

支持力の低い地盤に対する落下衝撃試験器の適用方法に関する研究

熊本大学工学部 正会員 北園芳人
国土工営コンサルタンツ株式会社 ○正会員 渡辺寛史

1.はじめに

近年、一定質量のランマーを所定の高さから自由落下させ、地盤に衝突した時の衝撃加速度から CBR 値などの静的な支持力を推定する方法が研究されている。若杉の研究¹⁾によって衝撃加速度 (I_a 値) による盛土の品質管理方法の提案がなされた。しかし、これらの提案にはまだ問題点も残されている。例えば、 I_a 値測定時において塑性変形量が大きい地盤 (支持力の低い地盤) には I_a 値に大きな影響がでていると考えられる。いままでの研究ではこの問題に触れていないが、 I_a 値によって地盤の特性 (CBR 値、最大乾燥密度等) を十分に把握するためにはこの部分を検討する必要がある。そこで、支持力の低い地盤における落下衝撃試験器の適用方法の検討を行った。

2.試験器及び研究方法

本研究で使用する試験器を図-1 に示す。この試験器は、質量 4.5kg、直径 5cm のランマーを 45cm の高さから自由落下させるもので、衝突時の衝撃加速度の最大値をランマーに組み込まれた圧電型加速度検出器によって計測するものである。カウンターに表示される値をここでは I_a 値と呼ぶ。ただし、本研究においては落下高さを変化させて I_a 値を測定するため、落下エネルギーとカウンターに表示される I_a 値との関係が直線で表されているかを確かめる試験を前もって行っており、その結果、落下エネルギーを変化させても、問題はないことが確認している。

まず、実際の盛土工事の現場で、落下高さ (45cm、30cm、15cm、5cm) を変化させて I_a 値および現場乾燥密度試験を行う。また、室内試験では、対象試料について、含水比や突き固め回数を変化させた供試体 (直径 15cm モールド) を作製し、落下高さを変化させた I_a 値測定及び CBR 値測定を行う。

3.対象試料

本実験で使用した試料を表-1 に示す。研究の目標は実際の盛土工事への適用であるため、試料は盛土工事で使用されているものが望ましい。しかし、盛土材として十分な強度を保持しないもの (試料 A) がある。だが、今回は落下衝撃試験器の支持力の低い地盤への適用方法を研究するため、それも対象とした。

4.試験結果

(1) 落下エネルギーと I_a 値の関係

図-2 は同一試料 (試料 D) で転圧状態の違う 2 地点において落下エネルギーと I_a 値の関係をプロットしたものである。それぞれの地点の室内 CBR 値は 25.8 (%) 16.5 (%) となり、地盤の強度が低下すると、直線式の相関性が著しく低下しているのが判る。落下高さ 45cm 時に I_a 値が 10 以下を示し貫入量がほぼ 0 に近い地盤 (ゴム板) ではこの関係式は図のような曲線ではなく原点を通る直線となることを確認している。この現象は他の試料でも確認されており、その原因は、地盤の支持力が低い場合、ランマーの落下時の貫入量にあると考えられる。落下衝撃試験器は、ランマー衝突時の衝撃加速度をランマー内に組み込まれた圧電型加速度検出器によって測定する。この時、

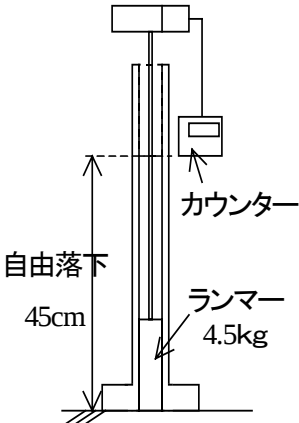


図-1 落下衝撃試験器の概略図

表-1 試料の物理特性

試料名	A	B	C	D
$\rho_s(g/cm^3)$	2.501	2.707	2.679	2.666
$W_n(\%)$	92.7	22.2	9.4	12.1
粒度	礫分 (%)	0	1.2	11.4
	砂分 (%)	6.9	44.8	54.1
	細粒分 (%)	93.1	54	34.5
$W_L(\%)$	98.3	36.5	NP	30.7
$W_P(\%)$	76.3	32.4	NP	22.6
日本統一分類	F-S	FS	SF-G	SF-G

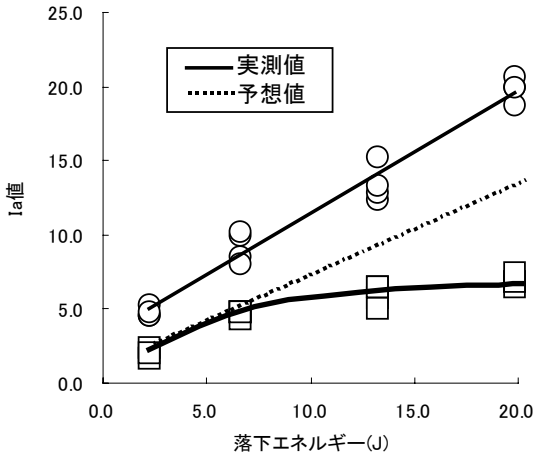


図-2 落下エネルギーと I_a 値の関係 (試料D)

キーワード：支持力、衝撃加速度、落下衝撃試験器、落下エネルギー、CBR 値

〒860-8555 熊本市黒髪 2 丁目 39-1 熊本大学工学部環境システム工学科 (土木環境系教室) phone096-342-3540

貫入量が大きいと塑性変形が大きくなり、落下エネルギーが地盤に吸収される。その結果、ランマーに伝わる衝撃加速度が減少し、落下エネルギーが大きい部分（落下高さ 30～45cm）では I_a 値を過小評価していると考えられる。落下衝撃試験器の本来の測定に使用する落下高さは 45cm であるが、この落下高さでの I_a 値の信頼性が低いと盛土の品質管理への適用は難しいと考えられる。

