長期岩盤計測における AE 計測データの評価

北海道開発土木研究所	正員	池田	憲二	正員	日下音	『祐基
国土交通省 北海道開発局	正員	中井	健司			
飛島建設(株)技術研究所	正員	塩谷	智基	正員	三輪	滋
(株) 構研エンジニアリング	○正員	嶋倉	一路			

はじめに 材料破壊にともなう弾性波は、"アコースティック・エミッション(AE)"と呼ばれ、破壊規模 や形態、ならびに破壊過程を反映した情報として材料の破壊監視や破壊予測技術の一助として期待されてい る。元来 AE 法は、金属材料などの室内実験を中心に適用・展開されてきた経緯があり、最終目標といえる 野外での長期 AE 計測の計測・評価に関わる一連のプロセスの早急な研究開発が望まれている。著者らは、 長期岩盤 AE 計測および評価を適切に行うことを目的に、1)遠隔操作可能な AE 計測システム¹⁾、2) AE セ ンサ設置方法(WEAD)²⁾、3) AE 解析・評価方法(TAMS)³⁾などを研究・開発してきた。本論文では、北 海道えりも町庶野「宇遠別第2覆道地区岩盤斜面」での AE 計測データに基づき開発した計測方法や解析手 法の妥当性を検討した結果を報告する。

<u>岩盤斜面計測の概要</u> 図-1 に対象斜面(宇遠別第 2 覆道地区 岩盤)の AE 計測概要を示す。岩盤斜面はホルンフェルスから なり、約 80°の急崖面に 50°の受け盤亀裂が数条に認められ る。この亀裂に直交する流れ盤亀裂が多数生じ、ブロック化が 進行していた。不安定岩塊を除去し、岩盤内部の亀裂性状の把 握と各計器を設置するためのボーリングを実施した。ボーリン グより採取したコアの物性試験より、開発したウェーブガイド

(WEAD)の充填材を決定し、最深部の亀裂面を貫通するよう に削孔した約 10m の計測孔に孔底より約 1.5 m 間隔で岩盤表 面より約 2.5 m まで合計 5ch の AE センサ(プリアンプ内蔵 60 kHz 共振型)を設置した。40dB 以上の AE 信号を MISTRAS 遠 隔 AE 計測装置 (PAC 社製)により収録するとともに、背景雑 音の確認を目的に AE 計測小屋内部にも同種の AE センサを設 置し、岩盤に設置した AE センサと同条件で計測した。ここで、 深度 1m までを湿潤砂で充填するとともに、最浅部の AE-5 (ch-5)と斜面表面までの距離を約 2.5 m とし、雨滴によるノイ ズ低減を図った。本計測現場では、AE センサ以外にも地震計、 3 次元亀裂計、孔内ひずみ計などが図-1 のように設置されてい る。当該岩盤用に設計した WEAD の室内破壊実験(4 点曲げ 載荷および 3 点曲げのパンチングシアー)より,表-1 に示す AE パラメータによる破壊規準を構築した。この破壊規準を用 いて、現場から得られた AE データを以下に考察する。

計測データと考察 図-2にAE源の一次元標定結果の経時変化 を示す。なお、同図中の円面積はリングダウンカウントの平均 値(第1到達波と第2到達波の平均値)を反映している。同図



図-1 宇遠別第2覆道岩盤のAEセンサ配置

表-1 AE パラメータによる破壊規準

	AE par	AE parameters Fracture		Fracture	Fracture conditions &	
Count	Energy	Ib-value	Grade	estimated	patterns expected	
	-50	increase	10		Early stage in bending	
40		0.06	10-		Intermediate stage in bending	
-40	50-100	decrease down to 0.04	5-10		Final stage in bending	
	100-200 increase up to			Final stage in bending & early stage in shear		
40-	200-300	0.06	0-5		Intermediate stage in shear	
	300-	decrease down to 0.04			Final stage in shear	

