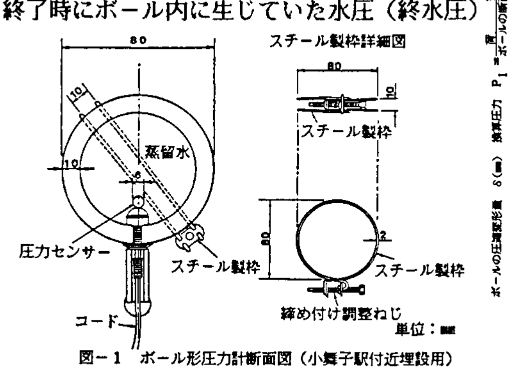
Ⅳ-247　鉄道線路路盤の動的性状に関する研究
― 路盤圧力測定の一手法 ―

金沢工業大学　正会員　○　山田　幹雄
金沢工業大学　正会員　　伊能　忠敏
金沢工業大学　正会員　　小野　一良

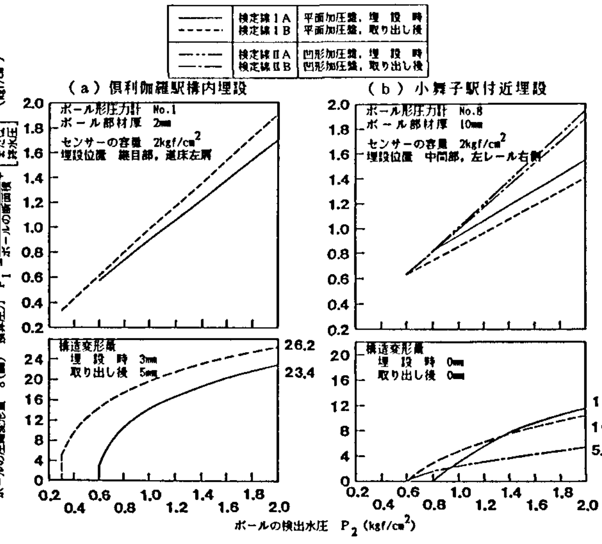
軌道を通して路盤に伝達される圧力の大きさおよびその分布状態に関しては，これまでにも多数の測定結果や算定式が提示されている。一般に路盤圧力の測定にはひずみゲージ形の土圧計が使用されているが，それにより計測される圧力は計算値に比べて小さく，また土圧計の埋設状態によって検出値にかなりのばらつきを生じるのが通例である。したがって，検出値の信頼性の点から現場における実測結果がそのまま線路保守整備の指標として活用されることは少ない。本研究においては，列車通過時における路盤の動特性を評価する一つの手段として水圧の変動を出力するボール形圧力計を試作し，これを土圧計と併せて線路に埋設して両者の検出値の推移を比較した。測定は，列車速度の異なる２箇所でそれぞれ約１ケ月間ずつ実施した。

図－１は，今回の実験に使用したボール形圧力計を示す。ボールの材質はビニールであり，その中には直径 6mm，厚さ 0.6mm，容量2kgf/cm^{2}または5kgf/cm^{2}の圧力センサー（ひずみゲージ形）が取り付けてある。ボール内には注射器を用いて蒸留水（未脱気）を注入したが，その際には注入水量を正確に計測した。このボール形圧力計で測定される路盤圧の変動と従来の土圧計による検出値とを比較するために，ボールの中心軸回りには当初からスチール製の枠を取り付けて鉛直方向の圧力変動のみを検出するようにした。現場埋設に先立ち，ＣＴ式圧縮試験機を用いてボール形圧力計の耐荷性能（変形特性）と精度とを調べた。この試験にあたって，ボールを押し付ける試験機の加圧盤としてその形状が平面であるもの（平面加圧盤）とボールの球面を模倣した凹面状のもの（凹形加圧盤）とを使用した。なお，約１ケ月間の測定が終了した直後にも同様の試験を行い，埋設前の結果と比較してボールおよびセンサーの劣化の程度を調べた（図－２）。ボール形圧力計および土圧計は厚さ10mmのアクリル板の上にエポキシ樹脂系接着剤を用いて固定し，このアクリル板を測定地点における継目まくらぎと中間部ＰＣまくらぎの底面下25cmの深さに置いた。このときのボール中心までの深さは17～19cm（ボールの下に台座有り）であり，土圧計受圧面までの深さは23cmである。

列車通過時にボール形圧力計および土圧計が検出する圧力は，動ひずみ計を通して電磁オシログラフに記録した。図－３は，線路の各部に生じた圧力変動の一例を示す。先の図－２に示されるように，ボール形圧力計においてはそれを作製した時点でボール内に発生した水圧（初水圧）を基準とする検定線から換算した圧力と測定終了時にボール内に生じていた水圧（終水圧）

