

III-268 孔内破壊試験によるリップパビリティの判定法について

ブリヂストンタイヤ(株) 正員 亀岡 均
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
愛媛大学工学部 正員 榎 明彦

1. まえがき 近年、都市近郊の土木工事において騒音や振動などの諸問題により発破工法が制限され、リップパチップに代表される岩盤掘削工法が多用されるようになってきた。岩盤掘削工法の利点は、安全であり、日スタイムが少なく、岩盤を痛めることが少ないことなどである。しかし、リップ工法の場合あらかじめリップングが可能かどうかを正確に判定することが必要である。従来、リップパビリティ判定法としては(i)室内岩石試験、(ii)現地踏査、(iii)リップによる試験掘削、(iv)現地岩盤での弾性波試験があるが、(i)、(ii)、(iv)は簡便ではあるが信頼性が少なく、(iii)は試験が欠がかりであり多額の費用を要するなどの問題があり、より正確かつ簡易的な方法が求められていた。

ここでは、孔内破壊試験結果から水平方向の掘削力を推定し、実測掘削力との比較を行なうことにより、リップパビリティの判定方法を示す。

2. 孔内破壊試験 図1は試作した孔内破壊試験機で、内径100mmの試験孔に試験機本体Bを挿入し、油圧ポンプAにより水平方向に直径20mmのピストンを貫入させるものである。それと同時に油圧と変位変換器Cのツリンダの変位によりBのピストンの貫入力と貫入深さを測定する。まず、コンクリート供試体A、B、CおよびD(材令7日)大きさ60cm×60cm×35cmの立方体の中央に鉛直方向に内径10cmの孔をあけた試験孔において破壊試験を行なった。室内コンクリート試験の結果を表1に示す。次に、実際の掘削現場の岩盤に4ヶ所試験孔(a, b, cおよびd)をあけ、孔内破壊試験を行なった。表2は室内岩石試験の結果である。なお、現場における岩盤の弾性波速度は1081±261m/secであり、クラック係数は0.85である。

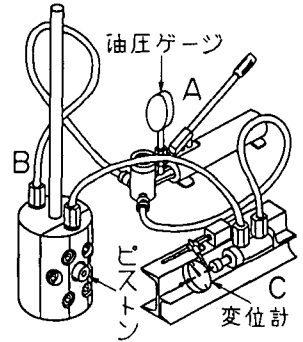


図1 孔内破壊試験機
表2 室内岩石試験

3. 実験結果 図2(a)にコンクリート供試体Aにおける貫入深さと貫入力との関係を示す。図2(b)に現場の岩盤における試験孔bの同様の関係を示す。図2(a)中の載荷深さdが4cmおよび図2(b)中のd=5, 20, 50cmの場合以外はすべて試験孔は破壊した。破壊直前には貫入力が一時的もしくは減少するにもかかわらず貫入深さが増加する傾向が見られる。次にそれぞれの破壊した試験孔の破壊時の貫入力と変位係数の関係を図3に示す。

表1 室内コンクリート試験

コンクリート	A	B	C	D
みかげ比重量	2.27	2.28	2.26	2.26
真比重量	2.20	2.43	2.30	2.13
自然含水比%	5.20	4.87	5.30	5.80
吸水率%	6.98	6.41	8.06	7.96
単軸圧縮強度kgf/cm ²	154.6	160.4	253.7	168.1
シヨア硬さ	6.58	7.67	12.72	10.77
弾性波速度m/sec	2648	2788	2154	3535
弾性係数kgf/cm ²	24014	20980	38060	27030
ポアソン比	0.11	0.18	0.15	0.22

		孔内破壊試験付添	
		岩石工	岩石Ⅱ
みかげ比重量		2.59	2.50
真比重量		2.64	2.55
自然含水比%		0.36	0.72
吸水率%		0.58	1.40
単軸圧縮強度kgf/cm ²		1550	440
シヨア硬さ		69.1±5.0	46.3±4.2
超音波伝播速度m/s		3140	2359
弾性係数kgf/cm ²		1019700	534800
ポアソン比		0.22	0.35
凝結石		32	33
長さ		57	56
物成		11	11

図2(a)にコンクリートAにおける貫入深さと貫入力との関係を示す。図2(b)に現場の岩盤における試験孔bの同様の関係を示す。図2(a)中の載荷深さdが4cmおよび図2(b)中のd=5, 20, 50cmの場合以外はすべて試験孔は破壊した。破壊直前には貫入力が一時的もしくは減少するにもかかわらず貫入深さが増加する傾向が見られる。次にそれぞれの破壊した試験孔の破壊時の貫入力と変位係数の関係を図3に示す。

