

III-135 補強材を用いた鉄道路盤の載荷試験

鉄道総合技術研究所 正会員 関根 悦夫
 同 上 正会員 垂水 尚志
 横浜ゴム株式会社 正会員 太田 亘
 同 上 正会員 長谷川恵一

1. はじめに

鉄道の路盤が軟弱であると道床バラストの路盤への貫入を生じたり、列車荷重の影響により路盤の変形が大きくなり、保守量が増大する。

このような路盤を改良する場合、鉄道営業線であるために、

①狭い空間での施工が可能であること

②施工時間が短いこと

③列車の繰返し荷重に耐えること

等の条件があり、人力による安定処理工法や置換工法での実績が多い。

そこで、より合理的な施工で、改良効果のある工法開発の一環として、ハニカム構造の補強材（以下ジオセルという）を用いた鉄道路盤の繰返し載荷試験を行ったのでその概要について報告する。

2. 試験概要

ジオセルの概要

使用したジオセルは、厚さ約 1.2mmの板状の高密度ポリエチレンを一定間隔で熱融着したもので、図1に示す構造をしている。材料の引張り強度は縦方向、横方向とも21kgf/cm、熱融着部の強度は322kgf（セル幅20cm）である。

模型の概要

模型は図2に示すように軌道と路盤、路床で構成され、路盤はジオセルで補強した路盤と補強しない路盤の2種を設定した。試験に用いた路盤、路床材料は粒度調整碎石（M-30）、稲城砂であり、材料特性を表1に示す。表1には転圧試験に用いた碎石の材料特性もあわせて示す。表2に試験ケース、路床の実測 K_{30} 値を示す。

模型作成時

の路盤、路床の転圧は自重650kgの振動ローラを用い、軌道はJR等で用いられている標準的な構造である。

試験は大型

表1 材料特性

試料名	稲城砂	粒度調整碎石 M-30	クワジツ C-40	単粒度碎石 4号	単粒度碎石 6号
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.712	2.823			
水分 (%)	2	65	73	99	96
砂分 (%)	80	24	20	0	3
シルト分 (%)	10	8			
粘土分 (%)	8	3	7	1	1
均等係数	30.6	48.2	48.2	1.51	1.96
曲率係数	10.9	2.48	2.48	1.04	1.00
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.689	2.153	2.04	1.670	1.666
最適含水比 (%)	16.2	7.7	7.0	4.7	4.4

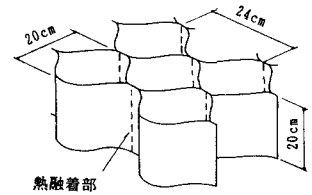
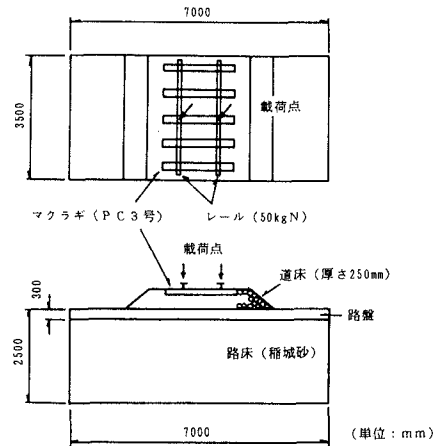


図1 ジオセルの構造
(全体)



(路盤部)

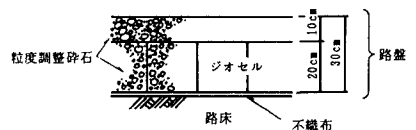


図2 模型の概要

表2 試験ケース

試験ケース	ジオセルの有無	路床の K_{30} 値
ケース1	無	7.0kgf/cm ³
ケース2	有	6.2kgf/cm ³
ケース3	無	4.5kgf/cm ³
ケース4	有	3.7kgf/cm ³