（２） I_a 値と CBR 値の関係

図-3 に、落下高さ別の I_a 値と CBR 値の関係を示す。また、各落下高さの I_a 値と CBR 値の関係を直線式（ $CBR 値 = I_a 値 \times a + b$ ）で回帰したときの比例係数、定数項および相関係数を表-2 に示す。落下エネルギーごとに見ると、どの線形回帰式の相関係数も 0.9 を大きく超えており、高い精度で I_a 値から CBR 値を推定できると思われる。若杉の研究¹⁾によると I_a 値と CBR 値の間には一義的な関係があり、 I_a 値が増加すると CBR 値も増加することが分かっているが、本研究でもその事は確認できる。しかも落下エネルギーを低下させても高い相関性を保つことも確認できる。

表-3 は図-5 の CBR 値の範囲を 20%未満とし、その時の直線式を表したものである。これを見ると、落下エネルギーが最も大きい時（落下高さ 45cm）の直線式の相関係数が極端に低下しているのが判る。落下衝撃試験器を用いた盛土の品質管理規定はこの落下エネルギー時の I_a 値を CBR 値や乾燥密度に相関させて行うものであり、相関係数が極端に低下するようでは十分な品質管理を行うことはできない。しかし、落下エネルギーが低い部分（落下高さ 15cm、5cm）では依然として高い相関係数を保っており、この部分を利用した品質管理規定の検討が必要と思われる。

5.新しい落下衝撃試験器の適用方法の提案

今回、本研究において支持力の低い地盤を中心に I_a 値と地盤の支持力を表す指数の関係を調べた結果、支持力の低い地盤では高い地盤に比べて、数値や精度の面で I_a 値に十分な信頼性が得られなかった。しかし、落下エネルギーを低くする事でその問題点が緩和されることも判った。そのことに着目し、いままでは落下衝撃試験器を使用する際、地盤の特性に関係なくランマーを 45cm で落下させていたが、これからは地盤によっては落下高さを低くして、落下エネルギーを抑える測定方法の提案をしたい。

図-4 は I_a 値測定時のランマーの貫入量と CBR 値の関係を表している。これを見ると CBR 値が 20%を下回ると貫入量が急激に増加しているのがわかる。 I_a 値の信頼性の低下は貫入量の増加に深く関係していると考えられるため、CBR 値が 20%以下では従来の試験方法では I_a 値は信用性が低くなる。

よって、実際の盛土工事で、設計 CBR 値 20%以下の場合には、使用する落下衝撃試験器の落下高さを従来より低く設定し、室内で図-3 の関係を求めることで十分な品質管理が可能と考えられる。具体的な落下高さについては、今回、15cm や 5cm で測定を行ったが、適切な落下高さは、今後データを集め、検討を重ねる必要がある。

6.あとがき

今回提案した落下衝撃試験器の適用方法は、支持力の低い地盤に対してかなりの精度を誇っていると思われる。今後は、実験データを増やし、さらに検討を重ねる必要がある。

参考文献

1) 若杉清吾：衝撃加速度を用いた盛土の品質管理に関する研究、第 35 回地盤工学会研究発表会、2000

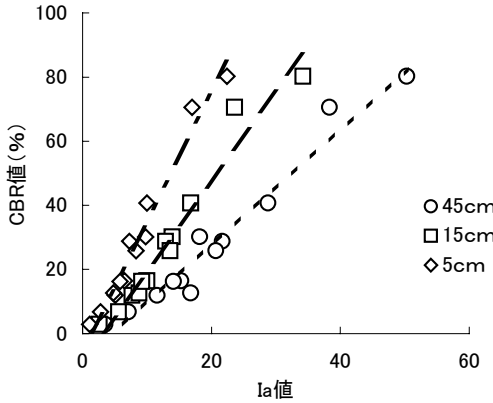


図-3 落下高さ別の I_a 値とCBR値の関係

表-2 実験試料の回帰式

落下高さ	線形回帰式 ($Y=X*a+b$)		
	a	b	相関係数
45cm	1.81	-8.59	0.96
15cm	2.78	-8.26	0.95
5cm	4.01	-5.11	0.97

表-3 実験試料の回帰式
(CBR値<20%)

落下高さ	線形回帰式 ($Y=X*a+b$)		
	a	b	相関係数
45cm	0.96	0.27	0.84
15cm	1.9	-2.74	0.96
5cm	2.62	-0.23	0.97

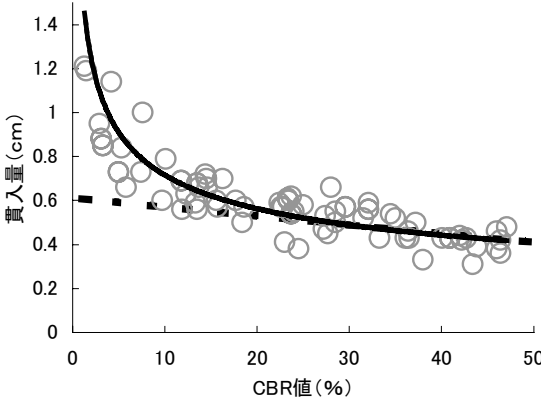


図-4 CBR値と貫入量の関係