

鳥取県岩石データベースの作成に関する研究 — 露頭における弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度について —

Development of Geotechnical Rock Database in Tottori Prefecture
— Elastic Wave Speed and Schmidt Lock Hammer Repulsion Degree in Outcrop —

藤村 尚 Hisashi FUJIMURA (鳥取大学工学部)
今村直人 Naoto IMAMURA ((株) 荒谷建設コンサルタント)
伊藤 徹 Tetsu ITOU ((株) ウエスコ)
新 任修 Tsugunobu ATARASHI (西谷技術コンサルタント (株))

本研究の目的は「鳥取県岩石データベース」の構築であり、鳥取県内において1/25,000地形図の1/4の大きさについて代表的な地質の調査サイトを選定し、露頭の記載を行い、それらのデータベース化を進めてきている。岩石データベース作成の調査サイトにおいては岩盤状況を評価する一手法として、岩盤露頭表面における弾性波速度およびシュミットロックハンマー反発度の測定を行っている。本文ではこれらの測結果の関係を検討し、各地質におけるその特徴について報告する。

キーワード：岩石、データベース、岩盤、弾性波速度、シュミットロックハンマー (IGC : C09, B11, F01)

1. はじめに

鳥取大学、鳥取県、及び鳥取県内の地盤調査コンサルタント企業のメンバーにより構成される鳥取県岩石データベース作成委員会では、建設事業や地盤防災などに取り組む技術者や研究者への情報提供として、平成14年度より鳥取県下の岩盤データの収集・整理を試みている。また、中高生や一般市民を対象に身近にみられる岩盤地質の紹介資料、いわば、『石ころ事典』としての活用を期待し、タイトルを『鳥取県岩石データベース』とした。岩石データベース作成の調査サイトにおいては岩盤状況を評価する一手法として、岩盤露頭表面における弾性波速度及びシュミットロックハンマー反発度の測定を行っている。岩石データベースの概要、鳥取県東部地域における活動状況の詳細及び2004年までの測定結果については藤村他^{1),2)}により報告されている。

岩盤評価において、地質調査の一部に弾性波速度とシュミットロックハンマーによる反発度を利用するために、鳥取県全域の岩石カルテ^{1),2)}に基づき選択した岩盤について簡易計測を実施して、得られた結果を中心に岩盤物性を調べる。

2. 地質区分

表-1 に鳥取県の地質区分を、図-1 に鳥取県の地質および現地計測箇所を示した。

鳥取県には、新生代の火山岩類から古生代の片岩類などの各種の地質が分布している。

表-1 鳥取県の地質区分³⁾

時代区分	地質区分	岩石・地層名	地域		
新生代・第四紀	更新世	火山岩類	大山安山岩類	中部・西部	
			孝霊山安山岩類	中部・西部	
			外輪山溶岩	中部・西部	
			溝口凝灰角礫岩	中部・西部	
			鶴田玄武岩	中部	
			日野玄武岩	西部	
			蘇山安山岩	中部・西部	
新生代・新第三紀	鮮新世	火山岩類	河合谷流紋岩	東部	
			稲葉山安山岩	東部	
			鉢伏安山岩	中部	
			霊石山安山岩	東部	
	中新世	火砕岩	中津河火砕岩	東部・中部	
				鳥越火砕岩	東部
		火砕岩類・堆積岩類	人形峠層	中部	
				火山岩類	長砂流紋岩
		三徳安山岩	中部		
		深成岩類	淵見閃緑岩	東部	
				荒金火砕岩	東部
				普舎寺泥岩層	東部
				円通寺礫岩砂岩層	東部
				小塵火砕岩層	中部
岩井火砕岩層	東部				
河原火砕岩層	東部				
多里層	西部				
新生代・古第三紀 ～中生代・白亜紀	深成岩類	花崗岩類	東・中・西部		
			火山岩類	中生代火山岩類	東・中・西部
	超塩基性岩類	超塩基性岩類		東部・西部	
		非変成古生層		泥質岩	西部
				珪質片岩	東部・西部
	変成岩類・三郡変成岩	黒色片岩		東部・西部	
			変成岩類・三郡変成岩	黒色片岩	東部・西部
緑色片岩				東部・西部	