の載荷装置を用い、列車荷重を想定した繰返し載荷試験（加振機2基、1基当たり荷重を 5 ± 4 tfの正弦波、周波数11Hz、載荷回数150万回）を行った。

3. 試験結果

転圧試験

載荷試験に先立ち、数種類の碎石にて路盤の転圧試験を行った。路盤構造は模型の路盤と同じであり、転圧は沈下が収束するまで行った。結果を図3に示す。

粒度調整碎石のジオセルの無い場合は上部10cm部、下部20cm部とも締固め度は99%程度であるが、ジオセルのある場合は上部10cm部（ジオセルのない部分）で99%、ジオセル部（下部20cm）で82%とジオセル部の締固め度は小さい。また、クラッシャランも上部10cm部よりジオセル部の締固め度のほうが小さい。単粒度碎石は上部10cm部とジオセル部では締固め度に違いはなく91%程度であった。なお、密度の測定は表層10cm部については砂置換法、ジオセル部については水置換法にて行った。

繰返し載荷試験

載荷回数と残留沈下との関係を図4に示す。各ケースとも載荷回数とともに全体（路盤+路床）の残留沈下が増加する傾向を示している。

路盤部の残留沈下は、ジオセルのないケース1、3では0.5mm以下であるがジオセルのあるケース2、4では1mm程度であった。ただし、この沈下は載荷初期に生じていることから、ジオセル部の締固め度が低いことにより生じたものと考えられる。

路床部の残留沈下は、ケース1、2では載荷初期における沈下が大部分を占め、ケース1と2では同様な沈下の傾向を示している。また、ケース3と4では路床の K_{30} 値が小さいケース4のほうが沈下が小さい。これは、ジオセルによる補強効果によるものと考えられる。

図5に路床の K_{30} 値と150万回載荷時の路床の残留沈下との関係を示す。路床の強度が小さいほうがジオセルによる路盤の補強効果が大きい傾向となっている。

また、試験後のジオセルの残留ひずみ（ひずみゲージによる測定）は載荷点下で300~400 μ ストレイン程度であり、ジオセルの材料の引張り強度は縦方向、横方向とも試験前と同じであった。

4. おわりに

今回の試験により、ジオセルが路盤の沈下抑止に効果があることが明らかになったが、今後、路盤の転圧等の施工方法、ジオセルに適した路盤材料、補強効果等の検討を進めていきたい。

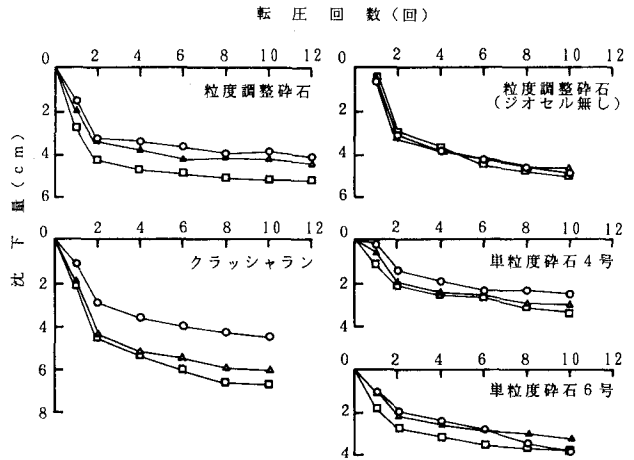


図3 転圧試験結果

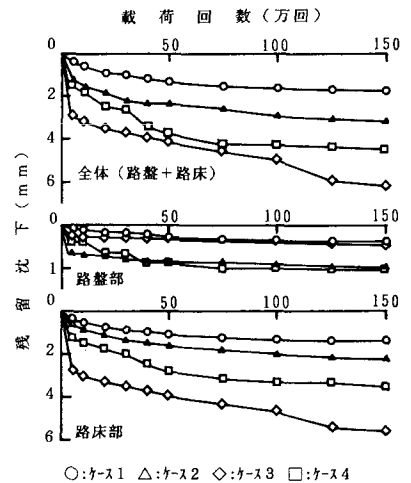


図4 載荷回数と残留沈下

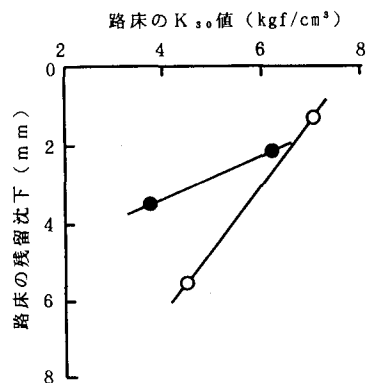


図5 路床の K_{30} 値と路床の残留沈下