

「地盤改良」に関する技術評価証明 報告書
(第4回更新版)



衝撃加速度法による支持力等の
原位置評価技術

評価証明依頼者：株式会社 マルイ

令和4年8月

公益社団法人 日本材料学会

第4回更新版 序 文

公益社団法人日本材料学会では平成12年度に技術認証制度（以下、本制度という）を発足させました。本制度は、日本材料学会会員が発明・開発した各種材料に関わる技術に対して、学会としての客観的立場に基づいて、その技術レベルや有用性に関する審査を行い、所定のレベルを確保している技術を学会として公式に認証し、技術評価証明を行うものです。

本制度の発足以来、地盤改良分野を中心に様々な発明・開発技術に対して技術評価を行い、学会会員の各種技術開発に対するインセンティブの向上や、材料研究の活性化、あるいは技術保有者と技術ユーザーの間の橋渡しに対して大きく貢献してきました。

このたび、地盤改良に関わる評価証明技術第1004号「衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術」が第3回更新評価証明より5年間の有効期限を迎え、第4回の更新が認証されました。評価証明技術の更新にあたっては、前回更新時の技術評価委員を含む「衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術 更新技術評価委員会」（委員長 日置和昭 大阪工業大学工学部 教授）を設置し、同委員会において前回更新時以降の使用実績等を審査いたしました。その審査結果を受けて、「衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術 技術認証委員会」（委員長 小川武史 公益社団法人日本材料学会 会長）により、評価証明の更新を認証いたしました。

「衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術」は、これまでの評価証明期間において、評価証明技術が積極的かつ適正に行使され、多くの実績が積み上げられました。今後も本制度の創設の主旨に鑑み、評価証明した技術が社会的に貢献することを願う次第です。

なお、本報告書は「衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術：第3回更新版」に関する評価証明の内容に使用実績を加えて、広く関係機関に周知し、その活用を図るために第4回更新版として作成したものです。

令和4年8月

公益社団法人 日本材料学会
会 長 小 川 武 史

序 文

近年、産業界と学会の各種交流や共同研究において、学会規格・学会標準の規定や種々の資格認定など、従来には見られなかった新たな規格を模索する動きが盛んになりつつあります。社団法人日本材料学会では材料学に関する各種技術開発・研究活動を推進してまいりましたが、このような情勢をふまえて、平成 12 年度に新しく「各種材料に関わる技術評価認証制度」を発足させました。材料学会会員が発明・開発した各種材料に関わる技術に対して、学会としての客観的立場から、これを学会として公式に認証し、技術評価証明を行うものです。

この制度により、学会会員の各種技術開発に対するインセンティブがより高まり、材料研究の活性化が期待されるとともに、本学会が責任をもって信頼できる技術を紹介する事に結びつき、技術保有者と技術ユーザーの間の橋渡しという点でも大きく貢献できます。

このたび、「地盤改良」にかかわる評価証明技術として、「衝撃加速度法による締固め管理技術－マックス」が第 4 号の技術として認証されました。評価証明にあたっては、対象技術に関わる高い専門技術を有する学識経験者からなる「衝撃加速度法による締固め管理技術－マックス技術評価委員会」(委員長 嘉門雅史 京都大学大学院教授)を設置し、評価証明を行い、さらに専門学会としての立場から技術認証委員会(委員長 城野政弘 日本材料学会会長・大阪大学大学院工学研究科教授)で審査し認証いたしました。

「衝撃加速度法による締固め管理技術－マックス」は屋内外で行った実験において、技術レベルや測定値の信頼性が所定のレベルを確保していると判断され、制度創設の主旨に鑑みて社会的貢献の面でも評価されました。技術の適用にあたっては、評価証明の前提条件や制約条件のもとに適切かつ積極的に活用され、この評価証明した技術が社会的に貢献することを願う次第です。

なお、本報告書は「衝撃加速度法による締固め管理技術－マックス」に関する評価証明の内容を、広く関係機関に周知し活用を図るために作成したものです。

平成 14 年 2 月

社団法人 日本材料学会
会 長 城 野 政 弘



第1004号

技術評価証

技術名称：衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術

(開発の趣旨)

構造物の設計に際して事前に地盤の特性を把握することは極めて重要である。現実問題として、地盤特性例えば支持力を測定する原位置試験の多くは、相当規模の反力装置を必要とし、しかも結果の判定までに長時間を要するという難点を抱えている。そのため、小規模構造物においては、試験による支持力の確認を行うことなく、周辺地盤の支持力を代用したり、経験による支持力の推定が行われたりしている。このような状況を鑑み、簡易的であっても、原位置試験の実施が可能な衝撃加速度測定器(キヤスポル)を開発した。

(開発の目標)

- (1) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)で測定される衝撃加速度(Ia値)は、従来の原位置試験の補定値として使用できること。
- (2) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)を用いた迅速な測定法を開発すること。
- (3) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)が、正しい結果の表示と再現性を維持していること。

(技術評価)

技術評価委員会を設置して、以下のとおり技術認証を行った。

平成14年 2月13日
平成19年 2月13日(第1回更新)
平成24年 2月13日(第2回更新)
平成29年 8月21日(第3回更新)
令和4年 8月21日(第4回更新)



日本材料学会
小川 武史



記

1. 評価証明結果

衝撃加速度測定器(キヤスポル)は、次の性能を有することが確認された。

- (1) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)で測定される衝撃加速度(Ia値)は、従来の原位置試験の補定値として使用することができる。
- (2) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)を用いることで、支持力等の原位置試験測定に使用する数値を迅速に得ることができる。
- (3) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)が正しい結果の表示と再現性を維持していることを、定期的な検定で確認することができる。

2. 評価証明の前提

- (1) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)は適正な精度を持ち、「簡易支持力測定器(キヤスポル)利用手引き」に従って適正に検定されたものとする。
- (2) 衝撃加速度測定器(キヤスポル)による測定方法が、適正であるものとする。
- (3) 衝撃加速度(Ia値)とCBR値、粘着力(c)、内部摩擦角(ϕ)、地盤反力係数(K_{30})、あるいはコーン指数(q_c)との関係式が、事前試験によって適正に設定されたものを用いるものとする。

3. 評価証明の範囲

地盤の支持力等測定に際し、従来の原位置試験を補完する支持力等の原位置評価技術として使用するものとする。

4. 評価証明の詳細(別添)

5. 評価証明の有効期限 令和9年8月20日

6. 評価証明の依頼者 **株式会社 マルイ**
住所 大阪府大東市御領1丁目9-17

技術認証委員会 委員名簿（第4回更新認証時）

委員長	小川 武史	青山学院大学 理工学部 教授 (公益社団法人 日本材料学会 会長)
委員	山本 貴士	京都大学大学院 工学研究科 教授 (公益社団法人 日本材料学会 庶務理事)
	松村 隆	電気通信大学大学院 情報理工学研究科 准教授 (公益社団法人 日本材料学会 企画・広報理事)
	勝見 武	京都大学大学院 地球環境学堂 教授 (公益社団法人 日本材料学会 地盤改良部門委員会 委員長)
	日置 和昭	大阪工業大学 工学部 教授 (公益社団法人 日本材料学会 技術評価委員会 委員長)
	林 健二	株式会社フォレストエンジニアリング 代表取締役 (同上委員会 委員)

更新技術評価委員会 委員名簿（第4回更新認証時）

委員長	日置 和昭	大阪工業大学 工学部 教授
委員	乾 徹	大阪大学大学院 工学研究科 教授
	林 健二	株式会社フォレストエンジニアリング 代表取締役

技術認証委員会 委員名簿（初回認証時）

委員長	城野 政弘	大阪大学大学院 工学研究科 教授 (社団法人 日本材料学会 会長)
委員	松本 孝芳	京都大学大学院 農学研究科 教授 (社団法人 日本材料学会 庶務理事)
	大野 信忠	名古屋大学 工学研究科 教授 (社団法人 日本材料学会 企画事業担当理事)
	嘉門 雅史	京都大学大学院 工学研究科 教授 (社団法人 日本材料学会 地盤改良部門委員会 委員長) (社団法人 日本材料学会 技術評価委員会 委員長)
	山田 哲司	株式会社鴻池組 技術研究所 主任研究員 (同上委員会 委員)
	安川 郁夫	株式会社キンキ地質センター 技師長 (同上委員会 委員)

技術評価委員会 委員名簿（初回認証時）

委員長	嘉門 雅史	京都大学大学院 工学研究科 教授
委員	建山 和由	京都大学大学院 工学研究科 助教授
	寺田 邦雄	株式会社竹中工務店 大阪本店 技術課長
	藤井 衛	東海大学 工学部 建築学科 教授
	山田 哲司	株式会社鴻池組 技術研究所 主任研究員
	安川 郁夫	株式会社キンキ地質センター 技師長

目 次

1. 概 要	
1.1 評価証明対象技術	・ ・ ・ ・ 1
1.2 開発の趣旨と目標	・ ・ ・ ・ 1
1.3 評価証明の方法	・ ・ ・ ・ 2
1.4 評価証明の前提と範囲	・ ・ ・ ・ 2
1.5 評価証明の結果	・ ・ ・ ・ 2
1.6 留意事項	・ ・ ・ ・ 3
1.7 技術名称変更について	・ ・ ・ ・ 3
2. 評価証明対象技術	
2.1 技術の概要、仕様	・ ・ ・ ・ 4
2.2 既存技術との比較	・ ・ ・ ・ 7
3. 評価証明の方法	
3.1 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価	・ ・ ・ ・ 8
3.2 測定の迅速性	・ ・ ・ ・ 8
3.3 正しい結果の表示と再現性	・ ・ ・ ・ 8
4. 評価証明結果	
4.1 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価	・ ・ ・ ・ 9
4.2 測定の迅速性	・ ・ ・ ・ 37
4.3 正しい結果の表示と再現性	・ ・ ・ ・ 38
参考文献	・ ・ ・ ・ 41
参考資料	・ ・ ・ ・ 41
付属資料	
測定器使用マニュアル作成委員会基準(案) 「簡易支持力測定器による試験方法」	
簡易支持力測定器（キャスポル）利用手引き	
衝撃加速度測定器（キャスポル）納入実績 2017.08.01以降	

1. 概 要

1.1 評価証明対象技術

1.1.1 評価証明

会社名 株式会社マルイ
代表者 代表取締役社長 圓井 健敏
所在地 大阪府大東市御領1丁目9番17号

1.1.2 技術の名称

衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術

1.1.3 技術の概要

本技術は、地盤定数を把握する原位置試験の問題点を解決して施工管理の合理化を図るため、軽量で持ち運びに便利で取り扱いやすく、反力を必要とせず、現場で即時に結果が判明する衝撃加速度測定器（キャスポル）を用いて地盤の支持力等を評価する技術である。

1.2 開発の趣旨と目標

1.2.1 開発の趣旨

構造物の設計に際して事前に地盤の特性を把握することは極めて重要である。現実問題として、地盤特性例えば支持力を測定する原位置試験の多くは、相当規模の反力装置を必要とし、しかも結果の判定までに長時間を要するという難点を抱えている。そのため、小規模構造物においては、試験による支持力の確認を行うことなく、周辺地盤の支持力を代用したり、経験による支持力の推定が行われたりしている。このような状況を鑑み、簡易的であっても、原位置試験の実施が可能な衝撃加速度測定器（キャスポル）を開発した。

1.2.2 開発の目標

(1) 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価

衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定される衝撃加速度（ I_a 値）は、従来の原位置試験の補完値として使用できること。

(2) 迅速な測定法の開発

衝撃加速度測定器（キャスポル）を用いた迅速な測定法を開発すること。

(3) 正しい結果の表示と再現性

衝撃加速度測定器（キャスポル）が、正しい結果の表示と再現性を維持していること。

1.3 評価証明の方法

本技術について室内試験、現場試験を行い、表-1.1 に示す方法によって評価するものとする。

表-1.1 開発目標の達成の確認方法

評価項目	確認方法
(1) 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価	衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定された衝撃加速度（Ia 値）は、CBR 値、粘着力（c）、せん断抵抗角（ ϕ ）、地盤反力係数（K ₃₀ ）、コーン指数（q _c ）の補完値として使用できることを、以下の要因を検討することによって確認する。 ①対象地盤材粒度の影響 ②測定地盤勾配の影響 ③測定深さの影響
(2) 測定の迅速性	衝撃加速度測定器（キャスポル）による支持力測定について現場実験を行い、測定法の迅速性を確認する。
(3) 正しい結果の表示と再現性	衝撃加速度測定器（キャスポル）に使用している加速度計に基準電気信号負荷し、その直線性を確認する。また、基準ゴムでの測定を計50回行い、その再現性を確認する。

1.4 評価証明の前提と範囲

1.4.1 評価証明の前提

- (1) 衝撃加速度測定器（キャスポル）は適正な精度を持ち、「簡易支持力測定器（キャスポル）利用手続き¹⁾」に従って適正に検定されたものとする。
- (2) 衝撃加速度測定器（キャスポル）による測定方法が、適正であるものとする。
- (3) 衝撃加速度（Ia 値）と CBR 値、粘着力（c）、せん断抵抗角（ ϕ ）、地盤反力係数（K₃₀）、あるいはコーン指数（q_c）との関係式が、事前試験によって適正に設定されたものを用いるものとする。

1.4.2 評価証明の範囲

地盤の支持力等測定に際し、従来の原位置試験を補完する支持力等の原位置評価技術として使用するものとする。

1.5 評価証明の結果

衝撃加速度測定器（キャスポル）は、次の性能を有することが確認された。

(1) 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価

衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定される衝撃加速度（Ia 値）は、従来の原位置試験の補完値として使用することができる。

(2)測定の迅速性

衝撃加速度測定器（キャスポル）を用いることで、支持力等の原位置試験測定に使用する数値を迅速に得ることができる。

(3)正しい結果の表示と再現性

衝撃加速度測定器（キャスポル）が正しい結果の表示と再現性を維持していることを、定期的な検定で確認することができる。

1.6 留意事項

- (1)本技術で支持力等を測定するにあたっては、「簡易支持力測定器（キャスポル）利用手引き¹⁾」に従って行うこと。
- (2)本技術の適用土質は、最大粒径：37.5 mm以下、細粒分含有率：30%以下、9.5～37.5 mmの礫含有率：30%未満の土質材料とする。
- (3)本技術では、測定される衝撃加速度（Ia 値）の使用下限値を4とし、静止状態において地盤面がキャスポルのランマーによって大きく変形する地盤へは適用しない。

1.7 技術名称変更について

第2回更新までは、衝撃加速度法による締固め管理技術「マックス」という技術名称で、技術認証を得ていた。この技術は盛土の施工管理において、事前に現場試験および室内試験を行い、管理値を決定したうえで、衝撃加速度測定器（キャスポル）で品質確認を行い、盛土の品質が管理値以上であることを確認しながら施工を行う、盛土施工の管理技術である。

第3回更新では、「衝撃加速度法による支持力等の原位置評価技術」に技術名称を変更し測定器として技術認証を得た。第3回更新では、株式会社マルイの単独更新となったため、「マックス」を利用した盛土施工の適用事例の入手が困難であること、また、盛土施工以外にも衝撃加速度測定器（キャスポル）が幅広く使用されている現実から、測定器として技術認証を得た次第である。

2. 評価証明対象技術

2.1 技術の概要、仕様

2.1.1 技術の概要

本技術は、地盤定数を把握する原位置試験の問題点を解決して施工管理の合理化を図るため、軽量で持ち運びに便利で取り扱いやすく、反力を必要とせず、現場で即時に結果が判明する衝撃加速度測定器（キヤスポル）を用いて地盤の支持力等を評価する技術である。

加速度法とは、加速度計が内蔵されたランマー（重錘）を一定の高さから地盤に自由落下させ、そのランマー（重錘）が地盤に衝突する際に得られる衝撃加速度の最大値を従来の地盤定数などに関連させる方法である。

また、この方法は①測定器の操作が簡単で、測定時間が短く結果がすぐに判る。②測定器が軽量で持ち運びに便利である。③試験に反力を必要とせず狭い空間でも使用できる特徴を有している。

したがって、地盤の支持力等の分布が短時間のうちに得られ、施工の効率化を図ることが可能である。

地盤の衝撃加速度を、衝撃加速度測定器（キヤスポル）を用いて測定している状況を写真-2.1に示す。



写真-2.1 衝撃加速度の測定状況

2.1.2 技術の仕様

衝撃加速度測定器（キャスポル）の構造図を図-2.1 に示す。この測定器は、本体部と表示器とから構成されており、加速度計内蔵のランマー（重錘）を一定の高さ（ $h=45\text{cm}$ ）から自由落下させ、ランマーが地盤に衝突する際に得られる衝撃加速度（インパクト値： I_a ）をディスプレイ画面上に表示する仕組みになっている。

なお、衝撃加速度測定器（キャスポル）による測定は、「簡易支持力測定器（キャスポル）利用手引き¹⁾」、「簡易支持力測定器による試験方法²⁾」に準じて行う。

(1) 構造

1) 本体部

本体質量はランマーと三脚とを合わせて 11.5Kg である。ランマーは直径 50 mm の円筒形のものであり、ランマーを上へ引き上げるためのハンドルと固定・解除を行うスイッチレバーで構成されている。

2) 表示器

測定した衝撃加速度（ I_a 値）を表示するディスプレイとそれらを印字する付属プリンターで構成されている。測定データは RS232C によりパソコン等に出力できる。表示器の模式図を図-2.2 に示す。また、ランマーに内蔵された加速度計から表示器の CPU（中央演算処理装置）までの回路図を図-2.3 に示す。

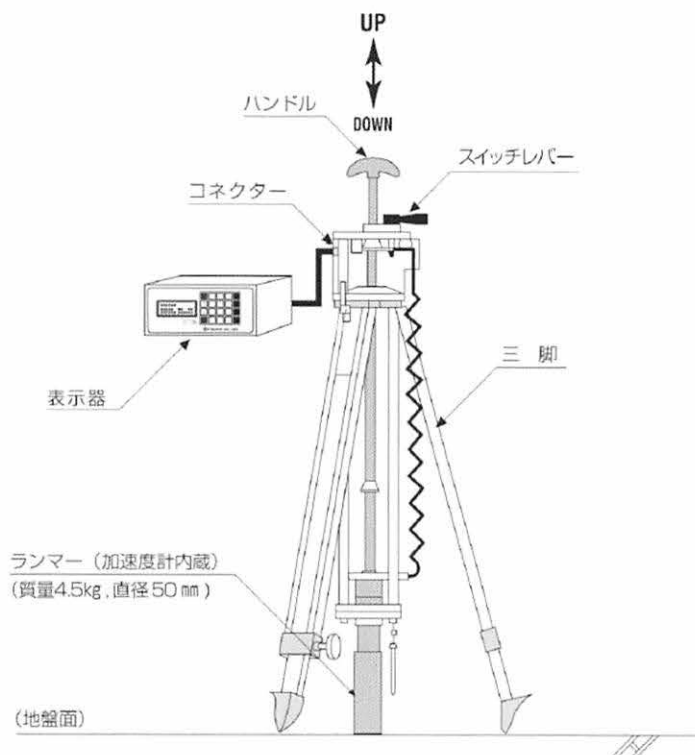


図-2.1 キャスポルの構造

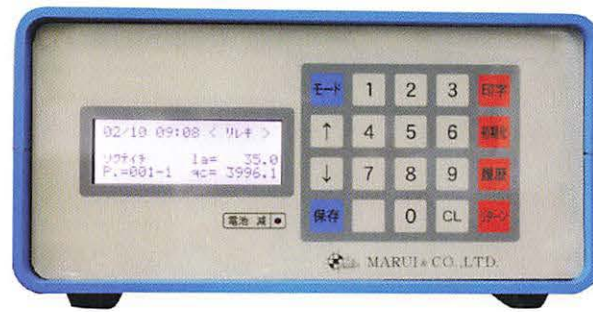


図-2.2 表示器の模式図

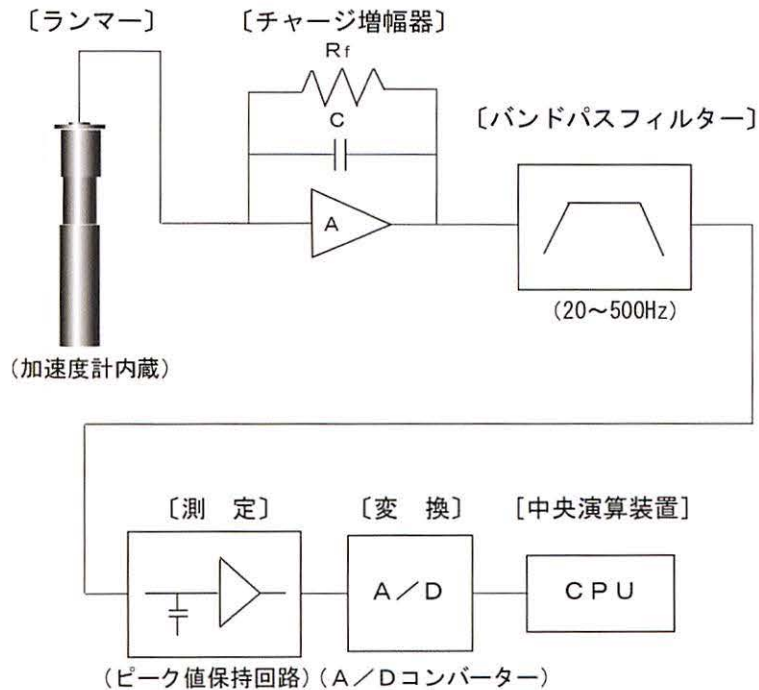


図-2.3 加速度計から CPU までの回路図

(2) 操作手順

衝撃加速度測定器（キャスポル）の操作手順を次に示す。

- 1) 三脚を調整して、本体部が水平となるように測点にセットする。
- 2) ハンドルを手で持ち、ランマーを所定の位置まで引き上げ、ストッパーに固定する。
- 3) スイッチレバーを手前に引き、ランマーを落下させる。
- 4) 測定値を、メモリーボタンを押して記録する。順次、計測位置を少し変えて、1) ～4) の操作を 5 回以上繰り返す。
- 5) 1 測点での計測が終わると衝撃加速度測定器（キャスポル）を次の測点に移動し、同じ順序で計測する。

計測データ（衝撃加速度）は、インパクト値（Ia）で表示される。インパクト値は次のように定義される。

$$\text{インパクト値 (I a)} = \frac{\text{加速度 (gal)}}{2.78 \times 980 \text{ (gal)}}$$

ここに、2.78 はインパクト値の較正值

2.2 既存技術との比較

従来から行われている原位置試験と比較して、本技術は表-2.2 に示す特徴を有する。

表-2.2 既存の原位置試験との比較

項 目	本技術	既存の原位置試験
試験時間及び人員	<p>衝撃加速度測定器（キヤスポル）を用いた衝撃加速度による測定方法では測定から結果判定までの一連の作業が1分以内に行われ、その結果を直ちに施工に反映することができる。1測点当り5回、5分程度、試験者1名、反力は不要である。</p>	<p>従来の原位置試験において、試験実施から結果判明までの作業に要する時間は次の通りである。</p> <p>1) 現場CBR試験 (1 測定当たり) 装置セット 1時間程度 試験時間 15分程度 結果整理等 1時間程度 試験に、試験者3名と荷重積載用として反力架台が必要である。</p> <p>2) 平板載荷試験 (1 測定当たり) 装置セット 1時間程度 試験時間 1時間程度 結果整理等 1時間程度 試験に、試験者3名と荷重積載用として反力架台が必要である。</p> <p>3) コーン貫入試験 (1 測定当たり) 装置セット 5分程度 試験時間 5分程度 結果整理等 30分程度 試験に、試験者2名が必要である。</p>

3. 評価証明の方法

本技術を用いて室内試験、現場試験を行い、次に示す方法によって各開発目標の達成度を確認する。

3.1 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価

次の項目について室内試験、現場試験を行い、衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定された衝撃加速度（Ia 値）が、従来の原位置試験の補完値として使用できることを、以下の要因について検討することによって確認する。

- (1) 対象地盤材粒度の影響
- (2) 測定地盤勾配の影響
- (3) 測定深さの影響

3.2 測定の迅速性

衝撃加速度測定器（キャスポル）による衝撃加速度の測定を実施し、衝撃加速度測定器（キャスポル）の設置からディスプレイ画面上への測定値の表示、メモリーへの保存までが即時に行えることを確認する。

3.3 正しい結果の表示と再現性

衝撃加速度測定器（キャスポル）が正しい結果の表示と再現性を維持していることを、定期的な検定で確認する。すなわち、加速度計への電気信号負荷による直線性の確認と、基準ゴムでの測定による再現性の確認を実施する。

4. 評価証明結果

4.1 衝撃加速度測定器（キャスポル）の適正評価

衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定された衝撃加速度（Ia 値）が、従来の原位置試験の補完値として使用できる。

4.1.1 確認方法

(1) 目的

衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定された衝撃加速度（Ia 値）が、従来の原位置試験の補完値として使用できることを確認する。

(2) 確認方法

下記の項目を室内試験、現場試験によって確認する。

- 1) 対象地盤材粒度の影響
- 2) 測定地盤勾配の影響
- 3) 測定深さの影響

4.1.2 確認結果

(1) 対象地盤材粒度の影響

室内で供試体を作製し、それらの衝撃加速度測定を行って、①土質材料の最大粒径、②細粒分、礫分の含有率と衝撃加速度のばらつきについて調査し、土質材料粒度による衝撃加速度測定器（キャスポル）の測定値への影響を検討した。

1) 測定に用いた試料

測定に用いた試料の粒度分布を図-4.1 に示す。(a)～(j)の試料作製に、マサ土（大阪府枚方産）、笠岡粘土（岡山県笠岡産）、珪砂（岐阜県土岐産）、珪砂粉末および礫（大阪府淀川産）を用いた。表-4.1 に試料の性状を示す。

