

短繊維補強コンクリートによる実物大軌道スラブの曲げ疲労特性

鉄建建設	正	○川又 篤	松岡 茂	益田彰久
鉄道総合研究所	正	関根悦夫	堀池高広	高橋貴蔵
クラレ	正	末森寿志	小川敦久	
北武コンサルタント	正	渡邊忠朋		

1. 目的

鉄道のスラブ軌道¹⁾は、軌道保守の省力化を目的とした軌道構造で、新設される新幹線軌道の約9割がスラブ軌道である。このスラブ軌道は、敷設から30年以上経過しているものもあり、主要な構成部材でRC構造の軌道スラブに列車荷重の繰返し載荷による疲労破壊が生じたという報告は無いが、自然環境条件に起因する海底トンネルでの塩害や寒冷地での凍害による変状が報告されている。一方、近年、短繊維補強コンクリート（以下、FRCと略す）が一部の土木構造物に使用されつつある。FRCの特徴は、高い靱性を有すること、ひび割れの分散性能が高いこと、鉄筋を使用しないためRCと比較して耐久性の向上を望めることである。これらの特徴は、前述のRC軌道スラブの問題点を解決する可能性を有している。そこで、FRCを軌道スラブに適用すること目的に、列車による繰返し載荷を想定して、軌道スラブの曲げ疲労特性の検討を行った。なお、本研究は、鉄道総合技術研究所、クラレおよび鉄建建設の共同研究として実施したものである。

2. 実験方法

2. 1 実験概要

FRCによる軌道スラブの疲労特性を明らかにするために、軌道スラブを模擬した実物大供試体を使用して3等分点曲げによる繰返し載荷試験を行った。また、繰返し載荷試験前には静的載荷試験を行って、試験結果からひび割れ発生荷重を特定して、繰返し載荷試験における上限荷重値を決定した。

2. 2 供試体作製方法

実物大軌道スラブ供試体の形状は、長さ4930×幅2340×厚さ190mmのRC軌道スラブ規格品を模擬して、レール方向で2分割、厚さ200mmとした4930×1170×200mmの形状とした。また、配筋は施さず無筋とした。供試体数は静的載荷試験で1体、繰返し載荷試験で4体とした。既往の研究結果²⁾から、PVA繊維（長さ30mm、直径0.66mm）を使用して、体積当たり2.0%混入した配合³⁾とした。

2. 3 載荷試験方法

載荷には、図-1に示すような3等分点曲げ載荷として、支承点、載荷点、中央の変位を計測した。繰返し載荷試験における下限荷重値は、軌道において列車の通過がない場合には外力は作用しないことから0kNが望ましいが、載荷治具が常時接する程度として0.1~0.2kNとした。上限荷重値については後述する。また、繰返し載荷速度は周波数1~3Hzとした。

3. 実験結果

3. 1 静的載荷試験結果

静的載荷試験により得られた曲げ荷重-中央変位曲線を図-2に示す。曲げ荷重が0kNから開始していないのは、供試体の自重による荷重も加算しているためである。曲げ荷重70kN程度から短繊維補強により荷重を保持する挙動を示して、最大荷

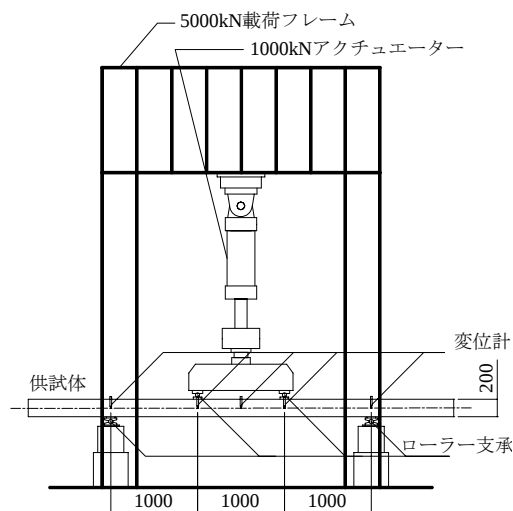


図-1 載荷試験方法

キーワード 短繊維補強コンクリート、軌道スラブ、疲労

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 TEL 0476-36-2355 FAX 0476-36-2380

重は 83.3kN となった。また、ひび割れ発生までは弾性変形すると考えて、曲線の勾配が変化する変曲点をひび割れ発生とすると、ひび割れ発生荷重は約 41kN となった。

ここで、本実験における FRC 軌道スラブのひび割れ発生モーメント 41kN・m であり、解析⁴⁾から求めた A 形軌道スラブの疲労検討時の設計曲げモーメント 10.6kN・m 以上であることから、疲労検討時の設計曲げモーメントではひび割れは発生せず疲労破壊は生じないことが確認できた。また、FRC 軌道スラブの最大曲げモーメント 83.3kN・m は、設計輪重時の設計曲げモーメント 21.8kN・m 以上あることから安全であることが確認できた。

