

名古屋大学工学部 正会員 松尾 総
 名古屋大学大学院 ○学生会員 松沢 秀泰

1. はじめに

地盤工學には種々の不確実性が存在し、実際の施工にかかる以前の設計はこれら不確実性下の決定問題である。すなわち、計画から調査、設計に至るプロセスにおいて、多くの理想化や単純化が行なわれるので、各種の不確実性の介入を避けることはできない。従って、これら不確実性に対処するために、施工中あるいは施工後に動態観測を行ない、施工に伴い新しく得られる情報を利用して、実際に起こりつつある力学的現象を予知していくことは有効である。そして、破壊につながることを予知できれば、事前に対策工を実施し、現実にところうとする破壊を防止することができる。動態観測は比較的簡単な観測であることが望ましい。

本研究は内空断面への押し出し量の著しく大きい膨張性地山トンネルを例にあげ、支保工の絶対変形量及び変形速度の観測結果をもとに、地山の“破壊”を比較的短時間で予知する方法について検討した。研究に用いたデータは代表的な膨張性地山トンネルである上越新幹線中山トンネル中山工区のものであり、側壁導坑上部半断面工法及びクッション材工法を併用した区間の側壁導坑鋼支保工の変形量測定曲線をもとにしている。

中山工区は中山果層と呼ばれる緑色凝灰岩を主体とした地質であり、地山強度は0.36～1.55（平均0.9）と小さく、掘削後にトンネル周辺地山が塑性化し、著しい膨張性を呈する。本坑は側壁導坑上部半断面工法により施工されてきたが、現在はNATMが用いられている。中山工区の詳細は参考文献1)、2)を参照されたい。

以下変形量とは同一断面内の最大の鋼支保工絶対変形量を指す。

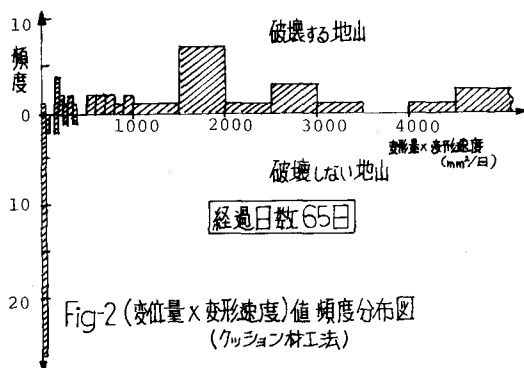
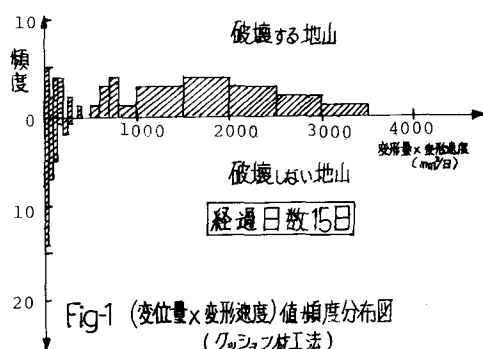
地山の“破壊”を予知するためには地山の変形に注目すべきことはわかっているが、これを得ることは難しく、支保工の変形量を介して地山の変形量を推測している。また、NATMでは直接地山の変形量を測定できる可能性をもつ。

2. 膨張性地山トンネルにおける“破壊”の定義

膨張性地山トンネルばかりでなく一般にトンネルにおける“破壊”の定義は明確でないため、本研究では便宜上次のように定義して議論を進める。すなわち、

「変形量の増大に対し、繰返しや追加的な山留工などの対策工を講じた地山は破壊している」

実際に対策工を講じた時点は変形量に着目しつつも、施工上あるいは経済的見地などにより技術者が工学的判断を下して決定するため、定量的な表現はなかなか難しい。変形量に着目すれば160mm～1140mm（平均550mm）



で対策工がなされている。

3. 施工管理図

地山の变形特性に影響を及ぼす要因は種々あるが、比較的簡単な観測で得られるものに变形量と变形速度がある。これらを用いて“破壊した地山”と“破壊しない地山”の特性を明らかにするために得た図が(変形量×変形速度)値(以下C値と呼ぶ)の頻度分布図Fig-1,2である。図より、一般に“破壊した地山”のC値は大きく、“破壊しない地山”のC値は小さくあり、その差は統計的に見れば歴然としている。また、経過日数が増えると“破壊した地山”ではC値の大きな頻度が増大し、“破壊しない地山”ではC値の小さな頻度が増大する。このような特徴があるため、“破壊する地山”の予知にC値は有効であることがわかる。

以上の特徴を踏まえ、横軸に経過日数、縦軸にC値を取って整理した図がFig-3である。今後さらに詳細な検討が必要であるが、今1つの試みとして図の太実線で示すような破壊予知線を引くと、“破壊する地山”は破壊予知線の上部にかなり離れて位置し、“破壊しない地山”では逆に破壊予知線の下部に位置していることが明らかである。すなわち、この図より、動態観測開始後、初期にC値の大きな地山では直に対策工を講ずる決定ができ、初期にC値が小さく、しだいに増加する地山においても、破壊予知線と交わる時点に対策工実施の1つの目安とすることができる。また、Fig-4は破壊予知線がもつ予知能力を確率で表わしたもので、この図を用いることによって“破壊”する確率が得られ、例えば期待損失などを得ることができる。

Fig-3は中山工区のデータのみで作製した施工管理図であるため、他の地山に関して定量的に議論することはできないが、定性的には有効な概算であると思われる。

4. おわりに

現在脚光を浴びているNATMにおいては、変形速度に着目して施工管理がなされている。本研究はNATMのデータを用いて議論したのではないが、NATMにおいても(変形量×変形速度)値に着目することは増しボルトや再吹付の施工時期を決定する上で有効であると思われる、現在引き続いて検討中である。

最後に、本研究は熊谷組中山作業所の矢木康照所長の御好意により進められており、矢木所長と山口啓二氏に多大な御教示と御協力を頂いている。ここに厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 溝口健二；上越新幹線中山トンネルにおける膨張性地山の掘削 土木施工 昭和52年6月
- 2) 矢木康照，山口啓二；上越新幹線中山トンネルにおけるNATMの施工実績

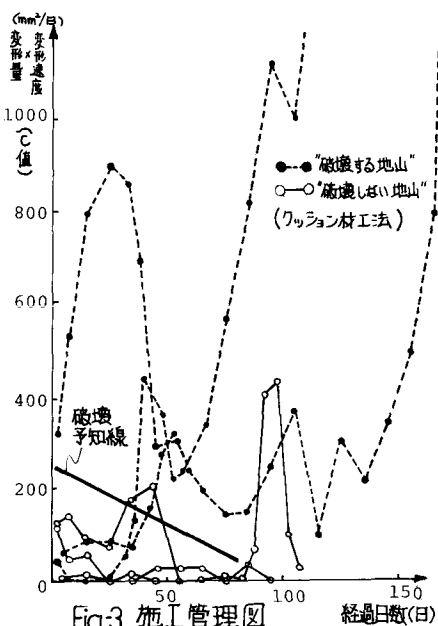


Fig-3 施工管理図

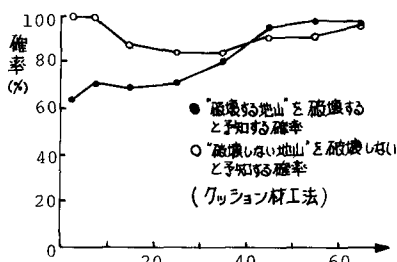


Fig-4 破壊予知線の予知能力

建設の機械化 昭和53年1月