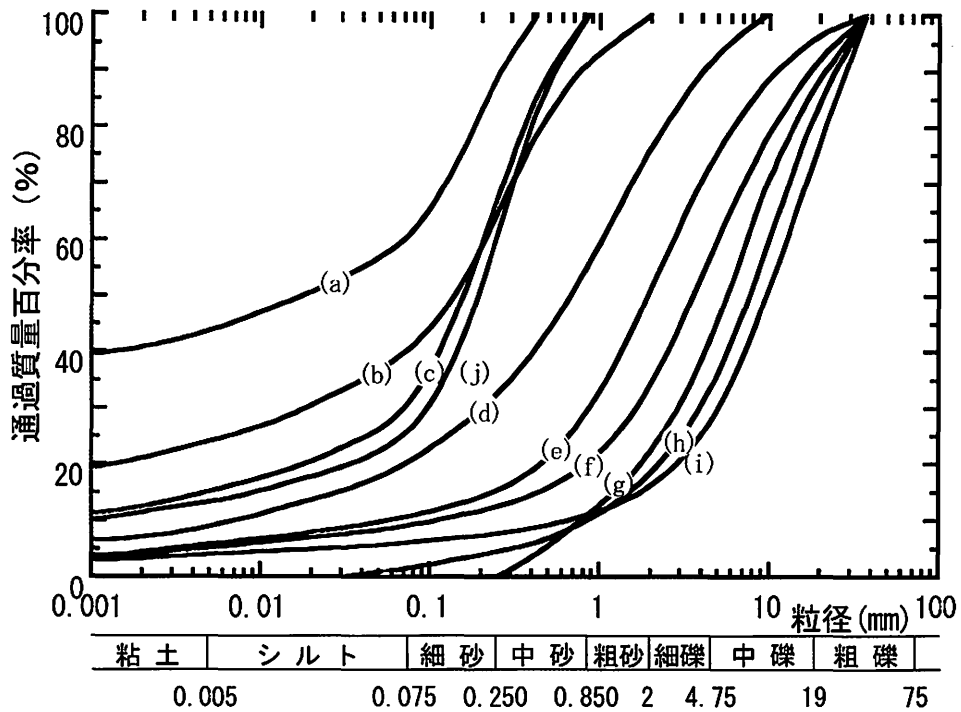


図-4.1 試料の粒度分布

表-4.1 試料の性状

試料	最大粒径 (mm)	平均粒径 (mm)	均等係数 U_c	細粒分含有率 (%)	礫分の含有率 (%)		試料	最大粒径 (mm)	平均粒径 (mm)	均等係数 U_c	細粒分含有率 (%)	礫分の含有率 (%)	
					2~37.5 mm	9.5~37.5 mm						2~37.5 mm	9.5~37.5 mm
(a)	0.425	0.019	—	60	0	0	(f)	37.5	3.5	45	10	65	20
(b)	2	0.14	—	40	0	0	(g)	37.5	5.5	9	0	80	30
(c)	0.85	0.16	—	30	0	0	(h)	37.5	7.6	12	2	82	40
(d)	9.5	0.68	167	20	25	0	(i)	37.5	9.7	20	5	85	50
(e)	37.5	1.9	47	15	50	10	(j)	0.85	0.2	—	25	0	0

2) 測定方法および供試体

① 最大粒径の影響の検討

試料(d)を用いて直径 600 mm、高さ 250 mmの円筒供試体を作製した。その表面に 19~75 mmの 5 種類 (19、26.5、37.5、53、75 mm) の礫 (大阪府淀川産) を図-4.2 に示す位置に 3 個ずつ埋め込み、それらに衝撃加速度測定器 (キャスポル) のランマー (重錘) を直接当てて衝撃加速度を測定した。

② 細粒分、礫分の含有率による衝撃加速度のばらつき

試料(a)~(j)について、直径 600 mm、高さ 250 mmの円筒供試体を作製し、図-4.2 に示す位置(1~15)で衝撃加速度を測定した。

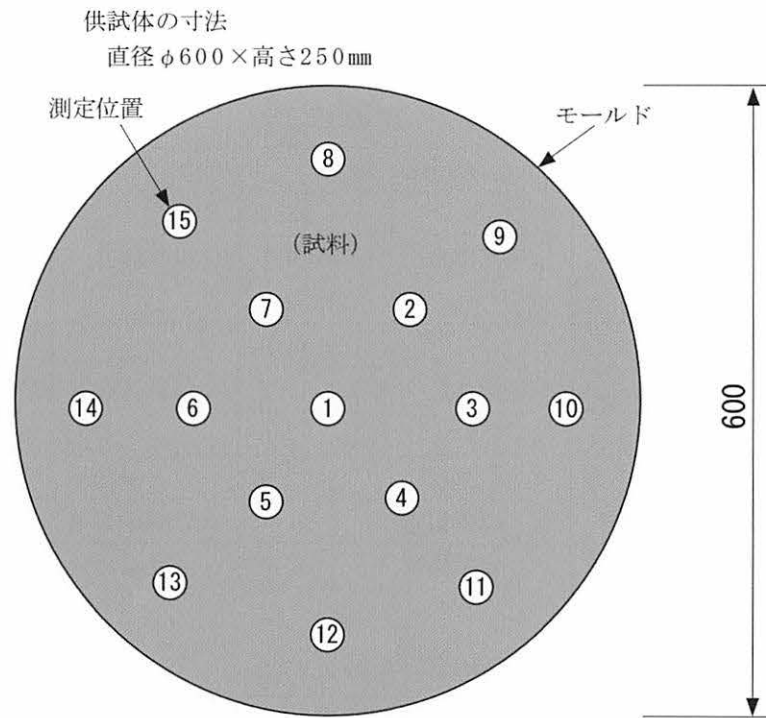


図-4.2 供試体の形状

3) 測定結果

2)の①、②の項目について行った測定結果を次に示す。

①最大粒径の影響の検討

5種類の礫にランマーを直接当てて、衝撃加速度を測定した結果を表-4.2に示す。

表中、供試体A～Cは試料(d)を締め固めて作製されたものであり、供試体Aは礫を埋め込まなかったもので、供試体B、Cは礫を埋め込んだものである。試料(d)の最大粒径は9.5mmで、供試体A、B、Cの乾燥密度、含水比、飽和度はそれぞれ $\rho_d=1.818\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $w=12.2\%$ 、 $S_r=72.1\%$ である。

礫径を横軸に、衝撃加速度を縦軸に取って、測定結果をプロットしたものを図-4.3に示す。この図から、衝撃加速度の値は礫径が37.5mmまではほぼ同じ値であるが、礫径が53mm以上では大きな値であることがわかる。

以上のことから、最大粒径が37.5mm以下の土質材料であれば、測定値は一定で、そのばらつきも少なく、衝撃加速度測定器（キャスポル）の測定値に影響を与えないことがわかった。

表-4.2 ランマー（重錘）が礫に直接当たった場合の衝撃加速度値
測定結果（その1）

試料(d)単体			19mmの礫			26.5mmの礫		
供試体A	①	13.2	供試体B	①	13.0	供試体B	④	12.9
	②	12.3		②	12.7		⑤	12.6
	③	12.9		③	12.7		⑥	12.9
	④	12.1	供試体C	①	14.5	供試体C	④	11.6
	⑤	13.2		②	11.7		⑤	14.6
	⑥	14.6		③	12.5		⑥	13.0
平均		13.1	平均		12.9	平均		12.9
標準偏差		0.8	標準偏差		0.8	標準偏差		0.9
変動係数		6.2	変動係数		6.5	変動係数		6.8

測定結果（その2）

37.5mmの礫			53mmの礫			75mmの礫		
供試体B	⑦	13.4	供試体B	⑩	27.4	供試体B	⑬	86.5
	⑧	14.2		⑪	14.3		⑭	33.0
	⑨	12.5		⑫	39.4		⑮	35.6
供試体C	⑦	13.2	供試体C	⑩	25.9	供試体C	⑬	74.3
	⑧	14.0		⑪	34.9		⑭	27.1
	⑨	13.0		⑫	19.5		⑮	57.6
平均		13.4	平均		26.9	平均		52.4
標準偏差		0.6	標準偏差		8.5	標準偏差		22.2
変動係数		4.3	変動係数		31.7	変動係数		42.5

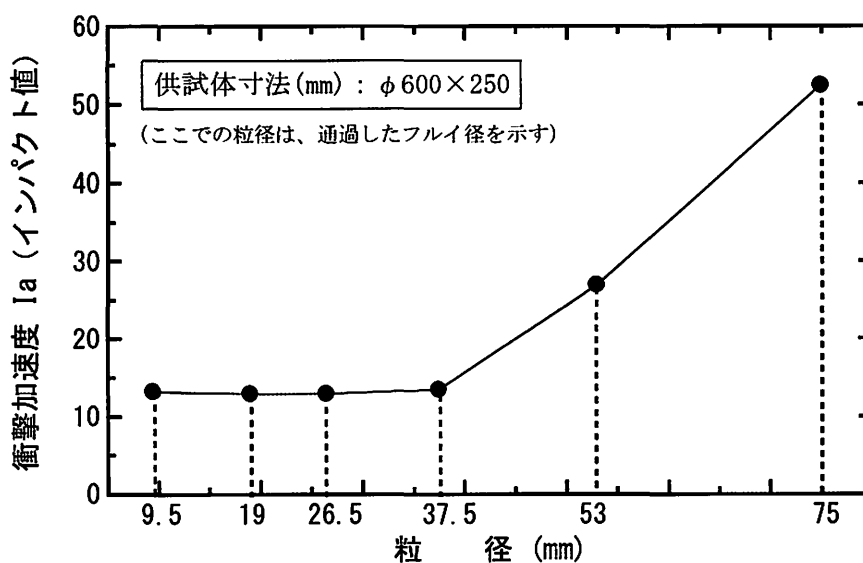


図-4.3 礫径による衝撃加速度値の変化

②測定値のばらつきの検討

衝撃加速度測定器（キャスポル）の測定値のばらつきを検討するために、室内で試料(a)～(j)について粒度や密度を変えた供試体の衝撃加速度を測定した。それらの測定結果を、表 4.3～表 4.34 に示す。それらの結果から、細粒分含有率と変動係数との関係を図-4.4 に、および粒径 9.5～37.5 mmの礫含有率と変動係数との関係を求めたものを図-4.5 に示す。

また、測定値の変動係数が $v=10\%$ 以下の粒度範囲（試料(c)～(g)、(j)）を図-4.6 に示す。

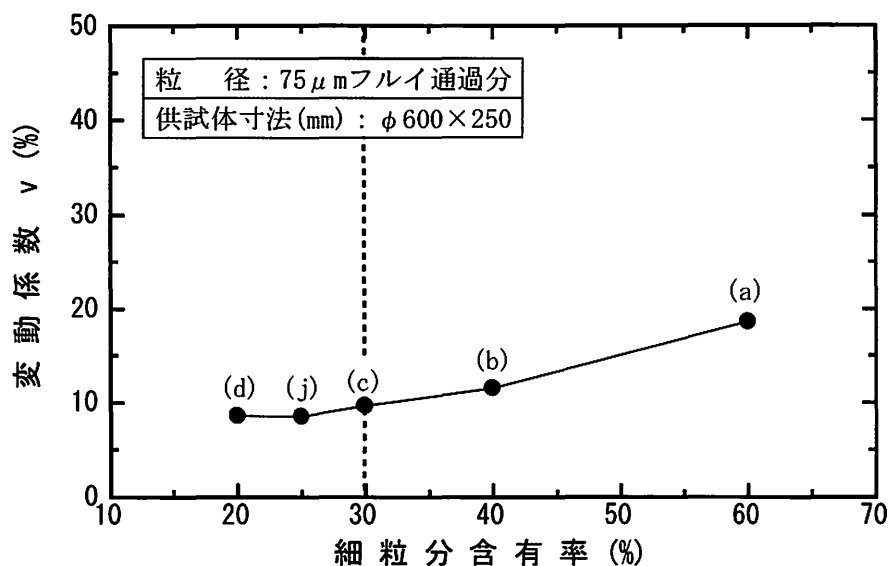


図-4.4 細粒分含有率と測定値のばらつきとの関係

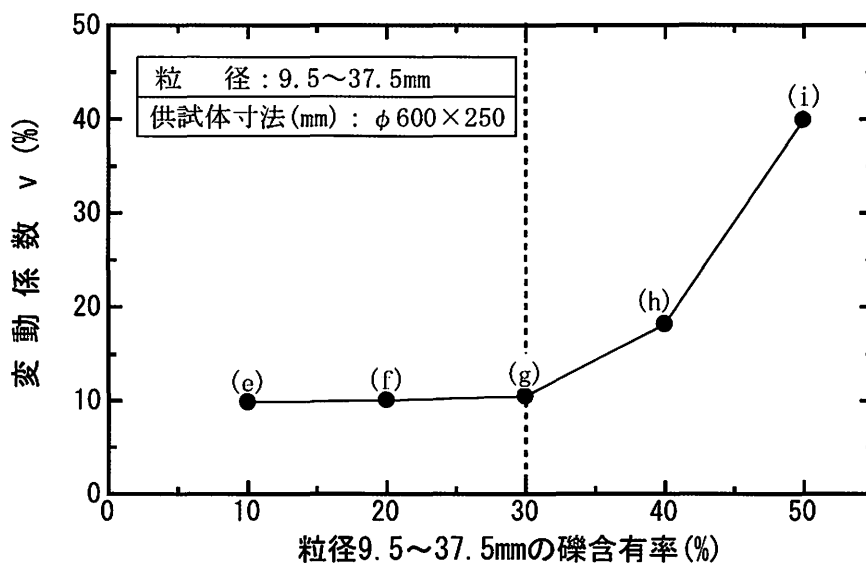


図-4.5 礫含有率測定値のばらつきとの関係

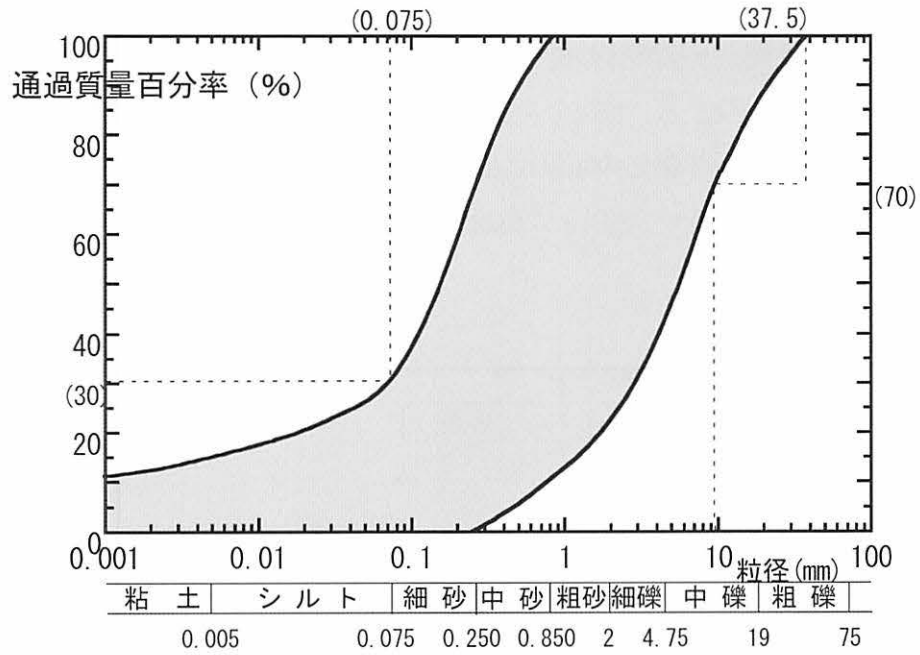


図-4.6 測定値の変動係数が10%以下の粒度範囲

4)まとめ

以上の測定結果から、図-4.6に示す粒度範囲の対象地盤材であれば、含水比や締固め度を問わずに、測定値のばらつきが小さく、衝撃加速度測定器（キャスポル）によるIa値の測定に大きな影響を与えないことが確認された。

表-4.3 試料(a) (細粒分の含有率が60%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.440\text{g/cm}^3$, $w=17.9\%$, 飽和度 $S_r=58.8\%$)

衝撃加速度の平均値	10.0	標準偏差	1.9	変動係数	18.6
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	8.7	16	9.7	31	9.5	46	8.5	61	7.0
2	14.4	17	10.7	32	7.5	47	10.4	62	9.2
3	11.7	18	9.7	33	13.4	48	9.2	63	7.3
4	10.2	19	11.4	34	10.0	49	14.4	64	9.7
5	9.0	20	8.7	35	9.0	50	12.9	65	10.9
6	10.4	21	8.3	36	10.0	51	8.7	66	7.9
7	14.4	22	9.5	37	10.7	52	9.7	67	10.6
8	12.6	23	10.0	38	14.6	53	8.0	68	9.2
9	8.5	24	10.0	39	11.2	54	14.1	69	11.4
10	11.7	25	8.5	40	7.5	55	10.0	70	8.8
11	10.4	26	8.5	41	9.0	56	11.9	71	10.0
12	8.7	27	10.0	42	12.6	57	13.4	72	7.5
13	9.2	28	9.5	43	10.2	58	8.7	73	9.0
14	8.0	29	8.7	44	11.2	59	10.4	74	7.8
15	12.2	30	9.5	45	9.2	60	6.5	75	10.4

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.4 試料(b) (細粒分の含有率が40%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.564\text{g/cm}^3$, $w=15.8\%$, 飽和度 $S_r=62.5\%$)

衝撃加速度の平均値	20.7	標準偏差	2.4	変動係数	11.5
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	24.4	16	17.8	31	21.9	46	19.2	61	22.4
2	21.9	17	22.9	32	17.0	47	23.7	62	21.9
3	19.5	18	23.6	33	23.1	48	19.5	63	23.1
4	22.4	19	24.4	34	17.0	49	18.0	64	19.5
5	23.1	20	24.4	35	22.2	50	17.0	65	22.2
6	22.2	21	22.2	36	20.0	51	22.9	66	17.8
7	23.9	22	17.2	37	17.8	52	19.5	67	19.7
8	20.9	23	17.5	38	16.3	53	23.4	68	22.9
9	21.2	24	21.4	39	19.2	54	23.6	69	19.2
10	18.7	25	23.4	40	19.5	55	23.6	70	16.3
11	22.4	26	23.2	41	19.5	56	18.5	71	18.5
12	23.2	27	19.2	42	18.6	57	22.9	72	19.2
13	22.2	28	17.0	43	19.7	58	18.5	73	19.5
14	23.5	29	16.5	44	22.9	59	22.5	74	22.2
15	18.0	30	23.4	45	22.2	60	19.2	75	19.5

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.5 試料(c) (細粒分の含有率が30%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.816\text{g/cm}^3$, $w=12.9\%$, 飽和度 $S_r=77.7\%$)

衝撃加速度の平均値	11.1	標準偏差	1.1	変動係数	9.5
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	10.2	16	12.5	31	9.5	46	9.7	61	11.1
2	10.5	17	10.9	32	11.8	47	11.2	62	12.8
3	12.8	18	9.8	33	11.9	48	11.8	63	11.9
4	10.8	19	12.8	34	10.0	49	11.9	64	9.9
5	12.1	20	10.9	35	9.6	50	11.6	65	9.2
6	12.6	21	11.3	36	11.1	51	11.1	66	12.9
7	12.1	22	13.1	37	12.2	52	11.5	67	11.0
8	10.9	23	10.2	38	11.6	53	11.2	68	10.9
9	9.5	24	10.0	39	12.0	54	11.3	69	10.2
10	10.1	25	10.0	40	12.5	55	12.5	70	9.3
11	11.9	26	10.3	41	11.0	56	9.3	71	10.8
12	9.8	27	12.0	42	10.5	57	10.9	72	10.8
13	9.2	28	11.1	43	9.7	58	10.1	73	12.8
14	12.8	29	10.2	44	11.2	59	11.0	74	10.9
15	11.9	30	12.0	45	10.1	60	12.2	75	11.0

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.6 試料(d) (細粒分の含有率が20%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.882\text{g/cm}^3$, $w=11.5\%$, 飽和度 $S_r=76.5\%$)

衝撃加速度の平均値	15.4	標準偏差	1.3	変動係数	8.6
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	15.1	16	16.4	31	17.8	46	17.1	61	15.1
2	16.8	17	14.6	32	16.3	47	14.6	62	15.9
3	15.6	18	16.3	33	14.1	48	13.9	63	14.6
4	14.6	19	17.8	34	15.6	49	13.9	64	15.9
5	15.9	20	16.1	35	16.1	50	15.4	65	16.0
6	15.5	21	14.1	36	15.6	51	15.5	66	15.5
7	16.0	22	15.6	37	17.8	52	12.4	67	12.7
8	15.9	23	15.9	38	17.6	53	15.1	68	13.9
9	13.9	24	13.4	39	14.4	54	16.3	69	17.3
10	12.7	25	15.4	40	16.1	55	13.2	70	16.8
11	15.4	26	18.0	41	13.4	56	14.1	71	15.4
12	16.8	27	15.1	42	17.8	57	15.6	72	12.9
13	17.3	28	15.5	43	15.6	58	15.1	73	15.6
14	12.9	29	15.5	44	14.4	59	15.6	74	14.1
15	15.6	30	14.1	45	15.6	60	16.8	75	15.6

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.7 試料(e) (9.5~37.5 mmの礫含有率が 10%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.880\text{g/cm}^3$, $w=12.9\%$, 飽和度 $S_r=83.9\%$)

衝撃加速度の平均値	14.3	標準偏差	1.4	変動係数	9.8
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	13.4	16	14.0	31	15.0	46	14.1	61	12.2
2	12.2	17	14.1	32	17.0	47	15.1	62	14.3
3	14.4	18	14.2	33	15.3	48	14.4	63	12.9
4	15.1	19	16.1	34	14.9	49	14.2	64	11.9
5	13.9	20	12.2	35	14.2	50	14.2	65	15.6
6	13.2	21	12.4	36	12.6	51	14.1	66	16.0
7	13.1	22	15.1	37	14.9	52	15.3	67	15.1
8	12.9	23	11.9	38	15.5	53	17.5	68	15.4
9	12.9	24	17.0	39	15.2	54	11.9	69	14.4
10	14.3	25	15.3	40	14.1	55	12.4	70	13.9
11	13.9	26	14.4	41	13.9	56	11.2	71	16.6
12	17.0	27	15.1	42	14.7	57	15.1	72	14.1
13	15.6	28	12.2	43	14.0	58	16.1	73	13.1
14	14.1	29	14.1	44	15.3	59	14.0	74	11.9
15	16.6	30	14.2	45	14.9	60	12.2	75	13.4

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.8 試料(f) (9.5~37.5 mmの礫含有率が 20%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.923\text{g/cm}^3$, $w=12.2\%$, 飽和度 $S_r=85.5\%$)

衝撃加速度の平均値	17.3	標準偏差	1.7	変動係数	10.0
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	15.3	16	20.7	31	17.9	46	17.7	61	17.4
2	15.6	17	15.8	32	16.2	47	17.2	62	19.5
3	17.7	18	15.6	33	17.1	48	17.8	63	18.0
4	17.8	19	17.4	34	18.7	49	17.2	64	22.5
5	17.7	20	17.0	35	15.8	50	17.0	65	17.6
6	17.0	21	15.8	36	17.6	51	17.2	66	17.9
7	17.2	22	18.5	37	17.4	52	17.7	67	17.0
8	15.3	23	17.6	38	13.8	53	15.3	68	18.5
9	16.8	24	21.9	39	19.5	54	17.8	69	20.7
10	12.2	25	19.5	40	20.0	55	15.6	70	15.6
11	17.8	26	17.9	41	17.2	56	16.8	71	18.5
12	17.2	27	18.0	42	17.7	57	15.6	72	17.6
13	17.2	28	17.4	43	17.0	58	13.2	73	17.4
14	15.3	29	17.6	44	19.2	59	15.3	74	15.8
15	15.6	30	19.5	45	18.7	60	15.3	75	15.8

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.9 試料(g) (9.5~37.5 mmの礫含有率が30%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.862\text{g/cm}^3$, $w=13.4\%$, 飽和度 $S_r=83.2\%$)

衝撃加速度の平均値	12.7	標準偏差	1.3	変動係数	10.2
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	13.4	16	10.7	31	13.9	46	10.9	61	12.9
2	10.9	17	14.2	32	14.4	47	12.4	62	10.9
3	12.4	18	13.3	33	12.6	48	11.5	63	14.2
4	11.5	19	14.1	34	13.5	49	13.3	64	14.4
5	12.9	20	10.8	35	12.9	50	12.6	65	13.1
6	13.3	21	12.3	36	11.7	51	11.8	66	13.2
7	11.8	22	12.1	37	12.6	52	13.6	67	13.0
8	12.6	23	13.6	38	10.9	53	14.5	68	12.6
9	10.5	24	12.9	39	13.3	54	13.8	69	13.5
10	14.4	25	11.6	40	15.4	55	11.3	70	12.8
11	13.6	26	12.5	41	16.0	56	13.0	71	13.4
12	13.9	27	11.0	42	13.5	57	10.9	72	10.9
13	11.0	28	13.0	43	14.5	58	12.5	73	12.7
14	10.8	29	10.8	44	12.4	59	12.6	74	15.5
15	11.0	30	11.0	45	13.6	60	13.0	75	13.3

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.10 試料(h) (9.5~37.5 mmの礫含有率が40%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=1.891\text{g/cm}^3$, $w=13.2\%$, 飽和度 $S_r=84.7\%$)

衝撃加速度の平均値	14.0	標準偏差	2.5	変動係数	18.2
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	11.3	16	15.0	31	13.7	46	15.9	61	13.0
2	14.9	17	14.6	32	12.9	47	14.5	62	15.6
3	12.4	18	14.3	33	15.2	48	16.8	63	11.6
4	13.0	19	13.9	34	13.5	49	9.6	64	13.1
5	12.6	20	13.6	35	13.4	50	14.9	65	12.0
6	14.6	21	18.6	36	12.3	51	15.8	66	11.3
7	12.1	22	16.4	37	15.0	52	15.1	67	16.7
8	19.7	23	14.0	38	21.6	53	14.2	68	12.0
9	14.0	24	11.6	39	14.8	54	15.2	69	19.7
10	9.3	25	11.2	40	18.4	55	16.4	70	14.2
11	12.1	26	12.5	41	15.4	56	14.8	71	20.4
12	20.4	27	12.1	42	13.7	57	13.2	72	16.7
13	12.8	28	13.5	43	10.7	58	13.6	73	15.4
14	11.2	29	11.3	44	12.7	59	12.8	74	12.6
15	11.1	30	11.4	45	10.5	60	10.4	75	13.7

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.11 試料(i) (9.5~37.5 mmの礫含有率が50%) の測定結果

(乾燥密度 $\rho_d=2.010\text{g/cm}^3$, $w=10.9\%$, 飽和度 $S_r=85.9\%$)

衝撃加速度の平均値	25.1	標準偏差	10.0	変動係数	39.9
-----------	------	------	------	------	------

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	10.7	16	11.4	31	17.3	46	43.2	61	48.0
2	27.3	17	30.0	32	33.9	47	13.4	62	40.7
3	33.6	18	48.0	33	19.0	48	15.6	63	28.3
4	24.4	19	29.7	34	19.7	49	17.0	64	12.9
5	10.9	20	25.8	35	20.7	50	33.6	65	26.3
6	32.7	21	35.1	36	19.2	51	27.3	66	30.0
7	43.2	22	26.3	37	29.2	52	32.4	67	22.4
8	25.3	23	29.2	38	14.8	53	17.5	68	15.3
9	17.5	24	15.3	39	22.7	54	25.3	69	29.2
10	32.4	25	22.4	40	44.0	55	32.7	70	35.1
11	17.0	26	40.7	41	40.7	56	29.2	71	13.4
12	14.1	27	19.0	42	41.2	57	14.1	72	19.0
13	29.2	28	13.4	43	17.0	58	24.4	73	29.7
14	13.4	29	12.9	44	39.3	59	10.7	74	11.4
15	15.6	30	28.3	45	33.4	60	10.9	75	25.8

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.12 試料(c)の測定結果(1)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 97.5\%$, $w=12.1\%$)