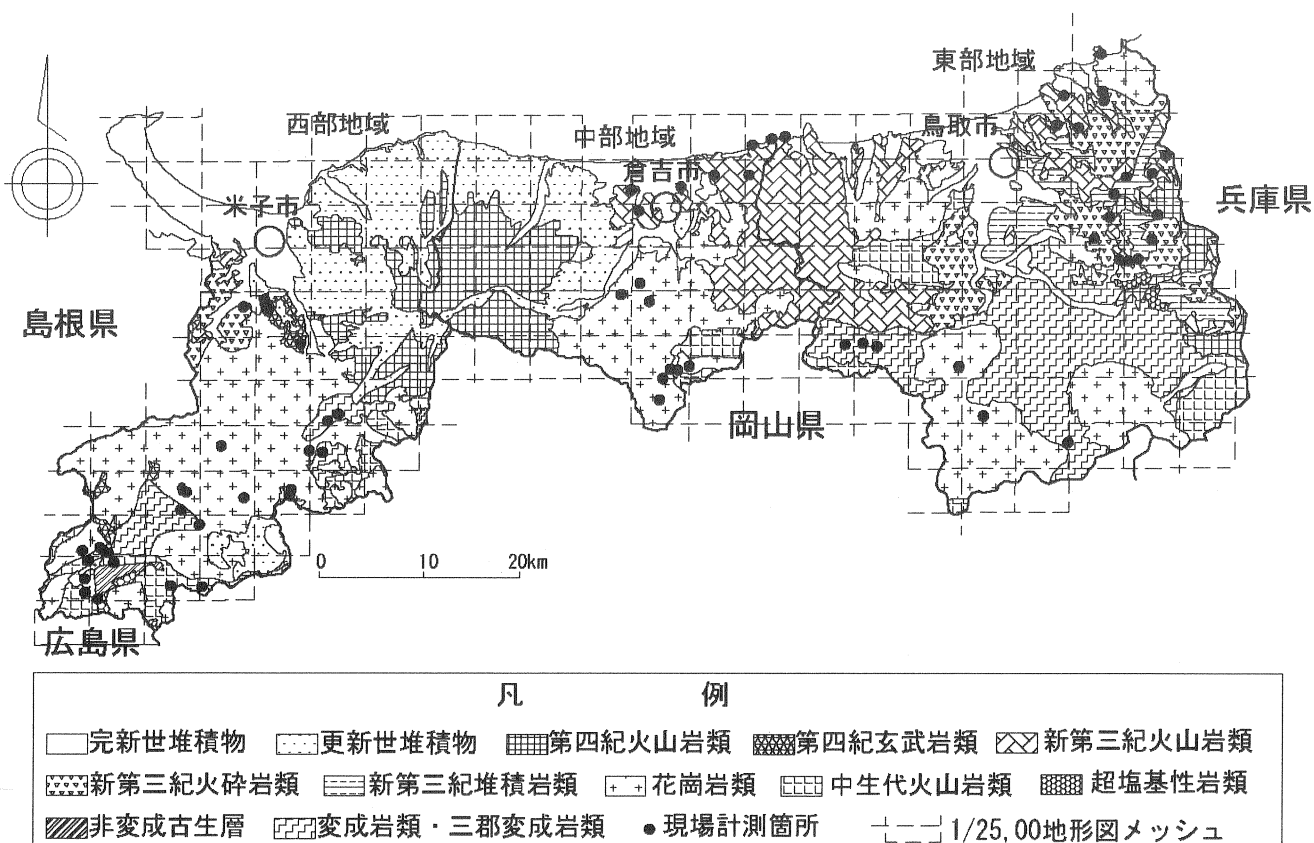


図-1 鳥取県の地質図⁽³⁾より縮小版を作成

鳥取県東部地域における特徴的な地質は更新世の扇ノ山安山岩、鮮新世の火山岩（稲葉山安山岩等）および鳥取層群などの新第三紀以後の火砕岩類である。これらの地質は鳥取県沿岸部から中央部にかけて、古第三紀以前の花崗岩類、火山岩類、三郡変成岩類などを被覆して分布している。

中部地域では、大山周辺に大山安山岩類などの第四紀火山岩類が分布するが、地域の広い範囲に鮮新世の火山岩（鉢伏安山岩等）、花崗岩類および中生代火山岩類が分布する。

西部地域には、大山周辺に大山安山岩類などの第四紀火山岩類が分布するが、大山周辺以外の地域には新生代の火山岩類から古生代の片岩類などの各種の地質が分布している。

3. 計測方法とその結果

3.1 計測方法および結果の整理

弾性波速度およびシュミットロックハンマー反発度の計測は、現在各地質の露頭 66 地点において行っている。

弾性波速度の計測は、三成分の測定器を使用した。測線長は現地の状況に応じて最小 1m、最大 2m とし、目視により著しく開口していると判断した亀裂を避けるように配置した。シュミットロックハンマー反発度は弾性波速度計測測線近傍の 5 点以上において測定し、その平均

を採用値としている。各地域及び県全体の測定データより以下の関係図を作成した。

- ①弾性波速度-シュミットロックハンマー反発度
- ②弾性波速度-岩級区分
- ③シュミットロックハンマー反発度-岩級区分

①～③の関係図では、「新生代火山岩類(第四紀火山岩類および新第三紀火山岩類)」、「新第三紀火砕岩類」、「新第三紀堆積岩類」、「深成岩類」、「中生代火山岩類」及び「古生代の片岩類」についてそれぞれの特徴をまとめた。

②、③の岩級区分は、計測箇所における岩盤を目視やハンマー打診の結果から推察した区分である。

①において、弾性波速度が増加するにしたがいシュミットロックハンマー反発度が大きくなる場合、「比例関係にある」と表現した。また、②、③において、上位の岩級区分になるにしたがい弾性波速度またはシュミットロックハンマー反発度が大きくなる場合、「整合した関係にある」と表現している。

3.2 東部地域における結果と考察

東部地域における地質は、北部に新第三紀等の新しい地質が分布し、南部には花崗岩等の古い地質が分布する。地質分布の特徴を踏まえ、計測箇所は「火山岩類(第四紀及び新第三紀)」、「火砕岩類(新第三紀)」、「堆積岩類(新第三紀)」、「深成岩類」、「片岩類」の 5 グループとした。

(1) 弾性波速度値-シュミットロックハンマー反発度の関係

図-2は、弾性波探査速度とシュミットロックハンマー反発度の関係を示している。

図-2の火砕岩類及び堆積岩類では、弾性波速度が増加するにしたがいシュミットロックハンマー反発度も大きくなっており、両者は比例関係がある。しかし、深成岩類及び片岩類の弾性波速度は1~3km/sの幅をもって分布している。

火砕岩類について、鳥越火砕岩と荒金火砕岩・河原火砕岩とでは若干異なり、同じ弾性波速度でのシュミットロックハンマー反発度は、鳥越火砕岩の方が小さな値を示している。第四紀火山岩類、深成岩類および片岩類で

