

VI-73

ウレタン注入式足付けロックボルトが地盤にもたらす効果とその性状について

小田急建設㈱	正会員	小 林 孝 行
同 上	正会員	和 田 光 弘
同 上		霧 生 茂
同 上		進 藤 敏 則

1. はじめに

地表面に有料道路を抱える、土被りが浅く固結度の低い地山で行われたトンネル工事において、上半支保工の沈下に伴う地表面沈下を抑制することを目的として、支保工の足元にウレタンを注入材とした足付けロックボルトを脚部補強工として施工した。図-1に概略図を示す。この脚部補強工の効果を検証するため、平板载荷試験による実験を試みた。また、この脚部補強工によって補強された地盤の载荷時の挙動をFEM解析により再現するため、補強地盤のモデル化を試みた。

ここでは、この実験とモデル化について報告する。

2. 試験内容

ウレタン注入式足付けロックボルトによる地盤の補強効果を評価する事を目的とし、次の2条件下で平板载荷試験を実施した。

- 1) 無処理地盤 (CASE-A)
- 2) 補 強 地 盤 (CASE-B)

また、補強地盤のウレタンによる地盤改良範囲は、 $\phi 600\text{mm} \sim \phi 800\text{mm}$ 程度である。これは、試験施工により注入圧、注入量を決定した。この地盤での注入圧は $16\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、注入量は 20kg である。

今回の平板载荷試験装置の詳細を図-2に示す。载荷版の設置に際しては、打設した中空ロックボルトが原因する荷重の偏心を防ぐため、载荷版と同一形状のコンクリートを中空ロックボルトの頭部に打設し、コンクリートと中空ロックボルトを一体化させ、荷重が地盤に均等に作用するようにした。

3. 試験結果

図-3に、平板载荷試験によって得られた、「荷重-沈下」の関係を示す。また、図に示す曲線は試験結果を指数分布曲線より近似化した荷重沈下曲線を示している。補強地盤は、無処理地盤と比較して剛性の高い地盤へ改良されている事が判る。補強地盤の極限支持力は、無処理地盤の約1.5倍を示すのに対し、地盤反力係数は約4.0倍の値を示している。これより、この補助工法は地盤支持力の増加より、むしろ地盤反力係数の増加に寄与し、支保工の沈下抑制という当初の目的にかなった効果を示すと考えられる。

図-4のcに補強地盤の「荷重-沈下」関係の詳細を示す。 $0\text{tf}/\text{m}^2 \sim 100\text{tf}/\text{m}^2$ において直線的で急激な立ち上がりを示している。これは、中空ロックボルトの「荷重-変位」の計算値を示したeとよく一致している。また、中空ロックボルトの摩擦支持力は、ウレタンによるホモゲル強度が $100\text{tf}/\text{m}^2$ 程度¹⁾であることが

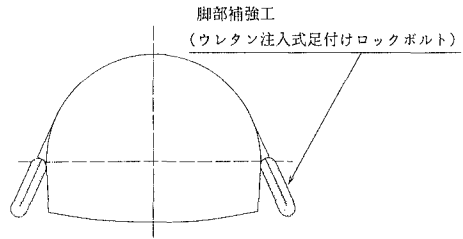


図-1 ウレタン注入式
足付けロックボルト概略図

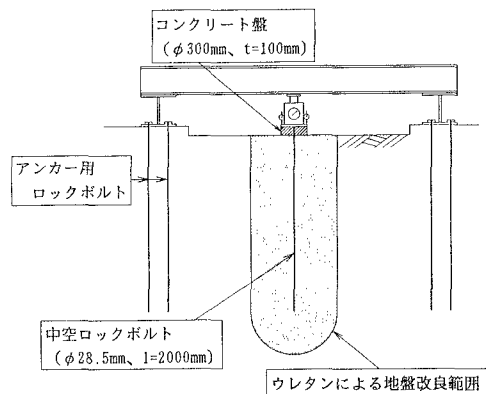


図-2 試験装置

ら9.0tf程度が見込まれる。この値をφ300mmの載荷版に作用する等分布荷重に換算すると130tf/m²程度となり急激に沈下が進行する荷重値と一致しているものと思われる。その後、沈下が進行し、175tf/m²以降、再び地盤は弾性的な挙動を示すようになる。この175tf/m²以降の「荷重－沈下」が、ウレタンによる改良地盤の性状を示していると思われる。

