凍結圧が作用する岩盤崩落の遠心力載荷実験

北海道開発:	土木研究所	正会員	日下音	日下部祐基			
豊橋技	 材科学大学	正会員	三浦	均也			
北海道開発:	土木研究所	正会員	池田	憲二			
同	上	正会員	渡邊	一悟			

1.まえがき

本研究では、大規模岩盤崩落の原因の一つと考えられる、亀裂進展の機構解明に関する遠心力載荷実験を行っている。これまでの研究¹⁾では、切欠きを有する模型供試体の自重破壊実験および切欠き内に水圧を作用 させての破壊実験を行い、その結果をFEMや極限つりあい法により解析した。ここでは、遠心力場で供試体 の切欠き内に水を満たし、さらに凍結させて岩盤崩落に対する凍結圧の影響を調査したので報告する。

2.実験概要

本研究で用いた遠心力装置、実験供試体の形状やモルタ ル材料配合比は、これまでのものと同一である。

実験は2ケース行った。実験方法としては、図-1に示す モルタル供試体を試料容器に入れ、切欠き側面をシーリン グして遠心力装置にセットする。つぎに所定の遠心加速度 まで載荷後、供試体の切欠き内に水を注入して挙動を観測 する。切欠き先端付近に貼付した各ひずみゲージの値が安 定した後、切欠き内の水を凍結させて挙動を観測する。切 欠き内にセットした温度計により水温が0度以下になった 段階で、冷却装置を停止して氷を融解する。実験 No.1 で



は、この後遠心加速度を段階的に付加して供試体を破壊した。 図-1 供試体寸法と切欠き位置図

実験 No.2 では、再度冷却装置を作動させて凍結させ、その後実験 No.1 と同様に遠心加速度を段階的に付加 して供試体を破壊した。ただし、実験 No.2 の再凍結過程では、遠心実験場にトラブルが発生したために装置 を一時停止し、再度遠心加速度の載荷から行っている。

3.実験結果と考察

表-1 遠心力載荷実験および材料試験結果表

		破壊	テストピース試料			抜取り試料											
			***	湿潤密度	一軸強度	破壊ひずみ	44	湿潤密度	一軸強度	破壊ひずみ	静弹性係数	静弹性係数	ポアソン比	引張強度	強度	定数	
実駛省™	切欠き深さ	加述皮	村令	t	qu	f	村令	t	qu	f	E 50	Es		t	С _{ии}	uи	上稲・引
	L (mm)	n (g)	(口)	(g/cm ³)	(N/mm^2)	(%)	(口)	(g/cm ³)	(N/mm^2)	(%)	(N/mm^2)	(N/mm^2)		(N/mm^2)	(N/mm^2)	(度)	
実験 1	300	45	21	2.202	18.4	0.42	27	2.169	23.2	0.43	7.06 × 10 ³	1.42×10^4	0.15	2.19	6.00	32.1	10.6
実験 2	300	40	25	2.220	24.9	0.44	29	2.200	19.7	0.43	5.93 × 10 ³	1.39 × 10 ⁴	0.19	1.87			10.5

表-1 に遠心力載荷実験の最終破壊加速度および材料試験の結果を示す。また、結果の1例として実験No.2 で測定された供試体切欠きの先端直近におけるひずみ経時変化を図-2 示す。この実験工程は、まずテストピ ース試料による一軸圧縮強度から予想破壊加速度を55gと推定して、水圧および凍結圧を考慮して10g少ない 45gまで遠心加速度を載荷した。次に水注入により水圧をかけるとひずみが急増したため、遠心加速度を40g まで下げた。その後ひずみが安定したため、冷却装置により凍結させた。切欠き内の水温が0 を下回った時 点で冷却装置を停止して融解させた。

この実験結果で注目されることは、冷却装置による凍結過程でひずみの増加が認められることである。この

キーワード 遠心力装置,岩盤,破壊,凍結圧

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 北海道開発土木研究所地質研究室 TEL011-841-1775

傾向は、この実験工程後の再載荷や実験 No.1 でも確認 された。これらのことから凍結圧により、供試体に生 じている応力が増加していることが推測される。そこ で凍結圧の影響について定量化することを試みた。既 存資料等によると、水が凍結するときの凍結圧 P は以 下の式(1)で示される。

$$P = K \beta \Delta T = \frac{E}{3(1 - 2\upsilon)} \beta \Delta T$$
(1)

ここで、 K: 氷の体積弾性係数(N/m²), :氷の体積膨張係数(15×10-5/)
E: 氷の弾性係数(294WN/m²), :氷のポアソン比(0.36),
T: 0 からの温度差(平均として-2 と仮定)

上式より、極限つりあい法による凍結圧と水圧(凍結時は氷の自重に相当)および供試体自重による破壊加速度 n_fは、以下の式(2)で示される。ただし、上式の凍結圧Pは 完全拘束時の値であり、本実験のように自由表面などを有す る場合には、凍結圧Pが小さくなると予想される。したがっ て、凍結圧の低減係数 を導入して、この値を推定した。

$$n_{f} = \frac{\sigma_{t} (B - L)^{2} - 3\alpha PL^{2}}{3\gamma_{t} Bh^{2} + \gamma_{w} L^{3}}$$
(2)

ここで、、、: 引張強度(N/m²), B:供試体幅(m), L: 切欠き深さ(m), H: 切欠き位置までの長さ(m), 、: 供試体の単位体積重量(N/m³), 、: 水の単位体積重量(N/m³)

式(2)を用いて求めた実験 No.1,2 の凍結圧低減係数と破 壊加速度の関係を図-3 に示す。凍結圧を考慮した破壊加速 度は、凍結過程でひずみが増加したことから水圧を考慮した

値よりも小さいと考えられる。これまでの研究により、切欠 図-3 凍結圧低減係数と破壊加速度の関係 きを有する供試体およびその切欠き内に水圧が作用した場合の破壊加速度を、極限つりあい式である程度推定 できることを明らかにした。今回の実験に用いた供試体の材料試験結果により、水圧を考慮した破壊加速度 n_fを求めると No.1 n_f=47g, No.2 n_f=40g になる。

図を用いて水圧を考慮した破壊加速度に対する凍結圧低減係数 を求めると、 =0.06 程度になる。また、 実験で用いた凍結過程での遠心加速度 No.1 n=35g, No.2 n=30g に対する凍結圧低減係数 は、No.1 =0.24, No.2 =0.20 程度である。これらの値を考慮して、凍結圧を考慮した破壊加速度の凍結圧低減係数を推測す ると、 =0.06~0.22 となる。中間値をとって =0.14 として破壊加速度を求めると、実験 No.1 n_f=42g, No.2 n_f=34g となる。これらの値は、水圧を考慮した破壊加速度の 0.87 程度になり、本実験における凍結圧の破壊 加速度に及ぼす影響度合いは、全体の 13%程度であることが推察される。

4.まとめ

1) 凍結圧が岩盤崩落に関与していることを実験的に検証し、その影響度合いを定量的に把握した。

2) 本実験条件での凍結圧が破壊加速度に及ぼす影響度合いは、全体の13%程度であることが推察された。

5.あとがき

ここでは、凍結圧の岩盤崩落に対する影響を実験的に検証した。今後、さらに詳細な検討を行って、本手法による実現象の解明を行う必要があろう。

参考文献

1) 日下部祐基,三浦均也,池田憲二,渡邊一悟(2004):切欠きを有する模擬岩盤の崩落に関する遠心力載荷実験,土木学会,第33回岩盤力学シンポジウム論文集,pp57-64.



