

## ベトナム南部軟弱地盤におけるフラットダイラトメータ試験の適用例

サウンディング 載荷試験

(株)テノックス九州 碓井博文  
基礎地盤コンサルタンツ(株)正会員 寒河江武司  
中嶋幸房  
正会員 和田英孝

## はじめに

急速に経済発展するベトナムでは、各種建設工事の急増に伴い、地盤調査の需要が高まっており、調査の迅速性、経済性および品質の確保が益々求められている。そのような要求に答える一つの調査手法として、ベトナムではまだ適用事例の少ないフラットダイラトメータ(DMT)を取り上げ、調査を実施した。本報では、非排水せん断強度、圧密降伏応力に焦点を当て、DMT結果から推定したものと室内土質試験結果を比較した。

## DMTの概要

DMTは1970年代にイタリアのSilvano Marchettiによって開発されたサウンディング機器である。DMT機器は、ガスポンペ、圧力制御・測定器、DMTブレードおよび信号ケーブルを内蔵する圧力チューブから構成され、測定結果からは、変形係数、静止土圧係数、過圧密比、非排水せん断強度、内部摩擦角等、多くの土質定数が推定できる。欧米では盛んに実施されており、DMT結果から各種土質定数を推定する方法は、表1に示すようにISSMGE TC16にてまとめられ、ASTMやユーロコードにも取り入れられている。

測定はブレードをコーン貫入試験機の押し込み装置やボーリングマシンを用いて深度方向に押し込み、通常は深度20cm毎に測定を行う。測定時にはこの円形の膨張膜部を地中で膨張させ、所定の膨張量に達したときの圧力を測定する。押し込みに特に支障がなければ、測定は一深度あたり約1分で、押し込み装置の設置や測定器の準備時間を含めて20m(100点)の測定を3~4時間程度で実施できる。

## DMTの実施

ベトナム南部ホーチミン市近郊のサイトで、DMTを実施した。このサイトは、沖積低地を蛇行する川に寄って位置し、およそ20mの厚さで軟弱粘土が堆積している。この軟弱粘土は、自然含水比70-90%の高塑性粘土で、図-1に示すように、塑性図上ではA線上あるいは直上にプロットされる。粘土層中には、細砂から中砂のポケットや薄層が、しばしば含まれるが、粘土部の砂分含有率は、2-3%以下である。またシルト・粘土(2 $\mu$ 以下)含有率はそれぞれ35-55%、45-65%であった。このサイトでは、軟弱粘土の上に、厚さおよそ2.5mの盛土があるが、盛土の行われた時期は不明である。DMTの測定は1地点で、深度0.8から22.2mまで、0.2m毎に合計108回行った。

## DMTの結果

図2にDMTから得られた変形係数(DMT Index),  $E_d$ ,を示した。軟弱粘土の $E_d$ は、深度3mで1MPaから深度21mで4MPaまで、ほぼ直線的に増加している。一方軟弱粘土のN値は0から1である。

図3では、UU三軸圧縮試験で得られた非排水せん断強度とDMT結果から推定した非排水せん断強度を比較した。

表1 各機関の土質定数推定推奨式

土質定数		TC16 (ASTM and Eurocode 7にも採用)	Kamei & Iwasaki (1995) (日本の土に対して)
非排水せん断強度	cu	$cu = 0.22 \cdot 'vo (0.5 Kd)^{1.25}$ (For $ld < 1.2$ )	$cu = 0.35 \cdot 'vo (0.47 Kd)^{1.14}$
過圧密比	OCR	$OCR = (0.5 Kd)^{1.56}$ (For $ld < 1.2$ )	-

