

取替用軌道スラブの検討

鉄道総合研究所

正会員

○高橋貴蔵

関根悦夫

堀池高広

鉄建建設

正会員

松岡 茂

北武コンサルタント

正会員

渡邊忠朋

1. はじめに

スラブ軌道は山陽新幹線での試験敷設以降に本格的に採用され、供用が開始されてから約 30 年が経過している。現在、列車荷重を主要因とした軌道スラブの損傷は報告されていないものの、塩害や凍害による損傷が生じている。損傷した軌道スラブを取替える場合には、図 1 に示すような半円形状の凹みがついていることから、レールの破線や割り出しにより行われている。そこで、レールの割り出しや破線を行わずに軌道スラブの取替えが可能な組立式軌道スラブについての検討を行った。

2. 取替用組立式軌道スラブの概略

組立式軌道スラブは、施工性から図 2 に示すように軌道方向で 2 分割されたプレキャスト部材を連結する構造とした。連結部に対して長さ 400 mm の PC 鋼棒（φ23）7 本を用いて、断面高さ中心位置で緊締することで連結する。この方式により、連結面全体に圧縮応力を作用させ、連結部において曲げモーメントを伝達させることが可能となる。したがって、連結部以外は A 型軌道スラブと同様な設計を行うことが可能となる。

なお、組立式軌道スラブの厚さは 205mm とした。これは、てん充層に厚さ 35mm のウレタン樹脂を用いることを想定し、軌道スラブ 190mm+CA モルタル 40mm とレールレベルを一定にするためである。

3. 事前解析

組立式軌道スラブの連結部はレール直角方向の曲げモーメントに対して設計を行う必要がある。そこで、連結部に要求される曲げ耐力の検討および後述する試験条件を決定するため、有限要素法により連結部に生じるレール直角方向曲げモーメントを算出した。なお、軌道スラブのてん充層はレール下の幅 700mm のみとし（ロングチューブ支持）、列車荷重によって連結部に生じる曲げモーメントを少なくした。

連結部の設計に用いる荷重は、EA 荷重および保守作業時荷重として軌道スラブ中央部全長に 10kN/m とした。解析から得られた設計曲げモーメントを表 1 に示す。なお、表に示す値は、PC 鋼棒一本あたりが受け持つ曲げモーメントを、後に示す実験に用いた供試体幅（1.25m）あたりに換算した曲げモーメントである。

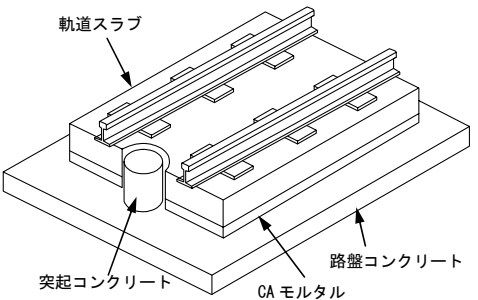


図 1 スラブ軌道概要

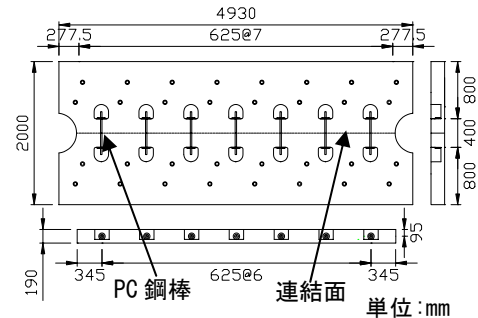


図 2 組立て式軌道スラブ

表 1 連結部の設計曲げモーメント

	EA 荷重 (破壊)	作業荷重 (破壊)	EA 荷重 (疲労)
荷重	輪重 270 k N	10kN/m	輪重 104 k N
曲げモーメント kN・m	2.4、-0.8	-3.4	1.0、-0.4

*曲げモーメントのプラスは上縁引張

表 2 試験ケース

载荷	締結軸力(kN)		開口発生荷重		最大荷重 (k N)	破壊形態
	想定	実験	計算	実験		
静的	260	275.8	44.4	73	151.6	押抜きせん断
	120	120.6	20.5	32	151.9	押抜きせん断
	20	22.9	3.4	6	152.9	押抜きせん断
繰返し	120	121.7	20.5	—	—	200 万回で無破壊

キーワード 軌道スラブ，取替え，連結

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7276 FAX 042-573-7413

4. 耐力確認試験

4.1 試験概要+

組立式軌道スラブ連結部の耐力評価のため、表 2 に示す静的载荷試験と繰返し载荷試験を行った。供試体寸法は図 3 に示すとおりであり、連結部に生じる曲げモーメント分布を事前解析による結果にあわせるため、曲げスパンを 800mm とした 3 等分点の曲げ载荷とした。

4.2 試験結果

静的载荷 荷重と連結面開口変位の関係を図 4 に、荷重と連結用 PC 鋼棒軸力の関係を図 5 に示す。

図 5 には断面の釣合い計算から得られた結果も示してある。なお、開口とは連結面の広がりのこと

である。実験より得られた開口発生荷重は表 2 に示したとおりであり、断面の釣合い計算から求めた荷重よりも安全側の値となった。PC 鋼棒の軸力に着目すると、連結面が開口するまで PC 鋼棒の軸力が増加しないことが確認される。これは、PC 鋼棒を断面高さ中央に配置したことにより、断面に圧縮応力が生じている間は軸力変動が生じないためであり、計算でも同様な PC 鋼棒軸力の増加傾向を示した。

