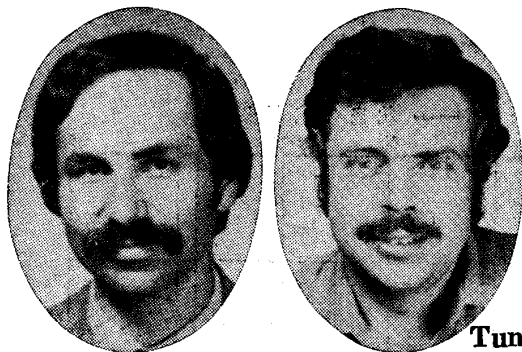




T. B. Edil

D. M. Mickelson

ウィスコンシンの氷礫土

WISCONSIN GLACIAL TILLS

Tuncer B. Edil*(イーディル), David M. Mickelson**(マイケルソン)

土の名称

対象とする土は通常、氷礫土 (glacial till あるいは単に till) と呼ばれている。氷河活動に関係した堆積物には、この外にアウトウォッシュ (outwash) 堆積物 (たいてい粒状の) やラカストリン (lacustrine) 堆積物 (シルト及び粘土でたいてい氷礫土よりも細粒である) もある。さらに、氷礫土は堆積機構によって、沈殿性の (基本の) 氷礫土と削摩性の氷礫土とに分類されている。ウィスコンシンでは、削摩性の氷礫土はまれである。ここでは、ミシガン湖岸に沿う東部ウィスコンシンの氷礫土について述べる。

土の分布

図-1 にミシガン湖地域における氷礫土と堆石 (モレーン) の分布範囲を示す。図-2 はミシガン湖盤層の時間-距離ダイアグラムで、図中の氷礫土番号は本文で用いるものである。

鉱物学的組織

東部ウィスコンシンにおける氷礫土の平均粒径、粘土鉱物の相対含有率、色指標及びカルサイト (calcite)/ドロマイト (dolomite) 比を表-1 に掲げている。粒度特性は、色や層位学的位置とともに、これら氷礫土を地質学的に確認したり分類したりする基本となるものである。種々の氷河進行によって堆積した氷礫土の特性は、ほぼその運搬方向に沿うかなりの距離にわたって、比較的一致したものとなっている。