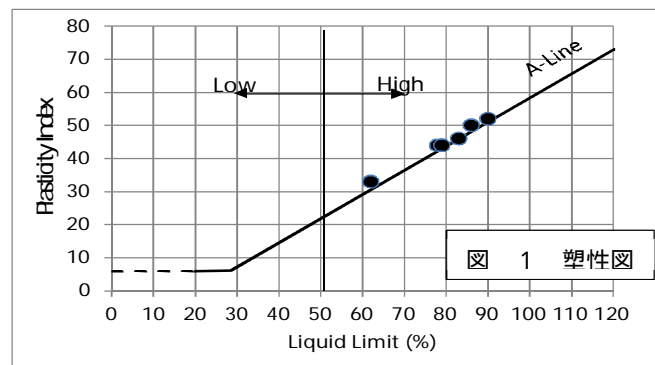


図1 塑性図

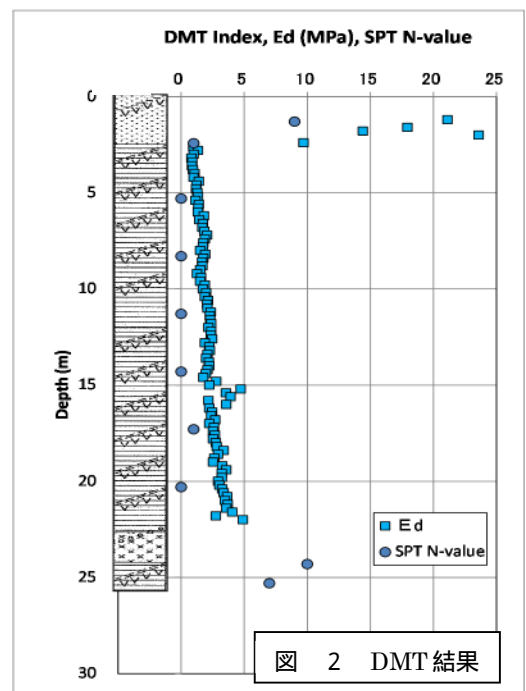


図2 DMT結果

UU 三軸試験は、DMT 地点と隣接したボーリング孔で採取した不攪乱試料に対して行われたものである。DMT から非排水せん断強度を推定する場合、DMT 開発者が提唱し、ISSMGE TC16 にも採用されている式があり、欧米では一般的に使われている（表 1 TC16 の式）しかしながらこの推定式は、少なくとも日本の軟弱粘土に対しては、強度を過小に評価することが知られており、Kamei & Iwasaki(1995)は、日本の粘土に対して、新たな推定式を提案している（表 1 参照）図 - 3 には、TC16 式と Kamei & Iwasaki(1995)式で推定した非排水せん断強度を比較して示した。同図に示される通り、Kamei & Iwasaki(1995)式で推定した非排水せん断強度は、不攪乱試料に対して得られた UU 非排水せん断強度と良い一致を見せている。日本の粘土と同様に、このサイトの軟弱粘土に対しても、非排水せん断強度の推定には、TC16 式よりも、Kamei & Iwasaki(1995)式の方が、適用性が高い。TC16 式は、このサイトの軟弱粘土に対して、非排水せん断強度をおよそ 30% 低く推定した。

図 - 4 では、DMT 結果から推定した圧密降伏応力と、標準圧密試験で得られた圧密降伏応力を示した。標準圧密試験は、隣接のボーリング孔から採取した不攪乱試料に対して行われた。同図に見られるように、DMT 結果から推定した圧密降伏応力は、標準圧密試験で得られるそれと、よく一致しているように見える。このサイトの軟弱粘土は、圧密降伏応力が有効土被り圧と同等か、それよりわずかに大きいだけで、ほぼ正規圧密状態となっている。自然堆積の軟弱粘土に典型的にみられる過圧密分は、上に置かれた厚さ約 2.5m の盛土の荷重で、既に消えてしまったようである。尚、圧密降伏応力を DMT 結果から推定するに当たっては、TC16 式よりもまず過圧密比を計算し、それに有効土被り圧を乗じて求めた。

以上述べたように、非排水せん断強度、圧密降伏応力については、すでに報告されている TC16 式や Kamei & Iwasaki(1995)式のように、DMT 結果から土質定数を推定する方法が、ベトナムの土についても充分適用できるようである。原位置及び室内土質試験は、通常 2-5m 間隔で行われることが多いが、DMT を用いれば、それら試験結果を有効に補間することができる。図 - 2、3 の例では、DMT 結果により、深度 15m 付近にせん断強度が低い部分が存在することが判明し、安定計算や仮設設計（土留めや止水設計など）に際しての注意喚起につながり、測定点が多い試験手法のメリットを発揮した。測定点が多いというメリットでは、コーン貫入試験があるが、DMT の“変形に関するパラメータを直接的に得られる”というメリットは、大きいものと考えられる。