3. 2 繰返し載荷試験結果

A 形軌道スラブの疲労検討時の設計曲げモーメントではひび割れが発生しないため、繰返し載荷試験における上限荷重値は、静的載荷試験におけるひび割れ発生荷重 41kN 以上とした。表-2 に繰返し荷重の上限値、繰返し載荷試験により疲労破壊したときの繰返し回数、供試体底面の幅方向中央線上におけるひび割れ本数を示す。本実験においては、繰返し荷重の上限値が規定の荷重に到達しなくなった時を疲労破壊とした。ここで、繰返し荷重の上限値を低下させるにつれて、疲労破壊時の繰返し回数が増加する傾向が見られたが、No.3 については傾向から外れて少ない繰返し回数となった。図-3 に中央変位-繰返し回数曲線を示す。いずれの供試体でも、破壊直前において徐々に変位が増加する結果となり、短繊維の補強効果により脆性的な破壊性状は示さなかった。また、比較的緩やかに変位が増加している No.1 および No.2 では、供試体に発生したひび割れの本数が多い傾向を示した。繰返し荷重と繰返し回数の関係 (S-N 線図) を図-4 に示す。本実験の結果、FRC による軌道スラブの疲労特性は、ばらつきはあるものの対数関係にあることが確認できた。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。静的載荷試験では、FRC 軌道スラブでは、A 形軌道スラブの設計輪重時および疲労検討時の設計曲げモーメントを満足していることが確認できた。繰返し載荷試験の結果では、ばらつきはあるものの S-N 線図は対数関係にあることが確認できた。ひび割れ本数が比較的多い場合には疲労破壊時に緩やかに変位が増加することが確認できた。

参考文献

- 1) 益田彰久, 川又篤, 松岡茂, 関根悦夫, 堀池高広, 高橋貴蔵, 末森寿志, 小川敦久, 渡邊忠朋: 短繊維補強コンクリートによる軌道スラブのレール締結部のせん断試験, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 投稿中, 2007
- 2) 堀越哲郎, 保城秀樹, 関根悦夫, 桃谷尚嗣, 松尾庄二, 川又篤: 繊維補強セメント系複合材料の基礎性状に関する定量評価, 土木学会年次学術講演会後援概要集, pp.705-706, 2006
- 3) 堀池高広, 関根悦夫, 高橋貴蔵, 末森寿志, 小川敦久, 松岡茂, 益田彰久, 川又篤, 渡邊忠朋: 短繊維補強コンクリートによる弾性まくらぎ直結軌道用道床コンクリートの水平抵抗試験, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 投稿中, 2007
- 4) 財団法人鉄道総合技術研究所: A 形軌道スラブ設計要領, 1989.2

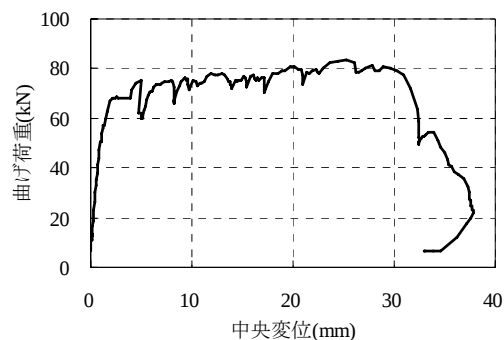


図-2 曲げ荷重-中央変位曲線

表-2 繰返し載荷試験結果

供試体 No.	繰返し荷重の上限値 (kN)	繰返し回数	ひび割れ本数
静的	83.3	1	14
1	74.5	89,387	10
2	63.0	106,593	6
3	60.2	12,573	4
4	55.0	3,340,892	1

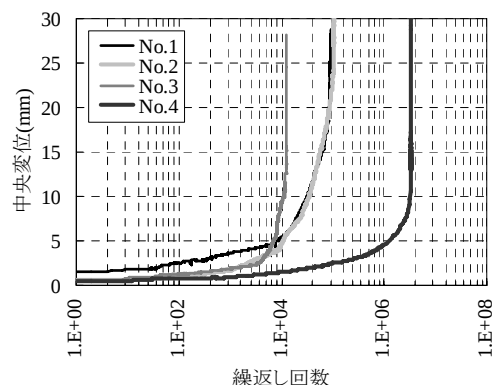


図-3 中央変位-繰返し回数曲線

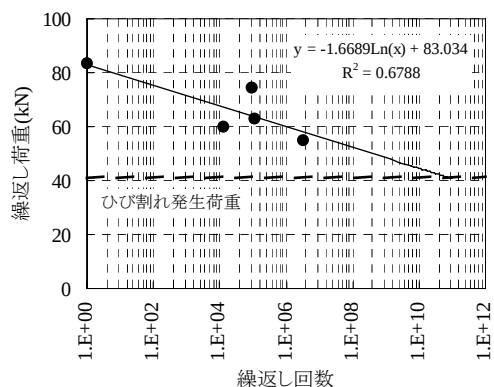


図-4 繰返し荷重と繰返し回数の関係