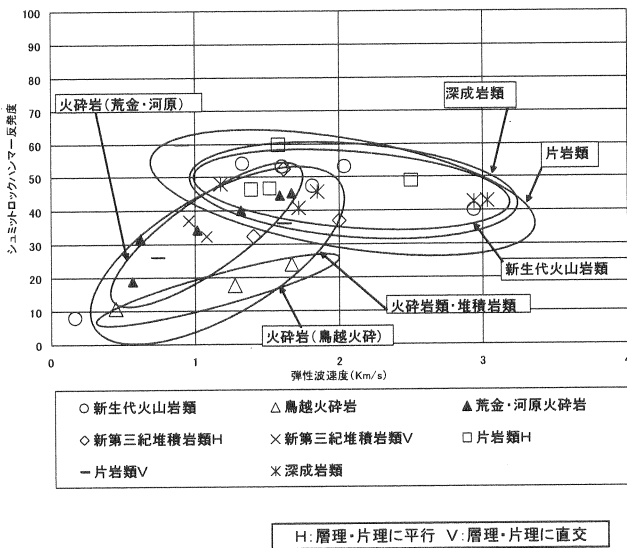


図-2 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (東部地域)

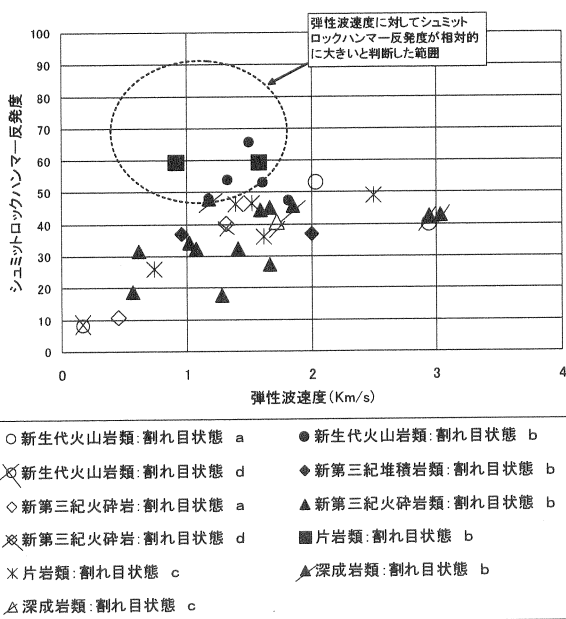


図-3 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (東部地域：割れ目状況により区分)

表-2 割れ目状態区分表⁴⁾

記号	割れ目状態
a	密着している、あるいは分離しているが割れ目沿いの風化・変質は認められない。
b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない。
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。
d	割れ目として識別できない。

は、シュミットロックハンマー反発度が概ね40以上、弾性波速度は1~3km/sを示し、弾性波探査速度とシュミットロックハンマー反発度との比例関係は認められない。第四紀火山岩類、深成岩類および片岩類において、シュミットロックハンマー反発度が概ね40以上と大きいのは、岩石データベースの調査サイトが比較的新鮮な露頭を対象としていることによるものである。

図-3は、図-2を各調査サイトの岩盤の割れ目状態区分し、シュミットハンマー反発度と弾性波速度の関係を示す。割れ目状態の区分表は表-2に示す。

同図において、弾性波速度に比較してシュミットロックハンマー反発度が大きな値となるのは、割れ目状態が露頭観察により「割れ目状態b」に区分される岩盤が多いことがわかる。

(2) 岩級区分と測定値の関係

図-4は調査サイト岩盤の目視判定による岩級区分と弾性波速度の関係について整理したものである。

各岩級区分における弾性波速度は約1.0~1.5km/sの幅があるものの、上位の岩級で弾性波速度は大きくなり、両者は概ね整合した関係にある。既往文献データ^{5), 6)}と大きく異なったものは、堆積岩類および片岩類での、層理・片理平行方向または直角方向の弾性波速度値であり、層状岩盤の異方性の影響を受けた弾性波速度である。

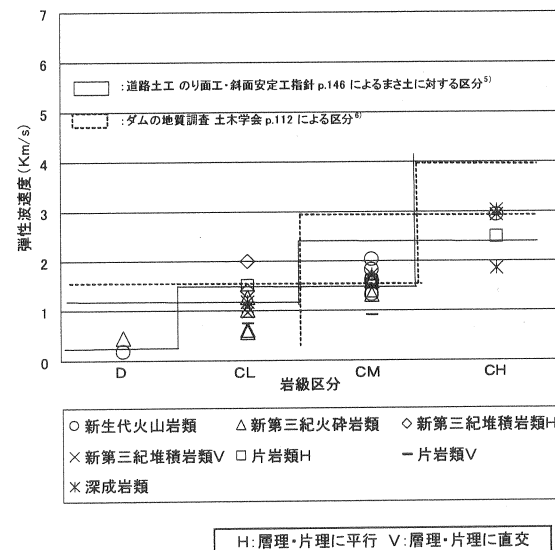


図-4 岩級区分と弾性波速度 (東部地域)

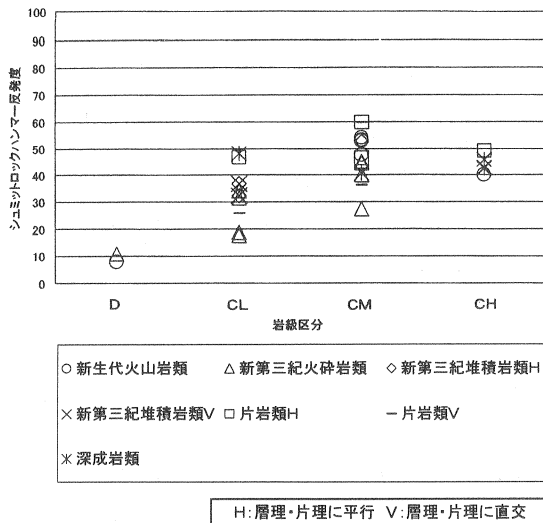


図-5 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度 (東部地域：全岩種)

