

落球探査による支持地盤の地耐力評価

東日本旅客鉄道 正会員 木戸素子, 青木千里
 鹿島建設 正会員 ○川野健一, 豊島正治, 吉田 輝, 渡邊洋介
 セントラル技研 正会員 池尻 健

1. はじめに

鉄道構造物の直接基礎における支持地盤の確認では、従来、主に重要構造物や土質の性状が異なる場合に、確認を必要としたときのみ地耐力測定を行っている（「地盤の平板載荷試験 (JGS 1521-1995)」による）。ただし、当該方法は時間がかかるうえ、試験に要する設備が大きくなりコストがかさむため、全数検査は現実的ではない。したがって、一般には設計時の地盤調査結果と施工時の支持地盤の土質性状が同じであるかを目視により行っているのが実情である。このため、全数検査に対応できる迅速、簡便でかつ定量的な品質確認手段の導入が望まれていた¹⁾。そこで今回、連続立体化工事の高架橋基礎を対象に、支持地盤の設計 N 値 30 を満足することを落球探査（トリクレーター）により全数確認した。当該実績をもとに、落球探査による N 値評価方法の整理結果について報告する。

2. 落球探査の概要

落球探査の機器構成を図 1 に示す。重錘は金属製で底面側のみ球面の半球状であり、中心部に加速度センサーを内蔵し質量は約 20kg である。重錘を所定の高さ（通常 50cm）から自由落下させると、着地時の鉛直加速度波形が瞬時にノート型パソコンに収録され、各種の地盤特性値が表示される。測定状況を写真 1 に示す。落下高さ 50cm のとき評価しうる探査深度は約 30cm である。重錘底面が球面で、かつ質量が比較的大きいことから地表面の凹凸や、礫粒子との衝突の影響が少ないという特長がある。

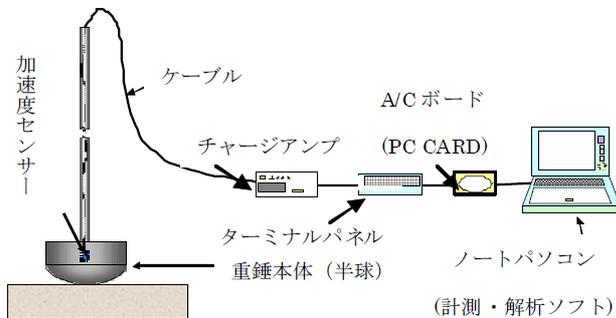


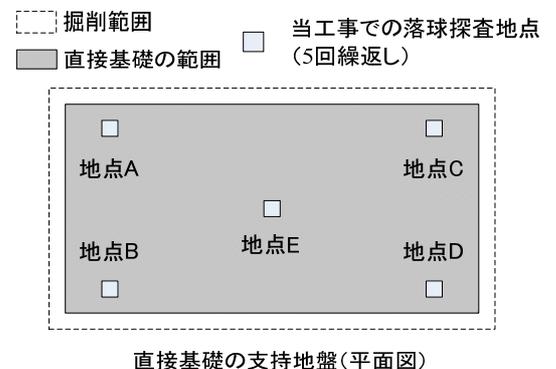
図 1 落球探査の機器構成



写真 1 床付け面での測定状況

3. N 値の確認方法

落球探査は、Hertz 理論に基づき変形係数 E を直接算出できる²⁾。この E を既往の関係式 ($E=2.5N \text{ (MN/m}^2\text{)}$ (式 1))³⁾によって N 値に変換した。当工事では、探査対象となる直接基礎（底版寸法：6m×3m 程度）が 73 基あり、地盤は玉石まじりの礫層で、掘削深度は 3m 前後である。基礎 1 基あたり 5 地点で測定を行い（図 2 の地点 A～E）、各地点において同一地点に重錘を 5 回繰返し落下させて、その 5 回の平均値 N_R を求めた¹⁾。この方法により、図 3 に示すように、全ての基礎において N_R が設計 N 値 30 以上であることを確認した。



直接基礎の支持地盤(平面図)

図 2 落球探査による計測対象地点

キーワード 落球探査, N 値, 地耐力評価, 変形係数, 直接基礎

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社 技術研究所 TEL : 042-485-1111

4. 有効土被り圧に対する補正

図5は、有効土被り圧 $\sigma_v'=0 \text{ kN/m}^2$ まで応力解放された掘削底面での N 値であるため、安全側ではあるが過小評価となっている可能性がある(図4)。そこで、式2⁴⁾により、N 値を有効土被り圧 $\sigma_v'=100\text{kN/m}^2$ 相当の値 N_r へ補正し、再度式2⁴⁾を適用することで掘削前有効土被り圧相当の値 N_1 へ補正を試みる。さらに、当工事の玉石まじり礫層は、同一地点に繰返し落とすことによる締固め効果(N 値の増加)が認められたため、ここでは、初回落下時の値のみに着目する。図5に、各基礎における地点A~Eのそれぞれの初回落下時のN 値(式1)について、これら5地点の平均値、最大値、最小値を示す。さらに、これを式2により有掘削前有効土被り圧相当の値 N_1 に補正したものを図6に示す。

