

施工規定方式における規定転圧回数の実用的な更新手法

鹿島建設 正会員 ○吉田 輝
 鹿島建設 正会員 北本 幸義
 鹿島建設 フェロー会員 早崎 勉

1. はじめに

大規模な造成工事においては、着手前に盛土材別にモデル施工（転圧試験）を行い、盛土体の要求性能に応じて施工方法（施工機械、まき出し厚、転圧回数など）を規定するのが一般的であるが、その施工方法が施工ヤード全面にわたって履行されたかどうかの検査は、従来ほとんど行われてこなかった。すなわち、盛土体の性能特性（強度、変形・圧縮特性、透水性など）の代用指標である乾燥密度、空気間隙率などを施工後に一定頻度で測定し、これらが規格を満たすことを確認する**品質規定方式**^{1) 2)}が、現時点では盛土品質管理の主流となっている。また、品質規定方式の適用が困難な岩塊（破碎された硬岩や中硬岩）に対しては、タスクメーターによって転圧機械の稼動時間を記録し、施工土量から推定される必要時間の転圧が行われたことを確認する**工法規定方式**^{1) 2)}が適用されてきた。これに対し、最近、転圧機械にGPSを搭載し、規定の施工方法（まき出し厚、転圧回数など）が盛土ヤード全面において履行されたことを確認し帳票化する**施工規定方式**^{1) 2) 3)}が登場し、品質規定方式に比べ品質管理の大幅な省力化と時間短縮が可能なこと、局部的な施工不良を見逃さないことなどのメリットによって注目されている。

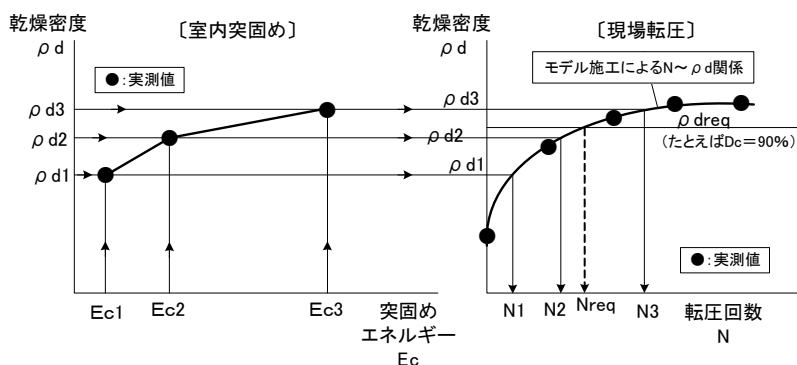
大規模造成工事に施工規定方式を適用する場合、盛土材の採取場所が広範囲に及ぶため、同じ盛土材でも工事の進行に伴って締固め特性が変化し、着手前のモデル施工に基づいて規定された施工方法が実状に合わなくなる虞がある。したがって、施工途中にも随時モデル施工を実施し、規定の施工方法（たとえば転圧回数）の妥当性を検証するのが望ましいが、モデル施工を十分な頻度で実施できず結果的に品質規定方式（密度などの事後測定）を併用することとなり品質管理の負担がかえって増大する、といった本末転倒のケースも散見される。そこで、盛土の要求品質を密度比（ D_c 値または D_s 値）で与え得る一般的な盛土材を対象に、本来モデル施工により求める「転圧回数 N と乾燥密度 ρ_d の関係」および規定転圧回数を、施工途中に室内試験に基づいて更新する実用的な方法を以下に提案する。

2. 実施方法

以下に、提案方法を単純化して実施手順に従って示す。

（1）室内突固めエネルギーと現場転圧回数の対応付け

工事着手前にモデル施工を行う。その結果、ある盛土材に対して採用された施工方法（まき出し厚、施工機種など）について、転圧回数 N と乾燥密度 ρ_d （たとえば1層の平均密度）の関係が**図—1 右**のようであったとする。この際、同じ盛土材についてモデル施工時の施工含水比で室内突固め試験を実施しておく（**図—1 左**）。突固めは少なくとも2水準の異なるエネルギー E_{c1} 、 E_{c2} 、...（**図—1**では3水準としている）によって行い、それぞれに対し乾燥密度 ρ_{d1} 、 ρ_{d2} 、...を測定する。さらに、**図—1 右**の $N \sim \rho_d$ 曲線上から、乾燥密度 ρ_{d1} 、 ρ_{d2} 、...が得られる転圧回数 N_1 、 N_2 、...を求める（整数に限らない）。この E_{c1} 、 E_{c2} 、...と N_1 、 N_2 、...の対応関係は材料特性に関わらず不変と考える。



図—1 室内突固めエネルギーと現場転圧回数の対応付け

キーワード 締固め、品質管理、施工規定方式、GPS、転圧回数、省力化

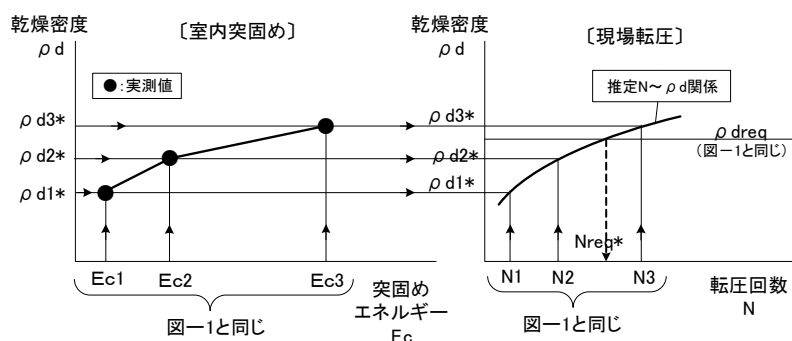
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2—19—1 鹿島建設（株）技術研究所 TEL 0424-89-7072