衝撃加速度の平均値	10.0	標準偏差	0.4	変動係数	4.4
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	10.4	16	10.6	31	10.1
2	9.7	17	10.2	32	9.8
3	10.6	18	9.8	33	10.5
4	9.7	19	9.4	34	10.3
5	9.2	20	10.3	35	10.2
6	9.8	21	10.0	36	10.1
7	9.9	22	10.7	37	9.8
8	10.2	23	10.2	38	10.5
9	9.8	24	8.9	39	9.4
10	9.8	25	9.5	40	10.3
11	10.1	26	9.6	41	10.0
12	9.7	27	9.9	42	10.7
13	9.3	28	9.5	43	11.0
14	10.2	29	10.3	44	9.9
15	9.9	30	10.2	45	9.4

la: 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.13 試料(c)の測定結果(2)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=12.1\%$)

衝撃加速度の平均値	7.9	標準偏差	0.4	変動係数	5.4
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	7.7	16	7.6	31	7.2
2	7.9	17	7.6	32	7.7
3	8.2	18	7.8	33	7.7
4	8.2	19	8.1	34	7.9
5	7.9	20	7.8	35	7.2
6	7.9	21	7.2	36	8.2
7	8.4	22	7.7	37	8.1
8	8.7	23	7.7	38	7.0
9	8.6	24	7.9	39	7.9
10	7.5	25	8.2	40	7.4
11	7.4	26	7.9	41	8.4
12	8.4	27	8.0	42	8.2
13	8.3	28	8.5	43	8.1
14	7.2	29	8.4	44	8.0
15	7.1	30	7.3	45	7.7

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.14 試料(c)の測定結果(3)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 92.5\%$, $w=12.1\%$)

衝撃加速度の平均値	6.8	標準偏差	0.3	変動係数	4.7
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	7.3	16	7.0	31	6.4
2	6.3	17	7.2	32	7.0
3	6.7	18	6.4	33	7.1
4	7.1	19	7.0	34	6.5
5	7.2	20	6.8	35	6.3
6	6.2	21	7.0	36	6.7
7	6.8	22	6.3	37	6.8
8	6.9	23	6.8	38	6.7
9	7.2	24	6.5	39	7.3
10	7.3	25	6.6	40	6.3
11	6.6	26	6.4	41	6.9
12	7.1	27	6.8	42	6.8
13	6.8	28	6.9	43	6.9
14	6.8	29	6.8	44	6.8
15	6.6	30	7.4	45	7.4

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.15 試料(c)の測定結果(4)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 100\%$, $w=14.8\%$)

衝撃加速度の平均値	9.0	標準偏差	0.4	変動係数	4.2
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	9.1	16	9.0	31	9.2	46	9.1	61	9.2
2	9.4	17	8.7	32	9.1	47	9.1	62	9.5
3	8.9	18	9.2	33	8.8	48	9.1	63	9.3
4	9.0	19	9.0	34	8.7	49	8.2	64	9.4
5	9.5	20	8.8	35	9.4	50	9.5	65	9.6
6	9.0	21	8.3	36	9.3	51	8.2	66	8.8
7	9.2	22	9.2	37	8.9	52	8.1	67	9.6
8	8.9	23	9.1	38	9.3	53	9.4	68	9.0
9	9.3	24	9.3	39	8.4	54	9.4	69	8.2
10	9.4	25	9.2	40	8.7	55	9.2	70	9.6
11	9.3	26	9.0	41	8.2	56	9.1	71	9.3
12	8.6	27	9.4	42	9.5	57	8.3	72	9.2
13	8.5	28	9.2	43	9.4	58	8.8	73	9.2
14	9.4	29	8.9	44	9.0	59	9.4	74	8.5
15	9.2	30	9.1	45	9.3	60	9.0	75	8.4

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.16 試料(c)の測定結果(5)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=14.8\%$)

衝撃加速度の平均値	6.9	標準偏差	0.2	変動係数	2.5
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	6.9	16	6.9	31	6.5	46	6.9	61	6.8
2	7.1	17	6.9	32	6.9	47	7.1	62	6.9
3	6.9	18	6.9	33	7.0	48	6.9	63	6.9
4	7.2	19	6.9	34	7.0	49	7.0	64	7.2
5	6.6	20	6.7	35	6.7	50	7.0	65	6.7
6	7.0	21	6.8	36	6.7	51	6.9	66	6.9
7	7.0	22	7.0	37	6.8	52	6.7	67	6.8
8	6.8	23	6.9	38	7.3	53	7.1	68	7.1
9	7.3	24	7.2	39	7.0	54	6.9	69	6.9
10	6.6	25	6.9	40	6.8	55	6.9	70	7.1
11	6.7	26	7.1	41	7.2	56	6.9	71	7.1
12	7.0	27	7.0	42	6.8	57	6.9	72	7.2
13	6.8	28	7.0	43	6.8	58	7.0	73	6.6
14	7.2	29	7.0	44	6.9	59	6.8	74	7.0
15	7.0	30	7.2	45	7.0	60	7.3	75	6.8

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.17 試料(c)の測定結果(6)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 92.5\%$, $w=14.8\%$)

衝撃加速度の平均値	4.9	標準偏差	0.3	変動係数	6.1
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	4.9	16	5.0	31	4.9	46	5.1	61	5.2
2	4.6	17	5.2	32	4.5	47	4.7	62	5.3
3	4.9	18	4.9	33	5.2	48	5.5	63	5.1
4	5.1	19	4.7	34	5.0	49	4.7	64	4.9
5	4.6	20	5.1	35	4.6	50	4.8	65	4.4
6	4.9	21	4.5	36	4.9	51	4.6	66	4.8
7	5.4	22	4.7	37	4.8	52	4.4	67	5.6
8	5.0	23	5.2	38	4.8	53	5.0	68	5.3
9	5.1	24	4.8	39	5.1	54	4.6	69	4.8
10	4.9	25	4.7	40	5.5	55	4.8	70	4.8
11	5.3	26	4.5	41	5.2	56	5.1	71	4.6
12	4.3	27	5.5	42	5.1	57	5.6	72	4.8
13	4.9	28	5.5	43	4.3	58	4.8	73	5.2
14	4.8	29	5.2	44	4.9	59	4.9	74	5.0
15	4.9	30	4.9	45	4.7	60	5.0	75	4.6

la: 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.18 試料(c)の測定結果(7)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 97.5\%$, $w=17.5\%$)

衝撃加速度の平均値	5.6	標準偏差	0.3	変動係数	6.1
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	6.1	16	6.2	31	6.1
2	5.2	17	5.6	32	6.2
3	5.7	18	5.4	33	5.3
4	5.5	19	5.9	34	5.1
5	6.0	20	5.7	35	5.6
6	6.1	21	5.8	36	5.4
7	5.9	22	5.2	37	5.1
8	5.3	23	5.7	38	5.3
9	5.5	24	5.1	39	5.6
10	5.6	25	5.5	40	5.4
11	5.0	26	5.6	41	5.6
12	5.5	27	5.6	42	5.2
13	5.6	28	5.0	43	5.9
14	6.2	29	5.4	44	5.2
15	5.6	30	6.2	45	5.7

la: 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.19 試料(c)の測定結果(8)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=17.5\%$)

衝撃加速度の平均値	4.0	標準偏差	0.2	変動係数	5.5
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	4.2	16	3.8	31	3.7
2	4.0	17	3.9	32	4.1
3	3.7	18	4.0	33	3.8
4	4.0	19	4.2	34	3.6
5	4.2	20	4.3	35	4.2
6	3.8	21	4.0	36	4.1
7	4.1	22	3.6	37	4.0
8	4.0	23	4.3	38	3.8
9	3.8	24	4.0	39	3.9
10	4.0	25	3.7	40	4.3
11	4.1	26	4.2	41	4.1
12	4.0	27	4.0	42	4.4
13	4.1	28	4.1	43	3.8
14	3.7	29	3.6	44	4.4
15	3.7	30	4.3	45	4.2

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.20 試料(c)の測定結果(9)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 92.5\%$, $w=17.5\%$)

衝撃加速度の平均値	3.9	標準偏差	0.3	変動係数	7.1
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	4.0	16	3.9	31	4.3
2	4.2	17	3.5	32	3.9
3	4.0	18	4.2	33	3.8
4	4.1	19	3.6	34	3.6
5	3.8	20	4.0	35	3.7
6	4.2	21	4.4	36	3.9
7	3.9	22	4.6	37	4.1
8	4.4	23	4.2	38	3.5
9	4.0	24	4.1	39	3.9
10	3.9	25	4.2	40	3.7
11	3.7	26	3.6	41	4.2
12	3.8	27	3.5	42	4.1
13	3.5	28	3.8	43	3.7
14	4.2	29	3.9	44	3.6
15	3.6	30	4.4	45	4.1

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.21 試料(g)の測定結果(1)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 97.5\%$, $w=6.5\%$)

衝撃加速度の平均値	24.8	標準偏差	2.6	変動係数	10.3
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la
1	23.4	16	26.0	31	25.4
2	24.4	17	28.9	32	25.9
3	27.0	18	22.3	33	27.9
4	25.9	19	28.3	34	28.0
5	27.1	20	25.9	35	23.7
6	20.8	21	23.1	36	25.7
7	28.3	22	28.8	37	28.8
8	28.0	23	23.0	38	23.0
9	25.3	24	21.8	39	24.8
10	22.3	25	27.8	40	27.8
11	23.2	26	20.1	41	25.1
12	26.3	27	22.1	42	22.1
13	20.7	28	23.0	43	23.0
14	22.0	29	26.1	44	26.1
15	22.9	30	19.6	45	24.1

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.22 試料(g)の測定結果(2)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=6.5\%$)

衝撃加速度の平均値	20.2	標準偏差	2.1	変動係数	10.2
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la
1	20.4	16	19.0	31	21.8
2	18.3	17	20.7	32	20.7
3	23.9	18	23.0	33	19.2
4	22.0	19	20.7	34	19.2
5	20.9	20	17.9	35	17.9
6	19.4	21	18.4	36	18.4
7	19.4	22	15.7	37	20.3
8	20.5	23	23.0	38	23.0
9	20.2	24	15.6	39	21.3
10	16.6	25	20.0	40	20.0
11	23.2	26	16.0	41	18.3
12	21.5	27	22.0	42	20.2
13	24.0	28	20.9	43	22.9
14	21.9	29	19.2	44	21.2
15	20.8	30	18.9	45	19.9

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.23 試料(g)の測定結果(3)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 92.5\%$, $w=6.5\%$)

衝撃加速度の平均値	16.8	標準偏差	1.7	変動係数	10.2
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la
1	17.5	16	17.3	31	17.7
2	15.7	17	12.4	32	16.4
3	19.8	18	15.5	33	17.3
4	13.7	19	17.7	34	16.8
5	14.5	20	17.2	35	17.5
6	16.7	21	16.7	36	17.7
7	17.3	22	17.4	37	17.7
8	18.1	23	17.6	38	15.5
9	19.9	24	18.4	39	16.7
10	17.5	25	15.4	40	16.5
11	19.8	26	12.5	41	17.1
12	17.7	27	20.0	42	16.5
13	16.3	28	16.7	43	14.4
14	12.7	29	16.5	44	16.9
15	17.0	30	17.1	45	16.7

la: 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.24 試料(g)の測定結果(4)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 100\%$, $w=9.2\%$)

衝撃加速度の平均値	24.9	標準偏差	1.7	変動係数	7.0
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	24.0	16	23.0	31	23.2	46	26.0	61	22.9
2	27.5	17	24.8	32	27.8	47	25.6	62	28.1
3	25.9	18	25.8	33	26.5	48	22.8	63	26.2
4	25.0	19	28.0	34	23.5	49	28.0	64	23.5
5	25.5	20	26.0	35	24.0	50	26.1	65	24.0
6	21.0	21	22.6	36	23.9	51	22.8	66	22.6
7	22.7	22	23.8	37	27.5	52	23.6	67	26.4
8	28.3	23	27.1	38	25.7	53	24.4	68	24.5
9	26.4	24	24.5	39	24.7	54	27.0	69	22.8
10	23.5	25	23.7	40	23.5	55	23.7	70	23.8
11	25.5	26	22.9	41	26.5	56	22.5	71	24.6
12	22.4	27	24.4	42	26.0	57	25.9	72	27.2
13	23.4	28	27.4	43	22.7	58	25.0	73	23.9
14	26.1	29	26.1	44	24.5	59	25.7	74	23.9
15	28.2	30	24.5	45	23.8	60	24.7	75	22.7

la: 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.25 試料(g)の測定結果(5)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=9.2\%$)

衝撃加速度の平均値	17.7	標準偏差	1.6	変動係数	9.2
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	17.1	16	15.9	31	16.3	46	16.2	61	17.8
2	15.9	17	16.3	32	17.1	47	18.1	62	16.2
3	19.7	18	14.8	33	17.7	48	19.8	63	19.2
4	17.6	19	19.2	34	19.8	49	18.8	64	18.6
5	17.0	20	18.7	35	16.0	50	16.9	65	17.1
6	16.2	21	17.9	36	17.2	51	19.3	66	16.1
7	15.7	22	14.1	37	19.7	52	20.1	67	19.9
8	18.2	23	18.6	38	18.0	53	17.0	68	17.8
9	20.1	24	21.1	39	15.9	54	19.8	69	17.2
10	18.8	25	15.7	40	18.6	55	17.1	70	17.2
11	16.5	26	16.6	41	18.4	56	15.8	71	16.4
12	15.6	27	18.9	42	15.3	57	19.7	72	15.7
13	21.2	28	19.9	43	19.3	58	16.4	73	18.2
14	18.7	29	20.1	44	18.7	59	15.5	74	19.6
15	15.5	30	15.8	45	19.2	60	18.9	75	18.6

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.26 試料(g)の測定結果(6)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 92.5\%$, $w=9.2\%$)

衝撃加速度の平均値	14.9	標準偏差	1.4	変動係数	9.7
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la	No.	la	No.	la
1	14.5	16	12.0	31	15.7	46	15.6	61	15.6
2	16.5	17	15.6	32	18.0	47	13.9	62	14.0
3	15.7	18	15.7	33	15.8	48	15.9	63	16.1
4	15.1	19	11.4	34	16.6	49	14.7	64	13.6
5	14.2	20	18.5	35	14.2	50	15.7	65	13.9
6	13.7	21	15.9	36	15.7	51	14.2	66	15.3
7	16.1	22	15.3	37	15.5	52	14.0	67	14.3
8	17.3	23	14.4	38	15.9	53	15.8	68	14.5
9	13.6	24	18.2	39	15.7	54	14.3	69	16.0
10	15.9	25	13.9	40	13.7	55	15.8	70	14.0
11	12.1	26	17.4	41	13.9	56	13.8	71	14.7
12	14.2	27	15.9	42	15.7	57	14.3	72	15.8
13	11.8	28	12.0	43	14.0	58	14.1	73	13.8
14	14.0	29	11.6	44	14.5	59	15.3	74	14.3
15	16.5	30	13.7	45	16.8	60	14.4	75	15.2

la : 衝撃加速度 (インパクト値)

表-4.27 試料(g)の測定結果(7)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 97.5\%$, $w=11.9\%$)

衝撃加速度の平均値	17.1	標準偏差	1.8	変動係数	10.4
-----------	------	------	-----	------	------

No.	Ia	No.	Ia	No.	Ia
1	16.0	16	15.9	31	17.4
2	15.0	17	14.9	32	19.6
3	16.3	18	15.8	33	17.8
4	17.0	19	14.8	34	20.1
5	17.6	20	16.1	35	14.5
6	19.8	21	16.8	36	16.0
7	17.3	22	17.4	37	17.1
8	20.3	23	19.6	38	16.4
9	17.3	24	20.2	39	16.2
10	19.5	25	20.1	40	15.8
11	20.1	26	14.5	41	14.8
12	20.0	27	15.8	42	18.5
13	14.4	28	16.1	43	17.1
14	15.7	29	16.1	44	15.8
15	16.6	30	16.8	45	16.6

Ia: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.28 試料(g)の測定結果(8)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=11.9\%$)

衝撃加速度の平均値	14.8	標準偏差	1.5	変動係数	10.2
-----------	------	------	-----	------	------

No.	Ia	No.	Ia	No.	Ia
1	15.4	16	12.9	31	16.5
2	16.5	17	15.4	32	15.5
3	13.0	18	12.8	33	13.8
4	13.0	19	12.8	34	16.5
5	17.1	20	12.8	35	15.6
6	15.0	21	14.7	36	17.0
7	16.7	22	16.5	37	13.0
8	15.7	23	15.5	38	13.8
9	14.0	24	13.8	39	15.4
10	15.4	25	16.5	40	12.8
11	13.7	26	13.1	41	14.8
12	16.4	27	14.0	42	14.0
13	11.5	28	12.8	43	15.6
14	13.9	29	17.0	44	17.2
15	15.5	30	15.5	45	16.4

Ia: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.29 試料(g)の測定結果(9)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 92.5\%$, $w=11.9\%$)

衝撃加速度の平均値	12.5	標準偏差	1.3	変動係数	10.7
-----------	------	------	-----	------	------

No.	la	No.	la	No.	la
1	12.1	16	11.2	31	12.1
2	13.7	17	13.9	32	13.1
3	11.9	18	14.4	33	11.7
4	10.5	19	14.8	34	13.0
5	14.0	20	11.7	35	14.1
6	11.4	21	15.4	36	10.9
7	13.8	22	14.1	37	13.6
8	11.0	23	11.2	38	12.0
9	14.0	24	13.6	39	12.1
10	10.0	25	12.0	40	12.6
11	13.5	26	11.9	41	12.1
12	10.9	27	11.1	42	12.5
13	11.8	28	12.3	43	12.3
14	10.8	29	11.9	44	11.3
15	15.7	30	11.3	45	12.9

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.30 試料(j)の測定結果(1)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=13.5\%$)

衝撃加速度の平均値	13.1	標準偏差	1.1	変動係数	8.5
-----------	------	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	13.3	16	12.8	31	12.9
2	11.2	17	11.6	32	13.0
3	14.8	18	12.2	33	12.9
4	13.2	19	12.8	34	12.8
5	12.6	20	15.3	35	14.0
6	13.0	21	13.9	36	12.5
7	12.8	22	12.3	37	13.0
8	11.4	23	14.2	38	14.4
9	12.9	24	15.7	39	11.6
10	14.6	25	13.2	40	12.8
11	11.6	26	12.7	41	11.6
12	13.0	27	15.2	42	14.9
13	11.5	28	14.2	43	14.1
14	13.2	29	13.0	44	13.5
15	12.4	30	11.5	45	14.0

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.31 試料(j)の測定結果(2)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 90\%$, $w=13.5\%$)

衝撃加速度の平均値	9.6	標準偏差	0.7	変動係数	7.2
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	9.6	16	10.3	31	10.2
2	9.8	17	8.6	32	8.5
3	10.6	18	9.9	33	9.9
4	8.3	19	9.9	34	9.1
5	9.6	20	8.7	35	9.6
6	9.2	21	10.2	36	9.5
7	10.3	22	9.9	37	8.7
8	9.9	23	9.8	38	9.2
9	9.9	24	10.0	39	10.9
10	7.9	25	8.2	40	10.0
11	10.0	26	9.0	41	9.6
12	9.6	27	9.6	42	9.9
13	9.8	28	9.8	43	9.0
14	11.3	29	9.5	44	8.8
15	10.0	30	9.0	45	9.1

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.32 試料(j)の測定結果(3)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 95\%$, $w=15.5\%$)

衝撃加速度の平均値	8.8	標準偏差	0.6	変動係数	7.0
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	8.5	16	8.2	31	8.2
2	8.9	17	9.5	32	9.9
3	9.0	18	9.5	33	9.6
4	9.0	19	10.1	34	9.2
5	9.0	20	9.6	35	9.4
6	8.9	21	8.2	36	9.5
7	8.4	22	8.6	37	10.0
8	8.2	23	8.3	38	8.6
9	8.7	24	7.9	39	8.8
10	9.2	25	8.8	40	7.9
11	8.0	26	9.2	41	7.7
12	9.2	27	7.9	42	8.9
13	9.6	28	8.5	43	8.8
14	8.9	29	7.6	44	9.1
15	8.2	30	8.6	45	8.6

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.33 試料(j)の測定結果(4)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 90\%$, $w=15.5\%$)

衝撃加速度の平均値	5.9	標準偏差	0.4	変動係数	6.9
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	6.2	16	6.0	31	5.9
2	6.4	17	6.0	32	5.7
3	6.7	18	6.0	33	5.6
4	6.7	19	6.1	34	5.7
5	5.9	20	6.6	35	5.6
6	6.4	21	6.0	36	5.5
7	6.5	22	5.2	37	6.3
8	5.9	23	5.6	38	6.2
9	5.2	24	5.5	39	6.6
10	6.5	25	5.9	40	5.6
11	5.6	26	5.4	41	5.3
12	5.5	27	6.6	42	6.0
13	5.6	28	5.9	43	6.0
14	5.9	29	5.8	44	5.5
15	5.8	30	6.4	45	5.9

la: 衝撃加速度(インパクト値)

表-4.34 試料(j)の測定結果(5)

(締固め密度; $\rho_{dmax} \times 90\%$, $w=17.5\%$)

衝撃加速度の平均値	5.2	標準偏差	0.3	変動係数	5.3
-----------	-----	------	-----	------	-----

No.	la	No.	la	No.	la
1	5.4	16	5.4	31	5.0
2	5.1	17	5.2	32	5.1
3	5.0	18	5.3	33	5.1
4	5.1	19	5.0	34	5.2
5	5.0	20	5.2	35	5.2
6	5.1	21	5.3	36	6.0
7	6.0	22	5.5	37	5.2
8	5.3	23	5.1	38	5.1
9	5.2	24	5.0	39	5.1
10	5.6	25	5.1	40	5.8
11	5.2	26	5.2	41	5.0
12	5.1	27	5.1	42	5.0
13	6.0	28	5.0	43	5.4
14	5.8	29	5.1	44	5.0
15	5.1	30	5.2	45	5.2

la: 衝撃加速度(インパクト値)

(2) 測定地盤勾配の影響

衝撃加速度測定器（キャスポル）の測定値が地盤の傾斜によってどのように影響されるのかを室内試験を行って確認した。

1) 測定方法および結果

試験に用いた試料の物理特性を表-4.35 に、その粒度分布を図-4.7 に示す。また、締固め試験結果を図-4.8 に示す。

この試料を直径 250 mm の円形モールドに詰め、所定の密度（締固め度 $D_c=95\%$ 、乾燥密度 $\rho_d=1.872\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $w=10.4\%$ ）になるように締固めて供試体を作製した。

試験方法は、図-4.9 に示すように、供試体を $\theta=0\sim 30$ 度まで傾斜させてセットし、ランマー（重錘）が高さ 45cm から供試体の中央に落下するようにキャスポルを設置して、衝撃加速度を測定した。

表-4.36 に、それらの測定結果を示す。また、供試体の傾斜角を横軸に、衝撃加速度を縦軸に取って、測定値をプロットしたものを図-4.10 に示す。

この図から、傾斜角が $\theta=5$ 度までは供試体を傾斜させないときの測定値とほぼ等しいが、傾斜角が $\theta=10$ 度以上では徐々に値が小さくなっていることがわかる。

表-4.35 試料の物理特性

地盤材料の 工学的分類	土粒子の密度 ρ_s (g/cm^3)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)
砂 {S}	2.662	28.1	2.9	NP	NP

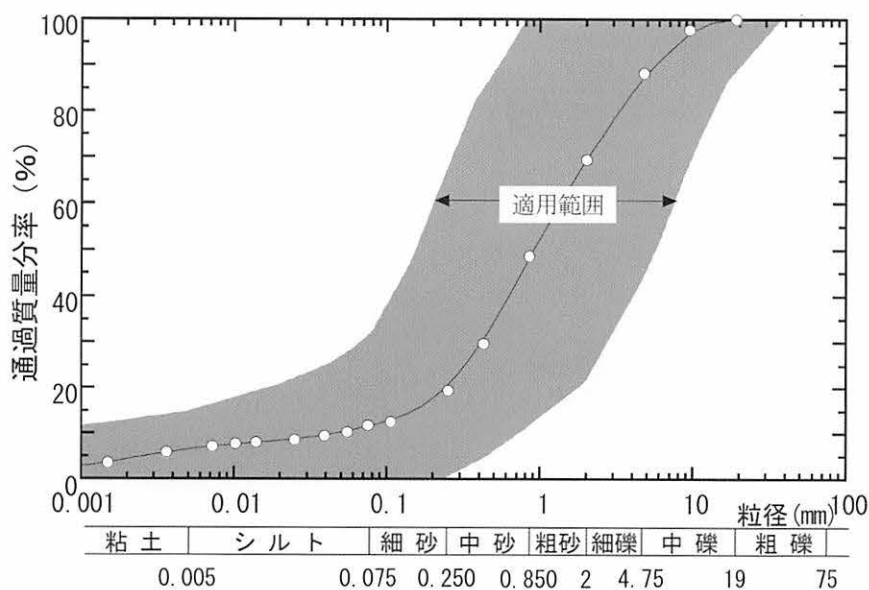


図-4.7 試料の粒度分布

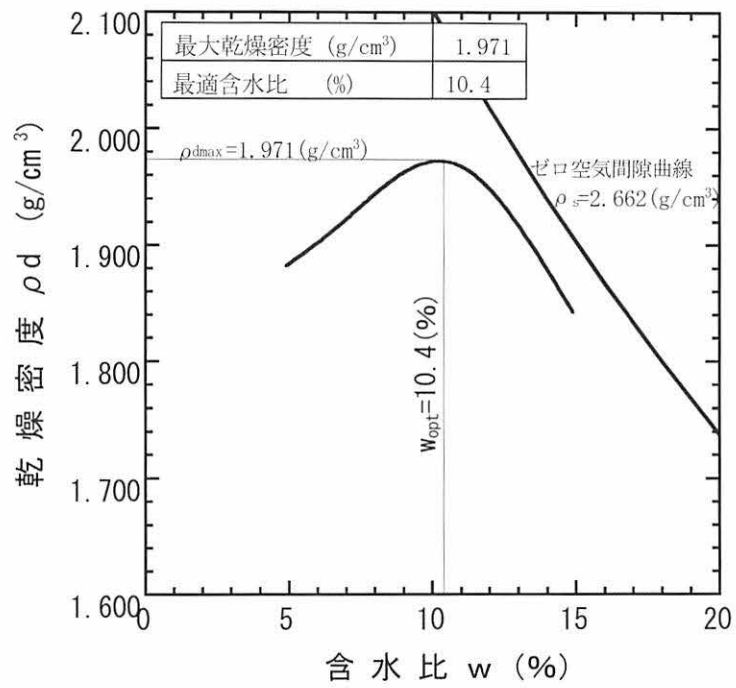


図-4.8 試料の締固め試験結果

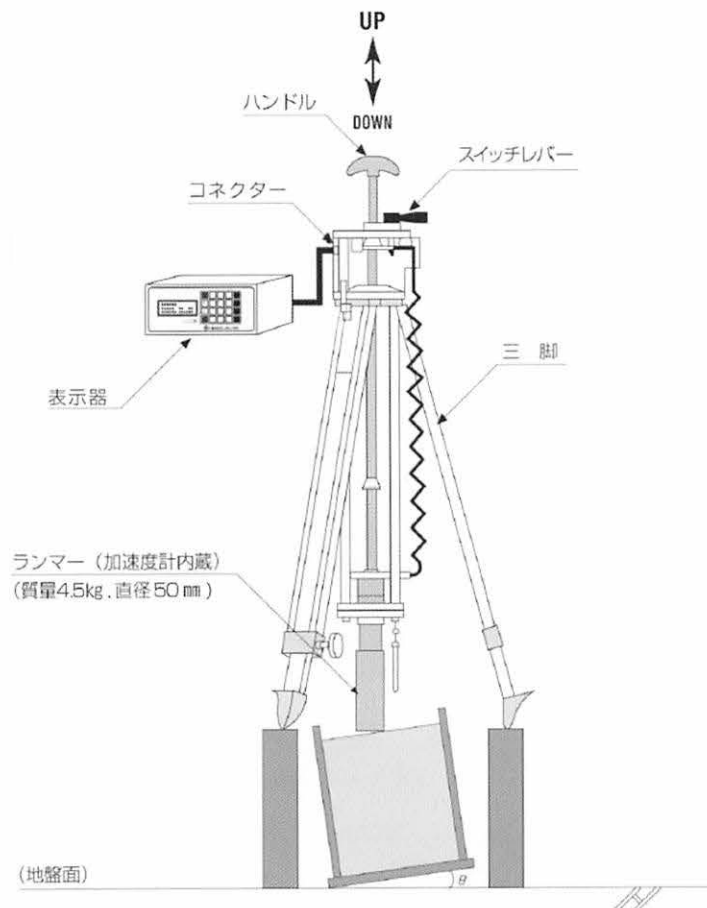


図-4.9 傾斜させた供試体の衝撃加速度測定状況

表-4.36 測定結果

No.	傾斜角 θ (度)	衝撃加速度 I_a (インパクト値)					平均
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
1	0.0	13.3	13.0	13.2	13.5	12.9	13.2
2	2.5	12.6	12.8	13.1	13.6	13.2	13.1
3	5.0	12.8	13.4	13.5	12.8	12.2	12.9
4	10.0	11.5	11.8	11.0	11.0	10.8	11.2
5	15.0	11.5	11.0	11.5	11.4	11.0	11.3
6	20.0	9.8	10.3	10.0	10.5	11.0	10.3
7	25.0	9.3	8.9	9.0	8.9	7.4	8.7
8	30.0	7.9	8.0	8.7	8.5	8.8	8.4

