



UDC 624.132/.138(73)

## 米国の土工施工の示方及びプラクティス

正員 白石 俊 多\*

鉄道、道路等の路盤やダム等の土工は設計面でも最近著しい進歩を見ているが、施工面もこれと相まって、伝統的な方法に比すると厳密な要求が加わり、示方書や実施面に着々取り入れられている。ここでは主として道路関係の示方を中心に、近代土工の概貌にふれてみる。なお以下の示方に現われる要求は機械土工を対象としており、かつ米国の風土環境に条件づけられていることに留意されたい。例えば、締め固めの程度の要求でも我国のような一般に含水量の大なる土を、重量大なる機械で米国におけると同様に最適含水量附近で締め固めることは無理を伴うのであつて、設計面も併せ考え我国の風土習慣に適したものが生み出されるべきである。

米国各州はそれぞれ独自の標準示方書を有し、またその他の機関、例えば米国州道路機関協会(AASHTO)、公共道路庁<sup>1)</sup>(BPR)、開拓局、(Bureau of Reclamation)等もまた類似の示方を有する。陸軍技術部(Corps of Engineer)の標準示方書は、極めて精密、かつ詳細に互るものであり、日本でも航空基地等の建設には用いられている。これ等の示方の間には、要求の細部について云えば、相当の懸隔があり、例えば48州中17州のみが路盤の締め固めにより達成すべき密度を規定している。以下一般の示方書様式の順序を追い各項目を挙げてゆく。

1. 工事内容の規定 伐採、除草根等を始め以下述べる諸項目を列挙して、これらを設計図書に従い行うことを示す<sup>2)</sup>。以下の各項目ごとに土量測定と単価算定方法を附す。

2. **Cleaning & Grubbing** 伐採、除草、除根、腐土、転石の除去を規定する外必要に応じ、切取部でも表土を所定の深さまで取除き堅固な基礎を与えるよう要求する。また表土を芝付等の関係で被せる場合地盤面を2~3'程鋤き均し表土の附着を良好にするよう示したものもある。

3. 掘削 地方事情により大なる相違のある項目である<sup>3)</sup>が、普通(イ)路線及び排水溝掘削(roadway

and drainage excavation)(ロ)構造物基礎根掘(excavation for structures)及び(ハ)土取(borrow excavation)の3項目にわけ別に記載されているものが多い。掘削土量の算定は原位置における切取容積をもつてする。普通掘削(土)と岩石掘削を個別に記し、後者には岩石、コンクリートまたは石造構造物の除去の外所定の容量以上の大きさの転石も含める。岩石掘削を施工基面下所定の深さ(5~6')まで余掘りを行い敷土を行うこと、及び、ズリを保存して盛土に使うことを示方するものが多い。

上記(イ)中の主な条項は、◎切取土を土質に応じ適当な個所に使用すること(盛土、埋戻、法面等)。◎不適当な路盤土の置き換え、除去または鋤きおこして締め固めること(切取部)。◎施工中の排水措置、例えば切取面に勾配を附し排水をよくした凹所をなるべく作らない。◎排水溝の設置方法、◎施工方法、土工機械の使用。◎切取発生土中不適当なもの及び過剰なものの処理(普通これは掘削土量中に含まれ別単価としない)。

(ロ)の内の主な項目、◎土質、岩質のいかににかかわらず基礎根掘内の土砂、汚芥等の完全除去。◎基礎構造物の種別及びこの構築方法。◎同じく除去方法。◎余掘りの限度。◎埋戻土質の撰択、施工法、締め固め程度(盛土に対するものと大体同じ)及び方法。機械土工では、ややもすると粗略に扱われがちで厳重な監督を要する。必要に応じ小型の搗固め機械を用いる。◎根掘り深さが予期に反し増大したときの増払の方法。

(ハ)のうちの主な項目、◎施主が土取場を指示する場合と施主の示す土質規格により請負人が土取場を撰択する場合があるがそのいずれかを示す。◎土取作業中及び工事終了後の土取場の状態保全に関すること例えば、雨水の溜らないよう排水を行うとか測積に便なるようトリムすること等。◎施工方法。

4. 盛土 近代交通の発達に伴ない最も厳密な要求を受けてきたのは、盛土と次に述べる締め固めに関することと排水に関することである。盛土の施工上の要求は設計法勾配と土質の関係、基礎地盤の硬軟、入手可能な盛土材料等の要素が変化が多いので、締め固め