構造

これらの氷礫土は「完全な固結粘土」として分類できる。応力に起因するある種のジョイントパターン

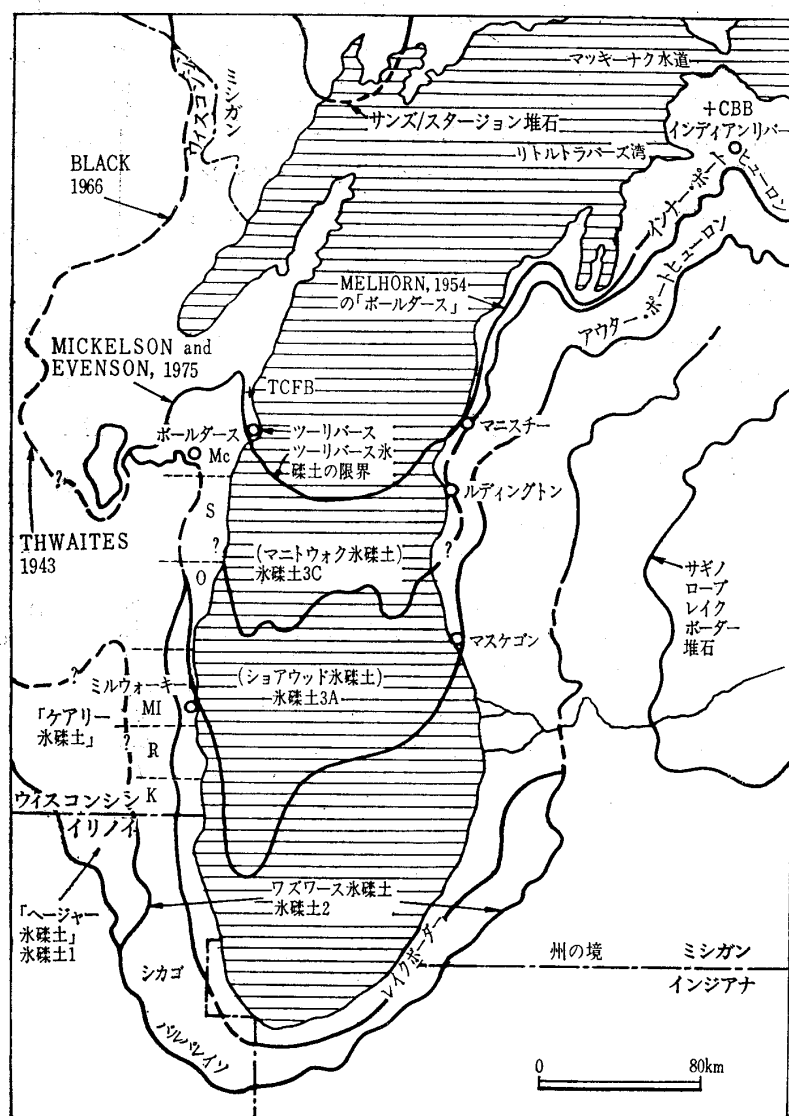
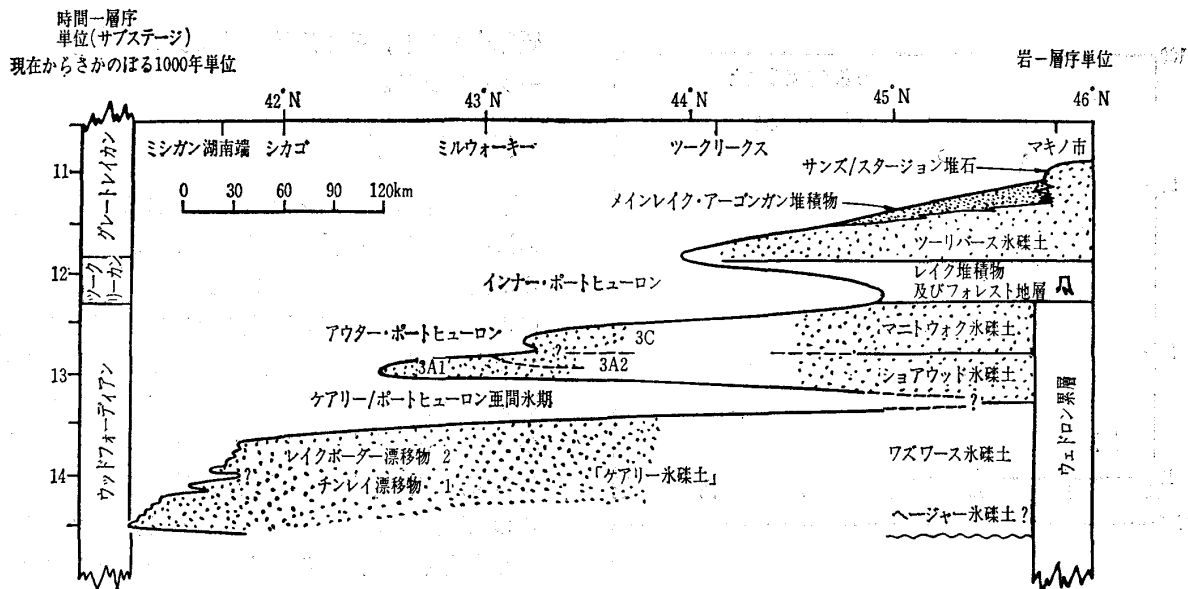


図-1 ミシガン湖地域における氷礫土単位及び堆石の分布。()内の氷礫土はミシガン湖において Lineback ら (1974) により命名されたもので、陸上でも同義的に示されている Evenson らの論文(1976)から修正。郡名: K=ケノーシャ, R=ラシーン, MI=ミルウォーキー, O=オゾーキー, S=シェボイガン, Mc=マニトウォーク