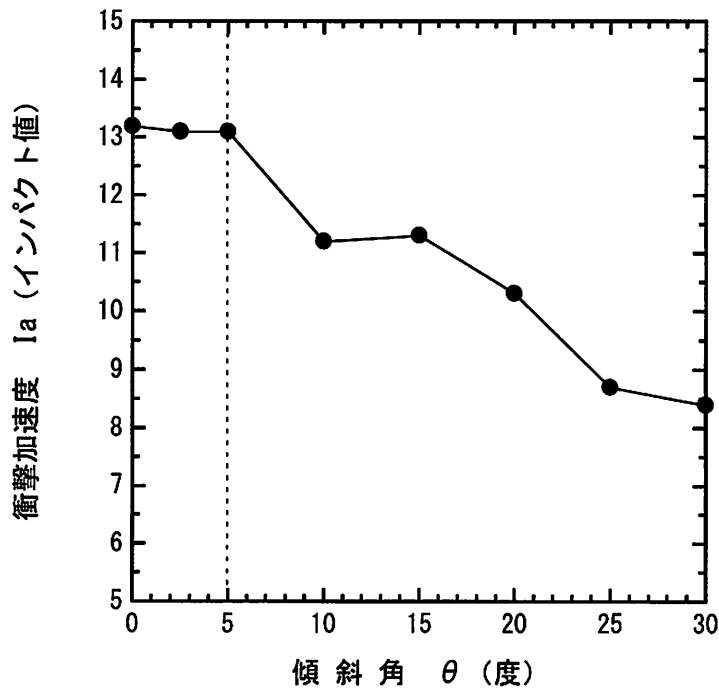


図-4.10 地盤の傾斜角による衝撃加速度値の変化

2)まとめ

以上のことから、地盤勾配が $\theta=5$ 度 (勾配 $i=8.7\%$) 以内であれば、平坦な地盤で測定した衝撃加速度と同じ値を示すことが確認された。

(3)測定深さの影響

衝撃加速度測定器（キャスポル）の測定値が地盤表面からどの程度の深さまでの状況を捉えているのかを、室内で供試体を作製し、それらについて衝撃加速度測定を行い確認した。

1)測定方法および結果

試験に用いた試料は、確認項目(2)で用いたものと同様のものを使用した。

試験は、次に示す2種類の項目について供試体を作製し、それらの衝撃加速度を衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定する方法で行った。

①同じ密度で高さが異なる供試体の測定値

直径 250 mm のモールドに高さ 2.5、5、10、15、20、25cm になるように同じ密度で締め付けた 6 種類の供試体を作製し、それらの衝撃加速度を測定した。

その測定結果を表-4.37 に示す。図-4.11 に、供試体の高さを横軸に、衝撃加速度を縦軸に取って測定値をプロットしたものを示す。

この図から、供試体高さが $h=20\text{cm}$ 以上では、衝撃加速度はほぼ一定値であることがわかる。

表-4.37 測定結果

No.	供試体の高さ h (cm)	衝撃加速度 I_a (インパクト値)					平均
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
1	2.5	24.5	23.4	23.3	21.5	25.0	23.5
2	5.0	18.9	16.8	17.7	17.0	16.4	17.4
3	10.0	12.8	14.1	12.8	12.9	13.3	13.2
4	15.0	12.9	13.0	12.3	12.3	13.6	12.8
5	20.0	12.4	13.3	12.4	12.1	13.3	12.7
6	25.0	12.6	12.3	13.2	12.4	13.1	12.7

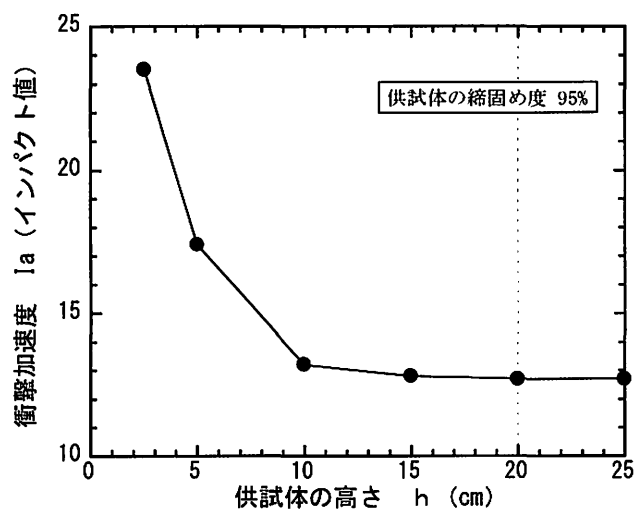


図-4.11 供試体の高さ と 衝撃加速度 と の 関係

②上層部と下層部を異なる2種類の密度で締固めた供試体の測定値

表-4.38に示すように、直径250mmのモールドに上層、下層の2層に分け、上下層の密度を変えた供試体と、上下層とも同じ密度の供試体を作製し、それらの供試体の衝撃加速度を衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定した。

その結果を表-4.39に示す。上層部の層厚を横軸に、衝撃加速度を縦軸に取って、供試体No.1～No.5の測定値をプロットしたものを図-4.12に示す。

この図から、上層部の層厚がh=20cmまでは衝撃加速度は徐々に大きくなっているが、それ以上の層厚では衝撃加速度はほぼ一定になっていることがわかる。

表-4.38 供試体の種類

供試体 No.	上層部			下層部			全層厚 h (cm)	上下層部の平均締固め度 ^(注-1) (%)
	層厚 h1 (cm)	含水比 (%)	締固め度 Dc (%)	層厚 h2 (cm)	含水比 (%)	締固め度 Dc (%)		
1	10	10.4	95.0	20	10.4	75.0	30	81.7
2	15	〃	〃	15	〃	〃	〃	85.0
3	20	〃	〃	10	〃	〃	〃	88.3
4	25	〃	〃	5	〃	〃	〃	91.7
5	30	〃	95.0	—	—	—	〃	95.0
6	10	〃	〃	10	〃	〃	20	85.0
7	〃	〃	〃	〃	〃	80.0	〃	87.5
8	〃	〃	〃	〃	〃	85.0	〃	90.0
9	〃	〃	90.0	〃	〃	80.0	〃	85.0
10	20	〃	95.0	—	—	—	〃	95.0
11	20	〃	90.0	—	—	—	〃	90.0

(注-1) 平均締固め度 = {(上層の締固め度 Dc) × (上層の層厚 h1) + (下層の締固め度 Dc) × (下層の層厚 h2)} ÷ (全層厚 h)

表-4.39 測定結果

供試体 No.	衝撃加速度 Ia (インパクト値)					平均
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
1	8.1	7.7	8.1	8.8	7.9	8.1
2	9.8	10.4	9.9	9.8	10.1	10.0
3	11.3	11.3	12.0	13.1	12.2	12.0
4	12.4	12.5	12.0	12.6	12.4	12.4
5	12.7	13.3	12.3	11.6	11.8	12.3
6	7.1	7.2	6.9	7.0	7.1	7.1
7	9.1	8.8	8.5	9.0	8.2	8.7
8	10.2	10.2	10.1	10.0	10.3	10.2
9	6.7	6.8	7.0	6.7	6.6	6.8
10	13.1	13.2	12.5	12.5	12.6	12.8
11	10.1	10.0	10.2	10.1	9.8	10.0

平均締固め度を横軸に、衝撃加速度を縦軸に取って、供試体No.6～No.11の測定値をプロットしたものを図-4.13に示す。

この図から、締固め度と衝撃加速度とはほぼ直線関係にあり、平均締固め度が同じであれば衝撃加速度値は同じであることがわかる。従って、衝撃加速度測定器（キャスポル）で求める衝撃加速度値は、測定面から深さ $h=20\text{cm}$ 間の地盤の平均的な締固め度を表している。

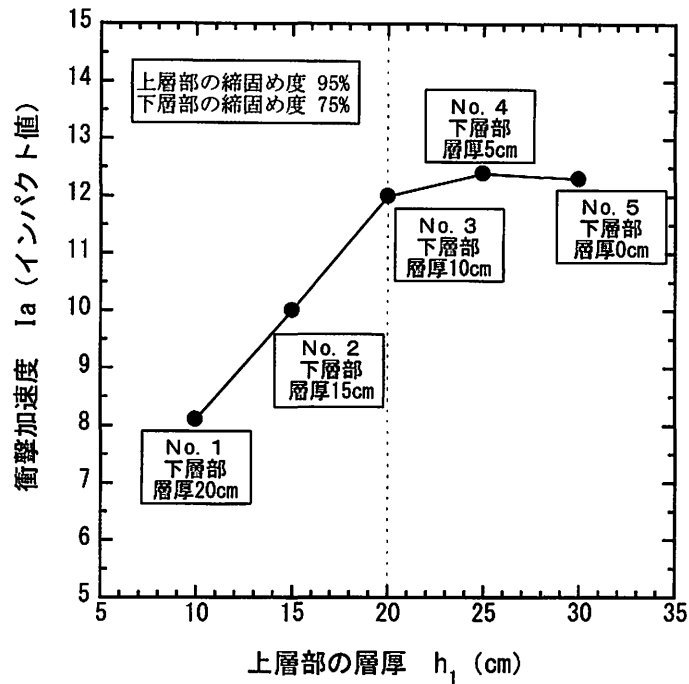


図-4.12 測定深さの検討（供試体 No. 1～No. 5 の測定値）

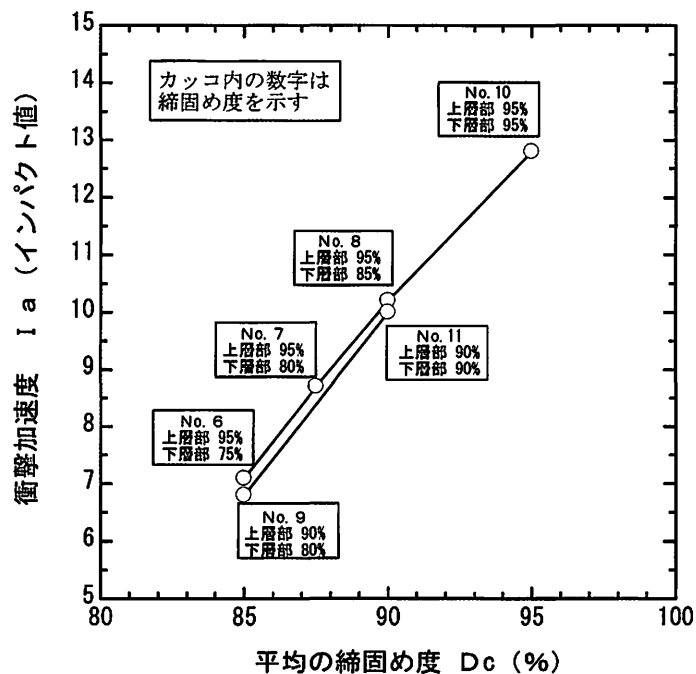


図-4.13 平均締固め度と衝撃加速度との関係（供試体 No. 6～No. 11 の測定値）

2)まとめ

衝撃加速度測定器（キャスポル）による測定可能範囲は、地表面から深さ $h=20\text{cm}$ であることが確認された。

4.2 測定の迅速性

衝撃加速度測定器（キャスポル）による測定手法は、従来の原位置試験の補完として迅速に測定結果を得ることができる。

4.2.1 確認方法

(1) 目的

衝撃加速度測定器（キャスポル）による測定手法は、従来の原位置試験の補完として迅速に測定結果を得ることができることを確認する。

(2) 確認方法

衝撃加速度測定器（キャスポル）による衝撃加速度の測定を実施し、衝撃加速度測定器（キャスポル）の設置からディスプレイ画面上への測定値の表示、メモリーへの保存までが即時に行えることを確認する。

4.2.2 確認結果

転圧機械で転圧した地盤の衝撃加速度を、衝撃加速度測定器（キャスポル）で測定している状況を写真-4.1に示す。また、測定した衝撃加速度値がディスプレイ画面上に即時に表示された状況を写真-4.2に示す。



写真-4.1 衝撃加速度測定器（キャスポル）による測定状況

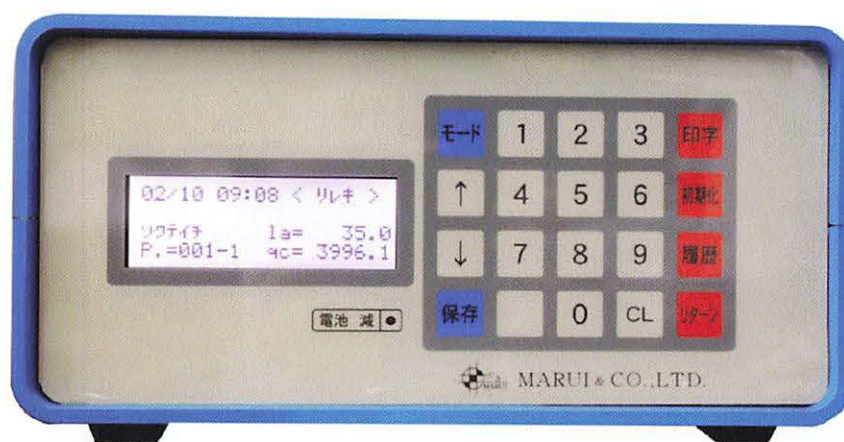


写真-4.2 測定値の表示状況

以上の結果から、衝撃加速度測定器（キャスポル）による衝撃加速度測定では、キャスポルの設置からディスプレイ画面上への測定値の表示、メモリーへの保存までを1分程度で行えることを確認した。

4.3 正しい結果の表示と再現性

衝撃加速度測定器（キャスポル）が正しい結果の表示と再現性を維持していることを、定期的な検定で確認することができる。

4.3.1 確認方法

(1) 目的

衝撃加速度測定器（キャスポル）が正しい結果の表示と再現性を維持していることを、定期的な検定で確認する。

(2) 確認方法

下記の項目を定期的な検定試験によって確認する。

1) 正しい結果の表示

衝撃加速度測定器（キャスポル）に使用している圧電型加速度計に、基準電気信号 0.0mV, 14.0mV, 28.0mV, 42.0mV, 56.0mV, 70.0mV の6段階を負荷し、圧電型加速度計の出力測定値との差（%）が±1%以内であれば、圧電型加速度計の出力測定値は直線性があり、正しい結果を表示していることとする。

2) 再現性

基準ゴム（*）を設置した基準受台に衝撃加速度測定器（キャスポル）を設置し、Ia 値の測定を5回×10回、計50回行い、その平均値が 20 ± 2 以内であれば、衝撃加速度測定器（キャスポル）に使用している圧電型加速度計は再現性があるとする。

*基準ゴムとは、JIS K 6301「加硫ゴム物理試験法」に規定された、スプリング式硬さ試験機A形による「硬さ」が、 70 ± 5 の性状を持つゴムで、直径が150mm、厚さが100mmのものである。

*基準ゴムは、年数が経つにつれ硬化するので、2年に一度は更新しなければならない。

(3) 留意事項

1) 定期検定の時期

定期的に検定を行い、正しい結果の表示と再現性を確認する。計量法施行規則（平成5年通商産業省令第65号）第九十三条ただし書きの規定に基づき、独立行政法人製品評価技術基盤機構が定める校正周期において、衝撃加速度測定器（キャスポル）に使用している圧電型加速度計の校正周期が2年と定められているため、検定年月日より2年が経過するまでに、購入先を通じて検定を受けなければならない。

2) 定期点検に不合格となった衝撃加速度測定器（キャスポル）への対応

不合格となった衝撃加速度測定器（キャスポル）は測定器を更新するか、加速度計を交換するか、何れかの対応を行わなければ、使用してはならない。

測定器を更新した場合、5桁の器物番号も更新される。加速度計を交換した場合は、5桁の器物番号は更新されず、末尾に加速度計の交換回数を枝番で追記する。

3) 検査成績証の発行

定期検定を受けた衝撃加速度測定器（キャスポル）には、検査成績証が発行される。

検査成績証には「形式番号」「製造年月日」「加速度計番号」「器物番号」「検定年月日」「検定場所」「検定者氏名」「検定合格番号」「検査結果（50回の落下試験の測定印字データのコピー）」「電気信号による検定（結果）」「最大値・最小値・平均値」「検定に使用したゴムの硬度」が明示されている。

この検査成績証は、検定年月日より2年以内の衝撃加速度測定器（キャスポル）は、正しい結果の表示と再現性が維持されていることを証明するものである。

検定年月日より2年以上経過している衝撃加速度測定器（キャスポル）は、正しい結果の表示と再現性が保証できないため、使用してはならない。

4.3.2 確認結果

図-4.14に、衝撃加速度測定器（キャスポル）の検査成績証（部分）の一例を示す。

製造年月日は、R2.05.29（2020）であり、検定年月日は、2022/06/22である。器物番号09468の衝撃加速度測定器（キャスポル）は、初めての検定であり、器物番号に枝番がないことから、加速度計は一度も交換していないことが伺える。

電気信号による測定差（%）は-0.18～0.71、落下試験の平均値は19.7と、検定結果は合格である。この器物番号09468の衝撃加速度測定器（キャスポル）は正しい結果の表示と再現性が維持されていることが確認された。

衝撃加速度測定器（キャスポル）で使用している圧電型加速度計の校正周期が、2年と計量法で定められていることから、2年以内に検定を受け、合格した衝撃加速度測定器（キャスポル）は、正しい結果の表示と再現性が維持されていると確認される。

簡易支持力測定器 検定成績証

形式番号	MIS-244-0-62	検定年月日	2022/06/22
製造年月日	R2.05.29	検定場所	株式会社 マルイ
加速度計番号	BL96	検定者氏名	岡本隆司 岡本
器物番号	09468	検定合格番号	2006081631

●検査結果

<p>P_s-001-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>20.0</td><td>27.3</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>20.0</td><td>27.3</td></tr> <tr><td>4</td><td>20.0</td><td>27.3</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.6</td><td>26.7</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.8 27.1 MAX 20.0 27.3 MIN 19.6 26.7</p>	No	Ia	CBR	1	20.0	27.3	2	19.8	27.0	3	20.0	27.3	4	20.0	27.3	5	19.6	26.7	<p>P_s-004-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.6</td><td>26.7</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.6</td><td>26.7</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.6 26.7 MAX 19.8 27.0 MIN 19.5 26.5</p>	No	Ia	CBR	1	19.8	27.0	2	19.7	26.8	3	19.5	26.5	4	19.6	26.7	5	19.6	26.7	<p>P_s-007-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.9</td><td>27.1</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.7 26.9 MAX 19.9 27.1 MIN 19.5 26.5</p>	No	Ia	CBR	1	19.8	27.0	2	19.5	26.5	3	19.9	27.1	4	19.8	27.0	5	19.7	26.8	<p>P_s-009-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.4</td><td>26.3</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.6 26.7 MAX 19.7 26.8 MIN 19.4 26.3</p>	No	Ia	CBR	1	19.4	26.3	2	19.7	26.8	3	19.7	26.8	4	19.7	26.8	5	19.5	26.5
No	Ia	CBR																																																																									
1	20.0	27.3																																																																									
2	19.8	27.0																																																																									
3	20.0	27.3																																																																									
4	20.0	27.3																																																																									
5	19.6	26.7																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.8	27.0																																																																									
2	19.7	26.8																																																																									
3	19.5	26.5																																																																									
4	19.6	26.7																																																																									
5	19.6	26.7																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.8	27.0																																																																									
2	19.5	26.5																																																																									
3	19.9	27.1																																																																									
4	19.8	27.0																																																																									
5	19.7	26.8																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.4	26.3																																																																									
2	19.7	26.8																																																																									
3	19.7	26.8																																																																									
4	19.7	26.8																																																																									
5	19.5	26.5																																																																									
<p>P_s-002-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.7 26.8 MAX 19.8 27.0 MIN 19.5 26.5</p>	No	Ia	CBR	1	19.8	27.0	2	19.7	26.8	3	19.8	27.0	4	19.5	26.5	5	19.7	26.8	<p>P_s-005-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.6 26.8 MAX 19.8 27.0 MIN 19.5 26.5</p>	No	Ia	CBR	1	19.5	26.5	2	19.8	27.0	3	19.8	27.0	4	19.8	27.0	5	19.5	26.5	<p>P_s-008-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.6 26.8 MAX 19.8 27.0 MIN 19.5 26.5</p>	No	Ia	CBR	1	19.7	26.8	2	19.8	27.0	3	19.7	26.8	4	19.7	26.8	5	19.5	26.5	<p>P_s-010-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.9</td><td>27.1</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.4</td><td>26.3</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.7 26.8 MAX 19.9 27.1 MIN 19.4 26.3</p>	No	Ia	CBR	1	19.9	27.1	2	19.8	27.0	3	19.7	26.8	4	19.8	27.0	5	19.4	26.3
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.8	27.0																																																																									
2	19.7	26.8																																																																									
3	19.8	27.0																																																																									
4	19.5	26.5																																																																									
5	19.7	26.8																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.5	26.5																																																																									
2	19.8	27.0																																																																									
3	19.8	27.0																																																																									
4	19.8	27.0																																																																									
5	19.5	26.5																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.7	26.8																																																																									
2	19.8	27.0																																																																									
3	19.7	26.8																																																																									
4	19.7	26.8																																																																									
5	19.5	26.5																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.9	27.1																																																																									
2	19.8	27.0																																																																									
3	19.7	26.8																																																																									
4	19.8	27.0																																																																									
5	19.4	26.3																																																																									
<p>P_s-003-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.4</td><td>26.3</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.6</td><td>26.7</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.8</td><td>27.0</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.6 26.7 MAX 19.8 27.0 MIN 19.4 26.3</p>	No	Ia	CBR	1	19.4	26.3	2	19.5	26.5	3	19.7	26.8	4	19.6	26.7	5	19.8	27.0	<p>P_s-006-5</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>No</th><th>Ia</th><th>CBR</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>19.6</td><td>26.7</td></tr> <tr><td>2</td><td>19.5</td><td>26.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>19.4</td><td>26.3</td></tr> <tr><td>4</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>19.7</td><td>26.8</td></tr> </tbody> </table> <p>AVE 19.5 26.6 MAX 19.7 26.8 MIN 19.4 26.3</p>	No	Ia	CBR	1	19.6	26.7	2	19.5	26.5	3	19.4	26.3	4	19.7	26.8	5	19.7	26.8																																						
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.4	26.3																																																																									
2	19.5	26.5																																																																									
3	19.7	26.8																																																																									
4	19.6	26.7																																																																									
5	19.8	27.0																																																																									
No	Ia	CBR																																																																									
1	19.6	26.7																																																																									
2	19.5	26.5																																																																									
3	19.4	26.3																																																																									
4	19.7	26.8																																																																									
5	19.7	26.8																																																																									

電気信号による検定			コンクリート製 800×800×150 mm 強度120N 基準受台による検査	
基準値	測定値	差(%)	最大値	20.0
0.0	0.0		最小値	19.4
14.0	14.1	0.71	平均値	19.7
28.0	28.1	0.36	平均値が 20±2 以内を合格とする。	
42.0	42.1	0.24	※基準ゴムとは、JIS K 6301「加硫ゴム物 理試験方法」に規定された、スプリング式 硬さ試験機 A 形による「硬さ」が、70±5 の 性状を持つゴムで、直径が 150mm、厚さが 100mmのもの。	
56.0	55.9	-0.18		
70.0	69.9	-0.14		
±1%以内を合格値とする。				
検定に使用した基準ゴムの硬度		71		



図-4.14 検定試験結果

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所編：簡易支持力測定器（キャスポル）利用手引き
平成17年6月
- 2) 国土交通省近畿違法整備局近畿技術事務所編：簡易支持力測定器による試験方法
平成8年5月

参考資料

各地盤定数と衝撃加速度測定器（キャスポル）で得られた I_a 値との一次回帰式と相関係数を表-参.1に示す。

表-参.1 各地盤定数と I_a 値の一次回帰式

地盤定数	一次回帰式	相関係数
CBR 値 (%)	$CBR = -4.945 + 1.615I_a$	$r = 0.92$
粘着力 c (kN/m ²)	$c = 0.785 + 7.073I_a$	$r = 0.95$
せん断抵抗角 ϕ (°)	$\phi = 15.18 + 0.974I_a$	$r = 0.88$
地盤反力係数 K_{30} (MN/m ³)	$K_{30} = -37.58 + 8.554I_a$	$r = 0.92$
コーン指数 q_c (kN/m ²)	$q_c = -354.1 + 124.3I_a$	$r = 0.87$

注) 出典：国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所編：簡易支持力測定器（キャスポル）
利用手引き平成17年6月

付属資料 1

測定器使用マニュアル作成委員会基準（案）
「簡易支持力測定器による試験方法」

測定器使用マニュアル作成委員会基準(案)

