

多条管埋設における埋戻し砂の締固め特性に関する実験的検討

東京電力（株） 正会員 高橋守男
 （株）関電工 中村 豊，正会員 馬場康史
 （株）セントラル技研 正会員 池尻 健

1. はじめに

配電管路等の埋め戻しにおいては、配列条数が3条以上の多条管埋設が一般的である。しかし、多条管を対象とした埋め戻し（特に管周りの埋め戻し）では、転圧機械等による締め固めが困難であるにもかかわらず、その締め固め特性を的確に把握した事例は少ない。

ここでは、多条管埋設における埋戻し材として多く用いられている埋戻し砂を対象に、モデル土槽実験を実施する。そして、その実験結果をもとに、多条管埋設における埋戻し砂の締め固め特性について考察する。

2. 実験概要

モデル土槽を図-1に示す。土槽内には、多条管路のモデルとして PFP 管（内径：150mm）を9条（3条×3段）まで設置することが可能である。尚、今回の実験パターンは3ケース（3条×1段：S1F、3条×2段：S2F、3条×3段：S3F）である。実験に用いる埋戻し砂の基本性状を表-1に示す。尚、それらは茨城県銚田産の山砂で、工学的分類（小分類）によれば細粒分まじり砂（S-F）である。埋め戻しは、現場施工で実施されている方法に準ずる。すなわち、まず埋戻し砂を各段の管路上端まで投入し、敷き均す。次に管路の間および側面を突き棒（算木）で丁寧に転圧する。そして、最後に上記の作業を各実験ケースで設置した最上段

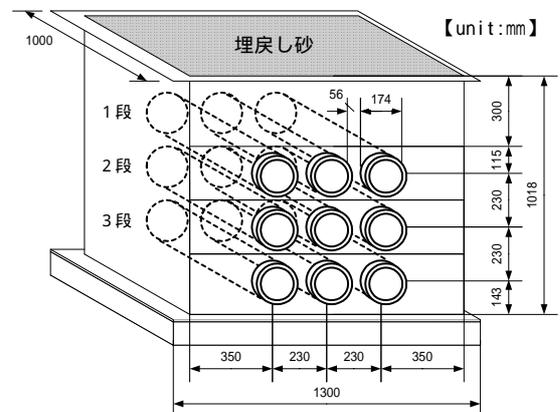


図-1 モデル土槽

の管路まで繰り返した後、最上段の管路から30cmの土被りまで15cm毎（15cm×2回）に埋戻し砂を敷き均し、ランマーで転圧する。尚、ここでは、転圧の際、締め固めの均一性に影響を与える各作業のサイクルタイムを厳密に管理する。さらに、上記の方法（以下通常法と記す）とは別に、現状でよく実施されている「水締め法」も併せて実施し、その締め固め特性を把握する。締め固め特性を把握する方法としては、現場密度試験（ ρ_d ）およびコーン貫入試験（ q_c ）を実施する。すなわち、上記の埋戻し終了後、各試験箇所までスコップ等を用いて丁寧に再掘削し、両試験を実施する。現場密度試験は土槽表面および各段の管周り（管路上部：管上、管路間・側面：管間）で、コーン貫入試験は土槽表面および各段の管間で実施し、試験箇所は図-2（×で記す）に示す。尚、現場密度試験は、管間の寸法が56mmしかないこと、締め固め不足による空隙等を想定して、現状の様々な方法¹⁾について検討した結果、突き砂法（試験孔寸法：径50mm、深さ50mm）を採用する。

ただし、この試験方法は現状の基準（JGS1611-1995）と異なり、その妥当性を検証するため、土槽表面において現状の基準に準じた方法（試験孔寸法：径150mm、深さ150mm）と比較試験を実施した。その結果、両者の試験結果は整合していることを確認した。コーン貫入試験は、JGS1431-1995に準じて実施する。

表-1 基本性状

s	g/cm ³	2.673
w _n	%	16.1
F _c	%	10.0
D _{max}	mm	4.75
D ₅₀	mm	0.30
d _{max}	g/cm ³	1.728
w _{opt}	%	13.4
CBR	%	5.9
q _c	kN/m ²	2938

キーワード：多条管、埋め戻し、埋戻し砂、締め固め特性、土槽実験

連絡先：東京都八王子市元横山町 1-2-13（株）セントラル技研 TEL：0426-45-8276 FAX：0426-45-8307

3. 実験結果および考察

図-3に実験結果を示す。同図は、埋戻し砂の締固め特性を示すため、各測定位置における締固め度Dを整理したものである。尚、各試験値は各測定位置における試験値（3 箇所 / 測定位置）の平均である。同図より、通常法（S1F～S3F）に関しては、土槽表面における一般的な施工管理値である D 90%を確保しているものの¹⁾、表面以外の管周りでは上記を下回ることが分かる。また、深度方向の段数増加に伴い、Dが相対的に低下することが分かる。これは段数が増加するに従い、埋め戻しの際の転圧が困難になることに起因する。