供試体の破壊荷重は全ケースにおいて約 150kN であり、PC 鋼棒の締結軸力が破壊形式に与える影響は確認されなかった。連結部の破壊形式は連結部の押し抜きせん断破壊であったが、破壊時の設計曲げモーメント 3.4kN・m に対して連結部が開口しないよう設計するため、押し抜きせん断に対する軌道スラブ連結部の補強は必要ないと考えられる。以上の結果を踏まえ、所要の締結軸力は 120kN とした。

繰返し载荷 繰返し载荷試験において载荷荷重は連結部が開口しない荷重として 18.5kN とした。この値は、締結軸力 120kN における連結部の開口発生荷重の計算値である 20.5kN の 9 割であり、疲労検討時の荷重によって生じる曲げモーメントの約 7 倍に相当する。繰返し回数に対する载荷時および除荷時の PC 鋼棒応力を図 6 に示す。供試体における連結部の組み合わせ不良により、繰返し载荷において約 5N/mm² の応力振幅が PC 鋼棒に生じたが、この状態において繰返し回数 200 万回の载荷を行ったが、疲労破壊の兆候は確認されなかった。

5. まとめ

今回の検討により、軌道スラブを取替える方法として組立式軌道スラブを提案した。本研究では連結部に着目した試験を行い、所要の耐力を有していることを確認した。今後、既設軌道スラブの撤去方法や取替用軌道スラブの敷設方法について検討を進めたい。

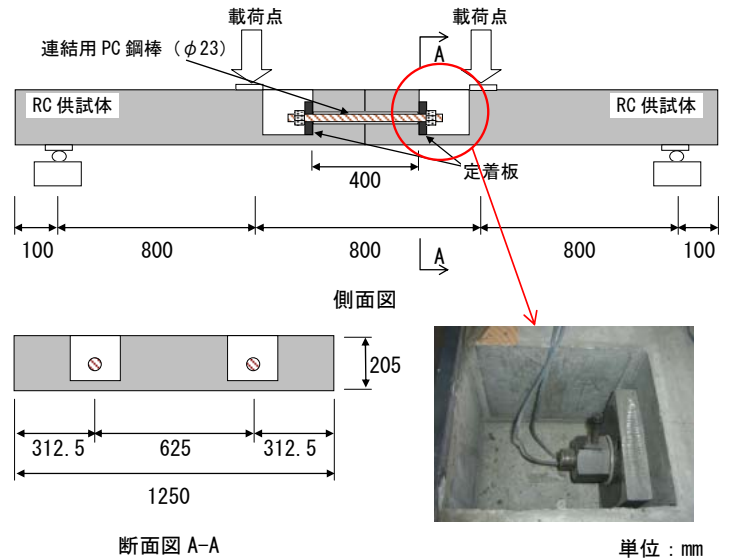


図 3 供試体概要

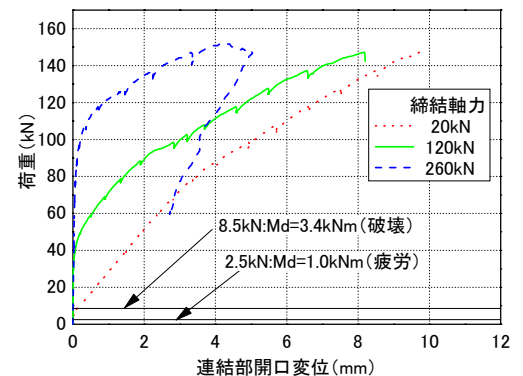


図 4 荷重-連結面開口変位

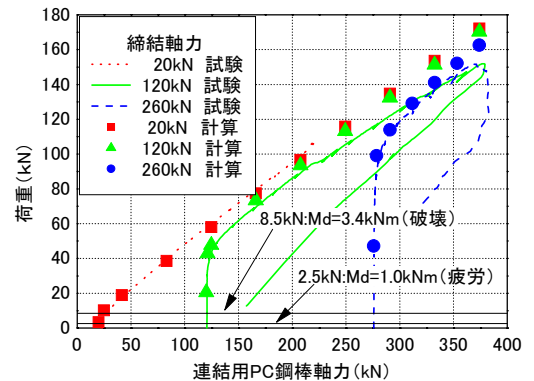


図 5 荷重-PC 鋼棒軸力

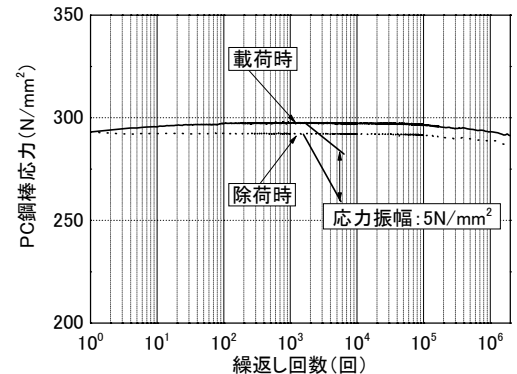


図 6 繰返し回数-PC 鋼棒応力