「簡易支持力測定器による試験方法」

(第1版)

平成8年5月



近畿地方建設局 近畿技術事務所

序 文

近年、建設省が推進する施策の1つの柱に「社会資本を支える技術開発」がとりあげられている。建設事業においては高品質で経済性に優れ、かつ、安全な公共構造物の構築が求められていると言えよう。このような時期に阪神・淡路大震災が勃発し、多くの大規模構造物の損傷・損壊、並びに無数の小規模構造物の大被害をもたらした。これを契機に公共構造物の品質と安全性に言及する世論が高まってきている。

一般に構造物の設計に際して、事前に基礎地盤の特性を把握することは極めて重要である。現実問題として、地盤特性例えば支持力を測定する原位置試験の多くは、相当な規模の反力装置を必要とし、しかも結果の判定までに長時間を要するという難点を抱えている。そのため、小規模構造物においては、試験による支持力の確認を行うことなく、周辺地盤の支持力を代用したり、経験による支持力の推定が行われたこともある。このことが被害増大に繋がったことは否めない。構造物が一度変形・損傷を受けた場合、その復旧には多くの費用と時間を浪費しなければならない。以上のような理由で、簡易的であっても、原位置試験の実施が可能な支持力測定器の開発が望まれてきた。

今回、建設省近畿技術事務所と(株)浅沼組が共同開発を行い、本委員会が「使用マニュアル」を作成した簡易支持力測定器は、ある程度限られた条件のもとであっても地盤特性を把握し、良質な構造物の構築に寄与できるものと思われる。

平成 8 年 3 月 30 日

「簡易支持力測定器使用マニュアル作成委員会」委員長

工学博士 神戸大学名誉教授 谷 本 喜 一

マニュアル作成委員会

- 委員長 谷 本 喜 一
(神戸大学名誉教授)
- 委 員 森 岡 崇 剛
(建設省近畿地方建設局主任工事検査官)
- 伊 藤 利 和
(建設省近畿地方建設局企画部技術調査課課長)
- 北 村 達 男
(建設省近畿地方建設局企画部技術管理課課長)
- 花 岡 信 一
(建設省近畿地方建設局道路部道路工事課課長)
- 渡 邊 徹 三
(建設省近畿地方建設局河川部河川工事課課長)
- 輕 尾 助 夫
(建設省近畿地方建設局近畿技術事務所所長)
- 浦 上 康 文
(建設省近畿地方建設局近畿技術事務所副所長)
- 坂 元 稔
(兵庫県西宮土木事務所公園砂防課副課長)
- 本 郷 隆 夫
(財団法人 大阪土質試験所副所長)
- 大 沼 忠 義
(株式会社 淺沼組本社土木本部技術部部長)
- 事務局 岸 田 明 雄
(建設省近畿地方建設局近畿技術事務所材料試験課課長)
- 雀 部 和 男
(建設省近畿地方建設局近畿技術事務所材料試験課第一係長)
- 淺 田 毅
(株式会社 淺沼組本社技術研究所主任)
- 溝 口 義 弘
(株式会社 淺沼組本社技術研究所主任)

目 次

§ 1	まえがき	1
§ 2	測定器使用マニュアル作成委員会基準（案） 「簡易支持力測定器による試験方法」	1
1	総 則	1
2	試験用具	2
3	試験方法	2
4	試験結果の記録	2
5	測定器の検定方法	2
§ 3	試験方法の解説	3
§ 4	試験結果の解釈	3
1	施工管理方法について	3
2	インパクト値（Ia値）について	4
3	インパクト値測定試験の適用範囲	4
(1)	礫質土に適用する場合	4
(2)	粘性土に適用する場合	5
4	インパクト値（Ia値）の利用方法	5
(1)	インパクト値の管理基準値によって施工管理を行う方法	5
(2)	補完用試験として使用する方法	6
(3)	回帰式（あるいは経験式など）を使用する方法	6
§ 5	あとがき	7
[参考資料]		
1	室内でのインパクト値（Ia値）測定試験	9
2	インパクト値（Ia値）と土の強度特性を示す値との関係	9

§ 1. まえがき

擁壁などの構造物を構築する場合、その構造物の基礎を設計するにあたって基礎地盤の強度および変形などの力学特性を調査する必要がある。

基礎地盤の力学特性の調査法には(1)平板載荷試験、現場CBR試験などによって、直接調べる方法、(2)基礎地盤から不攪乱試料を採取して、室内の土質試験によって調べる方法、および(3)コーン貫入試験、球体落下試験などのように、間接的に求める方法等がある。

(1)の方法においては、大きな反力が必要で試験そのものが煩雑であり、結果がわかるまでにかなりの時間を要する。また、施工場所によっては、これらの試験をするための反力装置などが設置できないため、試験をすることができないケースもある。

(2)の方法では、土質によっては不攪乱試料の採取が困難であったり、試料の整形時の乱れは避けられず、この方法も結果が求まるまでにかなりの時間を要する。

このようなことが背景となって、地盤の支持力を求める有効な試験方法として衝撃加速度法による測定手法を取り上げ、検討してきた。

衝撃加速度法とは、加速度計を内蔵したランマー（重錘）を一定の高さから地盤上に自由落下させ、そのランマーが地盤に衝突する際に得られる衝撃加速度の最大値を地盤反力係数などと相関させる方法である。

また、この方法は、①測定器の操作が簡単で、測定時間が短く結果がすぐにわかる、②測定器が軽量で持ち運びに便利である、③試験に反力を必要とせず、狭い空間でも使用できるなどの特徴を有している。

したがって、基礎地盤の支持力の分布が短時間のうちに得られ、構造物の沈下などの防止に役立つとともに、施工の効率化をはかることもできる。

また、従来の試験では装置を設置することができないなどの理由で、支持力を測定しないで経験に頼っていた箇所などの測定にも役立つものと思われる。

なお、本マニュアルは建設省近畿技術事務所とマニュアル作成委員会(委員長 谷本喜一)が行った一連の調査・研究に基づいて取りまとめたものである。

このマニュアルの中には、開発した測定器から求まる衝撃加速度とCBR値などとの間には高い相関関係があることが示され、この測定器を使えば基礎地盤の相対的な評価を的確に行うことができるので、現場での施工管理用または従来の原位置試験の補完用測定器として、活用できると考えている。

§ 2. 測定器使用マニュアル作成委員会基準(案) 「簡易支持力測定器による試験方法」

Testing Method with Simple Instrument for Measuring Bearing Capacity of soil Ground

1. 総 則

1. 1 試験の目的

この試験は、簡易支持力測定器を使用して、衝撃加速度法によるインパクト値を調べ、地盤の支持力や締固め状態を求めることを目的とする。

1. 2 適用範囲

大きな礫を多く含まない土質材料を対象とする。

1. 3 用語の定義

衝撃加速度法によるインパクト値（ I_0 値）とは加速度計を内蔵したランマーを自由落下させて、そのランマーが地盤に衝突する際に測定した加速度の最大値をいう。

【付帯条項】

1. 2 礫の最大粒径は37.5mm（マニュアル作成委員会が行った一連の試験結果によって定めた）で10mm以上の礫を30%以上含まない土質材料とする。

1. 3 インパクト値の呼称の英訳（Impact Acceleration value）を略して、 I_0 値とする。

また、インパクト値を以下のように定める。

インパクト値(I_0)=加速度(gal)/(2.78×980)(gal)

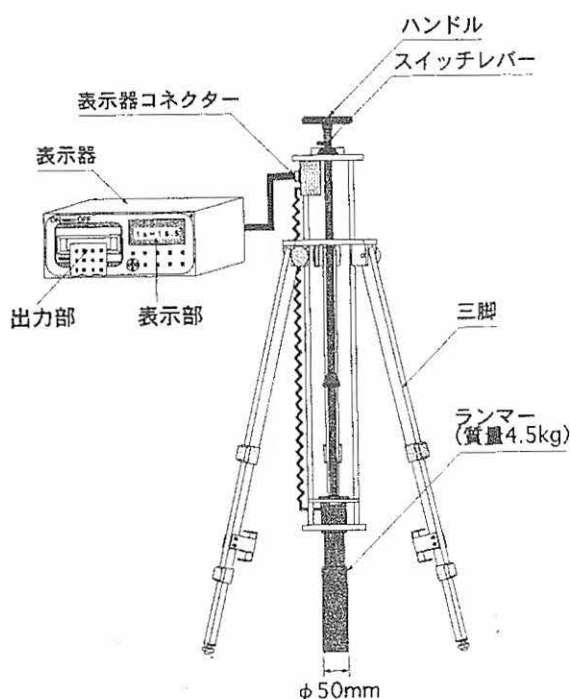
2. 試験用具

簡易支持力測定器は、ランマー、本体部、表示部および出力部から構成される。

- (1) ランマー 鋼製で、先端が外径50mmの円筒形をしたもので、その内部に加速度計を内蔵した質量が4.5kgのもの。
- (2) 本体部 鋼製で、ランマーを45cmの高さに保持して、それを自由落下させる構造を有するもの。
- (3) 表示部 I_p 値、CBR値、土のせん断抵抗角などを表示できるもの。
- (4) 出力部 I_p 値、CBR値、土のせん断抵抗角などを印字できるもの。

【付帯条項】

2. 簡易支持力測定器を図-1に示す。測定器は、所定の検査機関（建設省近畿技術事務所）の認定を受けたものを用いる。



3. 試験方法

3.1 測定位置の選定

測定位置は平坦な箇所を選ぶ。なお、そのような箇所が見当たらない場合は、地盤面を

できるだけ乱さないようにハンドスコップ、直ナイフなどで平らに整形するか、または試験用砂を薄く散布して平坦に仕上げる。

3.2 測定器の設置

ランマーが測定地盤に対して鉛直に落下するように、測定器を設置する。

3.3 表示部および出力部の準備

- (1) 電源を入れ、表示部および出力部が正常に機能することを確認する。
- (2) 表示部の画面に従って、測定結果を表示する項目などを入力する。

3.4 測定

測定は、以下の順序に従って行う。

- (1) ランマーを所定の位置まで引き上げ、ストッパーに固定する。
- (2) ストッパーを解除して、ランマーを自由落下させる。
- (3) 測定結果をデータシートに記入する。

【付帯条項】

- 3.4.1 箇所あたりの測定回数は、20cm程度の間隔で5回測定する。また、必要があれば、測定結果を出力部に出力させる。

4. 試験結果の記録

試験結果について、以下の事項を記録する。

- (1) 測定器の番号
- (2) インパクト値および測定地点の状況
- (3) 本基準と部分的に異なった方法を用いた場合はその内容
- (4) その他、特記すべき事項

【付帯条項】

- (2) インパクト値から推定した値（CBR値、せん断抵抗角など）を報告する。
- (3)、(4) 必要に応じて報告する。

5. 測定器の検定試験

この条項は、測定器を検定する際の検定用具およびその検定方法について示す。

5. 1 検定時のランマー受台

JIS K 6301「加硫ゴム物理試験方法」に規定されたスプリング式硬さ試験機A形による「硬さ」が、70±5の性状を持つゴムで、直径が150mm、厚さが100mmのもの。

5. 2 検定方法

- (1) 5. 1に規定するランマー受台を、厚さ15cm以上の平坦なコンクリート版の上に置く。
- (2) ランマーが45cmの高さから受台の中心に落下するように、測定器を設置する。
- (3) 測定器によるインパクト値の測定を50回以上行う。
- (4) 測定したインパクト値の平均値が所定の範囲にあることを確認する。

【付帯条項】

5. 測定器を所定の機関（建設省近畿技術事務所）で定期的に検定しなければならない。

5. 1 ランマー受台のゴムは年数が経つにつれて硬くなるので、2年に1度はゴムを更新しなければならない。

§ 3. 試験方法の解説

この測定器は、質量4.5kgのランマー（重錘）を45cmの高さから地盤に自然落下させたときに生ずる衝撃加速度を、ランマーに内蔵した加速度計で測定する方式になっている。

したがって、ランマーが測定器の脚などに触れて落下した場合、ランマーが傾いたまま落下した場合、あるいは凹凸の多い地盤に落下した場合は、ランマーの底面全体が均等に地盤面に当たらないなどのために正しい測定値が得られない。

そこで、この測定器を使って現場で測定する場合、以下のことに注意することが必要である。

- (1) ランマーが所定の高さから地盤面に鉛直に落下するように、測定器を設置する。
- (2) 測定する地盤面に凹凸があれば、その地盤をできるだけ乱さないように直ナイフ・ハンドスコップなどで平らに整形する。

(3) ランマーが礫に直接当たると測定値が大きい値を示し、その地盤の支持力を過大に評価することになるので、礫を避けた地点を選んで測定する。

(4) ランマーに付着した土などは、きれいに拭き取って測定する。特に、ランマーの底面に土などが付着していると、その底面全体が測定地盤に当たらず、正しい測定値が得られないので十分注意する。

§ 4. 試験結果の解釈

1. 施工管理方法について

地盤の工学的な性質を知るための強度および変形特性試験は、試験に大きな反力が必要であり、結果の判定に時間を要し、試験方法も煩雑である。

1995年7月に改訂された「地盤調査法(組)地盤工学会編」の中においては、現場CBR試験、平板載荷試験、標準貫入試験、およびコーン貫入試験などの試験により強度定数などを求めるように定めている。

表-1は、参考文献1)をもとに、地盤の支持力特性を調査するための試験方法を列挙したものである。

この表のなかで、(1)、(2)の試験方法は、地盤の支持力特性を直接的に測定する直接法であるのに対し、(3)~(7)は、支持力特性の工学的な結果が簡易に推定できる間接法である。この内、(7)に示した測定方法は施工現場において、リアルタイムに地盤の支持力特性などを評価することができる。

開発した測定器による測定法は、表-1の(7)に属し、能登繁幸ら(参考文献2))及びその他の衝撃加速度法を検討、改良、発展させたものである。

この衝撃加速度法は、ランマーが地盤に衝突したときの反発を一義的に加速度として捉えたものである。

これまでの研究報告(参考文献3))などから、この方法によって得られた衝撃加速度は、表-1で示した直接法から求められる現場CBR値、土の強度定数などと実験的に良い相関性があることが報告されている。

開発した測定器は従来の機種にランマーのストッパー、センターライズ機構などを新たに取付けて、「試験結果がすぐにわかる」、「現場で大きな反力が必要でない」、「小型で軽量である」、「操作が簡単である」などの特長をさらに向上させたものである。

表-1 地盤の支持力特性を調査するための試験方法の種類

No.	方 法	原 理 お よ び 特 徴	適用土質	使用状況	測定方法の基準
			礫、砂、粘土		
(1)	平板載荷試験	静的載荷による支持力特性の調査	←→	○	JIS A 1215 JGS 1521
(2)	現場 CBR 試験	静的載荷による支持力特性の調査	←→	○	JIS A 1222
(3)	ポータブルコーン貫入試験	コーンの静的貫入抵抗を測定	←→	△	JGS 1431
(4)	ブルフローリング試験	タイヤローラなどの転圧車輪による変形量を、目視で締固め不良箇所を調査	←→		建設省 日本道路公団
(5)	球体落下試験	球体の落下時のくぼみ変形を測定	←→	△	北海道開発局
(6)	横方向ロード載荷試験	土中に貫入させたロッドに水平載荷を行って、せん断強度、変形などを測定	←→		
(7)	振動応答特性の測定	重錘落下時の衝撃加速度、インピーダンス、振動載荷時の応答加速度などから間接測定	←→	△	北海道開発局

○：よく用いられている

△：用いられている

したがって、従来の機種に比べて測定値のばらつきが少なく、正しい測定値が得られるので、この測定器を土木工事に広く使用して、さまざまな土質材料の強度特性などと衝撃加速度との相関関係を求めていくことによって、現場での施工管理などの精度の向上および迅速化がはかられ、施工の効率化につながると考える。

2. インパクト値 (I_a値) について

この衝撃加速度法によって求まるインパクト値 (I_a値) は、地盤支持力などの力学的特性が良好であるほど大きな値を示すことが容易に推定できる。

この値 (I_a値) を施工管理などの基準値として使うためには、I_a値と土の強度特性値などとの関連式を求める必要があるが、この両者間には完全な理論的解析がなされているわけではないので、室内および現場で試験を行って相関式を求めたり、既存の相関式を利用しなければならない。

したがって、インパクト値を用いて施工管理などを行う場合、その構造物の重要性、経済性などを総合的に考えて適用することが大切である。

3. インパクト値測定試験の適用範囲

総則の項で述べたように、この試験は大きな礫を多く含まない土質材料を対象に適用するものであるが、礫質土および粘性土に用いる場合は、以下の事に注意して適用しなければならない。

(1) 礫質土に適用する場合

インパクト値測定試験では、ランマーが礫に直接当たるとインパクト値が通常の値より大きい値を示す。

そこで、①礫の寸法、②礫の位置 (深さ方向)、および③礫の個数などによって、I_a値がどのように変化するかを調べた。

① 礫の寸法による I_a値の変化

平均粒径がφ5.8mm～φ76.7mmの7種類の礫に、ランマーが直接当たったときの I_a値の変化を図-2に示しているが、礫の平均粒径が大きくなると I_a値が大きい値になっていることがわかる。

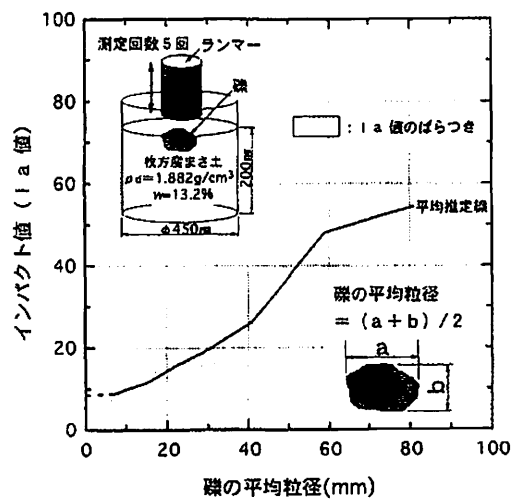


図-2 礫径による I_a値の変化

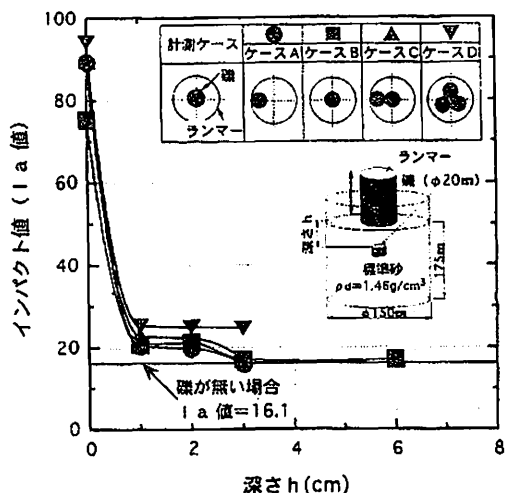


図-3 礫の位置によるI_a値の変化

② 礫の位置（深さ方向）によるI_a値の変化

礫が地表面から順次深くなっていくにつれて、I_a値がどのように変化するかを調べたものを図-3に示しているが、礫の数量に関係なく、礫が地表面から1cm以深にあれば、礫の影響を受けないことがわかる。

③ 礫の個数によるI_a値のばらつき

ランマーに当たる礫の数が多くなるにつれて、I_a値のばらつきがどのようになるかを調べたものを図-4に示しているが、礫の数が多くなればI_a値の変動係数が大きくなっていることがわかる。このことは、ランマーに当たる礫の数が多くなると、測定器の測定精度が悪くなることを示している。

したがって、できるだけ多く（1測点あたりの測定を5回以上）の測定値を求めて、I_a値の平均化をはかることが大切である。

また、測定したI_a値が異常値と判断される場合、地表面から深さ1cm以内の位置に直径20mm以上の礫があることが多いので、その地点を掘って礫の有無などを確認するとともに再測することが必要である。

これらのことを考慮して、最大粒径が37.5mm（締固め試験において扱最大粒径）で、10mm以上の礫が30%程度含んだ土質材料であれば、測定器のI_a値にほとんど影響を与えないと考えた。

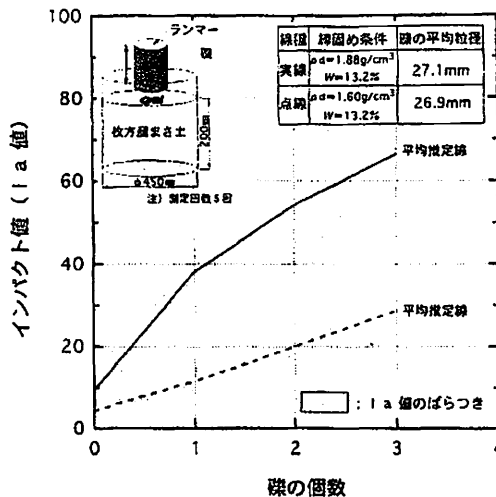


図-4 礫の個数によるI_a値の変化

(2) 粘性土に適用する場合

粘性土の場合は、一般にインパクト値は低い値を示すので、測定器の精度について十分検討して使用しなければならない。

4. インパクト値（I_a値）の利用方法

前述したように、この測定試験は、試験装置が小型計量で、操作が簡単であり、結果が即座に得られるなどの利点があるが、インパクト値を一般に使用されている土の強度特性値などに変換しなければならないので測定値の精度を考慮して用いることが必要である。

インパクト値の利用法として、3つの方法を以下に示す。

(1) インパクト値の管理基準値によって施工管理を行う方法

室内において盛土材などのインパクト値測定試験を行って、規定された強度基準値に対するインパクト値を求め、それによって施工管理を行う方法である。

図-5に、インパクト値を用いた施工管理のフローチャートを示す。

ここで述べた“締固め曲線と盛土材の自然含水比から15種類の試料を製作して施工管理に用いる強度定数などを求める方法”を“15点法”と呼んでいるが、この方法については参考文献3)を参照されたい。

また、この方法は、比較的規模の大きい盛土工事などに適用する方法として、最適な施工管理方

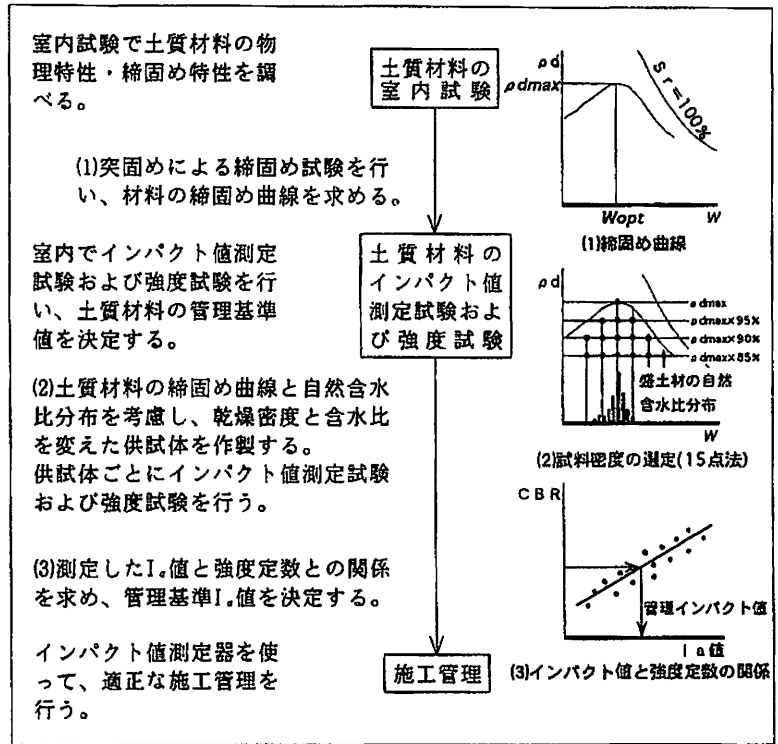


図-5 インパクト値を用いた施工管理フローチャート

法と考えられるが、この方法では、盛土材料ごとにそれぞれ管理基準値を求める必要がある。

(2) 補完用試験として使用する方法

この方法は、平板載荷試験、CBR試験などの補完試験と同時に測定器を使用するものであり、(1)で述べた管理基準値となるインパクト値を求める室内試験を省略することができる。

したがって、この方法では、管理基準値とインパクト値に関するデータを十分検討した上で用い

ることが必要である。

(3) 回帰式(あるいは経験式など)を使用する方法
この方法は、小規模な土工事に対して適用する方法で図-6および図-7に示す回帰式によって、CBR値、せん断抵抗角などを推定するものである。

また、この方法を適用する場合、これらの図の中で示した危険率(α)が0.05の信頼下限を使用することも1つの方法である。

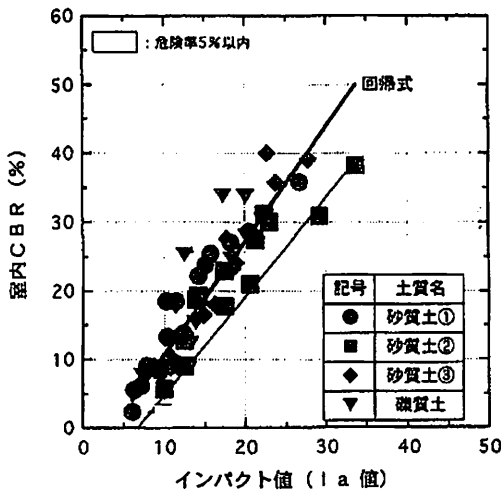


図-6 インパクト値(I。値)とCBRの関係

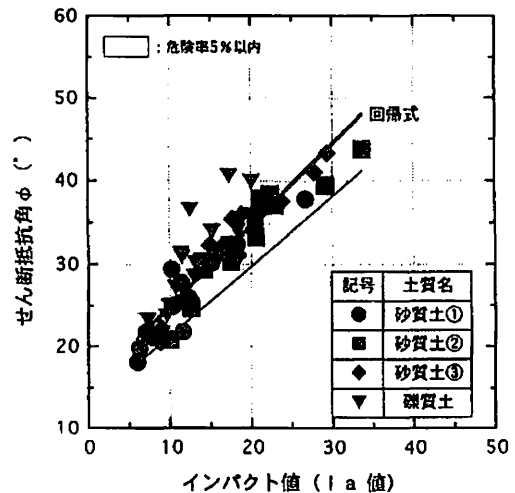


図-7 インパクト値(I。値)とせん断抵抗角(phi)の関係

§ 5. あとがき

このマニュアルには、この測定器による試験方法、使用方法などを示しているが、今後この測定器が各方面に使用され、インパクト値と土の強度定数などに関する多くの測定データが集積されてくれば、必要に応じてマニュアルの一部を改定することを考えている。