より、12月初旬に計測孔底面より4m~5m(AE センサ ch-3付近)に AE 源の集中が認められた。図-3に

キーワード:アコースティック・エミッション,現場計測,破壊評価規準,Grade

連絡 先:〒065-8510 北海道札幌市東区北 18 条東 17 丁目 1-1, Tel:011(780)2813, Fax:011(785)1501

典型的な結果を示す。ch-1と図-2のAE源集中位置に設置されてい る ch-3 の Grade 結果を示す。ここで、Grade は AE 波形の初期勾配 を示し、大きい値が引張り破壊、小さい値がせん断破壊に対応して いる。ch-1の Grade 経時変化より、12月初旬に急激な低下が得ら れ、表-1の破壊規準より曲げ破壊程度の破壊形態が予測された。 一方、ch-3の Grade 変化より、11 月末頃と 12 月初旬に急激な 10 以下への低下が認められ、特に12月初旬の値は5以下となる。表-1より、5以下の Grade はせん断破壊に対応していることから、こ の時期に瞬間的なせん断変形が岩盤内の局所(ch-3 付近)に生じ た可能性が高い。図-4 に AE 計測孔の直上に位置するひずみ計測 孔の最深部に設置されたひずみ計: BS2-1 と AE 源集中位置近傍に 設置したひずみ計:BS2-3の経時変化を示す。ここで、ひずみは岩 盤内温度変動のひずみへの影響を考慮し、AE 活動度と密接な関係 を示す増分率 4とし表している。同図より、AE アクティビティー に対応した最深部のひずみ変動は認められないが, BS2-3 ひずみに 明らかな対応が認められる。このことから、12 月初旬の高い AE アクティビティーは瞬間的ではあるが岩盤内部の局所変状に対応し、 得られた AE パラメータから、せん断破壊に対応しているものと考 えられる。

まとめ 長期岩盤 AE 計測および評価を適切に行うことを目的に著 者らが研究開発した 1)遠隔操作可能な AE 計測システム、2)AE セ ンサ設置方法、3)AE 解析・評価方法などを解説し、開発した手法 を北海道えりも町庶野「宇遠別第2覆道地区岩盤斜面」での AE 計 測に適用した。計測された AE データ、および斜面挙動の計測結果 に基づき本計測方法や解析手法の妥当性を検討した結果以下の知見 を得た。①AE 源の一次元位置標定より、12 月初旬の瞬間的な AE 源の集中が確認された。② AE パラメータの経時変化から、あらか じめ策定した AE パラメータによる岩盤破壊規準を用いて岩盤内部 の破壊状態を推定し、12月初旬の一時的なせん断挙動が推定され た。③ひずみレートの急増が②で示した時期に認められ、かつ①で 示した AE 源集中位置に合致していた。これらのことから、12 月 初旬の一時的岩盤挙動は、AE 源, AE パラメータなどにより十分 説明可能であり、本 AE 計測手法の妥当性が実岩盤斜面での AE 計 測および岩盤挙動により明らかとなった。

参考文献

- 1) Shiotani, T., S. Yuyama, M. Carlos and S. J. Vahaviolos, "Continuous Monitoring of Rock Failure by A Remote AE System," Journal of Acoustic Emission Vol. 18, pp. 248-257, 2000.
- Shiotani, T., S. Miwa and M. Ohtsu, "Development of AE Wave-Guide for 2) Rock Failure Monitoring, JSNDI, Progress in Acoustic Emission X, pp. 85-90.2000
- Shiotani, T., K. Ikeda and M. Ohtsu, "Detection and Evaluation of AE Waves 3) due to Rock Deformation," Elsevier Science, Construction and Building Materials, in press.
- Shiotani, T. and M. Ohtsu, "Acoustic Emission Activity with Slope Behavior on a Model 4) Slope of Rock," paper presented at AE Working Group 43rd Meeting, Seattle, 2000.



 \odot

urface (10 25 m 10

Date 図-3 Grade の経時変化



ひずみレートと AE 発生率 図-4