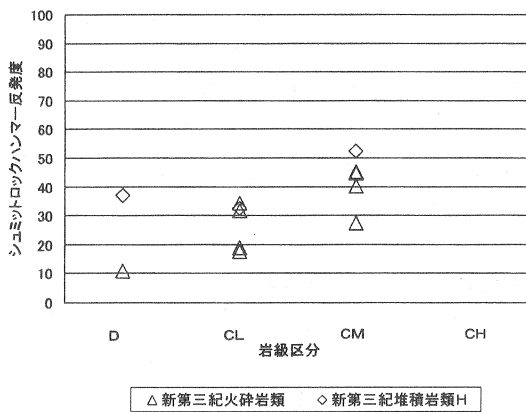


図-6 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度 (東部地域：火砕岩、堆積岩)

図-5、図-6 は岩級区分とシュミットロックハンマー反発度の関係を示す。

図-5 の CL 級岩盤および CM 級岩盤ではばらつきが大きい。しかし、図-6 の堆積岩類及び火砕岩類について見ると、岩級区分が上位になるとシュミットロックハンマー反発度も大きくなる傾向がある。これらの地質は、片岩類、深成岩類と比較して、岩級区分とシュミットロックハンマー反発度は整合しているようである。

(3) まとめ

堆積岩類及び火砕岩類ではシュミットロックハンマー反発度と弾性波速度値及び岩級区分とシュミットロックハンマー反発度に比例または整合がみられ、シュミットロックハンマー反発度は岩級区分等の岩盤状況を評価する上での 1 つの指標となる。

しかし、深成岩類、片岩類、火山岩類における弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度はばらつきがあり、岩盤状況を評価する上でその取り扱いは慎重に検討する必要がある。

3.3 中部地域における結果と考察

中部地域の測定地質は、「新生火山岩類(新第三紀火山岩類)」、「深成岩類」及び「中生代火山岩類」である。中部地域で測定した深成岩類は、すべて古第三紀以前の花崗岩類である。

(1) 弾性波速度値-シュミットロックハンマー反発度の関係

図-7 は、弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度の関係を示す。

中部地域の測定箇所では、シュミットロックハンマー反発度 35 以上、弾性波速度 0.5~3km/s を示し、弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度との比例関係は明らかでない。

中部地域の計測箇所の亀裂状況は、図-8 に示すようにほとんどが「割れ目状態 b」である。「割れ目状態 b」岩盤の弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度は、右肩上がりの傾向が認められるが、全体にシュミットロックハンマー反発度は 30 以上と大きい。

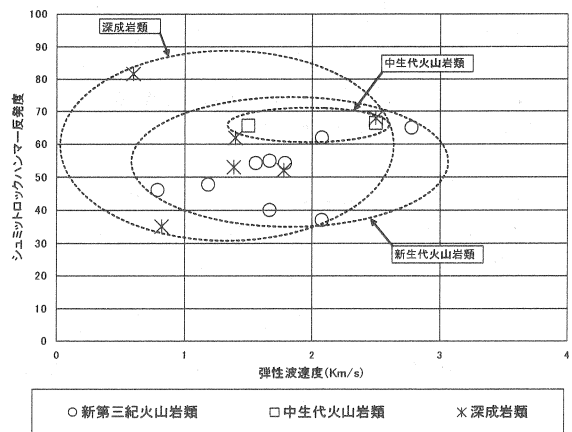


図-7 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (中部地域)

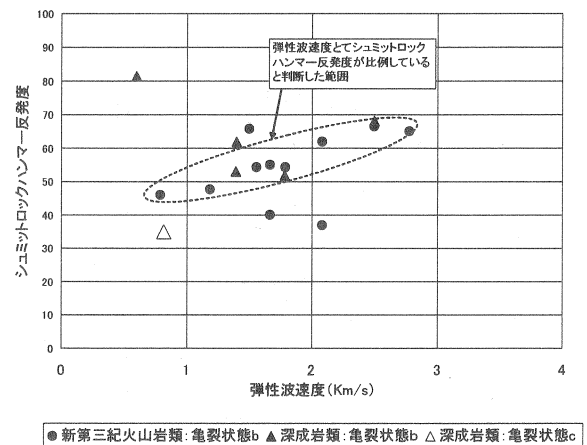


図-8 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (中部地域：割れ目状況により区分)

(2) 岩級区分との関係

図-9、図-10 は中部地域の岩級区分と弾性波速度及びシュミットロックハンマー反発度の関係について整理したものである。

図-9、図-10 より、弾性波速度及びシュミットロックハンマー反発度ともに、岩級が上位になるにしたがって大きくなる傾向がわかる。

しかし、各岩級区分における弾性波速度は既往文献データと比較して小さな値もあり、各岩級区分における下限値は文献データの下限と比較して、0.5km/s 程度の小さい値となっている。

各岩級区分におけるシュミットロックハンマー反発度の数値幅は 25~30 と大きい。

(3) まとめ

中部地域において計測の対象とした岩盤は、硬質・塊状岩盤として露出するものが多い。測定の結果、弾性波速度-シュミットロックハンマー反発度、岩級区分-シュミットロックハンマー反発度に明瞭な比例または整合は

