論文

岩石の衝撃曲げ試験について*

平松良雄** 西原正夫*** 岡行俊****新堀義門****

Impact Flexure Tests of Rocks

Yoshio HIRAMATSU, Masao NISHIHARA, Yukitoshi OKA and Yoshikado NIHORI

According to many reports published on the impact strength of rocks, the Page impact test is usually adopted, while the impact flexure test is seldom used.

The authors have designed a Charpy-type flexure testing machine with a small impact energy, 0.02 kg·m, in order to make it possible to test such a brittle material as rock, and have carried out the tests with this machine on sandstone, marble and granite.

The results obtained show that this method affords a possible means of determining the impact strength of rocks.

1. 序 論

岩石の脆さの程度を知るために従来 Page 衝撃試験機による方法がよく行われ、この方法はアメリカ材料試験協会の標準試験法に、またアメリカ鉱山局の標準試験法に採用されている。この試験方法は円筒形の試験片上に重錘を落下させて衝撃を与える方法で、その高さを順次増して、ちょうど試験片が破壊する高さを求め、その高さを試験片の断面積で除した値をもつてその靱脆をあらわすことになっている。この方法で最も心配されるのは試験片の破壊が認められる以前に、すでに微小な割目が発生しているかも知れないことである。これに対して Charpy 試験のように試験片に打撃を与え材料の破壊に要する仕事を測定する方法ではそのおそれはない。もつとも、この方法も結果に物理的意義が乏しいとされているが、上記の長所があるので岩石材料についてこの種の衝撃試験を試みた。

2. 試験方法および試験機

岩石のような脆性材料では衝撃破壊の際の吸収エネルギーが小さいから、衝撃エネルギーの小さい試験機を使用しなければならない。そこで衝撃エネルギーが金属材料の Charpy 試験の場合の 25 kg·m または 30 kg·m というのに比べてはるかに小さい約 0.02 kg·m の試験機を作つて用いた。この試験機は本多・佐藤式

高温衝撃硬度計を一部改造したもので、Fig. 1 に示すようである。試験片の寸法は金属材料の Charpy 試験に使用するもの (JIS B 7703) と同じ 10 mm×10 mm

P : Pendulum, C : Pendulum Cramp, S : Specimen.

Fig. 1. The impact flexure testing machine designed.

* 原稿受付 昭和30年2月8日
** 正員 京都大学工学部
*** 正員 同志社大学工学部
**** 京都大学工学部

×55 mm としたが、金属の試験の場合のような切欠は作らなかつた。その理由は金属においても鋳鉄のように脆い材料を試験する場合には切欠のある試験片よりも、ないものの方がよい結果を与えると考えられているから、性質の脆い岩石では切欠を作らなくてさしつかえないだろうと考えられ、また試験片製作技術からみて岩石の試験片に正確に切欠を作ることが困難であるからである。試験方法も Charpy 試験と同様とした。吸収エネルギー E は次式により計算した。

$$E = Gl(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (1)$$

ここに、 G は振子の重さ kg, l は振子の回転軸から重心までの距離 m, α は振子の持上げ角で 30° , β は振子の振上り角である。

3. 試料

試料としては成因も機械的性質も大いに異なる大理石、砂岩、および花崗岩の3種類の岩石をえらんだ。おのおの産地は次のようである。

大理石：山口県美祿郡於福合産

砂 岩：大阪府泉南郡淡の輪産で和泉砂岩と称するもの

花崗岩：愛知県額田郡真福寺村産

それぞれの岩石から10個の試験片を作り、その中5個は乾燥試料として室内に放置し、残りの5個は湿潤試料として蒸溜水に24時間浸した後試験に供した。吸水率は乾燥試料と湿潤試料の重さの差から求めた。

4. 試験結果

上記の30個の試験片を試験してえられた振上り角および(1)式から求めた吸収エネルギーを示すと Table 1 の通りとなる。金属の Charpy 試験では吸収エネルギーを切欠部の有効断面積で除した値を衝撃値として、衝撃に対する強さを比較する尺度としているが、これはあまり意味がないようであるから、ここでは吸収エネルギーを求めるに止めた。また吸収エネルギーの差

Table 1. Angle of rise of pendulum and calculated energy absorption (angle of fall = 30°).

Specimen		Marble		Sandstone		Granite		Free swing
		dry	wet	dry	wet	dry	wet	
Angle of rise	Observ- ed (degree)	24.7	24.0	23.3	22.7	23.7	21.3	28.1
		22.7	24.5	24.6	22.6	22.6	21.7	27.8
		23.7	24.1	23.2	22.6	23.6	21.6	26.5
		25.3	24.4	25.1	21.7	22.3	22.6	27.2
		25.9	24.4	22.2	22.8	23.5	24.4	28.1
	Mean	24.46	24.28	23.68	22.48	23.14	22.32	27.54
Energy absorbed (kg-m)		4.05 $\times 10^{-3}$	4.27 $\times 10^{-3}$	5.01 $\times 10^{-3}$	6.43 $\times 10^{-3}$	5.62 $\times 10^{-3}$	6.60 $\times 10^{-3}$	

