

竹中技術研究所 正会員○岩本 宏，下河内隆文  
竹中工務店 佐藤 忠明，増川 洋一  
竹中土木 長島 芳雄

1. はじめに 斜面の安定問題は、斜面を構成する地盤材料と斜面形態（盛土、切土、自然斜面）の組合わせで分類できる。筆者らは、この問題についてシステマティックに対応できるよう検討を行ってきているが、現在はブロック岩塊状を呈す不連続性岩盤の切土、自然斜面の安定問題に対して対応できるシステムを構築すべく検討に取り組んでいる。このブロック状岩塊の安定性の検討に用いられる手法としては、ステレオ投影法およびブロック理論<sup>1)</sup>がある。今回、県立自然公園内において、安全性とともに景観をも考慮した対策工を求められる自然斜面に対し、調査・解析・対策を一貫して行ったのでその事例を報告する。

2. 検討対象域 検討対象は気仙沼湾県立自然公園内の海岸沿いに位置するホテル気仙沼プラザの新築工事である。湾を見下ろす丘陵地の上部にはホテルが、標高差約25mの急崖部下部には駐車場が位置しており、この駐車場とホテルを直結するエレベータシャフトが計画されていた。この急崖部は全体的に岩盤が露出し、エレベータシャフトの直背後にあたり、一部岩塊が突出している（図-2参照）。

本斜面は、概ね岩盤が露出した北向きの急傾斜面からなり、斜面高約25m、平均傾斜約45°をなしている。また本斜面は、古生代二畳後期に形成された石灰岩および粘板岩から構成され、いずれも硬岩に属する硬質な岩盤を形成している。図-2に示すように、斜面中部が全体に岩盤が露出する急崖であり、一部突出している。この部分に分布する岩盤の不連続面は開口しており、この中腹部が不安定部にあたと考えられた。

3. 調査および解析 当斜面における岩盤性状を把握するために地表踏査を実施し、岩盤斜面の安定性を支配する重要な要素である不連続面の方向をステレオ写真投影・写真解析により抽出した。

解析は、1) 写真による不連続面の計測、2) シュミットネット投影、3) 不連続面の卓越方向の抽出、4) 安定上問題となる不連続面の抽出、の順で実施した。71個の不連続面について検討した結果、斜面に卓越する不連続面は、① N32°E 26°N、② N72°E 78°N、③ N30°W 56°～82°N、④ N57°W 60°Nである（図-3）。これらの不連続面をもとに斜面の安定度について検討した。この結果、④の不連続面が斜面の安定上重要な不連続面であると判断した。

次にキーブロック理論を用い、これらの卓越した不連続面と斜面の情報をもとに有限ブロック形状の推定

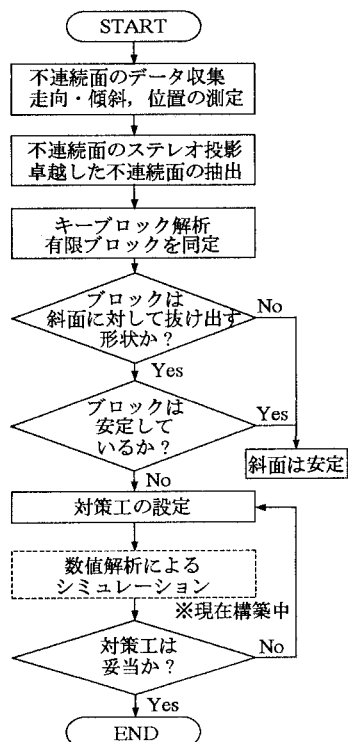


図-1 ブロック状岩塊斜面に対する検討フロー

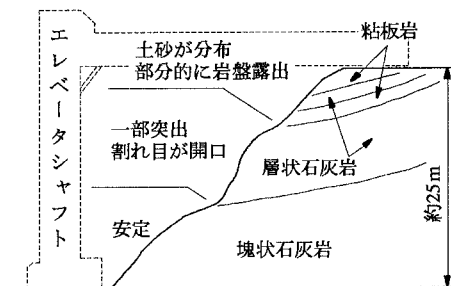


図-2 検討対象斜面予想断面

を行った。図-4に示したブロック形状のうち(a)に関しては、キープブロックになりうるタイプであり、逆に(b)は、有限ブロックではあるもののキープブロックにはならないタイプである。