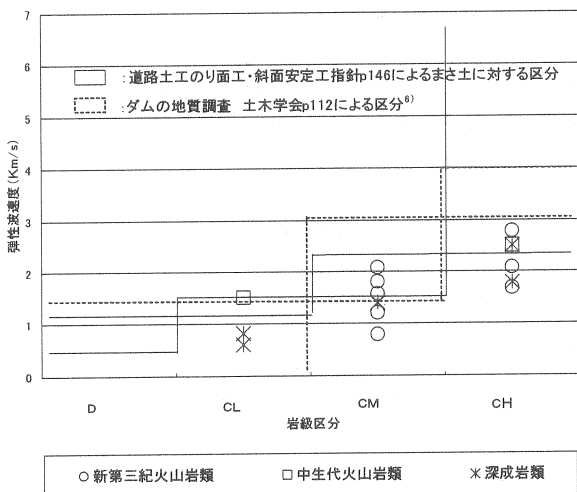


図-9 岩級区分と弾性波速度 (中部地域)

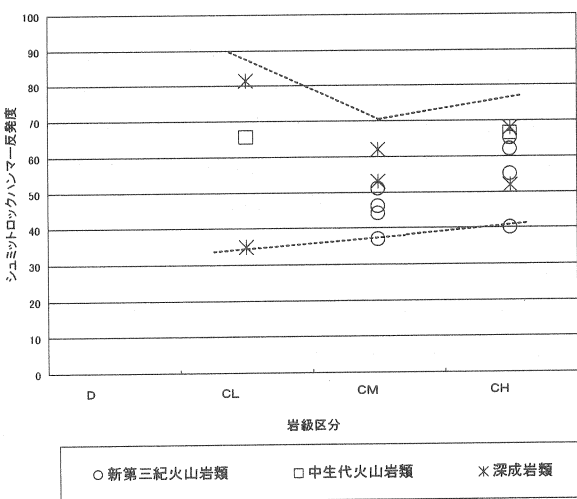


図-10 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度 (中部地域：火砕岩類、堆積岩類)

見出せなかった。深成岩類、火山岩類におけるシュミットロックハンマー反発度は岩盤を評価する上でその取り扱いに留意する必要がある。

3.4 西部地域における結果と考察

西部地域の測定地質は、「新生代火山岩類 (第四紀玄武岩)」、「新第三紀火砕岩類」、「新第三紀堆積岩類」、「深成岩類」、「中生代火山岩類」及び「片岩類」である。

(1) 弾性波速度値-シュミットロックハンマー反発度の関係

図-11 は西部地域における弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度の関係を示す。第四紀火山岩類 (玄武岩類) 及び火砕岩類・堆積岩類では、シュミットロックハンマー反発度と弾性波速度に比例関係がみられる。深成岩類、中生代火山岩類及び片岩類においても、

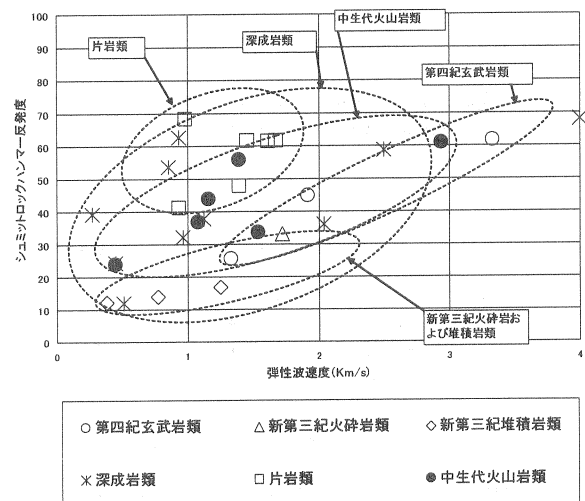


図-11 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (西部地域)

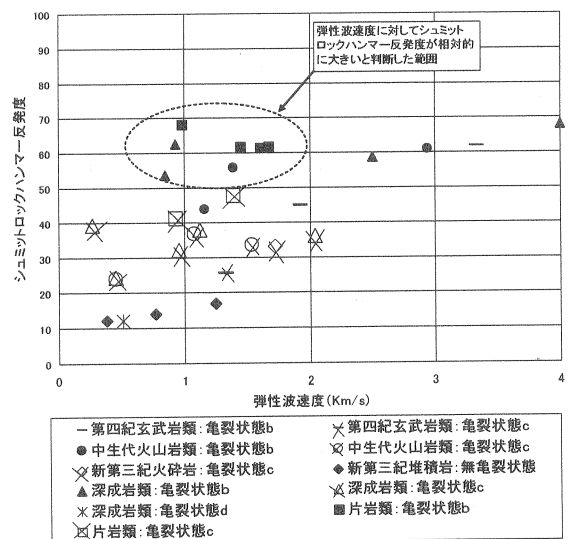


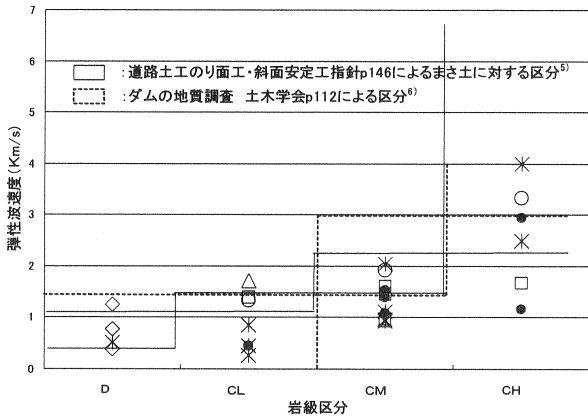
図-12 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (西部地域：割れ目状況により区分)

弾性波速度が大きくなるにつれてシュミットロックハンマー反発度も大きくなるが、ばらつきが大きく、両者の関係は明瞭でない。

図-12 は西部地域の弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度を割れ目状態により整理したものである。弾性波速度値に対して著しく大きなシュミットロックハンマー反発度を示すのは、「割れ目状態 b」の岩盤が多い。