#### 結論及び今後の展開

DMT をベトナム南部軟弱地盤において実施し、非排水せん断強度、圧密降伏応力につき、DMT 結果から推定した値と、室内土質試験で得られた値を比較した。非排水せん断強度は、Kamei & Iwasaki(1995)式、圧密降伏応力については、TC16 式の推定が良い一致を見せ、既報の推定式が適用できるようである。

**参考文献:** Marchetti, S. (1980): In Situ Tests by Flat Dilatometer, ASCE, Vol. 106, No. GT3, Mar., 299-321; Kamei, T. and Iwasaki, K (1995): Evaluation of Undrained Shear Strength of Cohesive Soils using Flat Dilatometer, Soil and Foundations Vol. 35, No. 2, pp111-116, JSSMFE; Eurocode 7 (1997): Geotechnical design - Part 3: Design assisted by field testing, Section 9: Flat dilatometer test (DMT); ASTM (2001): Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer, Approved Draft, 2001; ISSMGE Committee TC16 (2001): The Flat Dilatometer Test (DMT) in Soil Investigations, A Report by the ISSMGE Committee TC16. May 2001, 41 pp. Reprinted in Proc. 2nd Int. Conf. on the Flat Dilatometer, Washington D.C. : 7-48.

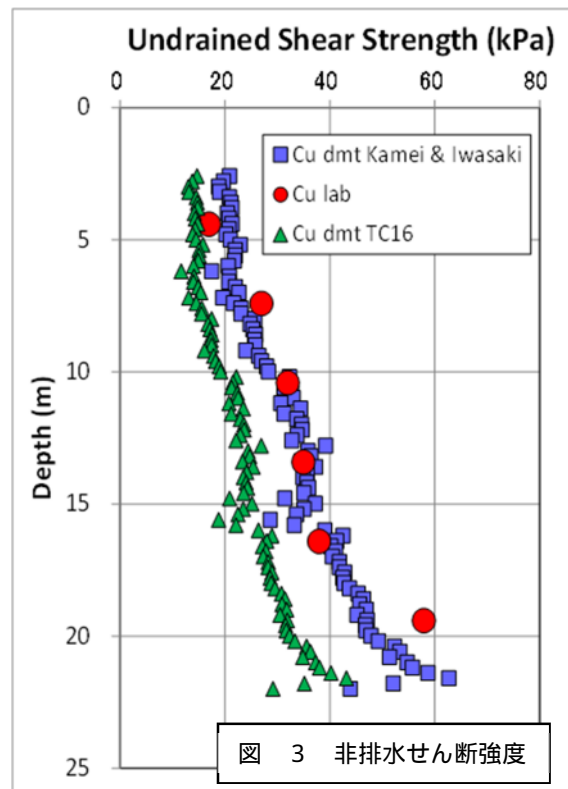


図 3 非排水せん断強度

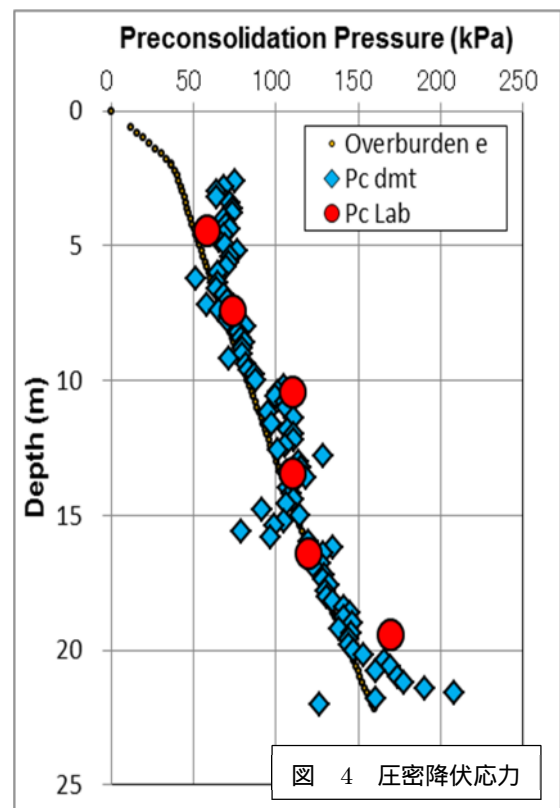


図 4 圧密降伏応力