

接触インピーダンスを応用した斜面の締固め管理方法

(株) 東洋計測リサーチ 正会員 山下健太郎
 iTECS 技術協会 正会員 極檀 邦夫
 アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

重錘の自由落下を基本原理とする地盤の計測手法では、測定面に対して垂直に重錘を落下させる必要があり、直接的に斜面の品質を評価することが困難であった。本論では、加速度計内蔵の重錘の地盤への衝突によって、音響インピーダンスに基づく地盤反力係数を計測する装置を用い、模型盛土斜面を測定した。

その結果、斜面あるいは壁面の締固め品質管理への適用性が得られたので報告する。

2. 計測原理

先端が球形の重錘(質量 M) が速度 V で、バネ係数 K の地盤に衝突する際エネルギー保存の法則から

$$\frac{1}{2}MV^2 = \frac{1}{2}Kx^2 \quad (1)$$

が成り立つ。式(1)を解いてパラメータを整理すると、

$$\sqrt{MK} = z = \frac{F_{\max}}{V} \quad (2)$$

となる。 F_{\max} は衝撃力の最大値、 z はバネ質量系の機械インピーダンスである。

ここで、衝撃力の最大値は重錘の質量と最大加速度の積によって表され、また、衝突速度は加速度が最大となる時刻までの加速度の時間積分によって求められるため、加速度計のみを用いた計測によって機械インピーダンスが算出できる。

尚、式(2)によって算出した重錘による地盤反力係数と平板載荷試験による静的な地盤反力係数($K30$)との間には、強い相関があることが報告されている¹⁾。

3. 模型地盤

模型地盤の概略を図-1に、使用した地盤材料の物性を表-1に示す。屋内の実験施設内で、幅5m×長さ5m×撒出し厚さ0.2mで、高さ3mまで、締固め度90%

以上に締固めた地盤で、施工後約半年が経過したものを基本地盤とし、小型の重機及び人力による掘削によって斜面の勾配を変更しながら測定を行った。勾配は0°、45°、26°、90°の4種類である。

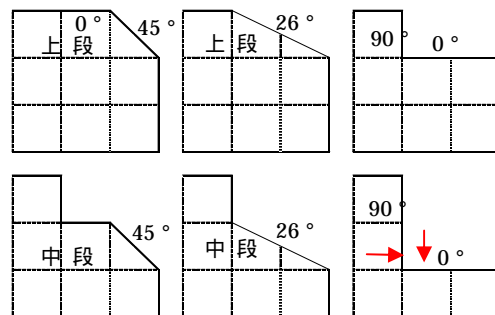


図-1 模型地盤概略(断面図:1マス=1m)

表-1 地盤材料

粒度試験	礫分(%)	2.1
	砂分(%)	93.3
	シルト分(%)	4.6
	粘土分(%)	-
	均等係数 U_c	2.00
	曲率係数 U_c	0.89
土粒子の密度 sg/cm^3		2.672
締固	試験方法	
	最適含水比 opt%	16.1
	最大乾燥密度 sg/cm^3	1.701

4. 測定装置と測定方法

測定装置は、加速度計を内蔵した約5.5kgの重錘と、加速度データを演算記録する測定器本体からなり、1点の計測時間は3秒弱である。



測定は模型地盤の中 写真-1 測定装置と測定状況 中央部を斜面に沿って10cm 或いは20cm 間隔で行った。衝突速度の影響を検証するために、斜面からの距離を10cm,20cm の2段階の高さから叩き付けて測定した。

コアによる密度試験との相関を調べるため、密度試験箇所を周状に囲う様に各 10 点の測定を行った。

5. 測定結果と考察

衝突強さと測定値の関係を図-2 に示す。

横軸に衝突高さ 10cm, 縦軸に衝突高さ 20cm の時に得られた測定値を示す。

尚, 測定値は測定器が算出した指標値を用いた。以降, K30(IST)と表記する。

両者の関係から、衝突高さが測定値に及ぼす影響は少ないことが分かる。

測定面の勾配と測定値平均値の関係を図-3 に示す。図より、斜面の勾配の変化が測定値に及ぼす有意な影響は認められない。

また、図-1 右下に示す壁-床の近接した位置(: 壁面の床から 10cm の位置, : 床面の壁から 10cm の位置)に測定線を設けて、20cm 間隔で測定を行った結果の関係を図-4 に示す。