4. 有限要素法による解析 コンクリートA及び現場岩石IIの室内試験より得られた物性値を基に2次元平面 歪状態における弾塑性の有限要素法解析を行なった。節

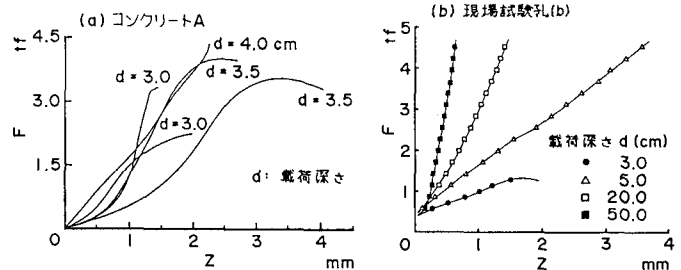


図2 貫入力Fと貫入深さZの関係

桌数 140, 要素数 234 として、コンクリート(鉛直方向 35cm, 水平方向 25cm) および岩石(鉛直方向 100cm, 水平方向 500cm) の所定載荷深さ d に集中荷重を与えた。

この解析では、関連流則を仮定し、非線型材料と大変形の問題を同時に取り扱った。弾性状態下での降伏条件は R. von Mises のものを用い、降伏後の応力歪関係は次式を用いた。

$$\{d\sigma\} = [De] \begin{Bmatrix} d\varepsilon_x \\ d\varepsilon_y \\ d\varepsilon_{xy} \end{Bmatrix} -$$

$$\frac{\rho G^2}{\sigma^2(3G+H')} \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x \sigma_y & \sigma_x \tau_{xy} \\ \sigma_x \sigma_y & \sigma_y^2 & \sigma_y \tau_{xy} \\ \sigma_x \tau_{xy} & \sigma_y \tau_{xy} & \tau_{xy}^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\varepsilon_x \\ d\varepsilon_y \\ d\varepsilon_{xy} \end{Bmatrix}$$

ここで

G ; 剛性率
 H' ; 歪硬化率
 σ_x, σ_y ; 偏差応力
 $\bar{\sigma}$; 相当応力

である。

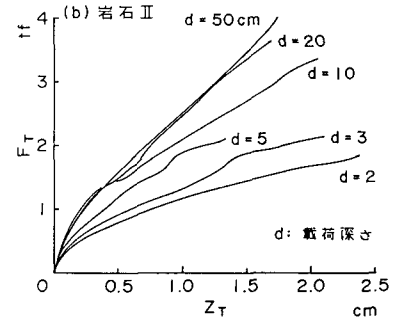
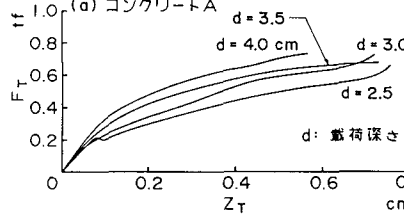
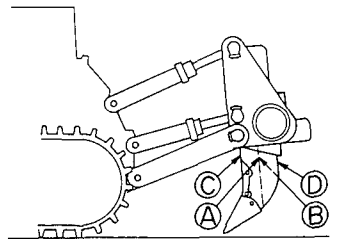


図4(a)(b)にそれぞれの場

図4 貫入力 F_T と貫入深さ Z_T の関係(計算値)

合の貫入力と貫入深さの関係を示した。実測値と比べてよく似た傾向を示すが、定量的には小さな貫入力となっている。これは、実際の3次元変形を2次元変形として取扱ったためと考えられる。

5. リッパチップの掘削力の測定 前述の岩盤ポアホール試験を行なった現場において、76t級ブルドーザを用いてリッピング作業を行ない、チップに作用している力を測定した。測定方法は図5に示したように、リッパチップを取り付けているジャック上部に軸圧縮力(A), (B)、および曲げモーメント(C), (D)を別々に測定できるようにストレインゲージを貼りつけた。その結果、図5 ストレインゲージ貼付図



リッピング作業中の作用力は、図6に示したように、水平力 F_H の最大値は 70 tf、鉛直力 F_V の最大値は 140 tf であり、平均水平力は約 18 tf、平均鉛直力は約 58 tf となり、その平均合力は 61 tf となった。

このリッピング中においてリッパチップ先端は地表より約 50cm 貫入していた。前図2(b)において、載荷深さ 50cm における変形係数は 8008 kgf/mm であるので、図3より破壊貫入力を求めると 4252 kgf となる。この場合、リッパチップの先端幅は 8cm であったので、リッパチップに作用する水平力は 17 tf と算定される。この値は、実測した平均水平力 18 tf とよく対応している。

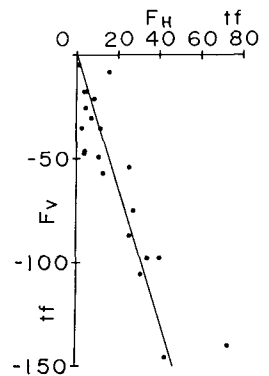


図6 リッパチップに作用する水平力 F_H と鉛直力 F_V の関係