

## 跡津川断層地区におけるBABHY方式水圧破砕法による地殻応力評価

### Stress measurements by the Baby Borehole Hydro-fracturing method, BABHY, in the vicinity of the Atotsugawa fault

# 伊藤 高敏 [1]; 小村 健太郎 [2]; 加藤 春實 [3]; 田中 博 [4]; 関根 孝太郎 [5]

# Takatoshi Ito[1]; Kentaro Omura[2]; Harumi Kato[3]; Hiroshi Tanaka[4]; Kotaro Sekine[5]

[1] 東北大・流体研; [2] 防災科研; [3] ジオテクノス ジオサイエンス事業部; [4] 明間ボーリング; [5] 東北大・流体研

[1] Inst. Fluid Sci., Tohoku Univ.; [2] NIED; [3] Geotechnos Co.,LTD, Geoscience Consulting Division; [4] Akema Boring; [5] Inst. Fluid. Sci., Tohoku Univ

<http://geo.ifs.tohoku.ac.jp/index-j.html>

水圧破砕法は、km級の深度における地殻応力の現位置計測を可能とする唯一の実用的手段として従来より広く用いられてきた。ところが、この方法による、ボアホール直交面内における最大応力  $S_{max}$  の評価要領に致命的な欠陥のあることが Ito et al. (1999, 2005) によって明らかになっている。その原因は、従来の仮定に反して、1. 残留き裂開口幅の存在によってき裂の開口以前からボアホール水圧がき裂内に進入してしまうこと、2. 加圧システムのコンプライアンス  $C$  (システム内の水圧を単位量だけ増加させるのに必要な水の体積) が大きすぎるがためにき裂開口の影響がボアホール水圧の変化挙動に現れにくいことにある。この問題を解決するには、加圧システムの  $C$  を例えば 1 mL/MPa 程度に十分小さくしたシステムでき裂開口圧  $P_r$  を測定し、かつ、その測定値と残留き裂開口幅の影響を考慮した観測方程式 ( $P_r = (3 S_{min} - S_{max})/2$ , ここで  $S_{min}$  はボアホール直交面内における最小応力) から  $S_{max}$  を評価すればよい。しかしながら、特に km 級のボアホールへ適用することを考えると、ボアホールは直径が大きく、加圧システムも大型になるために問題の  $C$  を十分小さくすることが原理的に難しい。このジレンマを解決する方法として著者らは、BABHY (Baby Borehole Hydro-fracturing) 方式を考案した (図 1)。その最大のポイントは、坑底に掘削した小坑径 (直径 50 mm 程度) で長さ 2~3 m 程度の孔 (ベビーホールと呼ぶ) の中で水圧破砕を行うことにあり、以下のように多くの特長がある。

1. 加圧システムが小型でコンプライアンス  $C$  を極小にすることが可能である。
2. ベビーホール掘削時のコアを検査して、天然割れのない、水圧破砕に適した試験区間を選定できる。
3. ストラドルパッカーの加圧区間が 0.4 m 程度と短いため、水圧破砕に適した試験区間を探すのが容易である。一般的なき裂密度であれば、2~3 m のベビーホールの中に少なくとも 1 箇所は適当な試験区間が必ず見つかるはずである。
4. オーバーコアリングによって、水圧破砕き裂を含むコアを回収できるので、き裂の形状と発生方位を目視で観察できる。また、コアを定方位で採取できれば、型撮りが不要となる。
5. 装置の上げ下ろしをワイヤーラインで実施するため、大深度でも測定時間を極小にできる。
6. 掘管内部で装置の上げ下ろしを行うために、抑留の危険がない。

そこで、この方式の妥当性を検証するため、跡津川断層の近傍に位置する神岡鉱山の坑道床面から掘削したボアホールを用いて実規模実験を実施した。実験地点の被りは約 500 m である。ボアホールは鉛直であり、大きさは PQ サイズ (直径 123 mm) である。その深度 31.8 m の坑底に AQ サイズ (直径 47 mm) で長さが 1 m のベビーホールを掘削し、その中で水圧破砕試験を実施した。ただし、坑口からの深度が浅いので、パッカーと坑道に置いたポンプを小口径のステンレスチューブで接続し、そのポンプを使って試験区間に水を圧入した。その結果、意図した通りに縦き裂が形成され、き裂開口圧 ( $P_r$ ) 15 MPa、き裂閉口圧 ( $P_s$ ) 19 MPa、および、き裂発生方位  $N23^\circ W$  という観測値を得た。よって、 $P_r$  と  $P_s$  の観測値を使って水平面内の最大応力  $S_{max}$  および最小応力  $S_{min}$  を評価すると、それぞれ 27 MPa および 19 MPa となる。また、 $S_{max}$  の方位は  $N23^\circ W$  であり、跡津川断層の走向 ( $N60^\circ E$ ) とほぼ直交する向きとなった。なお、き裂作成時の水圧上昇率から本試験装置のコンプライアンス  $C$  を評価したところ 1.3 mL/MPa であった。

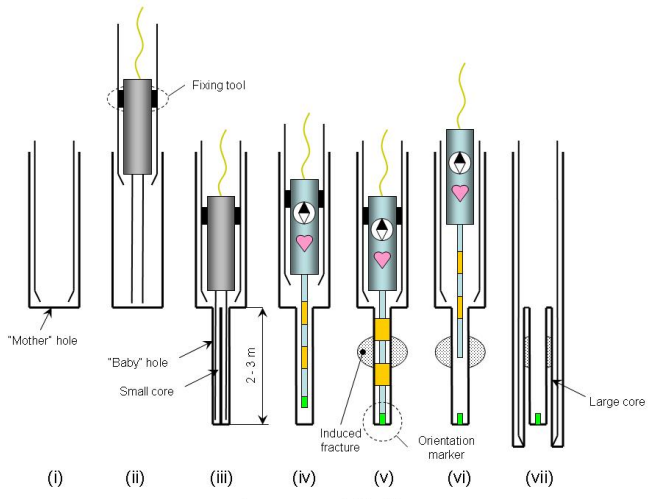


図1 BABHYの実施要領