\* 日本国有鉄道、鉄道技術研究所土質研究室

の層の厚さその他の細目は工事ごとに数字を入れるようである。主な項目は(イ)基礎の準備, 例えば, 盛土開始前に雑草, 腐土等の除去, 軟弱層の安定法, 自盤地面が勾配の場合は鋤き起しまたは段切り等を行い, 監督技師の検査を受け承認を求める。また施工基面までの深さ1'程度の浅い盛土では在来地面を鋤き起し締め固める。

(ロ) フォーメーション, 盛土の層の厚さと各層の締め固め方法, 盛土に大きい石片を含む時は築堤下部では 18~24" の厚さまで一層として盛土することを許しているが, 上部では普通 6~8" (砂では 4~6")。各層面は平滑かつ側方に傾斜させ排水に注意するのが一般である。ここで締め固め機械の種類重量, 例えば砂のときは, トラクター, タムピングローラーまたは滑面ローラーで重量 8~10t 等を明示するものもある。粘性土はタムピングローラーを指示するものが多い<sup>1)</sup>。フォーメーションで今一つ大切なことは, 盛土材料の撒布方法で, end dumping 等により1ヶ所に積み上げを嫌ひ, ターナブル, スクレーパー等で均等に撒布するか, dump truck を使うときはブルドーザー等で平らに均すことを指示している。

(ハ) 締め固めの程度に対する要求は非常に厳密になつており, 特に路盤面下最少限 2' の各層には神経を使つている。締め固め程度は下の2法のいずれかで示す。

◎大工事または重要な工事では, 施工調節の土質試験を行い, 例えば ASTM (米国材料試験協会) 規格, D-698 の試験により得た最適含水率における最大密度の 95% (路盤面下 9" の深さまで)~90% (それより下部の各層) 等<sup>2)</sup> と指示し, 単位重量 100 lb/ft<sup>3</sup> に満たない土は使用しないこと, あるいは乾燥, 排水等の処置を講じて盛土を最適含水率の状態にするよう厳密に指示するものと, ◎施工調節試験が事実上不可能なときは, 単に締め固め機械の種類を指定し, かつ土を余り湿潤ならざる状態において締め固めることを示すに過ぎぬものもある。タムピングローラー(シープフットローラーのこと)では通過回数 10 回以上, 滑面ローラーではローラー前後に土のクリープ等が認められなくなるまで行う等の具体的な要求の例もある。最終的な判定は監督技師の可とするものとしてこの判断に委せるのが普通である。

土の含水量は, 締め固め効果に重大な影響を及ぼすものであるが, これを特に最適含水率との偏差幾何と示方した例はない。これも監督技師の可とする程度でよいらしい。実際には土の外観色状等から一旦試験を行つた土の含水量はほぼ判定し得るので, 特に一層一

層吟味する必要はないらしいが, この偏差は最適含水量の 1/10 程度まで普通許しているようである。

上の現場の土の密度測定に含水量測定を併行させると理想的だが, 含水量測定には, サンプルを乾燥し計量するのに時間がかかりこの結果を計算して再転圧の必要の有無を確認しないと次層の施工にかかれぬ不便がある<sup>3)</sup>。

切取部路盤土の置替えを行つた場合の締め固めの程度も路盤面下 6" 程度は大体上と同様の要求を示している。

5. 路盤面仕上 前述のようにして形成した路盤面は 1.5" 前後の高低偏差を許すが道路舗装をする場合には更に路盤面の精密仕上乃至は, 固化法について細かい規定が附随する。ここでは細部の説明を省略する。

6. 法肩及び法面の仕上 それぞれ項を新たにして, 法肩については主に法肩材料も路面下の各層転圧の際同時に締め固めること, 及び低所には適当な排水設備を行うことを強調する。法肩材料は路面下の土より透水性の悪くないものを選びたい。法肩, 側溝等の仕上には普通ハンドショベルと掻き均し仕上を要求するが, 法面仕上はブレードグレーダー, またはスクレーパー仕上のみで止めることを許す場合が多く, 結合力のよい粘性土では, 上の代用にブルドーザーを器用に使い法面仕上を行うことさえある。仕上面は, 工事引渡しまで良好な排水状態で保守することをどの示方書も必ず規定している。

7. 諸試験 主に盛土の締め固め程度を検するものを主体とし, なかには自然地盤下の軟弱箇所を深測するのにオーガー等の使用を規定しているものもある。道路においては路盤上面の耐荷試験を実際には行うものもあるが示方で要求している例は少ない。試験の主な種目は, サンプルング, 最適含水率における乾燥単位重量の測定, 含水量測定, 現場締め固め土の乾燥単位重量測定等である。

