

国鉄構造物設計事務所 正会員 石橋忠良
国鉄構造物設計事務所 正会員 ○ 守屋隆雄

列車の高速化による軌道破壊力の増加に対処するためおよび高速化にともないより精度の高い軌道を必要とするためあわせて保潔作業の軽減のため開発されたのが軌道スラブであり、従来のバラストとまくら木の軌道に代りにプレキャストのコンクリート板とその下の弾性体のてん充層によって軌条を支える構造の軌道である。既に国鉄山陽新幹線の新大阪～岡山間にこの軌道スラブを敷設し、その安全性が確認されたので、山陽新幹線の岡山～博多間にはほぼ全面的に敷設が進められた。国鉄で用いている軌道スラブは従来鉄筋コンクリート製の軌道スラブであったが、ひびわれが望ましくないことからプレストレストコンクリート製の軌道スラブ（以下PC軌道スラブという。）の研究を進めてきた。そのうちの1つとしてPC軌道スラブの長期的変形の測定、PC軌道スラブの載荷試験等を行なったのでその試験結果を報告する。

1. PC軌道スラブの長期的変形の測定（暴露試験）

試験に用いたPC軌道スラブは、設計荷重などの異なる図-1に示す3種類のうち2種類について長期的変形の測定を行なったが、これら2種類のPC軌道スラブをここでは次のように名付けておく。

(1) 一般形PC軌道スラブ……今まで敷設したRCスラブと同一の設計条件（支持バネ）で設計したPC軌道スラブである。

(2) 防振形PC軌道スラブA……軌道スラブの支持バネを防振を目的として今までの5分の1程度に下げた設計したPC軌道スラブである。

1-1) 試験内容

α) カールソンひずみ計による測定

軌道スラブのクリープ、乾燥収縮を測定するために、PC軌道スラブ中にカールソンひずみ計を埋め込んで長期にわたりコンクリートのひずみを測定した。図-2に示すように、測定点は一般形、防振形PC軌道スラブとも、スラブのコンクリート中に上下2段に1個ずつを1組とする10組について測定した。

β) PC軌道スラブの内部の温度差によるそりの測定

PC軌道スラブを屋外に敷設し、セメントアスファルトモルタルをてん充した直後からそり測定用定規でPC軌道スラブのそりを測定した。そり測定用定規とは、図-3のように、PC軌道スラブ近くに不動点を設けて、それに定規をわたして変位を測定するものである。

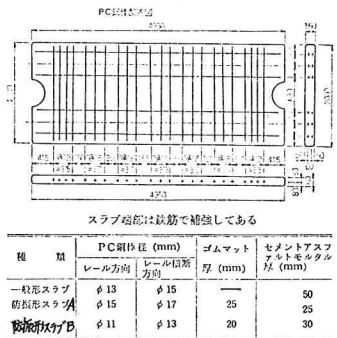


図-1 PC軌道スラブ試験の供試体

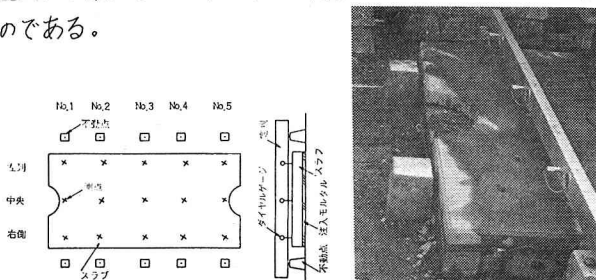


図-3 そり測定用定規

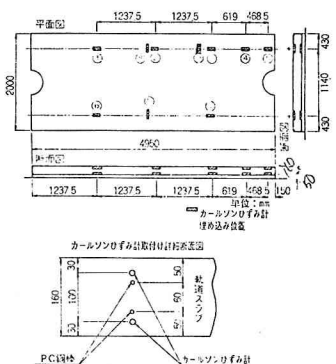


図-2 PC軌道スラブ暴露試験

1-2) PC軌道スラブの長期的変形の測定結果とPC軌道スラブの内部の温度差によるそりの測定結果

図-4, 5はカーソンビズミ計による長期測定の結果の一部を示している。この図より, 30~50日程度で全収縮歪は, ほぼ落ち着くことがわかる。図-6, 7, 8, 9は, 図-3に示すスラブの各測点の2昼夜にわたる上下方向の変位の変化を示したものである。変位の基準は0時30分の時の測定値を用いた。