と構造特性が存在するものの、非排水強度に関する異方性は顕著でない。ひずみが大なるとき、残留強度がピーク強度の15~30%のオーダーに減少するのが観察された。

* Ph. D. ウィスコンシン大学助教授 (Department of Civil and Environmental Engineering and Engineering Mechanics, University of Wisconsin-Madison) アメリカ

** Ph. D. ウィスコンシン大学助教授 (Dept. of Geology and Geophysics, University of Wisconsin-Madison) アメリカ



図—2 ミシガン湖盤層の時間—距離ダイアグラム。鉛直スケールは時間を示し、水平スケールはミシガン湖の氷河進路に沿う大体の距離である。右側の用語は Lineback ら (1974) 及び Evenson (1973) のそれである。氷礫土単位に付した数字は本論で用いるものである。TCFB

表—1 東部ウィスコンシンにおける氷礫土の平均粒径、粘土鉱物の相対含有率、及びカルサイト／ドロマイト比

氷 礫 土	色	砂 分 (%)	シルト分 ¹⁾ (2 μ 以上, %)	粘 土 分 ¹⁾ (2 μ 未満, %)	膨潤性粘土 鉱物 ²⁾ (%)	イライト ²⁾ (%)	カオリナイト, クロライト ²⁾ (%)	カルサイト ³⁾ ドロマイト
1 A	10 YR 6/2.5	35 $\pm$ 5	49 $\pm$ 5	16 $\pm$ 5	7.1 $\pm$ 1	78.5 $\pm$ 1	14.7 $\pm$ 1	.770
1 B	10 YR 6/2.5	30 $\pm$ 5	50 $\pm$ 5	20 $\pm$ 5	15.7 $\pm$ 7.3	72.6 $\pm$ 5.8	11.7 $\pm$ 4.1	.830
2 A	10 YR 6/3	4 $\pm$ 5	69 $\pm$ 5	27 $\pm$ 5	19.7 $\pm$ 1	64.0 $\pm$ 1	16.2 $\pm$ 1	.858
2 B	10 YR 6/3	7.6 $\pm$ 6.5	50.7 $\pm$ 7.2	41.5 $\pm$ 11.3	17.7 $\pm$ 5.8	66.3 $\pm$ 4.1	15.9 $\pm$ 2.8	.773
2 C	10 YR 6.5/4	14.2 $\pm$ 4.8	55.4 $\pm$ 5.1	30.4 $\pm$ 4.5	28.62 $\pm$ 4.3	62.8 $\pm$ 3.7	8.4 $\pm$ 3.3	.670
2 U	10 YR 6/3	8.1 $\pm$ 3.8	42.1 $\pm$ 12.9	49.6 $\pm$ 13.2	17.1 $\pm$ 1	64.6 $\pm$ 1	18.2 $\pm$ 1	3.650
3 A-1	7.5 YR 6/3	12.3 $\pm$ 4.5	45.1 $\pm$ 4.4	42.3 $\pm$ 7.8	33.9 $\pm$ 6.2	48.1 $\pm$ 6.2	17.8 $\pm$ 3.4	.713
3 A-2	7.5 YR 6.5/3	17.6 $\pm$ 7.5	55.5 $\pm$ 5.8	26.9 $\pm$ 8.2	20.0 $\pm$ 10.8	60.3 $\pm$ 12.3	19.8 $\pm$ 1.8	.877
3 C	7.5 YR 6.5/4	16.9 $\pm$ 9.3	59.4 $\pm$ 7.9	23.4 $\pm$ 12.1	24.2 $\pm$ 4.4	57.8 $\pm$ 4.8	18.0 $\pm$ 1.6	.815

- 1) 2 mm 未満粒径の百分率。分類境界は 2 mm, 0.0625 mm, 0.002 mm である。土は標準偏差であるが、サンプル数が7未満のときは計算しない。
- 2) これらの値は予備的なものとしてのみ考慮すべきである。イリノイ地質調査所により Fricke の論文 (1976) から修正された方法によっている。百分率は解析された粘土鉱物の相対量である。標準偏差はサンプル数が7未満のときは計算しない。
- 3) 2 μ 未満粒径の回折像における最大高さの比。