若干のバラツキが存在するものの、地盤の強さの異方性によると思われる影響は認められなかった。

図-5 に測定箇所毎に実施したコアによる密度試験結果との関係を示す。図中の K30(IST)の値はコア周囲で測定した 10 点の平均値である。

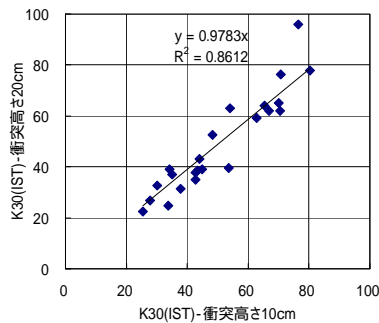


図-2 衝突高さと測定値

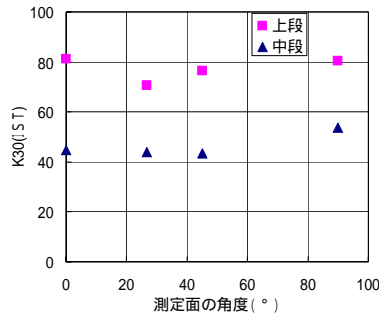


図-3 測定面の勾配と測定値

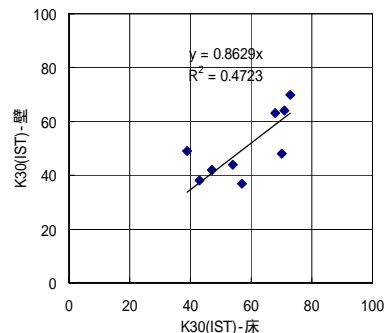


図-4 壁-床近接位置での測定値

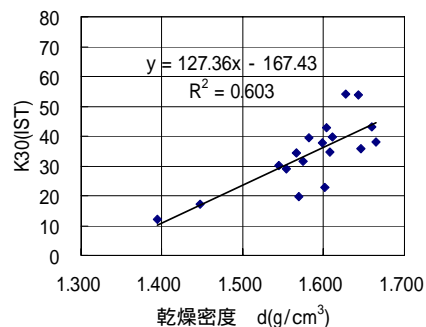


図-5 コアによる密度試験結果と測定値

6. まとめと提案

機械インピーダンスから地盤のバネ係数を算出する計測方法において、人力によって調整できる範囲内では、衝突強さの影響を受けないことが分かった。

斜面の勾配の違いが測定値に及ぼす顕著な影響は見られなかった。今後、撤出し厚さや締固め方向による地盤の強さの異方性が斜面での測定に及ぼす影響についても検討していきたい。

コアによる密度試験結果とも一応の相関が認められ、定性的な管理への適用性が示された。

尚, 密度-強度の関係は土質によって異なる可能性があるため、本測定装置を用いて密度の測定を行う際は、事前のキャリブレーションが必要である。

模型地盤は深さ方向に含水比が高くなり、下部では「緩み」の現象が見られた。図-6 には模型地盤表面より 2.5m の深さまで、90° 及び 63° の斜面を造り、1 度に測定した結果と、測定ライン上の密度試験結果を示しているが、本測定においても地盤の強度の分布を捉えることができた。

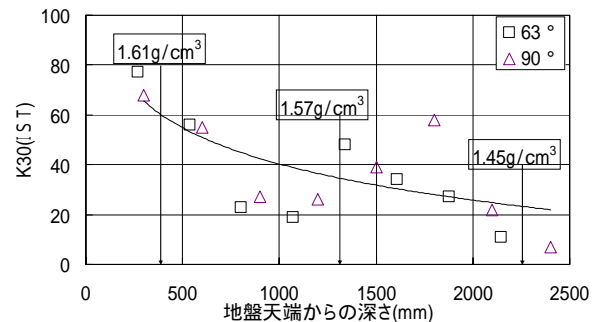


図-6 深度方向の測定値

重錘の衝突による測定は、リアルタイムかつ、簡便に実施できる利点を持ち、短時間で多数点の測定が可能であることから、締固めの品質管理以外に、開削断面や既存斜面の強度分布の測定等にも適用の可能性があると考え、今後も実大模型や実現場での検討を行いたい。

参考文献

- 1) 境友昭 極檀邦夫; 重錘落下による地盤反力係数の測定 第 41 回地盤工学研究発表会論文集 2006 pp.975-976
- 2) 佐藤陽 極檀邦夫ら; 超小型動的平板載荷試験装置を用いた土の締固め管理手法について 第 62 回年次学術講演会講演概要週 pp407 ~ 408