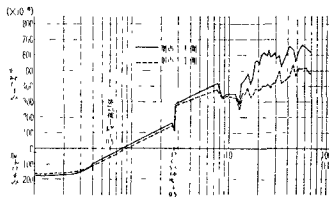


図-4 一般形スラブクリープ測定結果(第1次補正值)

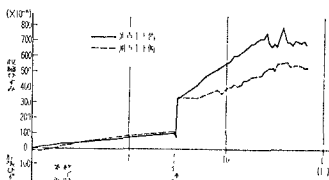


図-5 防振スラブクリープ測定結果(第1次補正值)

これらの図よりPC軌道スラブ全体が中央ではなく、端部では大きく上下動していることがわかりまたスラブの左、中、右の変位の差をみるとレール横断方向のスラブのそりがわかり、昼の間はPC軌道スラブの上面が熱せられるため上面が膨張し凸形のそりを示し、夜間は上面が冷えるため逆に凹形のそりを示している。図-10, 11はPC軌道スラブのレール方向の変形を示したものである。この図よりレール横断方向のそりの傾向を一層明瞭に示しており、PC軌道スラブ全体は昼間は凸形のそりを示し、夜間は逆に凹形のそりを示していることがわかった。

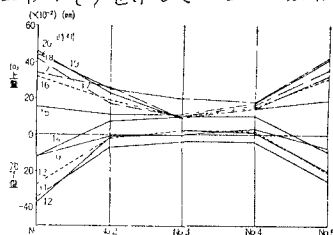


図-10 そり測定結果によるそりの測定結果(防振形PC軌道スラブ中央レール方向1日目)

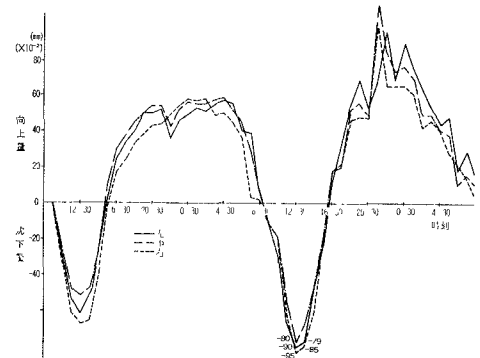


図-6 そり測定結果によるそりの測定結果(一般形PC軌道スラブNo1レール横断方向)

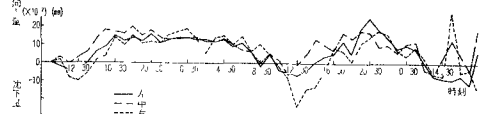


図-7 そり測定結果によるそりの測定結果(一般形PC軌道スラブNo3レール横断方向)

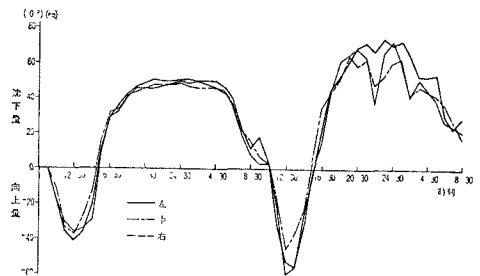


図-8 そり測定結果によるそりの測定結果(防振形PC軌道スラブNo1レール横断方向)

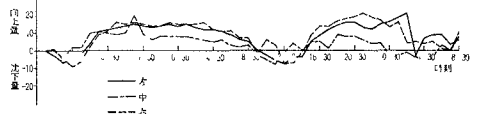


図-9 そり測定結果によるそりの測定結果(防振形PC軌道スラブNo3レール横断方向)

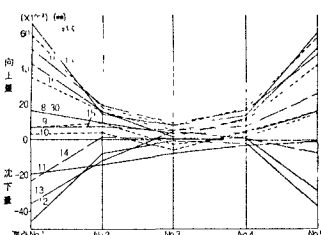


図-11 そり測定結果によるそりの測定結果(防振形PC軌道スラブ中央レール方向2日目)