の検定には振子の振上り角を用いて行うことにした。

さて、この結果に基づいてわれわれの試験方法によつて衝撃破壊によるエネルギー吸収を検知できるか、また、できるとすれば試料の乾湿の違いによつて吸収エネルギーの差が認められるかについて検討を試みた。振子の振上り角を比較してみると、最も振上り角の大きい大理石の乾燥試料の場合でも信頼度 99% で、その差を認めることができる。しかし岩石の種類による差が認められない限りこの試験の意義は少ないから、この点について検討すると、湿潤大理石と湿潤花崗岩とは分散比が大きいために、信頼度 99% 以上で同一正規母集団の無作意標本ではないとみなしうから、対応のない場合の差の検定はできない。しかし、これら以外のものは差の検定が可能であつて、湿潤大理石と湿潤砂岩は信頼度 99%、乾燥大理石と乾燥花崗岩は信頼度 95% で差を認めることができる。これに対して乾燥大理石と乾燥砂岩、乾燥砂岩と乾燥花崗岩、湿潤砂岩と湿潤花崗岩は信頼度 95% では差を認めることができない。したがつて、われわれの試験法で大体岩石試料による吸収エネルギーを検知できたものと考えられる。

次に乾湿の違いによる差について考えれば、この検定は対応のある場合に相当し、いずれの試料についても、その差は信頼度 95% では認められないが、90% では砂岩において認められ、75% では花崗岩で認められ、大理石では認められない。

5. 結 論

前節の検定において述べたように、岩石の種類により衝撃強さの差を認めにくいものもあるが、一応この試験によれば衝撃に対する強さは大理石、砂岩、花崗岩の順に大きくなつており、乾湿の状態による差は認めにくかつた。しかし湿潤試料は蒸溜水に24時間浸したものであるから飽和していない恐れがあり、さらに長時間浸した場合に差があらわれることも考えられる。このことは吸水率の最も大きい砂岩において吸収エネルギーの差が最も大きいことから予想される。

重錘落下式の Page 衝撃試験機によつて、Obert, Windes, Duvall⁴⁾ らが岩石の衝撃強さを調べている。その結果と今回の衝撃曲げ試験の結果とは試験方法やその他の条件が異なつていたので直接比較の対象とはなりにくい。かれらの結果によれば、衝撃強さは砂岩、大理石、花崗岩の順に大きくなり、また乾燥したものでは衝撃強さを増している。乾湿による衝撃強さの変化については、かれらは圧縮試験の場合について吸水によつて強さが低下することを確認し、曲げ試験の場合にはこの影響を検討する必要なしとして実験を行つていない。

また衝撃曲げ試験と静的曲げ試験との結果を比較してみるには同種の試験によるのが最も望ましく、現在準備中である。円筒状試験片について Obert⁵⁾ が行つた結果によると、岩石の曲げ破壊係数(modulus of rupture)は砂岩、大理石、花崗岩の順に大きく、かれらの行つた Page 衝撃試験の結果と同順になっている。

また衝撃試験片の破面の状態から材料の靱脆の程度を判別することは、金属の場合にはある程度可能のようであるが、岩石では金属ほど靱脆の差がないので困難と思われる。

実験に協力された京大工学部鉱山学教室段野教官、佐竹大学院学生、ならびに試験装置について援助され

た京大工学部機械教室に対し謝意を表する。

* 曲げ破壊係数 R は次式であらわされる。ただし P は破壊荷重、 l は支点間距離、 d は試験片の直径である。

$$R = \frac{8Pl}{\pi d^3}$$

注：一

- 1) ASTM, Designation D3-18, ASTM Standards, Part II, p. 427 (1942)
- 2) Report of Investigation, No. 3891, U. S. Bureau of Mines, p.p. 41~45 (1946)
- 3) M. Freudenthal, The Inelastic Behaviour of Engineering Materials and Structures, London, pp. 555~559 (1950)
- 4) ibid. 2), pp. 43~45
- 5) ibid. 2), pp. 23~26

引拔材の機械的性質に関する研究*

西原利夫** 覚前睦夫*** 中村 寛**

Experimental Research on Mechanical Properties of Drawn Wire

Toshio NISHIHARA, Mutsuo KAKUZEN and Hiroshi NAKAMURA

This paper deals with the experimental research on the effects of change of wire drawing condition on hardness distribution over the section of drawn wire.

Using a Micro-Vickers hardness tester, we tried to investigate the hardness distribution over the cross section of three kinds of carbon steel wires and a brass wire, drawn under several kinds of drawing conditions, as well as the gradual change of hardness over the longitudinal section of carbon steel wires under plastic deformation with half drawn specimen.

As the results we have make it clear that the wire with uniform deformation as possible will be obtained by following methods of drawing:

- (1) with the die of larger radius of curvature of drawing surface than with the die of smaller radius,
- (2) under high reduction of diameter than low reduction.

1. 緒 言

引拔条件が線材の個々の機械的性質に及ぼす影響に関しては従来種々の研究がなされているが、引拔条件と線材の機械的諸性質との総合的な関係についてはまだあまり明らかにされておらず、鈴木弘氏の研究¹⁾があるに過ぎないような状態である。

われわれはさきに二次曲線ダイスについて引拔応力の計算式を導き、数値計算により引拔条件が引拔応力に及ぼす影響について検討を行い、曲線ダイスの特徴

を明らかにし、さらに引拔応力の計算に必要な引拔時における摩擦係数の値を測定し、これを用いて引拔応力の計算結果が実際の値とよく一致することを実験的に確かめたのであるが、諸種の条件のもとに引抜いた線材について機械的諸性質を測定し、引拔条件がこれらの機械的諸性質に及ぼす影響を検討し、実用的に優れた性質をもつた線材を得るための引拔条件を求めることを目的として行う研究のうち、本文では線材の硬度に及ぼす引拔条件の影響を明らかにするために行つた実験について報告する。

2. 引拔線材の硬度分布

ダイスによつて線材が引抜かれる場合、線材が不均

* 原稿受付 昭和30年2月9日 日本材料試験協会第3期総会において講演

** 正員 京都大学

*** 正員 同志社大学