引用・参考文献

- 1) 能登繁幸他：衝撃加速度を用いた土の締固め管理について、第24回土質工学研究発表会、PP1831～1832、1989
- 2) 苗村正三他：機械化施工における施工管理手法の合理化、土木研究所資料（第2991号）、PP20～24、1991
- 3) 岩崎好規、橋本 正、本郷隆夫他：土の締固め特性と盛土施工管理、不飽和土の工学的性質研究の現状シンポジウム発表論文集、PP171～178、1987
- 4) 才木 繁、坂元 稔他：簡易締固め測定器を用いた施工管理例、土木学会第47回年次学術講演論文集、PP768～769、1992
- 5) 北野勝康、寺田邦雄：衝撃加速度を用いた地盤反力係数測定法の検討（その1）、第26回土質工学研究発表会、PP215～216、1991
- 6) 田中宏征、建山和由：重錘落下手法による地盤支持力の評価とその施工管理への応用、第27回土質工学研究発表会、PP2107～PP2110、1992
- 7) 田村 徹、境 友昭他：土の締固め管理のための非破壊試験法（その3）、第22回土質工学研究発表会、PP1659～1660、1987
- 8) 雀部和男、浅田 毅他：応答加速度法による支持力測定手法について（その1）、土木学会第49回年次学術講演論文集、PP12～13、1994
- 9) 雀部和男、坂元 稔他：応答加速度法による支持力測定手法について、第21回日本道路会議一般論文集、PP12～13、1995
- 10) 浅田 毅、溝口義弘他：応答加速度法による締固め管理手法について（その1）、土木学会第48回年次学術講演論文集、PP216～217、1993
- 11) 地盤調査法：(財)地盤工学会編1995
- 12) 土の締固めと管理：土質工学会編
PP184、185 土質基礎工学ライブラリー36

参 考 资 料

【参考資料】

1. 室内でのインパクト値 (I。値) 測定試験

室内でインパクト値 (I。値) 測定試験を行う場合、I。値が供試体の直径および高さによって影響を受けることが予想される。

その影響を確かめるために、粘性土、砂質土および礫質土について、直径と高さをそれぞれ変えた供試体を作製して、インパクト値測定試験を行った事例を示す。

(1) 供試体の直径の影響

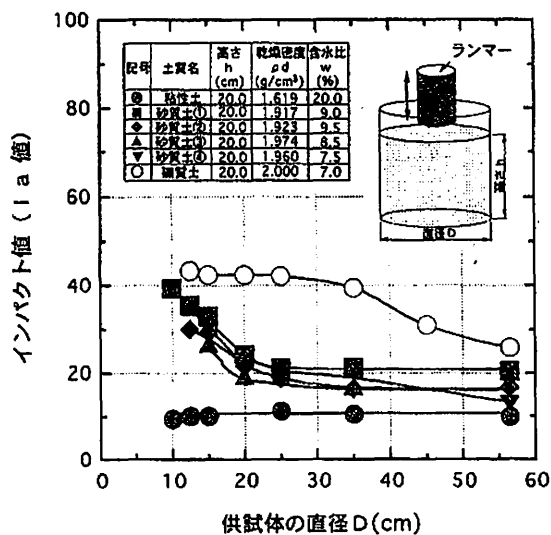
参考図-1は、高さを一定にして直径をそれぞれに変化させた供試体のインパクト値を測定した結果を示している。

粘性土では直径が10cm以上、砂質土では25cm以上で一定値になっているが、礫質土では直径が55cm以上でも一定値になっていないことがわかる。

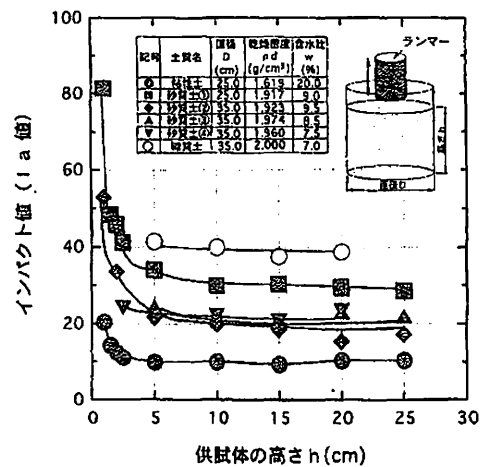
(2) 供試体の高さの影響

土質によって供試体の直径を一定にし、高さを变化させた供試体のインパクト値を測定した結果を参考図-2に示しているが、粘性土では供試体の高さが10cm以上、砂質土①では高さが15cm以上でI。値は一定値になっている。また、砂質土②、③、④および礫質土では20cm以上で一定値に収束している。

以上のように、室内でインパクト値測定試験を行う場合、土質によって供試体の直径および高さを変化させる必要がある。



参考図-1 インパクト値 (I。値) に及ぼす供試体の直径の影響



参考図-2 インパクト値 (I。値) に及ぼす供試体の高さの影響

(3) 模型実験によるインパクト値測定試験の影響範囲

インパクト値測定試験が影響している地盤の範囲を調べるために、模型地盤を作製して測定試験を行い、その影響範囲を観察した。

その試験結果を参考図-3に示しているが、この試験に使用した珪砂は、(1)および(2)の試験で用いた砂質土①より細粒であり、粘性土よりも粗粒なので、(1)および(2)の項で述べたインパクト値測定試験の影響範囲は、その結果と符号している。

2. インパクト値 (I。値) と土の強度特性を示す値との関係

衝撃加速度法によるインパクト値 (I。値) と強度特性を示す値 (CBR値、土のせん断抵抗角など) の相関関係を求めるために、室内試験を以下のように行った。

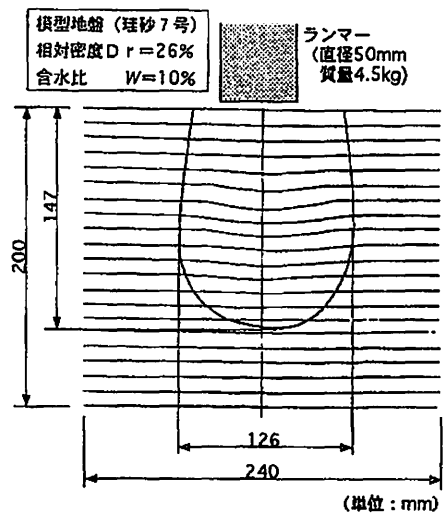
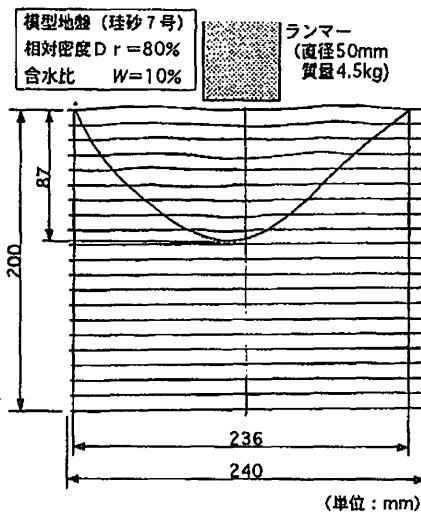
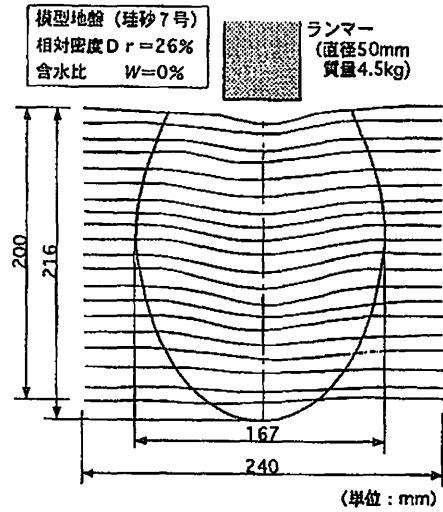
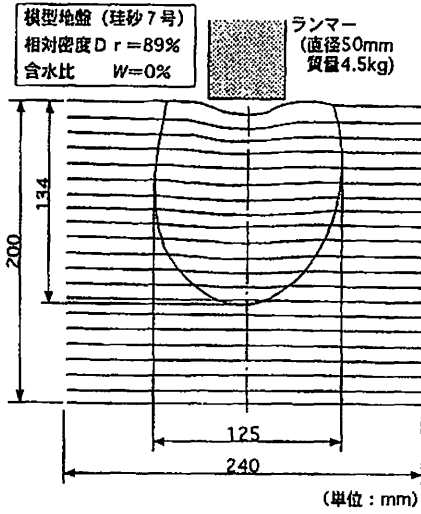
(1) 試験方法

土の強度特性はその粒度分布、硬度、含水比、相対密度などによって変化する。

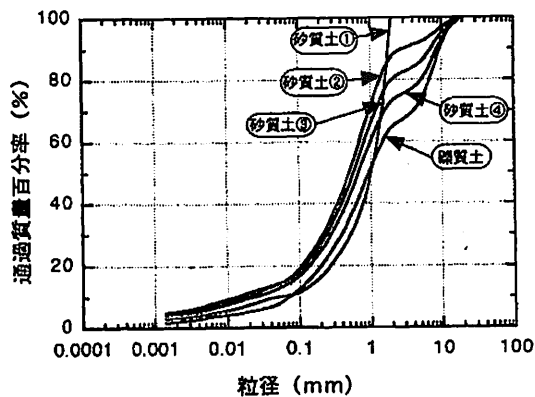
ここでは、特に土の粒度分布、含水比および締固め度を考慮して、CBR試験、三軸圧縮試験およびインパクト値測定試験を行った。

① 試験に用いた試料の物理特性

試験に用いた試料には、比較的均質な材料で入手しやすいものとして、(a)大阪府枚方産のマサ土と(b)淀川産の礫を選んで、これらの材料の混合割合をそれぞれ変えて5種類の試料を作製した。

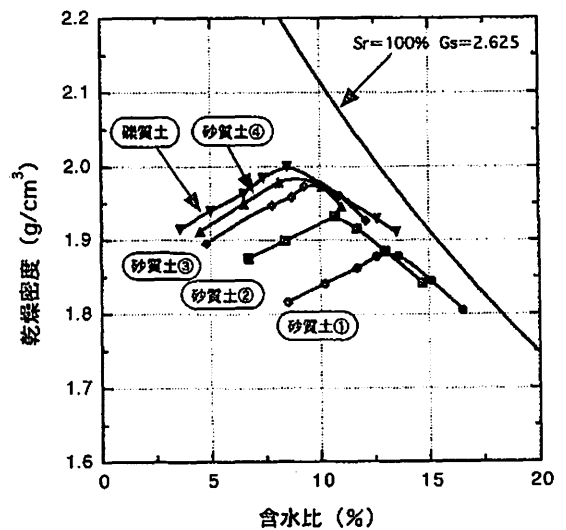


参考図-3 インパクト値における模型実験の影響範囲



参考図-4 試料の粒径加積曲線

それらの試料の粒度分布を、参考図-4に示す。



参考図-5 試料の締固め曲線

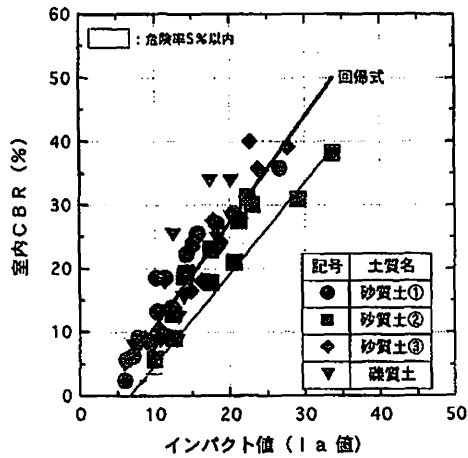
② 試料の締固め特性

締固め試験の結果を、参考図-5に示す。

(2) インパクト値 (I_a値) とCBR値の関係

インパクト値 (I_a値) とCBR値を両軸に取り、試験結果をプロットしたものを参考図-6に示す。

この図にインパクト値とCBR値の回帰式を示しているが、その相関係数 (r) が0.92で、両者の間に高い相関関係があることが認められる。

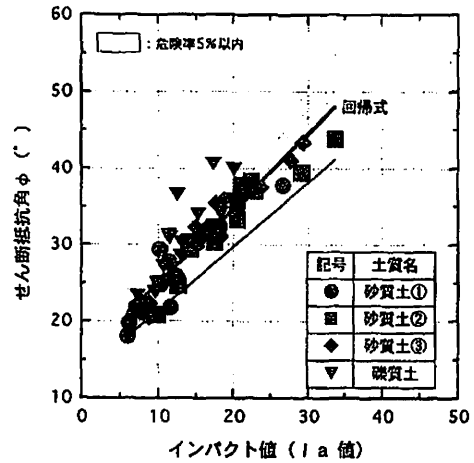


参考図-6 インパクト値 (I_a値) とCBRの関係

(3) インパクト値 (I_a値) と土のせん断抵抗角 (φ) の関係

インパクト値 (I_a値) と土のせん断抵抗角 (φ) を両軸に取り、試験結果をプロットしたものとそ

の回帰式を参考図-7に示しているが、その相関係数 r が0.88と両者の間に高い相関関係があることが認められる。



参考図-7 インパクト値 (I_a値) とせん断抵抗角 (φ) の関係

付録図-1 データシートの一例

衝撃加速度法によるインパクト値試験方法								
調査名・調査地点 _____			試験年月日 _____ 年 _____ 月 _____ 日					
測点番号 _____			測定者 _____ 天 候 _____					
測定器番号 _____								
測定番号	測定項目	1	2	3	4	5	平均値	
印字用紙	印字用紙 (1枚目) 貼付	印字用紙 (2枚目) 貼付		印字用紙 (2枚目) 貼付		印字用紙		
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
_____	インパクト値							
	()							
	()							
深さ (m)	土質条件							
	観察記事							
印字用紙	印字用紙 (1枚目) 貼付	印字用紙 (2枚目) 貼付		印字用紙 (2枚目) 貼付		印字用紙		
特記事項 _____								
測定項目 () : インパクト値からの推定項目記入欄								

衝撃加速度法によるインパクト値試験方法

調査名・調査地点 〇〇工事 路床試験 試験年月日 1995年 11月 8日

測定者 近畿 太郎

測点番号 A-1

天 候 晴れ

測定器番号 _____

測定番号	測定項目	1	2	3	4	5		平均値
	印字用紙	印字用紙 (1枚目) 貼付			印字用紙 (2枚目) 貼付			印字用紙
1	インパクト値	26.3	24.1	25.7	25.9	25.5		25.5
	()							
	()							
深さ (GL-0.50 m)	土質条件	まさ土						
	観察記事							
2	インパクト値	24.1	22.9	50.3	23.7	23.9	24.2	23.8
	()							
	()							
深さ (GL-0.50 m)	土質条件	まさ土						
	観察記事	直径 50 mm 程度の礫がある。						
3	インパクト値	23.1	23.4	20.4	19.8	22.8		21.9
	()							
	()							
深さ (GL-0.50 m)	土質条件	まさ土						
	観察記事	インパクト値から推定した項目 (表示器の出力部からでてきた値)						
1-2	インパクト値	8.7	9.7	10.5	10.1	10.5		9.9
	(CBR (%))	8.9	10.5	11.8	11.2	11.8		10.8
	()							
深さ (GL-0.70 m)	土質条件	シルト混じり砂						
	観察記事							
2-2	インパクト値	6.4	6.1	6.3	29.5	6.0	6.7	6.3
	(CBR (%))	5.2	4.8	5.1		4.6	5.7	5.1
	()							
深さ (GL-0.70 m)	土質条件	シルト混じり砂						
	観察記事	直径 50 mm 程度の礫がある。						
	インパクト値							
	()							
	()							
深さ () m	土質条件							
	観察記事							

異常値と判断し、
データを除外する

インパクト値から推定した項目
(表示器の出力部からでてきた値)

異常値と判断し、
データを除外する

特記事項 測定番号 1-2 は、測点 1 を -0.20 m 掘り下げて測定する。

測定番号 2-2 は、測点 2 を -0.20 m 掘り下げて測定する。

測定項目 () : インパクト値からの推定項目記入欄

簡易支持力測定器による試験方法

1996年5月15日 第1版発行

版權所有

監修 近畿地方建設局

編集 測定器使用マニュアル作成委員会

発行 近畿地方建設局近畿技術事務所

〒573-01 大阪府枚方市山田池北町11番1号

☎ 0720-56-1941

無断転載禁ず

簡易支持力測定器（キャスポル） 利用手引き

注) 1. 支持力測定器の原理および構造 (pp.1-2) は技術評価証明報告書の内容と重複するため省略してある。

簡易支持力測定器 (キャスポル) 利用手引き

平成17年6月



近畿地方整備局 近畿技術事務所

はじめに

構造物の基礎地盤の支持力の設計に際してはボーリング等で調査し、施工に際しては平板載荷試験等によって確認します。また、舗装は路床上のCBRによってその厚さ等を設計し、施工に際してはプルーフローリング等によって確認します。地盤の特性値を調査する上記の原位置試験は、相当規模の設備と反力を必要とし結果が判明するまでに長時間を要し、調査費も高額であるという難点を抱えています。

その為、小規模構造物の設計・施工に際しては、周辺地盤の支持力を代用したり、経験による支持力の推定がなされています。

近畿技術事務所では、地盤定数を把握する原位置試験等の問題点を解決して施工管理の合理化を図るため、試験器が軽量で持ち運びに便利で取り扱いやすく、反力を必要とせず、現場で即時に結果が判明する試験器の開発を目標として「衝撃加速度法」に着目し、平成5年度より3年間で簡易支持力測定器（以下、キャスポルと記す）を開発しました。

平成8年に販売が開始されて以来、9年が経過し400台余りが現場で利用されています。その間のユーザーからの要望等を反映して、この度手引き書を再改訂することに致しました。主な改訂点は、地盤の許容支持力度の算定方式の変更及びQ&Aの追加です。

キャスポルは、ランマー（重錘）を、所定の条件で地盤上に自由落下させた時の衝撃加速度が、高精度で測定できます。しかし、衝撃加速度と地盤定数との相関関係は、礫質土から粘性土までひとつの相関式で表すことには無理があります。特に同じ衝撃加速度でも、土質間で密度が違っていたり、細粒分含有率や礫分含有率が多くなると、測定値にばらつきが生じたりします。よって、現場で有効に活用してもらうには、現場材料の物理的性質を十分把握していただくことが必須条件です。本手引き及び使用マニュアルを参考にいただき、現場技術者の創意工夫で、より有効な測定器として活用していただくことをお願いします。

キャスポルは文字通り簡易な測定器であり、内蔵されている衝撃加速度と地盤定数との相関関係を利用して、CBR、粘着力（ c ）、内部摩擦角（ ϕ ）、コーン指数（ q_c ）、道路の平板載荷試験から得られる地盤反力係数（ K_{30} ）等の測定が可能なすぐれものです。土工事の現場に常備していただき、きめ細かい施工管理あるいは地盤調査の省力化ひいては建設費の縮減に役立てていただきたい。

平成 17 年 6 月 国土交通省近畿地方整備局

近畿技術事務所長 山本剛

目 次

1. 簡易支持力測定器の原理および構造	…	1
2. 衝撃加速度と地盤の強度特性値との関係	…	3
2.1 衝撃加速度 (I_a) と粘着力 (c) との関係	…	3
2.2 衝撃加速度 (I_a) とせん断抵抗角 (ϕ) との関係	…	3
2.3 衝撃加速度 (I_a) と CBR 値との関係	…	4
2.4 衝撃加速度 (I_a) と地盤反力係数 (K_{30}) との関係	…	5
2.5 衝撃加速度 (I_a) とコーン指数 (q_c) との関係	…	5
3. キャスポルを用いた施工管理	…	7
3.1 許容支持力度の算定方法	…	7
3.2 施工管理例	…	9
4. キャスポルの使用マニュアル	…	17
5. キャスポルの検定	…	17
6. Q&A	…	18

1. 簡易支持力測定器の原理および構造

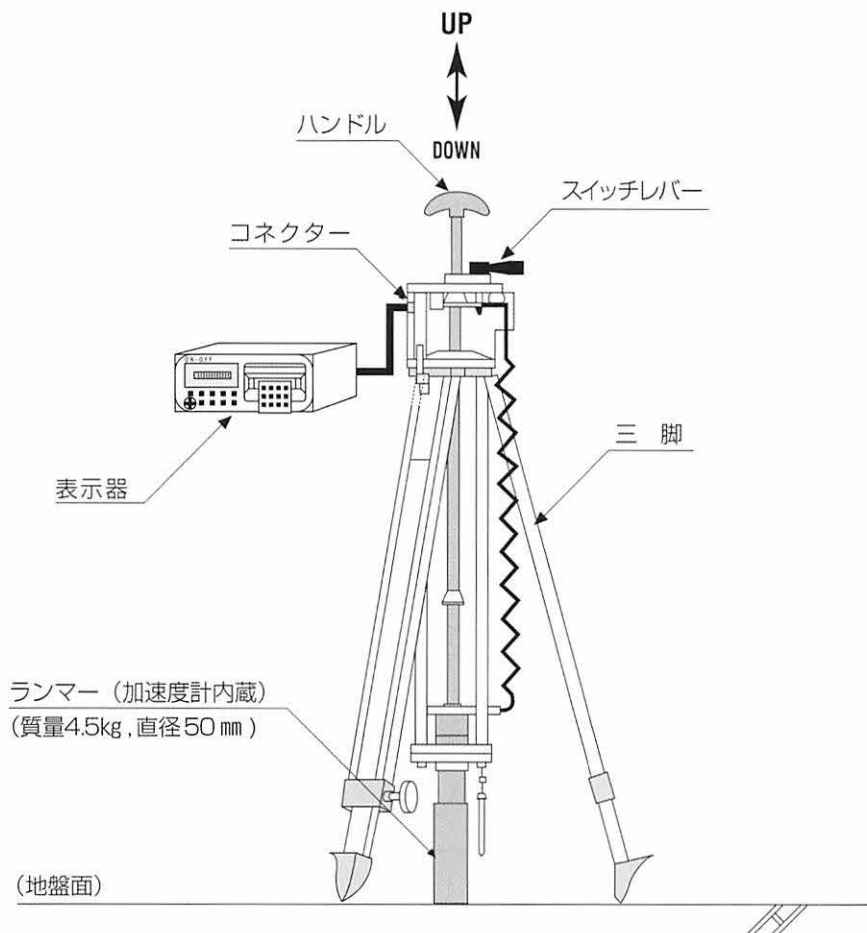
簡易支持力測定器（以下、キャスポルという）は、ランマー（重錘）を一定の高さから地盤に自由落下させたときに生ずる衝撃加速度の最大値とCBR値、K₃₀値、qc値などと相関させる衝撃加速度法を基本原理としている。

キャスポルの構想図を図一1に示す。キャスポルは本体部と表示部とから構成されており、直径50mm、質量4.5kgのランマーを高さ45cmから自由落下させ、ランマー内蔵の加速度計で衝撃加速度を測定し、その値と関係式から求めたCBR値等を表示器のディスプレイ上に表示する。

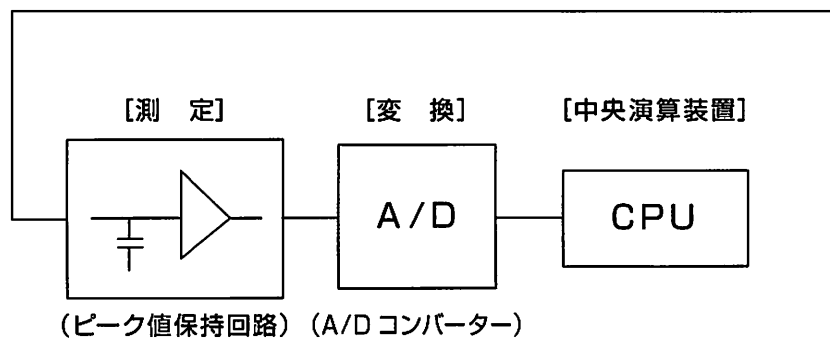
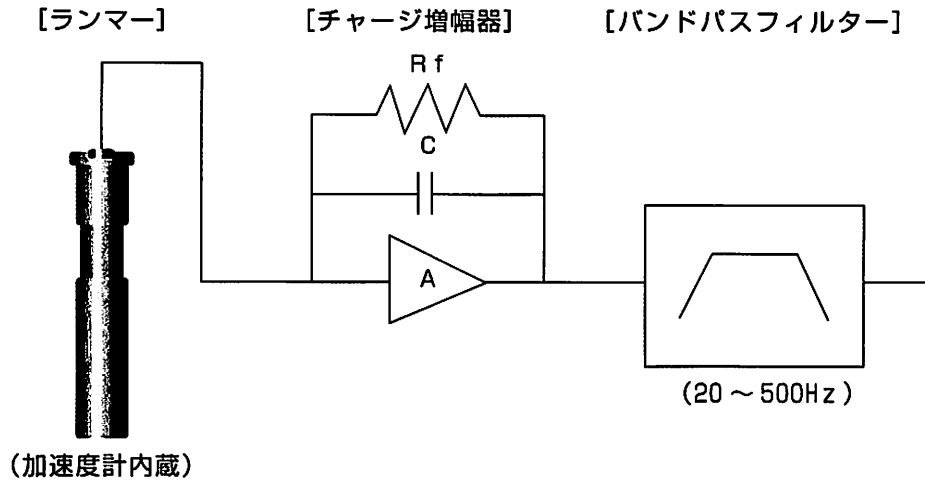
図一2に、加速度計から表示器内のCPU（中央演算装置）までの回路図を示す。加速度計で測定された衝撃加速度から最大値を検出してCPUに記録し、その値を以下に示すインパクト値（Ia）に換算してディスプレイ上に表示する仕組みになっている。

図一3に、ランマーが砂質土地盤、粘性土地盤に自由落下したときに加速度計が捉えた出力波形の一例を示す。双方の波形とも、ランマーが地盤に当たると同時に立ち上がり、少し遅れて最大値、最小値が現れて減衰する形状である。

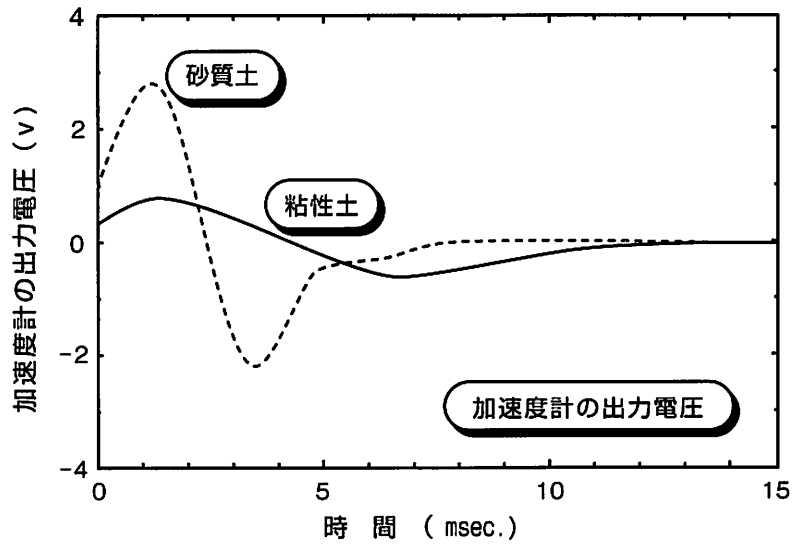
$$\text{インパクト値 (Ia)} = \frac{\text{加速度 (gal)}}{2.78 \times 980 \text{ (gal)}}$$