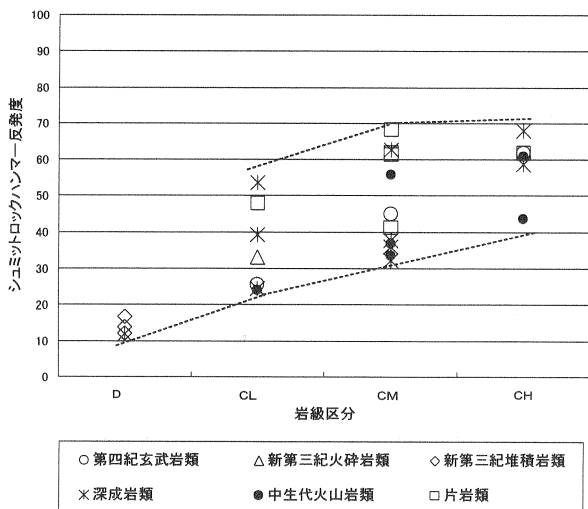
(2) 岩級区分との関係

図-13 は岩級区分と弾性波速度の関係を示している。各岩級区分にける弾性波速度幅は 0.5~3.0Km/s である。特に、CL 級および CH 級においてその幅が大きい。また、各岩級区分における弾性波速度は既往文献データと比較して小さな値もあり、各岩級区分における下限値は文献データの下限值と比較して、0.5~1.0Km/s 程度小さい値となっている。下限値を下回っているのは、片岩類、深成岩類、流紋岩類（中生代火山岩）の硬質岩盤である。



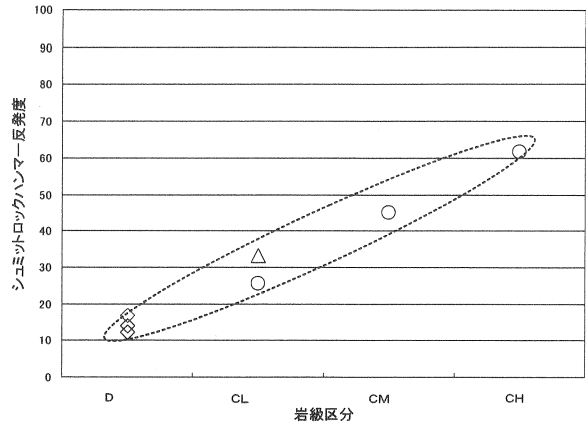
○ 第四紀玄武岩類 △ 新第三紀火砕岩類 ◇ 新第三紀堆積岩類
× 深成岩類 ● 中生代火山岩類 □ 片岩類

図-13 岩級区分と弾性波速度（西部地域）



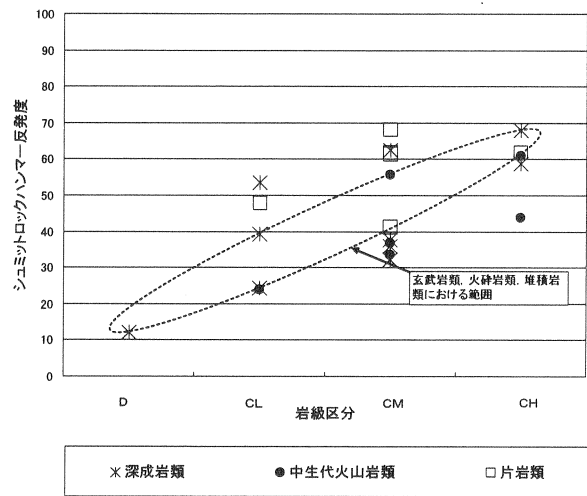
○ 第四紀玄武岩類 △ 新第三紀火砕岩類 ◇ 新第三紀堆積岩類
× 深成岩類 ● 中生代火山岩類 □ 片岩類

図-14 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度（西部地域）



○ 第四紀玄武岩類 △ 新第三紀火砕岩類 ◇ 新第三紀堆積岩類

図-15 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度（西部地域：玄武岩，火砕岩類，堆積岩類）



× 深成岩類 ● 中生代火山岩類 □ 片岩類

図-16 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度（西部地域：火山岩類，深成岩類，片岩類）

図-14, 図-15, 図 16 は西部地域の岩級区分とシュミットロックハンマー反発度の結果である。対象とした全地質では、各岩級区分におけるシュミットロックハンマー反発度幅は最大約 40 と大きい。しかし、図-15 の第四紀玄武岩、新第三紀火砕岩類及び堆積岩類では、岩級区分が上位になるとシュミットロックハンマー反発値が大きくなる傾向が明瞭となる。深成岩類、火山岩類及び片岩類では、図-16 に示すように、各岩級区分におけるシュミットロックハンマー反発度はばらついている。

(3) まとめ

西部地域においても東部地域と同様に、深成岩類、片岩類及び中生代火山岩類の硬質岩盤における弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度はばらつきがある。一方、第四紀玄武岩類、新第三紀火砕岩類及び堆積岩類では両者に比例関係がある。

岩級区分とシュミットロックハンマー反発度においても整合した関係が認められる。東部地域と同様に、新第三紀火砕岩類及び堆積岩類におけるシュミットロックハ

ンマー反発度は岩盤評価における有力な指標の1つになることが期待できる。

3.5 鳥取県全域

図-17 は鳥取県全域において全地質の弾性波速度値とシュミットロックハンマー反発度を示す。図-18、図-19 は地質を新第三紀の火砕岩等の新しい地質と深成岩類、中生代火山岩類等に大別して示している。

図-17 の弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度の関係はばらつきが大きい、図-18 の第四紀玄武岩類、新第三紀火砕岩類及び新第三紀堆積岩類では、両者に比例関係が見出せる。

深成岩類、片岩類、中生代火山岩類及び新第三紀火山岩類では、図-19 に示すようにシュミットロックハンマー反発度が堆積岩類及び火砕岩類に比較して大きな値が多く、ばらつきも大きい。