以上の情報を用い、④の不連続面に注意しながら検討を行った結果、④の分布は少なく連続性が乏しいことや、本斜面上に出てくるキープブロックの形状が実際には小さいことなどから、比較的規模の大きい崩壊の発生の可能性は少ないものと判断した。

このようにして、不連続面が開口した岩盤が分布する斜面中腹部の岩盤が大規模に崩壊する可能性は少ないという結果が得られたが、斜面には浮き石状をなしていると考えられる岩塊がいくつか認められた為、それらの岩塊とあわせて対策を施すことにした。

4. 対策工法の検討 大規模な崩壊の可能性は少ないが、地震時・降雨時も考慮して人的災害を防ぐことを考え、対策を検討した。岩塊の崩落に対する対策工としては斜面状況にあわせていくつかの方法が考えられるが、当斜面は県立自然公園内に位置し、対策工法の立案においては景観を考慮することが求められていた。そこで、浮き石の中で体積が小さく、かつ簡単に除けるようなものについてはあらかじめ排除し、残された比較的大きな浮き石とキープブロックについて対策を施すこととした。その結果、

- ・ロックボルト (キープブロックおよび比較的大きな浮き石に対して)
- ・止水土手 (斜面頂部に沿って)
- ・ネットフェンス (H=1800 を斜面低部に)

の対策を講じた(図-5)。

5. 今後の展開 数値解析手法としてはFEM, RBMS, DEMなどがあり、また近年ではDDA(不連続変形法)といった手法の実用化の研究が進んでいる。筆者らはこれらの数値解析手法も本評価システムの中に取り込み(図-1参照)、今回検討に加えられなかった動的問題・浸透問題や、ロックボルト等の対策工を施した場合のシミュレーション、逆解析による物性評価も試みていく予定である。

#### 参考文献

- 1) Goodman, R. E. and Shi, Gen-hua : Block Theory and Its Application to Rock Engineering, Prentice-Hall, 1985

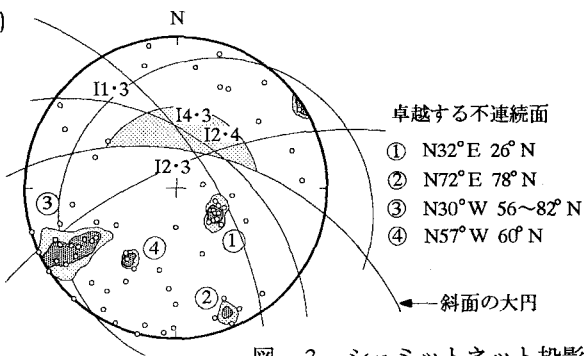


図-3 シュミットネット投影

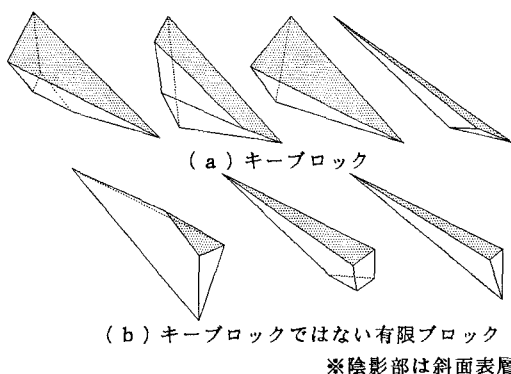


図-4 ブロック形状

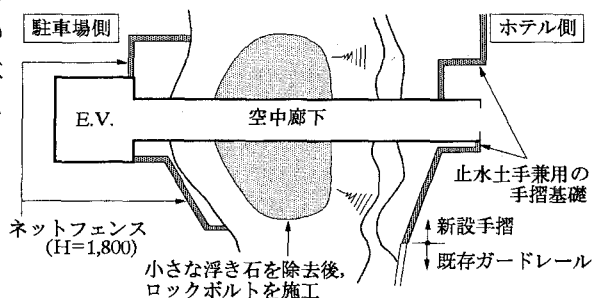


図-5 対策工(平面図)