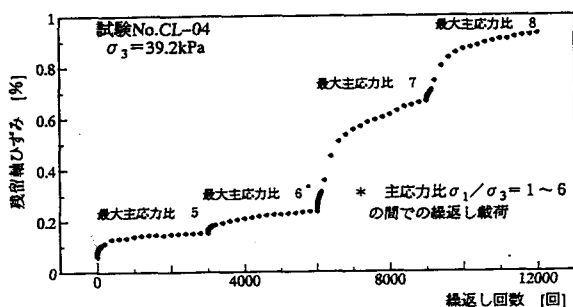


図1 繰返し载荷による残留ひずみの増加傾向

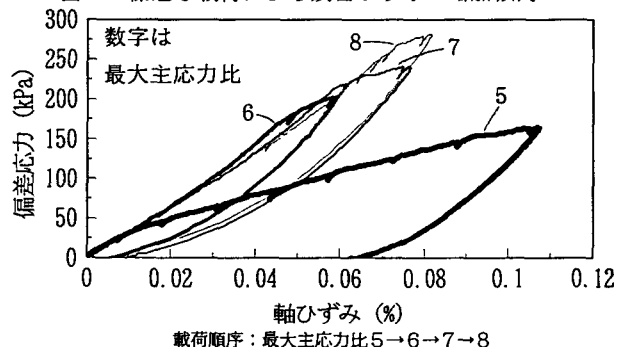


図2 繰返し载荷による応力-ひずみ関係の変化

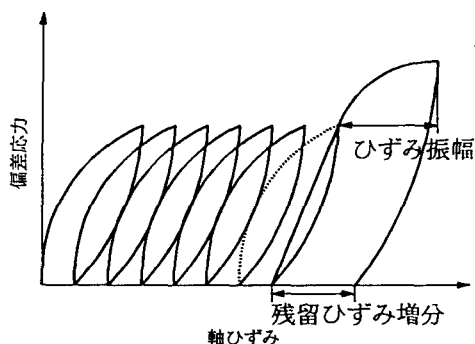


図3 ひずみ振幅および残留ひずみ増分の定義

2.4 弾性係数の変化

最大軸応力を4段階に加えた試験（CL-01, CL-04, CL-07）について微小ひずみ領域（0.02%）および繰返し载荷により弾性化が進行した主応力比1～5の領域（0.02～0.07%軸ひずみ）における弾性係数を表1に示す。表から弾性係数は繰返し载荷履歴と拘束圧に依存する傾向が見られる。また、大きなひずみ範囲（0.02～0.07%軸ひずみ）ほど弾性係数が大きくなる傾向にある。これは、図2と併せ見ると、繰返し载荷により応力-ひずみ曲線がよりS字型になるためである。これは、次の3つの要因によるものである。

- (1) 繰返し载荷により変形がより弾性的になる。
- (2) 軸応力が増加すると、弾性軸ひずみに対する弾性係数は増加する。
- (3) 繰返し载荷により構造が異方的になり、低い偏差応力の領域では逆に弾性係数は低下する。

2.5 ポアソン比の変化

一例として、CL-07の各段階での第1回目の载荷時における偏差応力および側方ひずみと軸ひずみとの関係を図5に示す。図から側方ひずみは一定軸ひずみを境にして増加傾向が変化することがわかる。これは一定軸ひずみ以上ではせん断変形による体積膨張（ダイレイタンス）が支配的になるためであると考えられる。これに基づき、CL-01, 04および07について領域別のひずみ増分に対するポアソン比を求めた結果を表2に示す。表から拘束圧の影響は明確ではないが、軸ひずみが小さな領域（LOW）では繰返し载荷によりポアソン比は小さくなり、それ以上（HIGH）では大きくなる傾向にある。

3. まとめ

繰返し载荷による変形特性に関して、以下の傾向が得られた。

- (1) 繰返し载荷履歴のある応力領域では、弾性化が進行する。
- (2) 繰返し载荷履歴のない応力領域においては、新たな応力負荷によるひずみの増分と残留ひずみが関連している。
- (3) 弾性化した領域において、変形機構が変化するひずみの閾値が存在する。

謝辞：本試験を行うにあたり、御指導を頂いた東京大学生産技術研究所龍岡文夫教授に感謝の意を表します。

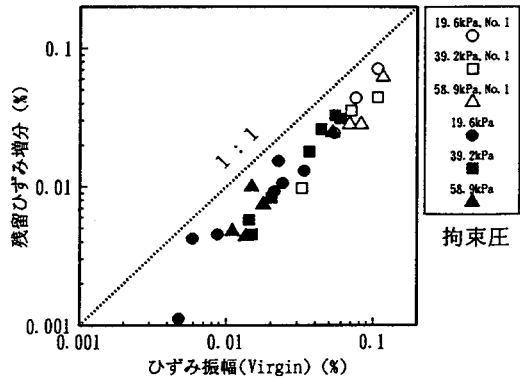


図4 ひずみ振幅と残留ひずみ増分の関係

表1 繰返し载荷による弾性係数の変化（単位：MPa）

	CL-01 $\sigma_3 = 19.6 \text{ kPa}$		CL-04 $\sigma_3 = 39.2 \text{ kPa}$		CL-07 $\sigma_3 = 58.9 \text{ kPa}$	
	微小ひずみ	主応力比5	微小ひずみ	主応力比5	微小ひずみ	主応力比5
最大主応力比5, 第1回目	270	—	299	—	395	—
最大主応力比6, 第1回目	270	298	313	357	336	421
最大主応力比7, 第1回目	222	253	309	336	266	345
最大主応力比8, 第1回目	216	243	312	326	291	382

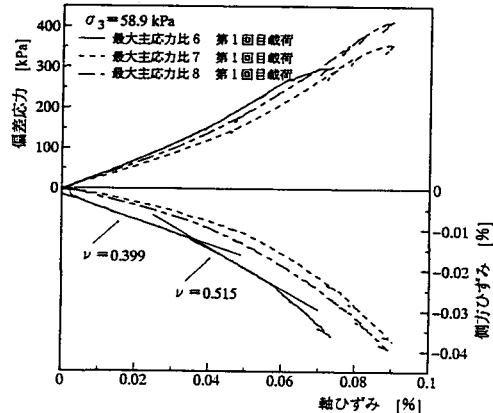


図5 偏差応力および側方ひずみと軸ひずみの関係

表2 繰返し载荷によるポアソン比の変化

	CL-01 $\sigma_3 = 19.6 \text{ kPa}$		CL-04 $\sigma_3 = 39.2 \text{ kPa}$		CL-07 $\sigma_3 = 58.9 \text{ kPa}$	
	LOW	HIGH	LOW	HIGH	LOW	HIGH
最大主応力比6, 第1回目	0.307	0.550	0.280	0.366	0.399	0.515
最大主応力比7, 第1回目	0.304	0.591	0.271	0.417	0.215	0.542
最大主応力比8, 第1回目	0.265	0.597	0.251	0.457	0.257	0.579