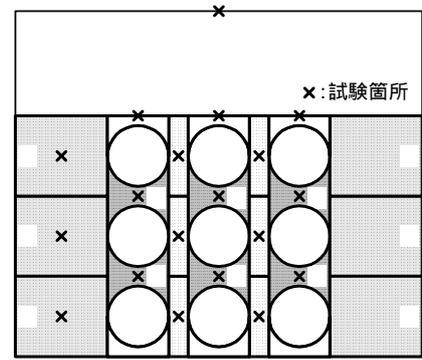


図-2 試験箇所

さらに、管間に比べ管上のDが低減していることが分かる。尚、その低減率（管上と管間とのDの比）は約70%である。これは、管間においては、算木で突いて1次元方向に丁寧に転圧しているものの、この方法では管上に十分締固めエネルギーが伝播しないことに起因する。また、同図には水締め法の結果も併せて示している。同図より、水締め法では管上においても管間と同様の締固め効果が得られることが分かる。さらに、締固め効果が他の箇所と比較して低いと考えられる管周りの締固め特性を把握するため、図-2に示す各領域（～）の面積比を考慮し、締固め状態を示す指標である相対密度 D_r を算出する。具体的には、 D_r を算出する際に必要な管周りの d_{Ave} を、仮にある領域における面積： A_1 、試験結果： d_1 、以下同様に A_2 、 d_2 、 A_3 、 d_3 とすると、式(1)のように算出する。上記によりモデル土槽の管周りの D_r を算出すると、通常法は $D_r = 60.1\%$ ($D = 75.7\%$)、水締め法は $D_r = 77.6\%$ ($D = 84.8\%$) であり、いずれも締固め特性は密であること、さらに水締め法によると相当密な状態に近いことが分かる。

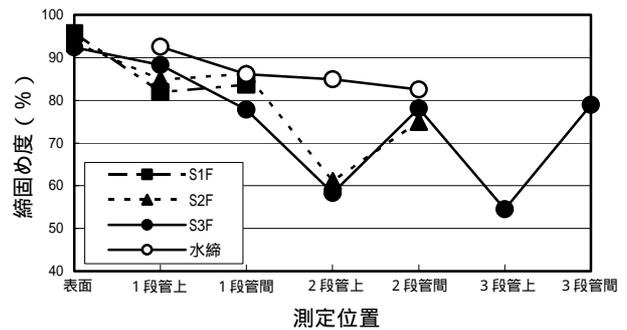


図-3 各測定位置での締固め度

$$d_{Ave} = (d_1 A_1 + d_2 A_2 + d_3 A_3) / (A_1 + A_2 + A_3) \dots (1)$$

尚、図-4にDとコーン指数 q_c との関係を示す。同図より、通常法の表面は $D = 90\%$ 、 $q_c = 700 \sim 1000 \text{ kN/m}^2$ 、管周りは $D = 70 \sim 90\%$ 、 $q_c = 300 \sim 600 \text{ kN/m}^2$ であるのに対し、水締め法はDが同様であるものの相対的に q_c が小さいことが分かる。これは、両者の含水状態の差異に起因する。すなわち、通常法は $w = 10 \sim 14\%$ （平均値：12%）に対し、水締め法は $w = 17 \sim 20\%$ （平均値：19%）と含水比が高い。このことは、水締め法を実施する際、良好な排水状態の確保が必要であることを示している。

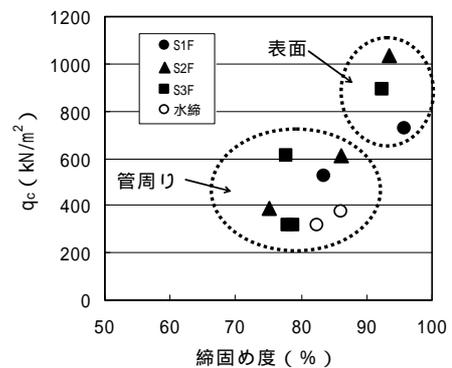


図-4 締固め度と q_c との関係

4. おわりに

ここでは、多条管埋設における埋戻し材としてよく用いられている埋戻し砂を対象に、現場施工を想定したモデル土槽実験を実施した。その結果、多条管埋設における埋戻し砂の締固め特性を定量的に評価することができた。また、現状でよく実施されている水締め法の締固め効果を定量的に評価することができた。

【参考文献】

1) 例えば、地盤工学会編：土の締固めと管理 土質基礎工学ライブラリーNo.36，1999.