8. 金額計算方法 単価が一括払い型式のいずれかを明示し, これに含まれる作業種目を列挙, 単価型式のときは, 単位を列挙し, 一括払いのときは, エキストラワークに対し増払いをすべき各種目の単価を示す。

以上を概括して, 義務, 禁止, 制限事項の外に指針とか説明的な要素が盛り込まれた示方書が多く, 解釈上疑問の余地が少なくなつている点も近代的な傾向と思う。

また各所に排水に関する注意が現われ, 設計面ばかりでなく実施面でも非常な注意を払つていることは大いに学ぶべき点である。

最適含水率附近で締め固めを行うことは多くの場合満足の結果をもたらすので、これに信頼し、放置して自然沈下の期間を設けずに舗装等の仕上を行い資金の回転を促進するのが最近の傾向であるが、数多い工事のうちには、この結果粘性土等で舗装後不等沈下が起り保守費を増大するような支障も起り、少くとも1年の仮路面仕上による交通荷重下の放置期間を設け、その後本舗装を行うべしとする論者<sup>7)</sup>もある。またある鉄道築堤で<sup>8)</sup>、盛土が塊状の粘性土であつたため、施工当時は上記のような近代的な示方を満足するよい結果であつたが、数年後土塊間に残存する微細な目を通じ雨水が滲透して土を軟化させ、遂に崩壊事故を惹き起した例もある。粘性土の取扱う際注意すべき点である。

以上を総合し土工処理上の要点を挙げると◎入手可能な土のうち良質のものを施工基面附近の上層に用い締め固め程度を築堤下部より高度に保つ。◎施工中常

に排水を良好にするよう注意する。◎盛土撒布は締め固めを考慮した層厚に均等に行い、一地に堆積する方法を避ける。◎試験と経験に基づき締め固め方法、機械の撰定、使用方法を適切に行う。◎橋台、擁壁、暗渠等の構造物埋戻し土の締め固めには最大の注意を払う。

参考資料 1) E.E. Seelye: Data Book for Civil Engineers, vol. II, Specifications & Costs. 2) Bruce & Clarkeson: Highway Design & Construction, p.601 3) Armstrong: Soil Mechanics in Road Construction, p.125 4) Ritter & Paquette: Highway Engineering, p.326 等. 5) 資料 1), 2), 4) 等. 6) 資料 2) p.338 7) Effects of Base Compaction on Maintenance Cost & Performance, Bulletin, HRB. 1944. 8) ARER Bulletin 493, 1951, p.400

## GRADING FOR ROADS, AIRPORTS, AND RAILROADS

### I. Scope of Work.

Construction of embankments and grading shall be in accordance with the plans and specifications. (Specify any exceptions.)

### II. Stripping and Spreading of Topsoil.

All topsoil shall be stripped from areas to be paved, excavated, or filled, and from other areas as shown on plans. If possible, specify depth of topsoil to be stripped. Topsoil shall be stored in stockpiles, the location of which shall be selected by the engineer or as shown on plans.

On areas shown on plans to receive topsoil, the subgrade shall be scarified to a depth of 2 in. for the bonding of the topsoil with the subsoil. Hand shoveling and raking will be required, followed by rolling with one pass of a flat roller weighing not more than 100 lb. per lin. ft. and not less than 25 lb. per lin. ft. On slopes steeper than 4 : 1 the topsoil shall be rammed or tamped in place as directed by the engineer.

Areas to be sodded shall receive 3 in. of topsoil: areas to be seeded shall receive 6 in. of topsoil.

### III. Excavation.

Excavation shall conform to limits indicated on the plans or specified herein.

Excavation shall not be made below grade except where rock or stone masonry is encountered or removal of unstable material is directed

by the engineer.

Material removed below grade shall be replaced with approved material thoroughly compacted or as otherwise directed by the engineer.

Excavated material suitable for embankments or fills shall be stored, if required, to minimize the use of borrow.

Borrow. Where required to complete the embankment or fill, the contractor shall provide the necessary additional material. The source and quality of borrow material shall be approved by the engineer.

The contractor shall give the engineer at least 5 days' notice before removing borrow material from any approved borrow pit.

Rock Excavation. Rock excavation shall include removal of ledge rock, concrete or masonry structures which require drilling or blasting, and boulders larger than — cu. yd. (varies with size of equipment used) in volume.

Ledge rock. boulders, concrete or masonry structures shall be removed to a minimum depth of — in. below subgrade and backfilled with approved material thoroughly compacted.

Rock shall be conserved if required for purposes shown on the plans, or for any other purpose, as the engineer may direct.

Drainage. Spring or seepage water encountered shall be reported to the engineer if drainage is not provided for by the plans. The contractor shall keep the excavation free from