表—2 東部ウィスコンシンにおける氷礫土の平均土質特性

氷礫土単位	γ_d^* (kN/m ³)	w (%)	w_L (%)	I_p (%)	A**	ϕ' (度)	c' (kN/m ²)
1	19.6	4.8		非 塑 性		34.6	0
2 A	18.6 $\pm$ 0.6	15.8 $\pm$ 3.1	24.5 $\pm$ 2.9	9.9 $\pm$ 1.9	0.36 $\pm$ 0.08	31.1 $\pm$ 0.1	0
2 B	18.5 $\pm$ 0.6	15.2 $\pm$ 1.4	25.1 $\pm$ 2.8	10.0 $\pm$ 2.3	0.27 $\pm$	31.4 $\pm$	0
2 U	18.7 $\pm$	15.7 $\pm$	23.4 $\pm$ 2.1	10.2 $\pm$ 2.0	0.35 $\pm$	30.5 $\pm$	0
3 A-1	17.9 $\pm$ 0.4	17.6 $\pm$ 1.2	30.6 $\pm$ 2.6	14.0 $\pm$ 2.5	0.39 $\pm$ 0.04	31.4 $\pm$ 0.8	0
3 A-2	18.6 $\pm$ 0.9	16.5 $\pm$ 2.5	30.3 $\pm$ 6.0	14.4 $\pm$ 4.7	0.39 $\pm$	31.2 $\pm$ 0.5	23.8 $\pm$ 5.6
3 C	17.7 $\pm$ 1.2	17.4 $\pm$ 4.1	28.4 $\pm$ 5.0	13.1 $\pm$ 3.4	0.40 $\pm$ 0.05	29.3 $\pm$ 0.6	28.3 $\pm$ 6.9

* 乾燥密度 ** 活性度

(注) 標準偏差はサンプル数が4未満のときは計算しない。

分類特性

氷礫土の分類特性が平均値 (±標準偏差) で表—2 にまとめられている。全堆積物のアッターベルグ限界は比較的狭い範囲でしか変化しておらず、このため粘着性の氷礫土は低塑性シルトか粘土 (統一分類法によれば CL) に分類される。

強度特性

地表面下にある氷礫土の各層について平均した N 値と自然含水比 w との関係は、図—3 (a) に示すとおりである。これよりいくらか月並なプロットではあるが、図—3 (b)

