

### III-140 トンネル切羽附近の地山のゆるみについて

京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 員 村 山 朔 郎

京都大学防災研究所研究員 正員 ○藤本 徹※

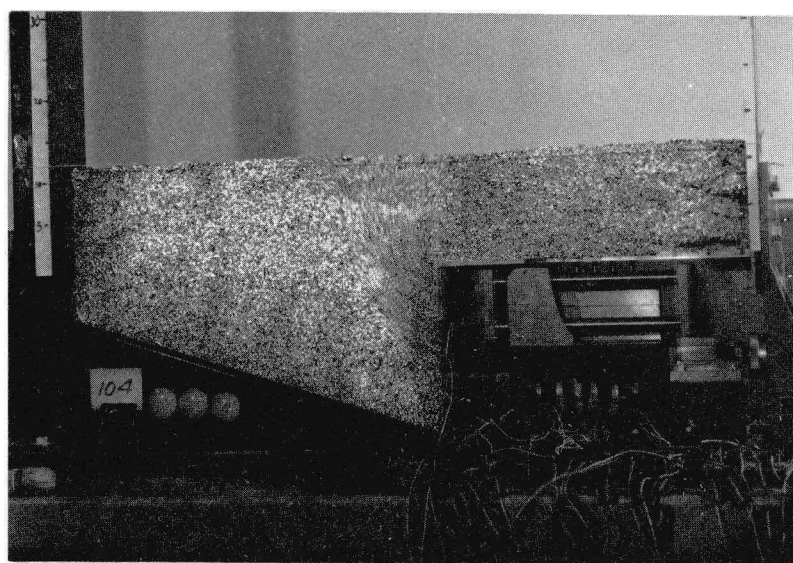
トンネルを掘削するとき、切羽附近の地山は応力が解放されるが、強度の低い地山ではこれにともなって破壊が生じることもある。筆者らはこの問題に以前より興味をもち、研究を行ってきたが、これに関して若干の考察を行ったのでここに紹介する。

トンネルを掘削するときの地山のゆるみをトンネル軸方向にとらえた場合、切羽の応力解放の機構を切羽面の水平変位としてあたえるように理想化して考えることも妥当であろう。したがって、この問題はいわゆる水平浮戸（移動床）として取扱うことができる。筆者らはこの観点より写真-1に示すような水平浮戸の実験を行った。この実験的研究は先に筆者の一人が行った鉛直浮戸（降下床）の研究<sup>(1)</sup>を参考としてこれを発展させたものである。この水平浮戸の実験においてえられた結果の考察は興味ある問題であるが、それ以前のプロセスとして、鉛直浮戸についてさらに深く考察を行い、この段階をふまえた上で水平浮戸に取り組みたい。

まず、鉛直浮戸の問題のうち、とくに、浮戸直上の固着体の領域の解明が本質を解く鍵として重視されてきており、このうち主としてすべり説とアーム説が主要な解明の手段とされてきた。前者は固着体の領域は未破壊領域であり、この外側の境界線にそってモールクーロンの破壊基準にもとづくソ性すべり線が発生する。したがって、降下床の上面に作用する鉛直荷重はこのすべり線の内部の土の