5. 考察

図3、図6を比較すると、地点A~Eの平均N 値は、ともに40前後が主体である。すなわち、5回繰返し落下時の平均値 N_R (図3)は、初回落下時のN 値を式2で補正した補正N 値(図6)と概ね同等である。このことから、同一地点に5回繰返し落下させる方法は、少なくとも当工事の支持地盤において、測定地盤を掘削前の状態以上に強固に締め固めるものではなく、掘削に伴う応力解放による剛性低下をほぼ打ち消す効果を有していたと推測できる。したがって、今回採用した方法は、掘削荷重を考慮した実際条件下での適切な評価方法であると言える。

また、図6に比べ図3では、地点A~Eの平均値、最大値、最小値のいずれもばらつきが小さい。これは、図3では同一地点とはいえ、5回落下による平均を用いているためである。図6のように、繰返し落下を行わずに式2による有効土被り圧の補正を行う方法でも、地点A~Eでそれぞれ5ヶ所程度の多点測定を行って平均化すれば、ばらつきが縮小するとともに、最小地点でもN 値30以上を満足していたものと推察する。

6. おわりに

以上、落球探査による直接基礎の支持地盤の地耐力(N 値)の評価方法と実績を紹介した。当実績が、同種工事の地耐力評価の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 木戸, 渡邊, 青木: 簡易方法を用いた直接基礎の支持地盤の確認, 第65回年次学術講演会, pp. 665-666, 2010.
- 2) 吉田, 北本, 川野, 池尻: 落球探査による地盤の諸特性の評価, 第64回年次学術講演会, 2011(投稿中).
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説, 土構造物, p. 347, 平成19年1月.
- 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説, 耐震設計, p. 57, 平成11年10月.

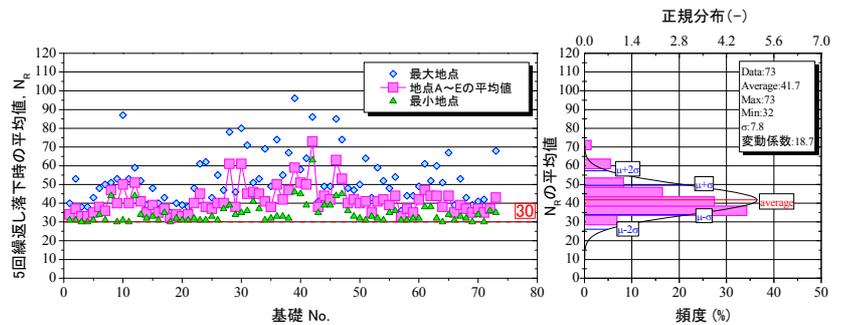


図3 5回繰返し落下時の平均値 (N_R)

$$N_r = \frac{250 \cdot N}{\sigma_v' + 150} \quad (式2)$$

N_r : N 値を有効土被り圧 100kN/m^2 相当の値に換算した値
 σ_v' : 原位置での有効土被り圧 (kN/m^2)

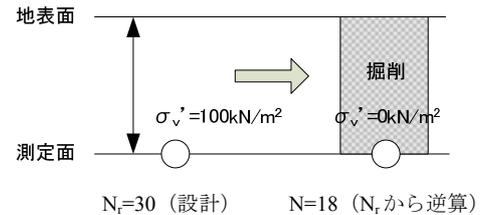


図4 補正N 値の概念

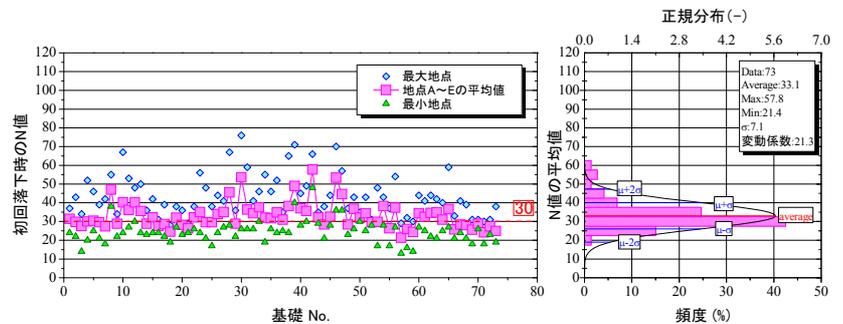


図5 初回落下時のN 値

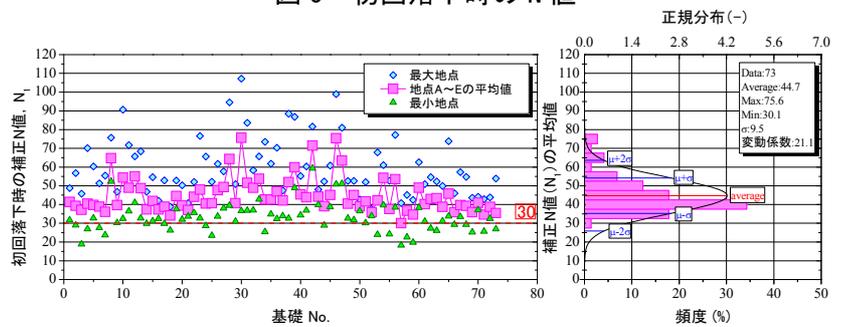


図6 初回落下時の補正N 値 (N_1)