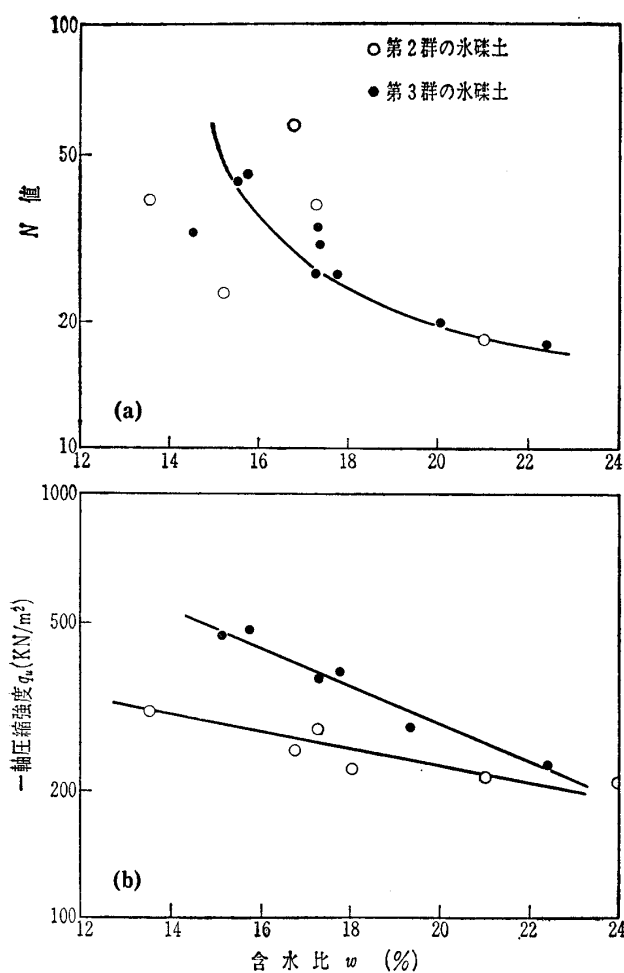


図-3 N値及び一軸圧縮強度と含水比の関係

においてポケット式ペネトロメーターの読取値から得られた一軸圧縮強度 q_u が、自然含水比とほぼ指数的な関係にあることがわかる。

有効強度パラメータの ϕ' と c' も、各氷礫土単位について平均値と標準偏差とで表-2に示されている。せん断強度パラメータは、粘着性の氷礫土については、地理的な距離があるにもかかわらず、極めて狭小な範囲でしか変化していない。

変形特性

限られたデータからではあるが、3A-1の氷礫土が正規圧密されているのに対して、3A-2及び3Cの氷礫土は過圧密されている。圧密試験の結果、先行圧密応力は3A-1の氷礫土で約 4.5 kg/cm^2 、3A-2及び3Cの氷礫土で $5.5 \sim 7.0 \text{ kg/cm}^2$ であった。これらは固結シルト

質粘土であり、その圧縮指数 C_c はおよそ $0.10 \sim 0.20$ のオーダーである。

建設上の問題点

東部ウィスコンシンで見受けられる氷礫土は、建設目的に比較的適した材料と一般に考えられており、建設上で大きな問題を起こすことはない。しかし、その地方の技師達によれば、時として2種類の問題に遭遇することがあるそうである。第1の問題は、ポケット状の軟弱土が粘着性の氷礫土の中に存在することに起因するものである。これらの氷礫土では含水比及びコンシステンシーが不規則的であるので、支持力上の問題や土工障害が生じたりしている。この土工障害はきわめて起こり易く、このためかかる氷礫土を砕岩や石灰、あるいはアンダーカットにより安定化しなければならない。氷礫土が建設中に降水のため飽和したり地下水位下にある場合には、適正の氷礫土であっても土工障害が起こることがあり、乱さない状態で高度に適正のかかる氷礫土も重要なせん断強度を土工のために失ってしまう。第2の問題は、これらの材料ではごく普通の地質学的な不規則性によるものである。この場合、ポケット状の砂及び礫は氷礫土内に点在しており、この結果透水層の不連続性のため脱水工法が困難になる。

氷礫土は含水状態が適切に制御されていれば、締固めフィルとして優れたものである。しかし、氷礫土が湿潤状態にあたり建設途中で降水のため湿気を帯びると、締固めはきわめて困難になってしまう。

参考文献

- 1) Edil, T. B., D. M. Mickelson and L. J. Acomb (1977): Relationship of Geotechnical Properties to Glacial Stratigraphic Units along Wisconsin's Lake Michigan Shore, Proceedings of the 30th Canadian Geotechnical Conference, Saskatoon, Saskatchewan, Session II, pp. 36-54.
- 2) Evenson, E. B. (1973): Late Pleistocene Shorelines and Stratigraphic Relations in the Lake Michigan Basin, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 84, pp. 2281-2298.
- 3) Evenson, E. B., W. R. Farrand, D. F. Eschman, D. M. Mickelson, and L. J. Maher (1976): Greatlakes Substage: A Replacement for Valeran Substage in the Lake Michigan Basin, Quat. Res., Vol. 6, pp. 411-424.
- 4) Lineback, J. A., D. L. Gross, and R. P. Meyer (1974): Glacial Tills under Lake Michigan, Illinois's Geologic Survey, Environmental Geology Note 69, p. 48.

(原稿受理 1978. 3. 29)

〔訳: 後藤恵之輔
九州大学 工学部水工土木学教室〕

※

※

※