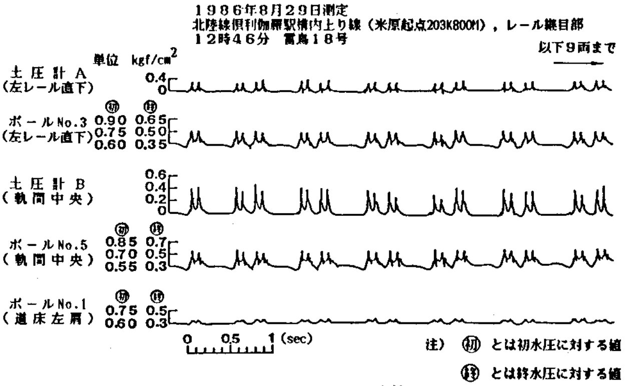


図－１　ボール形圧力計断面図（小舞子駅付近埋設用）



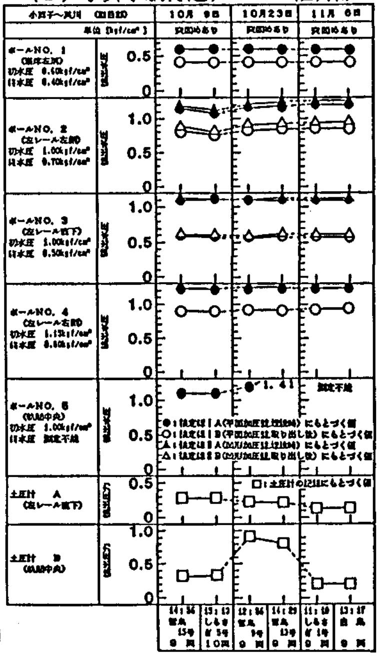
図－２　ボール形圧力計の検定結果（ＣＴ式圧縮試験機使用）

を基準とする検定線から換算した圧力の双方が存在する。図－３における ㊓ とは前者の検定線から求めた値であり，また ㊕ とは後者から求めた値である。したがって，両目盛りの差がボール形圧力計の劣化の進行を表わすことになるが，当初ボール内に注入した水量は約１ケ月後においても全く減少していなかったことより，水圧の低下はボール部材自体の変形（クリープ）により生じたものとみられる。その他に気泡の発生による影響も考えられるが，この点については確認できなかった。図－４は，２箇所の測定地点におけるボール形圧力計と土圧計の検出値を中央値をもって示したものである。(a) は北陸線倶利伽羅駅構内上り線（米原起点203K800M，通過速度75～85km/h）での測定結果である。この地点において道床突固めは計器を埋め込んだ時点で入念に行い，その後は測定最終日にいたるまで放置した。ボール形圧力計で検出された圧力の推移と土圧計の検出値の推移とを比較した場合，ボール形圧力計においては測定期間中ほぼ一定の圧力を示しているのに対して，土圧計においては埋設当日は同位置にあるボール形圧力計と同じかあるいはいくらか高い圧力を示しているものの，それ以後は約1/2 に減少している。(b) は北陸線小舞子駅付近下り線（米原起点166K240M，通過速度95～115km/h)での測定結果である。この地点においては２週間間隔に３回の測定を行ったが，測定のつど道床突固めを実施した。この地点においてもボール形圧力計の検出値は測定期間中ほぼ一定値を示しているのに対して，土圧計の検出値は測定日によりかなりのばらつきを生じた。このようにそれぞれの計器による検出圧力は道床突固めの周期とは無関係に推移していることから，突固め自体が路盤の劣化速度を遅延する効果は少ないとみられる。静的輪重P の列車速度にともなう変化（速度衝撃率）を考慮に入れた算定式よりそれぞれの計器の埋設位置における圧力を求めると P=6tfに対してレール直下の土圧計は倶利伽羅において 0.5kgf/cm²,小舞子では 0.6kgf/cm² の圧力を検出すべきことになるが，実測値はいずれも小さい。一方，ボール形圧力計の埋設位置については計算上 0.7kgf/cm², 0.8kgf/cm²となるが，測定結果は平均してそれ以上の圧力を示しており，性能上とくに問題はないと考えられる。

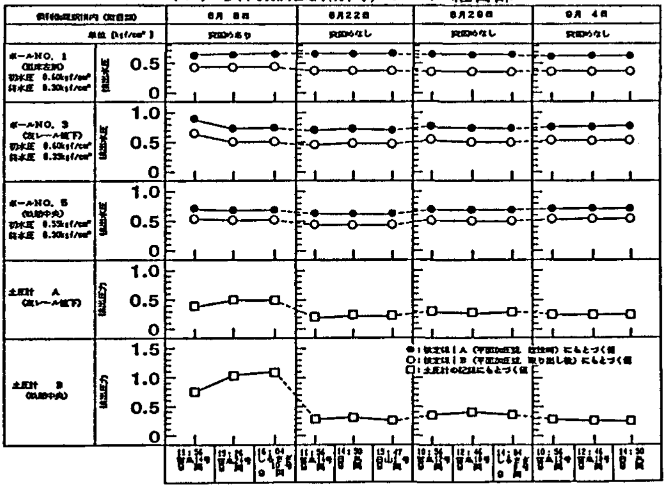


図－３ 電磁オシログラフの記録

（b）小舞子駅付近，レール継目部



（a）倶利伽羅駅構内，レール継目部



図－４ ボール形圧力計検出値と土圧計検出値との比較（中央値）