なお、仕様書などにより規定された乾燥密度の許容下限 ρ_{dreq} （たとえば密度比 $D_c = 90\%$ ）を達成するために必要な最少の転圧回数 N_{req} が図—1 右の $N \sim \rho_d$ 曲線上から得られる。以下では、説明の便宜上 N_{req} を施工規定方式における規定転圧回数（工事着手時における設定値）とみなす。

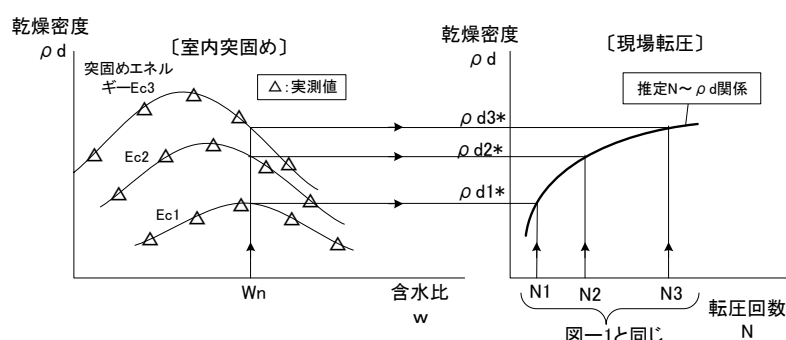
（２）室内突固め試験からの現場 $N \sim \rho_d$ 関係の推定

施工途中に規定転圧回数を検証する必要があると判断された場合には、施工含水比（通常は自然含水比 w_n ）の盛土材について、前記（１）で用いたエネルギー E_{c1} 、 E_{c2} 、...によってそれぞれ室内突固めを行い、乾燥密度 ρ_{d1*} 、 ρ_{d2*} 、...を測定して（図—2 左）それぞれ前記（１）で求めた N_1 、 N_2 、...に対してプロットする（図—2 右）。これらを連ねると最新の推定 $N \sim \rho_d$ 関係が得られ、規定転圧回数が N_{req*} に更新される。

盛土材の物理的性質のうち主に含水比のみが変化する場合には、突固めエネルギー E_{c1} 、 E_{c2} 、...について、それぞれ含水比 w と乾燥密度 ρ_d の関係を前もって調べておくことにより（図—3 左）都度突固めを行わずに施工含水比から直ちに $N \sim \rho_d$ 曲線を推定できる（図—3 右は図—2 右と同様）。



図—2 室内突固め試験からの現場 $N \sim \rho_d$ 関係の推定



図—3 室内突固め試験からの現場 $N \sim \rho_d$ 関係の推定（主に含水比のみが変化する場合）

３．特長および留意事項

現場における転圧開始前（ $N = 0$ ）の乾燥密度は、敷均し機械の反復走行による締固め効果のため、施工方法によっても異なるが通常は突固め試験における初期（ $E_c = 0$ ）の乾燥密度より大きいと考えられる。現場での転圧回数 N と、それに相当する室内突固めエネルギー E_c との間に比例関係（すなわち $E_{c1} : N_1 = E_{c2} : N_2 = \dots$ ）を仮定する過去の研究事例⁴⁾もあるが、提案方法では E_{c1} と N_1 、 E_{c2} と N_2 、...の対応付けをそれぞれ独立に行っている（図—1）。このため、提案方法では転圧開始前の乾燥密度と突固め試験の初期乾燥密度とが一致している必要がなく、実用上便利である。なお、モデル施工における敷均し作業は、当然ながら本施工と同じ要領で行う必要がある。また、 E_{c1} 、 E_{c2} 、...と N_1 、 N_2 、...との対応関係を材料特性によらず不変とする仮定の妥当性または成立条件について、今後検証する必要がある。

図—1 左の室内突固めエネルギーは、2水準のみの場合はたとえば JIS A 1210⁵⁾に規定された約 550 kJ/m^3 （A、B 法）および約 2500 kJ/m^3 （C、D、E 法）とし、3水準の場合はさらに他の 1 水準を加えることが考えられる。突固め用具は JIS A 1210 に規定されたもの以外は必要なく、たとえばランマーの落下回数の調整のみによって突固めエネルギーを任意に設定することができる。図—1 ~ 3 各右図の $N \sim \rho_d$ 曲線は、たとえば双曲線 $\rho_d = \rho_{d0} + N / (a + b \cdot N)$ で表すことができる（ ρ_{d0} 、 a 、 b は定数）。なお、室内突固めにおいて剪頭粒度試料を用いる場合、図—1 ~ 3 各左図（または右図）の ρ_d に対して礫補正を行う必要がある。

４．おわりに

提案方法によって、施工規定方式における規定転圧回数を盛土材の締固め特性の変化に応じて更新することが容易となり、一層合理的な品質管理が実現することが期待される。今後その適用性を検証したい。

参考文献 １）日本道路公団：土工施工管理要領、平成 13（2001）年 7 月。２）三嶋信雄・緒方健治・北村佳則・益村公人：GPS を利用した土の締固め自動管理手法の導入、土と基礎、2000 年 4 月号、pp.9-12。３）特許第 3362833 号。４）畠昭治郎・建山和由・石澤利昭：振動ローラを用いた現場締固めにおける密度予測に関する研究、土木学会論文集、第 364 号 / - 4、1985 年 12 月、pp.229-237。５）JIS A 1210：1999。