図一1 キャスポルの構造



図一2 加速度計からCPUまでの回路図



図一3 加速度計の出力波形

2. 衝撃加速度と地盤の強度特性値との関係

2.1 衝撃加速度(Ia)と粘着力(c)との関係

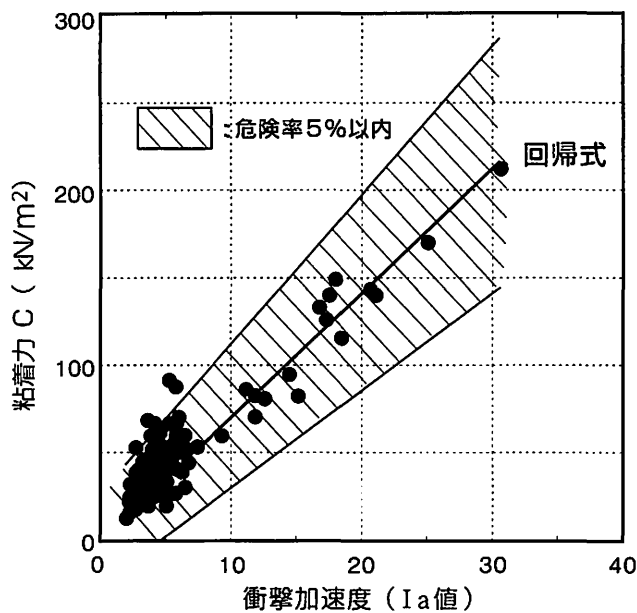
室内において粘性土の試験体を作製し、それらについて衝撃加速度測定と三軸UU試験を行って衝撃加速度と粘着力との関係を求めた。

図一4に、衝撃加速度と粘着力との関係図を示す。図中に示した直線は一次回帰式であり、その相関係数は $r = 0.95$ で双方の測定値の間に高い相関関係が見られた。

次に、その一次回帰式((1)式)を示す。

$$c = 0.785 + 7.073 I_a \quad \cdots (1)$$

ここに、 c :粘着力 (kN/m^2)、 I_a :インパクト値



図一4 衝撃加速度と粘着力との関係図

2.2 衝撃加速度(Ia)とせん断抵抗角(ϕ)との関係

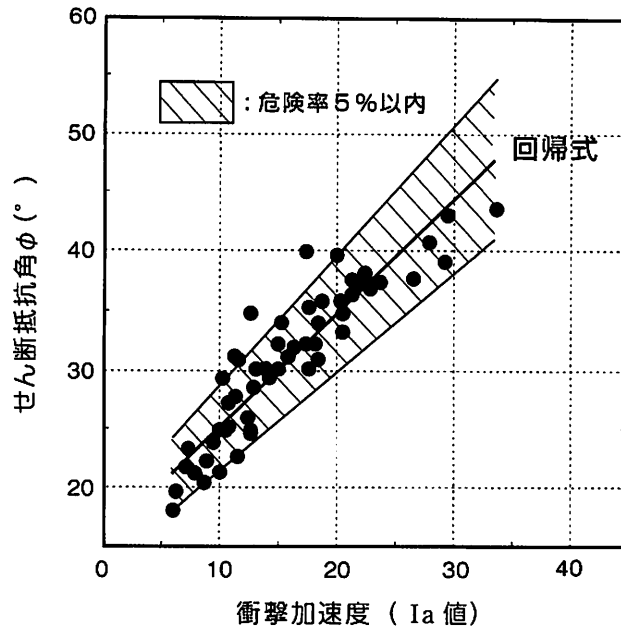
室内において砂質土から礫質土の試験体を作製し、それらについて衝撃加速度測定と三軸UU試験を行って衝撃加速度とせん断抵抗角との関係を求めた。

図一5に、衝撃加速度とせん断抵抗角との関係図を示す。図中に示した一次回帰式の相関係数は $r = 0.88$ であり、双方の測定値の間に高い相関関係が見られる。

次に、その一次回帰式((2)式)を示す。

$$\phi = 15.18 + 0.974 I_a \quad \cdots (2)$$

ここに、 ϕ :せん断抵抗角 ($^\circ$)、 I_a :インパクト値



図一五 衝撃加速度とせん断抵抗角との関係図

2.3 衝撃加速度 (Ia) とCBR 値との関係

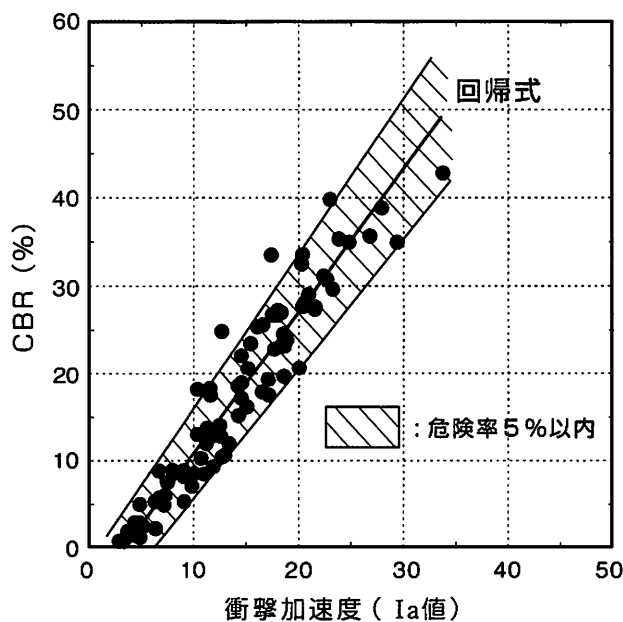
室内において粘性土から礫質土の試験体を作製し、それらについて衝撃加速度測定とCBR試験を行って衝撃加速度とCBR値との関係を求めた。

図一六に、衝撃加速度とCBR値との関係図を示す。図中の一次回帰式の相関係数は $r = 0.92$ であり、双方の測定値の間に高い相関関係が見られる。

次に、その一次回帰式 ((3) 式) を示す。

$$\text{CBR} = -4.945 + 1.615 \text{ Ia} \quad \dots (3)$$

ここに、CBR：CBR値(%)、Ia：インパクト値



図一六 衝撃加速度とCBR値との関係図

2.4 衝撃加速度 (Ia) と地盤反力係数 (K30) との関係

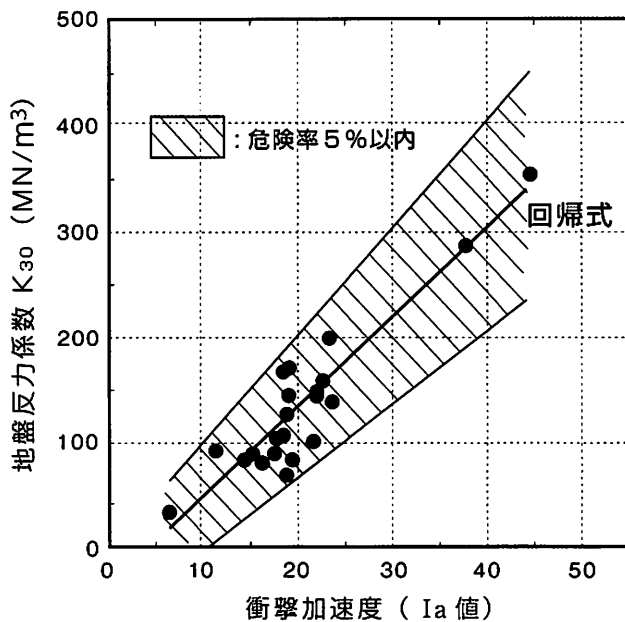
道路路床工事現場において衝撃加速度測定と平板載荷試験を行い、衝撃加速度とK30値との関係を求めた。

図一七に、衝撃加速度とK30との関係図を示す。図中の回帰式の相関係数は $r = 0.92$ であり、双方の測定値の間に高い相関関係が見られる。

次に、その回帰式 ((4) 式) を示す。

$$K_{30} = - 37.58 + 8.554 I_a \quad \cdots (4)$$

ここに、 K_{30} : 地盤反力係数 (MN/ m³)、 I_a : インパクト値



図一七 衝撃加速度と地盤反力係数との関係図

2.5 衝撃加速度 (Ia) とコーン指数 (qc) との関係

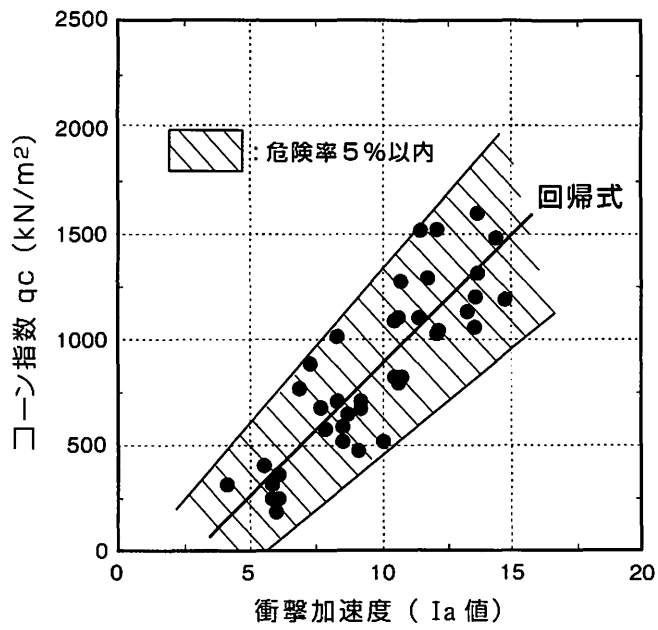
国土交通省淀川河川事務所が行った高規格堤防盛土材料についての室内コーン貫入試験と衝撃加速度測定の結果から、衝撃加速度とコーン指数との関係を求めたものである。

図一八に、衝撃加速度とコーン指数との関係図を示す。図中の回帰式の相関係数は $r = 0.87$ であり、双方の測定値の間に高い相関関係が見られる。

次に、その回帰式 ((5) 式) を示す。

$$q_c = - 354.1 + 124.3 I_a \quad \cdots (5)$$

ここに、 q_c : コーン指数 (kN/ m²)、 I_a : インパクト値



図一八 衝撃加速度とコーン指数との関係図

3. キャスポルを用いた施工管理

キャスポルで精度よく測定できる土質範囲は、最大粒径が 37.5 mm 以下、10mm 以上の礫を 30% 以上含まない土質材料である。また、キャスポルによる施工管理の適用範囲は、(1) 地盤支持力度が 294.3 (kN/m²) 以下の構造物 (高さ 5 m 以下の各種擁壁、ボックスカルバート等) 工事における支持力度算定、(2) クレーン機械等のアウトリガー設置地盤の支持力度算定、(3) 道路工事における路床の CBR 値および地盤反力係数の算定である。

3.1 許容支持力度の算出方法

キャスポルで測定した衝撃加速度から関係式を用いて求めたせん断抵抗角(ϕ)、粘着力(c)から、地盤の許容支持力度を算出する方法を次に示す。

(1) 地盤の許容支持力度の算定公式

地盤の許容支持力度公式は国土交通省告示 1113 号、建築基礎構造設計指針に準ずる。

支持力式と支持力係数

許容支持力度を算定するため建築基礎構造設計指針の極限支持力算出式に安全率 (1/3) を乗じた式を以下に示す。

$$q_a = \frac{1}{3} (i_c \cdot a \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \text{ (kN/m}^2\text{)} \cdots (a)$$

q_a : 単位面積あたりの許容支持力度 (kN/m²)

N_c, N_γ, N_q : 支持力係数、せん断抵抗角 (ϕ) の関数 [表 2・図 9 参照]

c : 支持地盤の粘着力 (kN/m²)

γ_1 : 支持地盤の単位体積重量 (kN/m³)

γ_2 : 根入れ部分の土の単位体積重量 (kN/m³)

(γ_1, γ_2 には、地下水位以下の場合には水中単位体積重量を用いる)

a, β : 基礎の形状係数 [表 1 参照]

η : 基礎の寸法効果による補正係数

$$\eta = (B / B_0)^{-\frac{1}{3}} \text{ (ただし } B, B_0 \text{ の単位は } m \text{ } B_0 = 1m \text{)}$$

B : 基礎底面の最小幅基礎幅 (m)

D_f : 根入れ深さ (m)

i_c, i_γ, i_q : 荷重の傾斜に対する補正係数

θ : 基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90)^2$$

$$i_\gamma = (1 - \theta / \phi)^2 \text{ (ただし } \theta > \phi \text{ の場合は } i_\gamma = 0 \text{)}$$

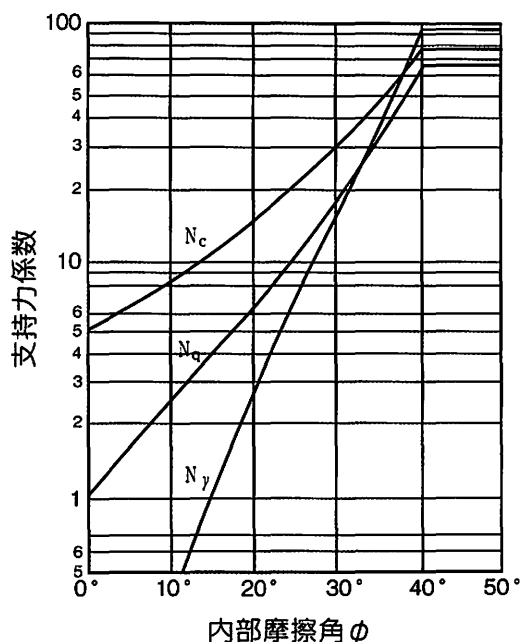
表 1 形状係数

基礎底面の形状	連続	正方形	長方形	円形
a	1.0	1.2	$1.0 + 0.2 \frac{B}{L}$	1.2
β	0.5	0.3	$0.5 - 0.2 \frac{B}{L}$	0.3

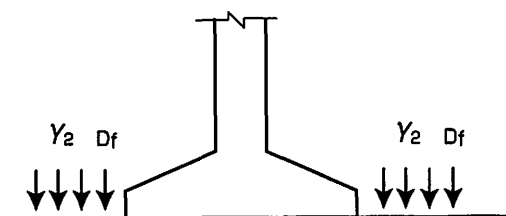
B : 長方形の短辺長さ, L : 長方形の長辺長さ

表一 2 支持力係数

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0°	5.1	1.0	0.0
5°	6.5	1.6	0.1
10°	8.3	2.5	0.4
15°	11.0	3.9	1.1
20°	14.8	6.4	2.9
25°	20.7	10.7	6.8
28°	25.8	14.7	11.2
30°	30.1	18.4	15.7
32°	35.5	23.2	22.0
34°	42.2	29.4	31.1
36°	50.6	37.8	44.4
38°	61.4	48.9	64.1
40°以上	75.3	64.2	93.7



図一 9 支持力係数と内部摩擦角 ϕ の関係



D_f : 土被り厚さ

図一 1 0 基礎模式図

(2) 地盤の許容支持力度の算出方法

地盤の許容支持力度は、(1) で示した許容支持力度公式を用いて以下のように算出する。

① 砂質土地盤の場合

キャスポルの測定値を用いて砂質土地盤の支持力度の算定に当たっては、粘着力 (c) を $c = 0$ とし、図一 10 に示した地盤面から基礎底面までの土被りはないもの ($D_f = 0$) として計算する。

また、基礎底面に作用する荷重の傾斜・偏心もないものとする。

$$q_a = \frac{1}{3} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma \quad \dots (b)$$

② 粘性土地盤の場合

キャスポルの測定値を用いて粘性土地盤の支持力度の算定に当たっては、せん断抵抗角 (ϕ) を $\phi = 0$ とし、砂質土地盤の場合と同様、地盤面から基礎底面の土被りはないもの ($D_f = 0$) として計算する。

また、基礎底面に作用する荷重の傾斜・偏心もないものとする。

$$q_a = \frac{1}{3} a \cdot c \cdot N_c \quad \dots (c)$$

3.2 施工管理例

キャスポルを用いた施工管理例を次に示す。

(1) 擁壁基礎地盤の許容支持力度算定例

図—1 1に示すように、重力式擁壁（高さ $H = 4\text{ m}$ 、底盤幅 $B = 2\text{ m}$ ）を施工するにあたり、キャスポルでその基礎地盤支持力を確認するためにキャスポルによる測定を行い、許容支持力度を算定する。

因みに、この重力式擁壁の設計許容支持力は、 141.1 kN/m^2 である。

① 砂質土地盤の場合

キャスポルで擁壁基礎地盤面の衝撃加速度（ I_a ）を測定した結果、その測定値が $I_a = 19.3$ であった。 $I_a = 19.3$ を関係式に代入して計算すると、地盤のせん断抵抗角（ $\phi = 34^\circ$ ）が求まる。

許容支持力度を支持力公式（(b) 式）より算定する

$$q_a = \frac{1}{3} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma \quad \cdots \text{(b)}$$

形状係数 β は連続という条件から、 $\beta = 0.5$ （表—1 から選択）であり、 $\phi = 34^\circ$ に当たる支持力係数 N_γ は、表—2 から、 $N_\gamma = 31.1$ である。

これらの値と地盤の単位体積重量（ $\gamma_1 = 17.7\text{ kN/m}^3$ ）、擁壁底盤幅（ $B = 2.0\text{ m}$ ）を（b）式に代入して許容支持力度を求めると、 $q_a = 145.6\text{ kN/m}^2$ となる。

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{1}{3} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma \\ &= \frac{1}{3} \times 0.5 \times 17.7 \times 2.0 \times 0.793 \times 31.1 \\ &= 145.6 > 141.1 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

従って、基礎地盤の支持力は十分な地耐力を有していることが確認された。

② 粘性土地盤の場合

キャスポルで擁壁基礎地盤面の衝撃加速度（ I_a ）を測定した結果、その測定値が $I_a = 12.5$ であった。 $I_a = 12.5$ を関係式に代入して計算すると、地盤の粘着力（ $c = 89.2\text{ kN/m}^2$ ）が求まる。

許容支持力度を支持力公式（(c) 式）より算定する。

$$q_a = \frac{1}{3} a \cdot c \cdot N_c \quad \cdots \text{(c)}$$

形状係数 a は連続という条件から、 $a = 1.0$ （表—1 から）であり、粘性土地盤ではせん断抵抗角を $\phi = 0^\circ$ とするので、支持力係数 N_c は、表—2 から、 $N_c = 5.1$ である。

これらの値を（c）式に代入して許容支持力を求めると、 $q_a = 151.6\text{ kN/m}^2$ となる。

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{1}{3} a \cdot c \cdot N_c \\ &= \frac{1}{3} \times 1.0 \times 89.2 \times 5.1 \\ &= 151.6 > 141.1 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

従って、基礎地盤の支持力は十分な地耐力を有していることが確認された。

(2) 擁壁基礎地盤の良質土置換例

道路改良工事における道路拡幅に伴い設置する擁壁（高さ $H = 3\text{ m}$ 、底盤幅 $B = 1.8\text{ m}$ ）の基礎地盤支持力を、キャスポルを用いて検討した。因みに、この重力式擁壁の設計許容支持力は、 103.7 kN/m^2 である。キャスポルを用いて地盤の衝撃加速度を測定している状況を写真一1、写真一2に示す。

写真一1に示す施工地盤（No. 1 測点）は砂質土地盤であり、写真一2の地盤（No. 2 測点）は粘性土地盤であった。

キャスポルの測定値、その値から計算した地盤の許容支持力、スウェーデン式サウンディング試験の測定結果を表一3に示す。

これらの結果から、両方の施工箇所における地盤の地耐力が不足していることが判明し、両地点の基礎地盤を良質土に置換することに決定した。

同一地点で行ったスウェーデン式サウンディング試験からも、同様な結果が得られた。



写真一1 No.1 測点



写真一2 No.2 測点

図一11
重力式擁壁の断面図

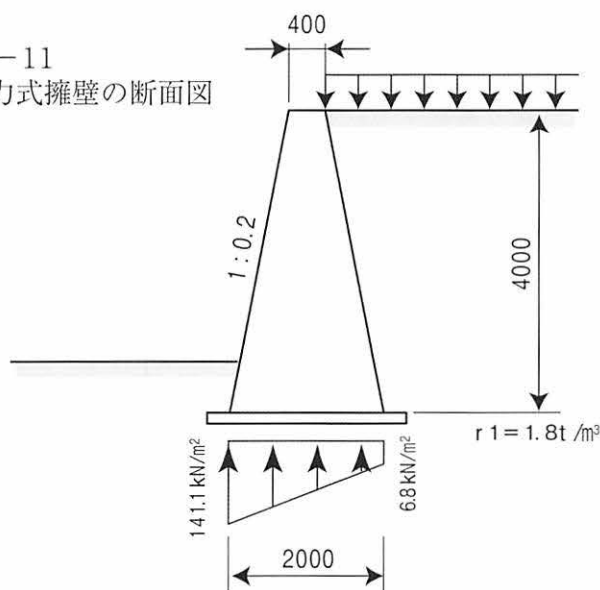


表-3 測定結果

調査地点	No.1	No.2
地盤種類	砂質地盤	粘性土地盤
衝撃加速度 (Ia)	Ia = 11	Ia = 2
Ia 値から求めた $\phi \cdot c$ *1	$\phi = 25.9 (^{\circ})$	$c = 14.9 (\text{kN/m}^2)$
許容支持力度 (qa) *2	$q_a = 43.0 < 103.7 (\text{kN/m}^2)$	$q_a = 25.3 < 103.7 (\text{kN/m}^2)$
換算N値 *3	N = 6	N = 3
換算N値から求めた $\phi \cdot c$ *4	$\phi = 26.0 (^{\circ})$	$c = 18.8$
判定結果	支持力不足、良質土に置換	支持力不足、良質土に置換

* 1 : Ia値を関係式に代入して求めた $\phi \cdot c$

* 2 : * 1 で求めた $\phi \cdot c$ を支持力度公式 (b) (c) に代入して計算した支持力度

* 3 : スウェーデン式サウンディング試験の測定値

* 4 : 換算N値を次式に代入して求めた $\phi \cdot c$

$$\phi = \sqrt{20N} + 15 (^{\circ}) \text{ (大崎の式)}$$

$$q_u = N/8 (\text{kN/m}^2)$$

(3) ホイールクレーンのアウトリガー設置地盤の支持力度算定例

写真-3に示すホイールクレーンのアウトリガーの転倒災害を防止するために、設置地盤の支持力度算定を行う。1本のアウトリガーに掛かる最大荷重は $W=117.7 \text{ kN}$ であり、アウトリガーの設置位置に $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ の剛性のある敷き鉄板を敷くものとする。

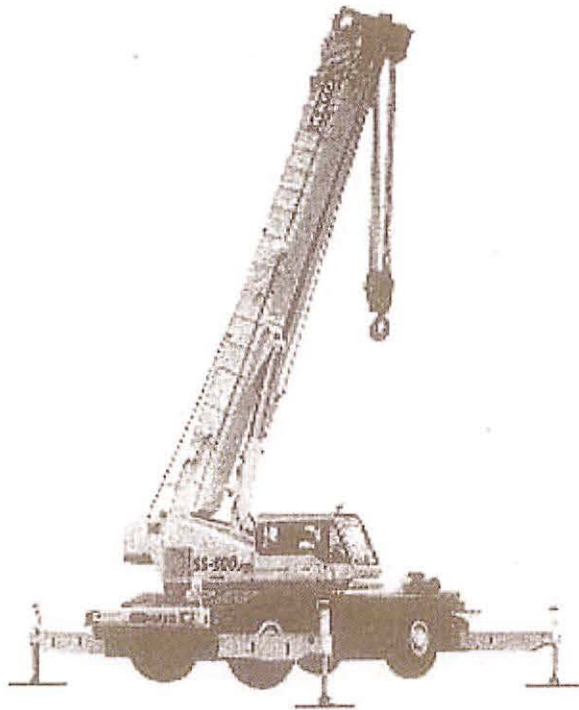


写真-3 ホイールクレーン

① 砂質土地盤の場合

キャスポルでアウトリガーの設置地盤の衝撃加速度 (Ia) を測定した結果、その測定値は Ia=20.3であった。

Ia=20.3を関係式に代入して計算すると、地盤のせん断抵抗角 (35°) が求まる。

設置地盤の許容支持力度を以下の支持力公式より算定する。

$$q_a = \frac{2}{3} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \quad (\text{国土交通省告示1113号短期支持力公式より}) \cdots (d)$$

c=0、Df=0とした場合、形状係数βは正方形であるから、β=0.3 (表-1から) であり、φ=35°での支持力係数Nγは、Nγ=37.8である。

これらの値と地盤の単位体積重量 (γ1=17.7 kN/m³)、敷き鉄板の幅 (B=1.0 m) を (d) 式に代入して許容支持力度を計算すると、qa=133.8 kN/m²となる

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{2}{3} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= \frac{2}{3} \times 0.3 \times 17.7 \times 1.0 \times 37.8 \\ &= 133.8 > 117.7 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

② 粘性土地盤の場合

キャスポルでアウトリガーの設置地盤の衝撃加速度 (Ia) を測定した結果、その測定値はIa=5であった。

Ia=5を関係式に代入して計算すると、地盤の粘着力 (c=36.2 kN/m²) が求まる。

許容支持力度を以下の支持力公式より算定する。

$$q_a = \frac{2}{3} a \cdot c \cdot N_c \quad (\text{国土交通省告示1113号短期支持力公式より}) \cdots (e)$$

φ=0、Df=0とした場合、形状係数aは正方形という条件から、a=1.2 (表-1から) であり、粘性土地盤ではせん断抵抗角をφ=0°とするので、支持力係数Ncは、Nc=5.1である。


これらの値を代入して許容支持力度を計算すると、qa=147.7 kN/m²となる。

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{2}{3} a \cdot c \cdot N_c \\ &= \frac{2}{3} \times 1.2 \times 36.2 \times 5.1 \\ &= 147.7 > 117.7 \quad (\text{kN/m}^2) \quad \text{O.K.} \end{aligned}$$

(4) 道路路床のCBR 値の確認例

図道路舗装工事において、施工された路床が所定の設計CBRを満足しているか否かの判断をキャスポルで地盤の衝突加速度 (Ia) を測定して求める。

道路規格はC交通、設計CBR 8%であり、その舗装構造を図-12に示す。



表層・基層 (アスファルト混合物) t=10 (cm)	路床 (設計CBR=8%)
歴床安定処理 t=10 (cm)	
粒度調整碎石 t=15 (cm)	
クラッシャーラン t=15 (cm)	

図-12 舗装構造

No.1～No.5観測（測点間隔20m）において、キャスポルで衝撃加速度を測定した結果を表—4に示す。全測点の測点値のうち、No.2での値（ $I_a=8.5$ ）が最小であり、この値を関係式に代入し計算すると $CBR=8.7\%$ となる。

従って、全測点において所定の設計 CBR （ $CBR=8\%$ ）以上であることが確認された。

表—4 衝撃加速度の測定結果

測点	①	②	③	④	⑤	平均
No.1	9.1	8.5	8.3	9.0	8.8	8.7
No.2	8.8	8.2	8.4	8.6	8.5	8.5
No.3	9.4	9.0	9.2	8.8	9.0	9.0
No.4	9.8	9.2	9.4	10.0	9.4	9.5
No.5	8.4	9.1	9.4	9.8	9.3	9.2
平均	8.9					