ここで実測したPC軌道スラブの内部の上、中、下段の温度とセメントアスファルトモルタル層の温度と外気温の時間的変化を図-11, 12に示す。この結果よりPC軌道スラブの上面と下面の温度が逆転した時点と、PC軌道スラブのそりが逆転する時点が一致しており、PC軌道スラブの上面と下面の温度差とPC軌道スラブのそりの相関性は非常に大きいと思われる。

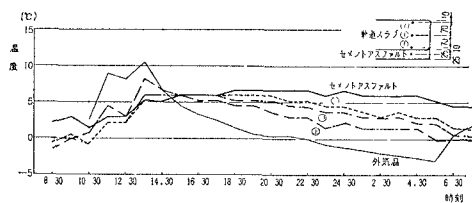


図-12 一般形スラブ温度測定(1日目11月30日)

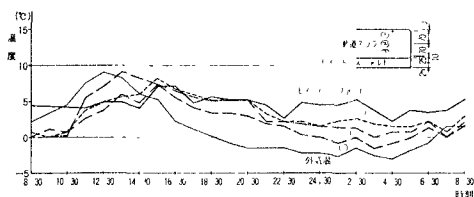


図-13 一般形スラブ温度測定(2日目12月1日)

ちなみにこのスラブの上面, 下面の温度差によるそりを計算してみると, いまこの温度差を 10°C とすると図-14より

$$L_1 - L_2 = 5000 \times 10^5 \times 10^{\circ}\text{C} = 0.5\text{mm}$$

$$2R_1\theta = L_1, \quad 2R_2\theta = L_2$$

$$\theta = (L_1 - L_2) / 2(R_1 - R_2) = 0.0015625$$

$$\delta = (L_1 / 2\theta) \times (1 - \cos\theta) = 1.76\text{mm} \quad \text{となる。}$$

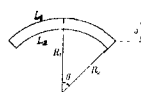


図-14

2. PC軌道スラブの静的載荷試験

2-1) 試験の内容

載荷装置は図-15に示す。①はコンクリート床版, ②はセメントアスファルトモルタル層および防振形PC軌道スラブの場合はゴムマットとセメントアスファルトモルタル層, ③はPC軌道スラブ, ④は50Nレール, ⑤はロードセルである。

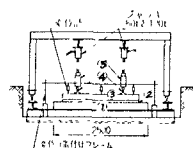


図-15 PC軌道スラブ静的載荷試験装置

2) PC軌道スラブの各締結装置へのレールからの分担荷重測定試験

……レールの頭部と各締結装置のパッドの頭部に変位計を設置して, 各締結装置のパッドの相対変位を求めてパッドの荷重-変形曲線よりレール上の各載荷点の荷重の各締結装置への荷重を求めその分担率を求めた。

6) PC軌道スラブの静的載荷試験……レール上にPC軌道スラブの端部より中央部まで各締結装置直上より静的に載荷し, PC軌道スラブ上の各測点の変位し, またPC軌道スラブの上, 下表面にファイヤストレーンゲージを貼付し結線後, 多点デジタルひずみ計に接続しPC軌道スラブの各測点の応力度を測定した。荷重は数段階に分けたレール上に両載荷および片載荷も行ないレール取はずし後PC軌道スラブに直接載荷も行なった。

静的載荷試験に用いたPC軌道スラブは前述の暴露試験に用いたPC軌道スラブを各1体の他に, 防振形で引張応力度を $10\text{kg}/\text{cm}^2$ まで許したパーシャルプレストレスで設計したもの(これを防振形PC軌道スラブBと名付ける。)1体を加えた合計3体である。

2-2) 試験結果

図-16, 17, 18はPC軌道スラブの各締結装置へのレール上の各載荷点からの荷重の分担率の実測値である。この値は理論解とほぼ等しい値を示している。

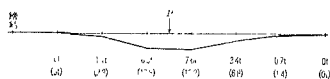


図-16 線路中央載荷レール分担荷重 $P=20\text{t}$ (40t)