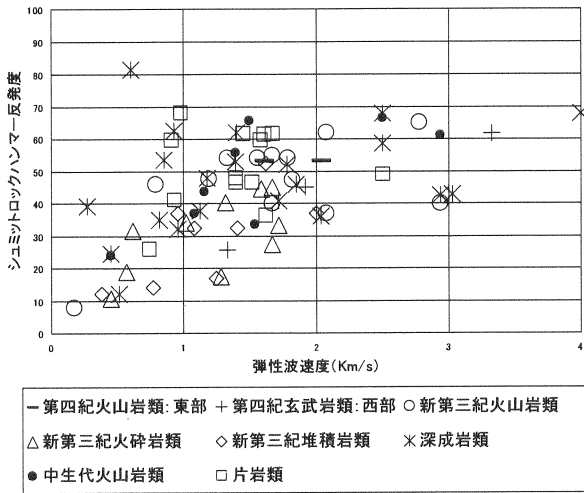


図-17 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (鳥取県全域：全地質)

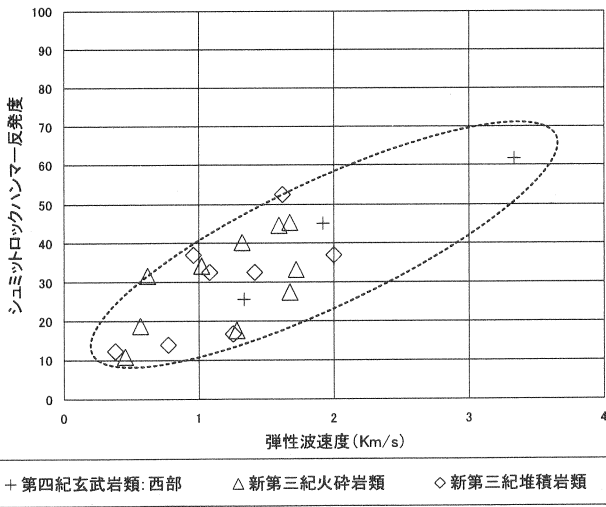


図-18 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (鳥取県全域：玄武岩類，新第三紀火砕岩類，堆積岩類)

弾性波速度は、岩の硬さ、亀裂状況などに左右される。図-19 の地質の新鮮なものは硬質岩盤である。岩石データベースでは比較的新鮮な露頭を対象としていることから、岩盤中の亀裂の影響により両者のばらつきが生じているものとする。

図-20 は鳥取県全域における全地質の岩級区分とシュミットロックハンマー反発度の関係を示す。図-20 では、上位の岩級区分になるにしたがいシュミットロックハンマー反発度も大きくなる傾向は読み取れるが、各岩級におけるシュミットロックハンマー反発度はばらつきが大きい。

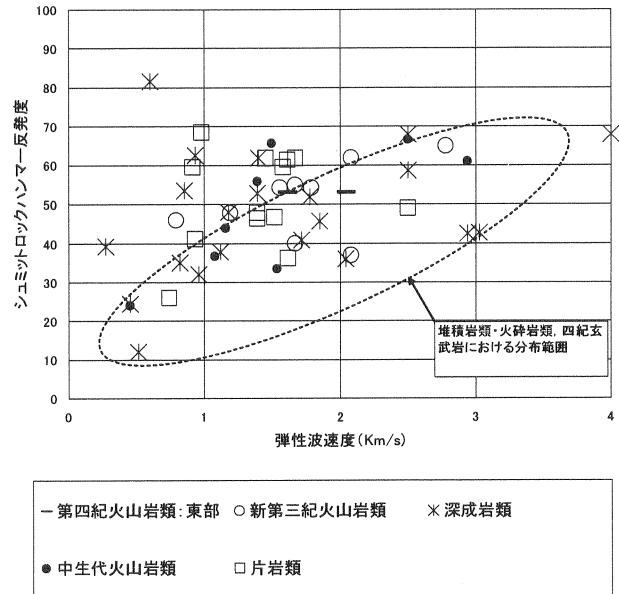


図-19 弾性波速度とシュミットロックハンマー反発度 (鳥取県全域：深成岩類等図-18 以外の地質)

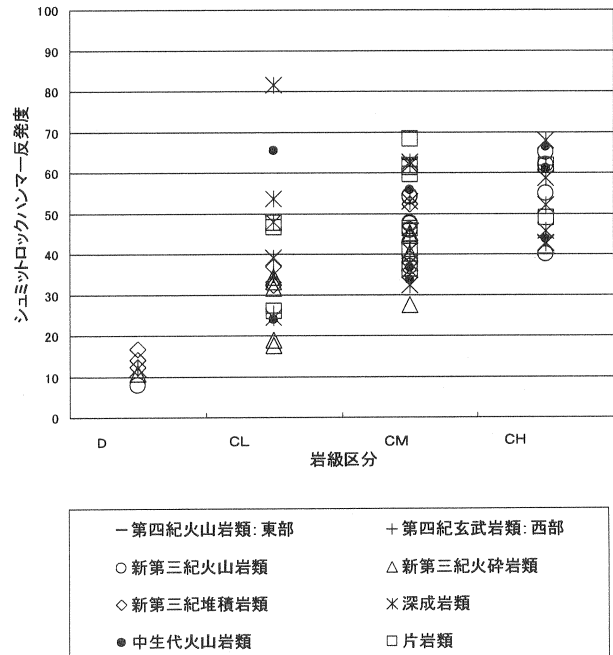


図-20 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度 (鳥取県全域：全地質)