今回の平板載荷試験結果より、ウレタン注入式ロックボルトによる補強地盤は、以下に記述する2段階の性状を示していたと考える。

1段階・・・中空ロックボルトが摩擦杭として荷重を保持する。この間の「荷重－沈下」の関係は、中空ロックボルト自体の「荷重－変位」の関係に近似する。

2段階・・・中空ロックボルトの摩擦支持力以上の荷重が生じた場合、ウレタンによる改良地盤の性状を示す。

4. 補強地山のモデル化

解析は、平板載荷試験をFEM解析の軸対称モデルによりモデル化した弾性解析である。

図－4のbは、無処理地盤の解析値を示している。解析値は、実測値とよい対応を示している。また、解析より得られる荷重による影響範囲は、深さ方向にGL-0.7m、水平方向に載荷面中心より0.5m程度であった。これは、従来より言われている「平板載荷試験での載荷重の影響する深さ方向の範囲は載荷版幅の1.5～2.0倍である。」²⁾事と一致する。荷重影響範囲とウレタン改良範囲を考慮し、補強地盤のモデル化においては、ウレタンによる改良範囲に補強地盤の175tf/m²以降の地盤物性値を使用した。図－4のdに、補強地盤における解析値を示す。解析値は、175tf/m²以降の試験結果とよい対応を示している。

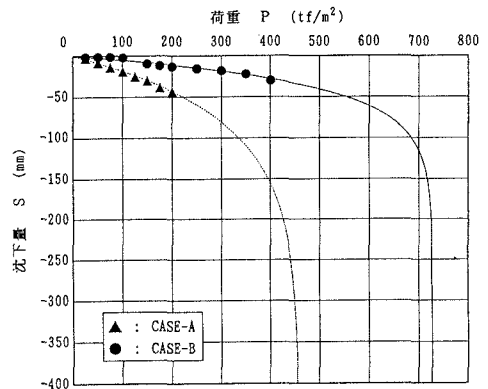
5. おわりに

ウレタン注入式足付けロックボルトは、支保工の沈下抑制に効果が十分期待できる。また、形状は異なるものの載荷版（φ300mm）と支保工底盤プレート（□300mm×300mm）の面積はほぼ等しい事を考えると、得られた試験結果は施工地盤の性状を表現するデータとして適用可能であると考えられる。

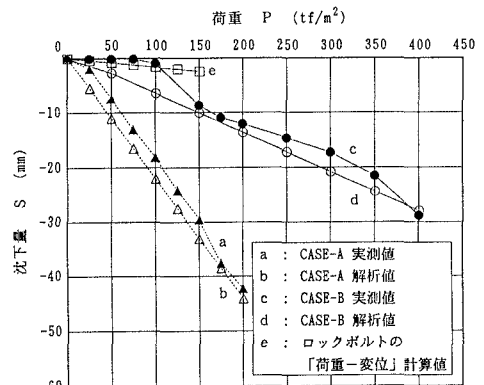
また、この工事では各種計測を実施し、トンネルの挙動を観測している。計測結果がまとも次第、これらの結果とウレタン注入式足付けロックボルトの関係を検討し、今回の試験で得られた結果の妥当性の検証を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 電気化学工業：〈デンカウレタン〉トンネル補助工法
- 2) 土質工学会：地盤の平板載荷試験、土質調査法



図－3 荷重沈下曲線



図－4 荷重沈下詳細図および解析結果