4. キャスポルの使用マニュアル

キャスポルで地盤の衝撃加速度（ I_a ）を測定するに当たっては、マニュアル作成委員会（委員長 谷本喜一神戸大学名誉教授 平成8年5月）が制定した「簡易支持力測定器による試験方法」に従って行うものとする。マニュアルには、キャスポルによる測定方法、同解説などが記載されているので参照されたい。

5. キャスポルの検定

マニュアルではキャスポルを定期的に検定しなければならないと定めている。（*5）キャスポルの「検査成績証」に記載の検定年月日を確認の上、検定年月日より2年が経過するまでに、キャスポルの購入先を通じて検定を受けなければならない。

*5 計量法施行規則（平成5年通商産業省令第65号）第九十三条ただし書きの規定に基づき、独立行政法人製品評価技術基盤機構が定める校正周期において、キャスポルに使用している圧電型加速度計の校正周期が2年と定められている。

キャスポルの記録

形式番号	製造年月日	検定年月日	次期検定年月日

6. Q & A

質問(1) 舗装の設計において、路床のCBRをキャスポルのみで測定し設計CBRとすることはできますか。

回答(1) キャスポルは使用マニュアルにも記述されているとおり、現場での施工管理用または従来の原位置試験の補完用測定器として開発された測定器です。

利用の手引きにも示した「道路路床のCBR値の確認例」のように現場での施工管理用に活用してください。

また、キャスポルの測定値を設計に反映させる場合は、従来のCBR試験の補完用試験として使用してください。その際は、キャスポルで得られるインパクト値(Ia値)と従来のCBR試験の結果とを十分検討したうえで用いてください。

質問(2) 地盤支持力度が 294.3kN/m^2 以下の構造物であれば基礎地盤の支持力確認をキャスポルのみでおこなえと考えるとよろしいのでしょうか。また、 294.3kN/m^2 以下であれば橋台、橋脚、建築物にキャスポルを用いてもいいのでしょうか。

回答(2) 利用の手引きにも示した「擁壁基礎地盤の許容支持力度算定例」のようにキャスポルによる測定で粘着力(C)、せん断抵抗角(ϕ)を推定し、許容支持力度の算定ができます。

しかし、粘着力(C)、せん断抵抗角(ϕ)とキャスポルで得られるインパクト値(Ia値)の間に高い相関関係が見られるものの、値にある程度のばらつきがあることから地盤の平板載荷試験(JGS 1521)の補完用試験として用いることをおすすめします。なぜなら、C、 ϕ の回帰式を求めた地盤材料と実現場の地盤材料の粒度組成などが大きくかけ離れた場合には、求められる結果が変わるからです。また、狭隘箇所等で、キャスポルのみで支持力確認を行うときは、発注者等の関係機関と十分協議のうえ用いてください。

構造物の種別については、特に限定はしませんが、構造物の重要度等を十分勘案のうえ用いてください。

質問(3) 軟弱な粘性土についてもキャスポルで測定できますか。

回答(3) キャスポルの使用マニュアルにも記述されているとおり、粘性土の場合は、一般にインパクト値は低い値を示すので、測定値のバラツキなども考慮し測定結果の精度について十分検討して使用する必要があります。

質問(4) キャスポルで得られたせん断抵抗角(ϕ)からN値を推定し、さらにそのN値から一軸圧縮強度(q_u)等の土質定数を推定して設計等に用いてもかまわないのでしょうか。

回答(4) 絶対にやめてください。

そもそも、キャスポルで得られるインパクト値と標準貫入試験で得られるN値との間に何ら相関関係はありませんし、標準貫入試験はボーリング孔を利用した深度方向に行う試験であり、地表面付近の土質定数を推定するキャスポルとはまったく異なった試験です。

ちなみに、N値がわかれば種々の土質定数が推定でき、土に関わる設計がすべて可能との安易な風潮があるようですが、様々な角度から意見が出されています。N値についても重錘落下の方法やデータのバラツキ等、数々の課題があります。インパクト値及びN値ともに土質定数を推定する場合は、その測定精度や地盤への適用性について十分吟味したうえで用いることが必要です。

質問（５） キャスポルで測定されるインパクト値（Ia）の算出方法について

$$\text{インパクト値 (Ia)} = \frac{\text{加速度 (gal)}}{2.78 \times 980(\text{gal})}$$

この式にある「2.78」の根拠について教えてほしい。

回答（５） 加速度計で測定された衝撃加速度（圧電式加速度計：電圧を測定）が回路（増幅器や中央演算装置等）を経て、表示器にインパクト値として表示されますが、そういった過程の中において、測定値（直接的には電圧）と表示器に表示されたインパクト値の間には「2.78」という関係にあるということが確認されたので、この式の表現になっています。
「校正係数」といえるでしょう。

質問（６） キャスポルの検定は、キャスポルの所有者で行えますか？

回答（６） 検定は所有者では行えません。検定は専門の担当者が対応し、測定器の点検及び検定を行い検査表を発行します。所有者が自主管理として検査を行うことは問題ありません。
「簡易支持力測定器による試験方法」の5. 測定器の検定試験を参考に行ってください。
但し、あくまで自主管理となりますので、2年に一度は、製造メーカーで検定を受けてください。

衝撃加速度測定器（キャスポル）納入実績

2017.08.01 以降

令和4年7月

キャスポル納入実績

衝撃加速度測定器（キャスポル）納入実績 2017.08.01以降

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1321	ソーゴー技研	京都府	2017年8月
1322	株式会社 トヨトミ	愛知県	2017年8月
1323	株式会社 丸菱	石川県	2017年8月
1324	株式会社 ヤシマ測器	広島県	2017年8月
1325	大林道路 株式会社	大阪府	2017年9月
1326	松江土建 株式会社	島根県	2017年9月
1327	福田道路 株式会社	宮城県	2017年9月
1328	株式会社 山陽測器	広島県	2017年9月
1329	株式会社 滝沢技研	新潟県	2017年10月
1330	株式会社 ホージュン	群馬県	2017年10月
1331	太陽建機レンタル 株式会社	静岡県	2017年10月
1332	太陽建機レンタル 株式会社 鳥栖測器センター	佐賀県	2017年10月
1333	鹿島道路 株式会社	広島県	2017年10月
1334	安藤ハザマ	青森県	2017年10月
1335	松原建設 株式会社	岐阜県	2017年10月
1336	トーフエンジニアリング	島根県	2017年10月
1337	福田道路 株式会社	大阪府	2017年10月
1338	福田道路 株式会社	大阪府	2017年10月
1339	旭化成アドバンス 株式会社	東京都	2017年10月
1340	株式会社 山陽測器	広島県	2017年11月
1341	三工興業 株式会社	神奈川県	2017年11月
1342	双葉建設 株式会社	滋賀県	2017年11月
1343	有限会社 ソッキサービス	秋田県	2017年11月
1344	有限会社 サダモリ地錐	広島県	2017年11月
1345	大林道路 株式会社 大分営業所	大分県	2017年11月
1346	株式会社 ヨシカワ	石川県	2017年11月
1347	株式会社 ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2017年12月
1348	株式会社 ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2017年12月
1349	株式会社 吉川測器	滋賀県	2017年12月
1350	株式会社 アクティオ	千葉県	2017年12月
1351	株式会社 アクティオ	千葉県	2017年12月
1352	株式会社 アクティオ	千葉県	2017年12月
1353	株式会社 大坪計量器店	宮城県	2017年12月
1354	建設サービス 株式会社	大阪府	2018年1月
1355	大日本土木 株式会社 海外支店	東京都	2018年1月
1356	株式会社 トーヨー	神奈川県	2018年1月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1357	有限会社サンジオ	兵庫県	2018年2月
1358	株式会社 浅沼組	埼玉県	2018年2月
1359	日本道路 株式会社	東京都	2018年2月
1360	シーテック・光建共同企業体	岐阜県	2018年2月
1361	株式会社 サン設計管理	滋賀県	2018年2月
1362	薬剤師会・医療品公衆衛生検査センター	和歌山県	2018年2月
1363	和歌山有田振興局	和歌山県	2018年3月
1364	株式会社 九鉄ビルト	福岡県	2018年3月
1365	仙台計測システム 株式会社	宮城県	2018年3月
1366	有限会社 西本地質	広島県	2018年4月
1367	株式会社 京浜商会	神奈川県	2018年4月
1368	株式会社 ヤブ原	東京都	2018年4月
1369	日本体育施設 株式会社	東京都	2018年4月
1370	株式会社 I H I インフラ建設	茨城県	2018年4月
1371	株式会社 I H I インフラ建設	茨城県	2018年4月
1372	株式会社 草野測器社	福島県	2018年4月
1373	京福コンサルタント	愛知県	2018年4月
1374	株式会社 山陽測器	広島県	2018年5月
1375	大成ロテック 株式会社	宮城県	2018年5月
1376	日本道路 株式会社	愛知県	2018年5月
1377	株式会社 トーヨー	神奈川県	2018年5月
1378	株式会社 草野測器社	福島県	2018年5月
1379	岡山県美作県民局	岡山県	2018年5月
1380	アキュテック	不明	2018年5月
1381	ジオロジスト 株式会社	大阪府	2018年5月
1382	北陸電力 株式会社	不明	2018年6月
1383	株式会社 システムラン	福井県	2018年6月
1384	宇野重工 株式会社	三重県	2018年6月
1385	新潟県糸魚川地域振興局	新潟県	2018年6月
1386	北日本測機 株式会社	岩手県	2018年6月
1387	有限会社 ヤマニ測器	京都府	2018年6月
1388	サンイン技術コンサルタント 株式会社	島根県	2018年6月
1389	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年6月
1390	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年6月
1391	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年6月
1392	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年6月
1393	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年6月
1394	北陸電力	富山県	2018年7月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1395	サンイン技術コンサルタント 株式会社	鳥取県	2018年7月
1396	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年8月
1397	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年8月
1398	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年8月
1399	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年8月
1400	西尾レントオール 株式会社	大阪府	2018年8月
1401	堺市建設局	大阪府	2018年8月
1402	堺市建設局	大阪府	2018年8月
1403	堺市建設局	大阪府	2018年8月
1404	堺市建設局	大阪府	2018年8月
1405	有限会社 テストテック	熊本県	2018年9月
1406	株式会社 伊原	兵庫県	2018年9月
1407	増田地質	香川県	2018年9月
1408	オリエンタル白石 株式会社	宮城県	2018年9月
1409	ジツタ中国 株式会社	広島県	2018年9月
1410	株式会社 山陽測器	広島県	2018年10月
1411	株式会社 中央測機	秋田県	2018年10月
1412	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2018年10月
1413	松永測機 株式会社	福岡県	2018年10月
1414	株式会社 ミライト・テクノロジー	大阪府	2018年10月
1415	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2018年11月
1416	今慶興産 株式会社	宮城県	2018年11月
1417	T S大和	香川県	2018年11月
1418	株式会社 ホクコク地水	石川県	2018年11月
1419	株式会社 山陽測器	広島県	2018年11月
1420	株式会社 アクティオ	千葉県	2018年12月
1421	ソイルアンドロックエンジニアリング 株式会社	大阪府	2018年12月
1422	株式会社 齋藤土木建材	埼玉県	2019年1月
1423	株式会社 和歌山建材リサイクルセンター	和歌山県	2019年1月
1424	株式会社 ソーキ 関東機材・技術センター	千葉県	2019年1月
1425	株式会社 ソーキ 関東機材・技術センター	千葉県	2019年1月
1426	株式会社 ソーキ 関東機材・技術センター	千葉県	2019年1月
1427	株式会社 ソーキ 関東機材・技術センター	千葉県	2019年1月
1428	株式会社 ソーキ 関東機材・技術センター	千葉県	2019年1月
1429	株式会社 三笠商会	福井県	2019年2月
1430	株式会社 吉川測器 滋賀支社	滋賀県	2019年2月
1431	株式会社 山陽測器	広島県	2019年2月
1432	株式会社 日江金属	北海道	2019年2月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1433	株式会社 奥村組	大阪府	2019年2月
1434	株式会社 ワキタ	京都府	2019年3月
1435	太陽建機レンタル 株式会社	佐賀県	2019年3月
1436	太陽建機レンタル 株式会社	佐賀県	2019年3月
1437	太陽建機レンタル 株式会社	佐賀県	2019年3月
1438	株式会社 CSS技術開発	東京都	2019年3月
1439	国土交通省 四国技術事務所	香川県	2019年3月
1440	株式会社 ミライト	大阪府	2019年3月
1441	有限会社 ソキワーク	島根県	2019年3月
1442	モンゴル科学技術大学	海外	2019年3月
1443	株式会社 八木商会	愛知県	2019年4月
1444	株式会社 八木商会	愛知県	2019年4月
1445	株式会社 三笠商会	福井県	2019年5月
1446	株式会社 キクトコーポレーション	愛知県	2019年5月
1447	コバヤシ機販 株式会社	新潟県	2019年5月
1448	黒木建設 株式会社	福岡県	2019年5月
1449	株式会社 三技協イオス	大阪府	2019年5月
1450	川田工業 株式会社	大阪府	2019年5月
1451	西尾レントオール 株式会社 大阪センター	大阪府	2019年5月
1452	西尾レントオール 株式会社 大阪センター	大阪府	2019年5月
1453	西尾レントオール 株式会社 大阪センター	大阪府	2019年5月
1454	西尾レントオール 株式会社 大阪センター	大阪府	2019年5月
1455	西尾レントオール 株式会社 大阪センター	大阪府	2019年5月
1456	芝田土質 株式会社	大阪府	2019年5月
1457	ソイルアンドロックエンジニアリング 株式会社	大阪府	2019年5月
1458	株式会社 菅野土建	福島県	2019年6月
1459	鹿島道路 株式会社	埼玉県	2019年6月
1460	有限会社 荘内土質調査試験所	山形県	2019年6月
1461	N T金剛 株式会社	大阪府	2019年7月
1462	株式会社 きんそく	京都府	2019年7月
1463	株式会社 土木管理総合試験所	岩手県	2019年7月
1464	大日本土木 株式会社 海外支店	海外	2019年7月
1465	株式会社 土木管理総合試験所	新潟県	2019年7月
1466	有限会社 アースリィ土質研究所	滋賀県	2019年7月
1467	株式会社 ヤシマ測器店	宮城県	2019年7月
1468	有限会社 松村計量器店	鳥取県	2019年7月
1469	株式会社 中部技術センター	愛知県	2019年7月
1470	株式会社 山陽測器	広島県	2019年7月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1471	株式会社 水上洋行	福岡県	2019年7月
1472	株式会社 ナガシマ技販	埼玉県	2019年8月
1473	株式会社 N I P P O 関西試験所	奈良県	2019年8月
1474	株式会社 山陽測器	広島県	2019年8月
1475	株式会社 N T ジオテックス北関東	茨城県	2019年8月
1476	株式会社 N I P P O 九州支店試験所	福岡県	2019年8月
1477	宮古土木施工管理試験所	沖縄県	2019年8月
1478	株式会社 近代技研	和歌山県	2019年8月
1479	アーステクノス 株式会社	大阪府	2019年8月
1480	株式会社 アスコム	福岡県	2019年8月
1481	株式会社 ヤシマ測器店	宮城県	2019年9月
1482	地水開発 株式会社	茨城県	2019年9月
1483	株式会社 N I P P O	新潟県	2019年9月
1484	大和ハウス工業 株式会社	東京都	2019年9月
1485	世紀東急工業 株式会社	宮城県	2019年9月
1486	株式会社 山陽測器 山口営業所	山口県	2019年9月
1487	N T 金剛 株式会社	大阪府	2019年9月
1488	株式会社 山陽地質コンサルタント	広島県	2019年9月
1489	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2019年10月
1490	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2019年10月
1491	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2019年10月
1492	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2019年10月
1493	堺市北部	大阪府	2019年10月
1494	堺市北部	大阪府	2019年10月
1495	EFC沖縄	沖縄県	2019年11月
1496	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1497	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1498	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1499	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1500	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1501	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1502	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1503	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1504	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1505	株式会社ソーキ 関西機材・技術センター	兵庫県	2019年12月
1506	株式会社 草野測器社	福島県	2020年1月
1507	株式会社 鹿渡工業	秋田県	2020年1月
1508	西牟禮振興局 農地課	和歌山県	2020年1月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1509	有限会社 一秦工業	千葉県	2020年1月
1510	北日本測機 株式会社	岩手県	2020年1月
1511	株式会社 昭建	滋賀県	2020年1月
1512	有限会社 共同技研	宮崎県	2020年1月
1513	株式会社 周南ボーリング	山口県	2020年1月
1514	株式会社 山陽測器 山口営業所	山口県	2020年1月
1515	株式会社 神戸清光 システムインスツルメント	兵庫県	2020年2月
1516	日本住宅 株式会社	岩手県	2020年2月
1517	西尾レントオール 株式会社 通信測機大阪セン	大阪府	2020年2月
1518	西尾レントオール 株式会社 通信測機大阪セン	大阪府	2020年2月
1519	西尾レントオール 株式会社 通信測機大阪セン	大阪府	2020年2月
1520	西尾レントオール 株式会社 通信測機大阪セン	大阪府	2020年2月
1521	西尾レントオール 株式会社 通信測機大阪セン	大阪府	2020年2月
1522	昭和建設	富山県	2020年3月
1523	株式会社 三笠商会	福井県	2020年3月
1524	株式会社 山陽測器	広島県	2020年3月
1525	株式会社 山陽測器	広島県	2020年3月
1526	有限会社 アイ・ティ・サプライ	新潟県	2020年3月
1527	株式会社 コンゴ-測器	熊本県	2020年3月
1528	株式会社 コンゴ-測器	熊本県	2020年3月
1529	株式会社 コンゴ-測器	熊本県	2020年3月
1530	株式会社 八木商会	愛知県	2020年5月
1531	株式会社 八木商会	愛知県	2020年5月
1532	株式会社 中部地質試験所	愛知県	2020年5月
1533	株式会社 埼玉測機社	埼玉県	2020年5月
1534	西武建設 株式会社	埼玉県	2020年5月
1535	株式会社 いとう	長野県	2020年5月
1536	株式会社 アスコム	福岡県	2020年5月
1537	川田建設 株式会社	石川県	2020年5月
1538	大日本土木 株式会社 海外支店(ギニア共和国)	海外	2020年5月
1539	株式会社 近藤インスツルメンツ	愛知県	2020年6月
1540	地盤工事 株式会社	青森県	2020年6月
1541	飯古建設 株式会社	島根県	2020年6月
1542	株式会社 愛亀	愛媛県	2020年6月
1543	株式会社 いとう 長野支店	長野県	2020年7月
1544	株式会社 いとう 長野支店	長野県	2020年7月
1545	株式会社 サンテック	福岡県	2020年7月
1546	株式会社 トヨトミ	愛知県	2020年7月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1547	前田道路 株式会社	愛知県	2020年7月
1548	建技サービス 有限会社	奈良県	2020年7月
1549	株式会社 八木商会	愛知県	2020年8月
1550	仙台計測システム 株式会社	宮城県	2020年8月
1551	株式会社 NIPPO	埼玉県	2020年8月
1552	小芦建設 株式会社	兵庫県	2020年8月
1553	株式会社 高田地研	山形県	2020年8月
1554	株式会社 NISSHO	奈良県	2020年8月
1555	大成口テック 株式会社	大阪府	2020年8月
1556	株式会社 アイソッキ	兵庫県	2020年8月
1557	株式会社 ソッキテック	群馬県	2020年9月
1558	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2020年9月
1559	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2020年9月
1560	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2020年9月
1561	株式会社 クリオ	福岡県	2020年9月
1562	株式会社 クリオ	福岡県	2020年9月
1563	大成口テック 株式会社	埼玉県	2020年9月
1564	まるなか建設 株式会社	島根県	2020年9月
1565	日本道路	広島県	2020年10月
1566	大有建設 株式会社	愛知県	2020年10月
1567	株式会社 ナカジマ技販	埼玉県	2020年10月
1568	マルタニ試工 株式会社	福岡県	2020年10月
1569	株式会社 いとう 長野支店	長野県	2020年10月
1570	岡崎総合土質調査	滋賀県	2020年10月
1571	株式会社 諏訪	山口県	2020年10月
1572	レイワ調査研究所	和歌山県	2020年10月
1573	株式会社 アスコム	福岡県	2020年11月
1574	ホクコク地水	石川県	2020年11月
1575	株式会社 三笠商会	福井県	2020年11月
1576	有限会社 システム測器	兵庫県	2020年11月
1577	株式会社 ヤシマ測器店	宮城県	2020年11月
1578	株式会社 小林測機	福島県	2020年11月
1579	新日本グラウト工業 株式会社	福岡県	2020年11月
1580	株式会社 昭和測量設計事務所	島根県	2020年12月
1581	前田道路 株式会社 神戸合材工場	兵庫県	2020年12月
1582	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2021年1月
1583	株式会社 レンタルのニッケン	栃木県	2021年1月
1584	株式会社 中部地質試験所	富山県	2021年1月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1585	防衛庁 航空自衛隊百里基地	茨城県	2021年1月
1586	防衛庁 航空自衛隊小松基地	石川県	2021年1月
1587	防衛庁 航空自衛隊新田原基地	宮崎県	2021年1月
1588	株式会社 アスコム	福岡県	2021年1月
1589	株式会社 ヤシマ測器店	宮城県	2021年1月
1590	株式会社 両伸		2021年1月
1591	株式会社 土木試験機製作所	大阪府	2021年1月
1592	株式会社 地研テクノ	大阪府	2021年1月
1593	株式会社 埼玉測機社 熊谷営業所	埼玉県	2021年1月
1593	千代田測器 株式会社	埼玉県	2021年2月
1594	千代田測器 株式会社	埼玉県	2021年2月
1595	株式会社 ツルタ	広島県	2021年2月
1596	株式会社 ツルタ(鹿島道路 株式会社)	広島県	2021年2月
1597	共同機器 株式会社	静岡県	2021年2月
1598	株式会社 リョーキ 測器本社	広島県	2021年2月
1599	株式会社 リョーキ 測器本社	広島県	2021年2月
1600	株式会社 リョーキ 測器本社	広島県	2021年2月
1601	株式会社 水上洋行	静岡県	2021年2月
1602	株式会社 双葉工務店	熊本県	2021年2月
1603	株式会社 zeroone	福島県	2021年3月
1604	前田道路 株式会社 九州支店 福岡合材工場	福岡県	2021年3月
1605	株式会社 タイシン	大分県	2021年3月
1606	株式会社 渡部勇商店	岡山県	2021年4月
1607	株式会社 カンキ 神戸北営業所	兵庫県	2021年4月
1608	株式会社 ブリジストン	東京都	2021年4月
1609	防衛省 航空自衛隊 三沢基地	東京都	2021年4月
1610	防衛省 航空自衛隊 入間基地	東京都	2021年4月
1611	防衛省 航空自衛隊 芦屋基地	東京都	2021年4月
1612	防衛省 航空自衛隊 千歳基地	東京都	2021年4月
1613	株式会社 地盤調査事務所 東北事務所	福島県	2021年5月
1614	ブレッシング	滋賀県	2021年5月
1615	日本道路 株式会社 名古屋技術センター	愛知県	2021年5月
1616	株式会社 計測技研	秋田県	2021年5月
1617	マルタニ試工 株式会社	福岡県	2021年5月
1618	久栄建設 株式会社	大阪府	2021年5月
1619	タジキスタン共和国	海外	2021年6月
1620	株式会社 八木商会	愛知県	2021年6月
1621	株式会社 水上洋行	福岡県	2021年6月

キャスポル納入実績

	納 入 先 名	県 名	納入年月
1622	コーアツ工業 株式会社	鹿児島県	2021年6月
1623	株式会社 名桜土質測量設計	沖縄県	2021年6月
1624	世紀東急工業 株式会社	大阪府	2021年7月
1625	横浜建設 株式会社	神奈川県	2021年7月
1626	コーアツ工業 株式会社	鹿児島県	2021年7月
1627	アースソイル技研	三重県	2021年8月
1628	若葉建設 株式会社 九州支店 長崎営業所	長崎県	2021年8月
1629	日本車輛 株式会社	愛知県	2021年9月
1630	株式会社 レンタルのニッケン 測器センター	栃木県	2021年9月
1631	株式会社 レンタルのニッケン 測器センター	栃木県	2021年9月
1632	株式会社 レンタルのニッケン 測器センター	栃木県	2021年9月
1633	株式会社 ナカジマ技販	埼玉県	2021年9月
1634	株式会社 水上洋行	福岡県	2021年9月
1635	株式会社 NIPPO	福岡県	2021年9月
1636	株式会社 NISSHO 測機課	大阪府	2021年10月
1637	株式会社 山形測器社	山形県	2021年10月
1638	セルテックエンジニアリング 株式会社 さいた	埼玉県	2021年10月
1639	株式会社 旭商会 仙台店	宮城県	2022年1月
1640	株式会社 西衡器製作所 青森支店	青森県	2022年1月
1641	株式会社 近藤インスツルメンツ	愛知県	2022年1月
1642	株式会社 レンタルのニッケン 測器センター	栃木県	2022年1月
1643	株式会社 レンタルのニッケン 測器センター	栃木県	2022年1月
1644	国立研究開発法人 土木研究所	茨城県	2022年1月
1645	株式会社 纏三矢(まとい)	大分県	2022年1月
1646	株式会社 レクラン	京都府	2022年1月
1647	中田秀建設 株式会社	奈良県	2022年2月
1648	株式会社 草野測器社 情報システム部	福島県	2022年2月
1649	グリーン・コンサルタント 株式会社	埼玉県	2022年2月
1650	株式会社 土木管理総合試験所 京滋支店	滋賀県	2022年2月
1651	株式会社 近藤インスツルメンツ	愛知県	2022年3月
1652	株式会社 阪神アスコン	兵庫県	2022年3月
1653	京都技術産業 株式会社	京都府	2022年4月
1654	株式会社 高修興業	秋田県	2022年4月
1655	エフユーレンタル 株式会社 岡山営業所	岡山県	2022年4月
1656	株式会社 札幌谷藤	北海道	2022年4月

「地盤改良」に関わる技術評価証明 報告書

発行年月日 平成14年 2月13日（初回認証版）
 平成19年 2月13日（第1回更新版）
 平成24年 2月13日（第2回更新版）
 平成29年 8月21日（第3回更新版）
 令和4年 8月21日（第4回更新版）

評価証明の有効期限 令和9年 8月20日
 （令和4年 8月21日 第4回更新）

評価証明申請者 株式会社 マルイ

証明機関 公益社団法人 日本材料学会

技術に関する問い合わせ先

公益社団法人 日本材料学会 事務局
〒606-8301 京都市左京区吉田泉殿町 1-101
TEL (075) 761-5321(代)
FAX (075) 761-5325

株式会社 マルイ
〒574-0064 大阪府大東市御領 1丁目 9-17
TEL (072) 869-3201(代)
FAX (072) 869-3205