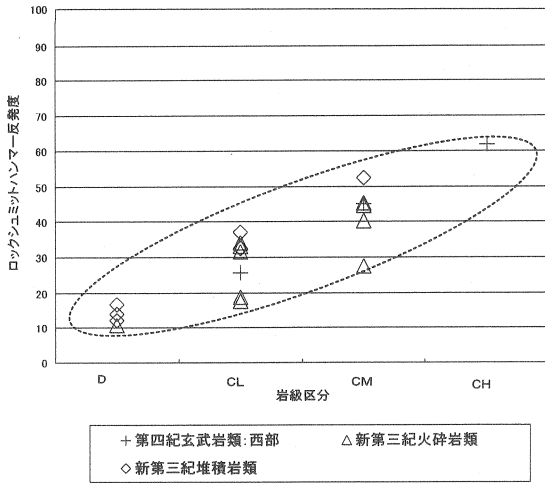


図-21 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度
(鳥取県全域：玄武岩類，新第三紀火砕岩類，堆積岩類)

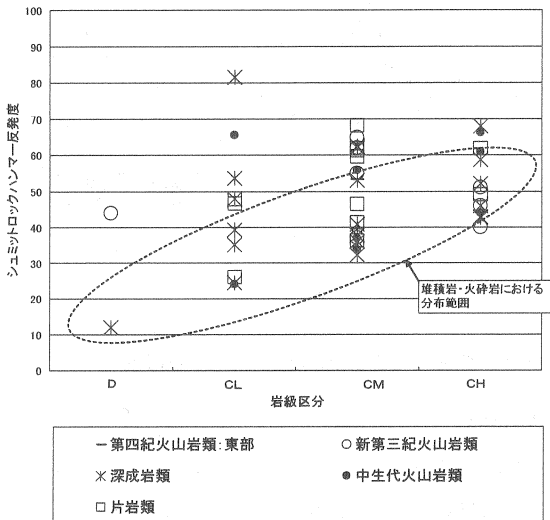


図-22 岩級区分とシュミットロックハンマー反発度
(鳥取県全域：深成岩類等図-21 以外の地質)

図-20 の地質を新第三紀火砕岩類，堆積岩類および第四紀玄武岩類と深成岩類，片岩類，火山岩類，に大別し，図-21，図-22 に示す。

図-21 より，堆積岩類及び火砕岩類の岩級区分とシュミットロックハンマー反発度についても，弾性波速度-シュミットロックハンマー反発度と同様に両者は整合している。

図-22 の深成岩類，片岩類，中生代火山岩類及び新第三紀火山岩類の硬質岩盤のシュミットロックハンマー反発度は，弾性波速度値及び岩級区分でばらつきが認められる。目視による岩級区分では，岩の硬さ，亀裂状況などが考慮されことから，図-22 では岩盤中の亀裂により，ばらつきが大きくなっているものとする。

図-23 は CL 級及び CM 級岩盤におけるシュミットロックハンマー反発度の頻度を示す。新第三紀火砕岩類，堆積岩類では，シュミットロックハンマー反発度は CL 級で 30~40，CM 級では 40~50 に集中しているが，深成岩類，火山岩類等ではばらつきが大きい。

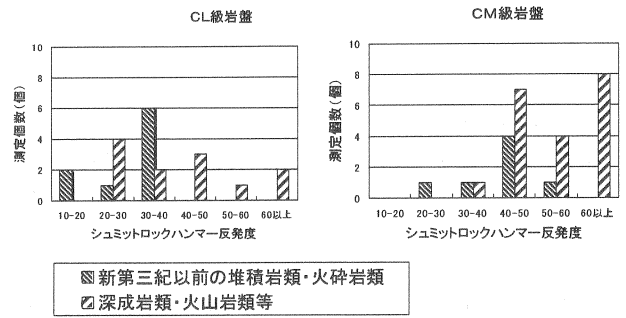


図-23 各岩級におけるシュミットロックハンマー反発度頻度図

4. まとめ

岩盤露頭表面の弾性波速度及びシュミットロックハンマー反発度の簡易測定結果と有効性について述べる。

新第三紀火砕岩類，新第三紀堆積岩類及び一部の第四紀火山岩類（西部地域の玄武岩類）におけるシュミットロックハンマー反発度は，弾性波速度値及び岩級区分と比例または整合関係が認められ，これらの地質の岩盤評価時には有力な指標になることが期待できる。

片岩類，深成岩類，中生代火山岩類及び新第三紀火山岩類の比較的新鮮な露頭では，上記の測定値間のばらつきが大きく，岩盤評価時にはその取り扱いに留意する必要がある。これらの地質において，測定値を岩盤評価に活用する場合には，亀裂状況を加味した評価が必要と考える。

今後は，各地質における計測データの蓄積及び岩石試験結果との対比により，これらの簡易計測手法について，岩盤評価での有効利用方法の確立を目指す。

謝辞

「鳥取県岩石データベース」の立ち上げ運用に対し，地盤工学会中国支部並びに特殊事業部会，財団法人 中国電力技術研究財団，富士通鳥取システムエンジニアリング，鳥取県岩石データベース作成委員会の関係各位には深甚なる謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 藤村 尚：鳥取県岩石データベースの作成，土と基礎，Vol. 22, pp. 22-24, 2005.
- 2) 藤村 尚，伊藤 徹，平岡清二：鳥取県岩石データベースの作成，地盤と建設，Vol. 22, pp. 45-50, 2004.
- 3) 農林水産省中国四国農政局：鳥取県水理地質図，1981.
- 4) (財)日本建設情報総合センター：ボーリング柱状図作成要領(案)解説書(改訂版)，pp12-14, 1999.
- 5) (社)日本道路協会：道路土工のり面工・斜面安定工指針，pp144-146, 1999.
- 6) 土木学会：ダム地質調査，pp110-112, 1993.

(2006年6月30日受付)