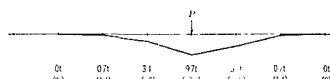


図-17 線路4上載荷レール分担荷重 $P=20\text{t}$ (40t)



図-18 線路1上載荷レール分担荷重 $P=20\text{t}$

静的載荷試験によるPC軌道スラブの変位測定結果は図表は割愛させて頂くが, 実測値が理論値より大きな値を示しているが, これはセメントアスファルトモルタル層およびゴムマットとセメントアスファルトモルタル

層の影響が大きくでた結果と考えられる。またその値は載荷期間中変化するのがみられるが、これはこの層の塑性変形によるものと思われる。

図-19, 20, 21は静的載荷試験によるPC軌道スラブの応力状態の一部を示す。理論値は有限要素法により求めたものであるが、レール直下における実測値はこの理論値によく一致する。PC軌道スラブの端部および中央のレール方向においては実測値は理論値より大きく、レール直下の実測値とほぼ同一の値を示しており、有効幅としてはPC軌道スラブ全幅で考えて良いもののように思われる。

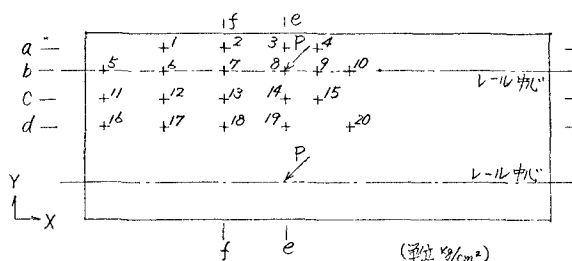
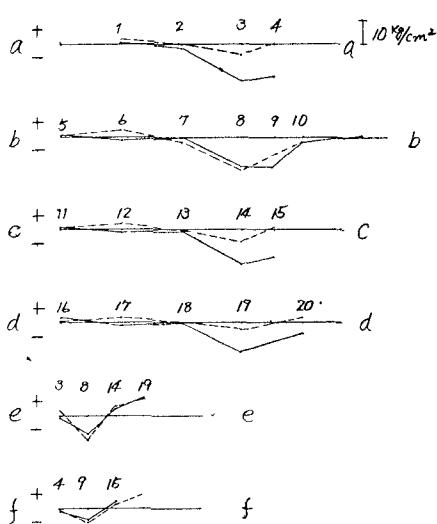
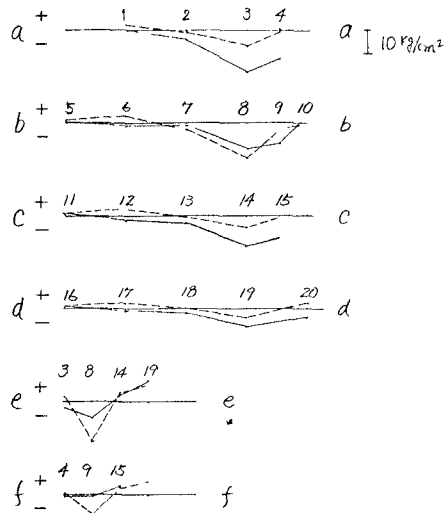


図-19 防振スラブA, B 連続4上載荷試験平面図



凡例 + 引張応力 — 実測値
- 圧縮応力 --- 理論値

図-20 防振スラブA 連続4上載荷 $P=10t$



凡例 + 引張応力 — 実測値
- 圧縮応力 --- 理論値

図-21 防振スラブB 連続4上載荷 $P=10t$

3. おわりに

今まで進めてきたPC軌道スラブの一連の実験的研究により、技術上の問題点は一部を残してほぼ解決されたと考えており、残る問題点も国鉄内外の関係機関で更に研究を進めており、製作上の問題、経済上の問題等の諸問題も解決されつつあり、実用化の見通しもついてきたと考える。

なおここに紹介した試験は東京工業大学長龍重義博士の御指導と同研究室の皆様の御協力を頂いたものであります。また国鉄内外の関係機関の御協力によって行なわれたものです。ここに厚く御礼申し上げます。