---

※ 態谷組技術研究所



写 真 - 1

重量と、すべり線にそって作用する応力の鉛直成分の和であるとした。つぎに、後者については、固着体の上方から境界線を介して固着体に直接伝達される応力は少くて無視され、大部分の力は固着体をまたぐアーチ状に左右に別れて固着体外側に伝達されるといういわばトンネル外周に荷重を伝えるアーチを仮想する考え方である。<sup>(2)</sup> これらの説はそれぞれ主張する論拠があり、実験値とかなり合致するのでしばしば引用されることが多いが、今回筆者らは別の視野からこの問題を扱い、これらの2説は単に一つの現象を表裏からみた見方の相異であり、このような見方での原因と各見方に対する批判を試みた。そのために、まず解析的なアプローチとして、筆者の一人が提案する応力度、ひずみ曲線<sup>(3)</sup>と釣合式より適合条件式を作成し、これに境界条件をあたえて階差法的な手法により厳密解を求める。つぎにこの成果から変位、応力度等の諸量を求めて今日まで提案されてきた多くの理論の妥当性を立証しようとした。しかし、上述の厳密解法は適合条件式が非線型であり、現行の電子計算機の処理能力上の制限等もあって直接これを行わず、ひとまず適合条件式には線型の Beltrami - Michel の式を用いた。この方式はすでに Getzler によって発表されているが、<sup>(4)</sup> 解の精度やえられた成果の考察にいまに残された問題があったので、筆者らは京都大学 FACOM 230-60 を使用してかなりの成果をえた。図-1にはこの解析結果からえられた地山要素の変位を図示してあり、この結果から外側の境界面がかなり明りように打出されており、また浮戸（降下床）上部では変位がほぼ一定であることから固着体の存在が感じとられる。図-2はこれに対する地山内部の主応力の変化と大きさを示している。固着体とその周囲の2次領域との境界線と推定しえる個所においては、図-2をかきかえると図-3に示すごとく、この境界線の接続方向の応力成分が降下床の沈下量が増大してもほぼ一定であるにもかかわらず、垂直成分が大きく減少しており、ゼロを切ることもみられることはとりもなおさずアーチ説が根拠としている現象を示している。さらに、この主応力から共軛な

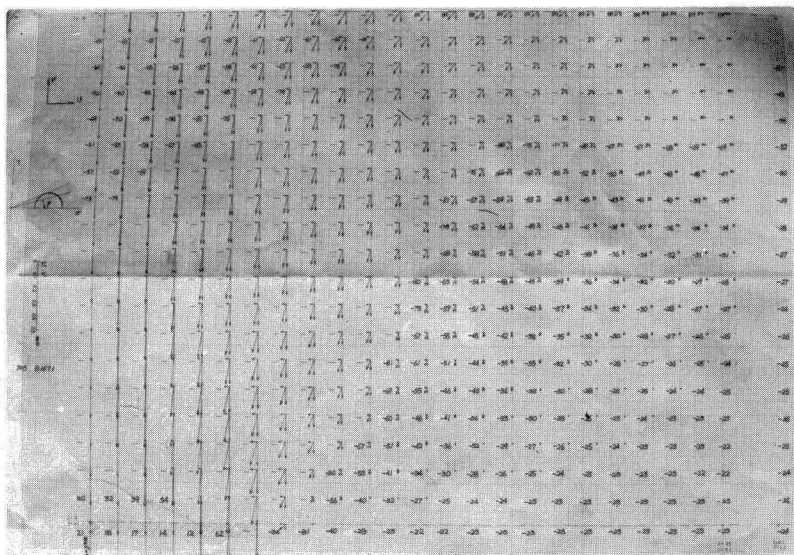


図 — 1

合成力を求めると先に筆者の一人が求めたすべり説におけるすべり線の形および線上の作用応力の特性が類似している傾向を示し、すべり説をも裏付けることが可能となる。アーチ説とすべり説とはもともと表裏一体をなしており、これらが同時に説明できるのは当然といえよう。ただし、この解析方法は適合条件式に線型理論を用いてあるから、これによりすべてを厳密に説明することには多少の困難があり、この点に関しては先にも述べたように厳密解析を現在進めており、この成果に大きな期待を寄せている。

なお、今回は鉛直浮戸を主にとりあげて述べたが、目下水平浮戸についても研究をすすめており、また、トンネル軸方向の2次元解析をさらにすすめて3次元解析も立案中である。本研究の成果は適用範囲がきわめて広く、例えばシールド工事の諸計画には欠くことのできないものとなろう。

なお、階差法の演算は Relaxation 法<sup>(5)</sup>を用いたが、これには京都大学工学部小林昭一助教授に多大の助言を頂きここに深く謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- 1) 村山朔郎：砂層内局部沈下部にかかる垂直土圧，京都大学防災研究所年報 11 号 B，（昭和 43. 3），pp 549～565
- 2) 村山朔郎，松岡元；砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究，土木学会論文報告集第 187 号，1971，pp 95～108
- 3) S. MURAYAMA "STRESS STRAIN-TIME BEHAVIOR OF SOIL SUBJECTED TO DEVIATORIC STRESS" PROCEEDINGS OF 7th

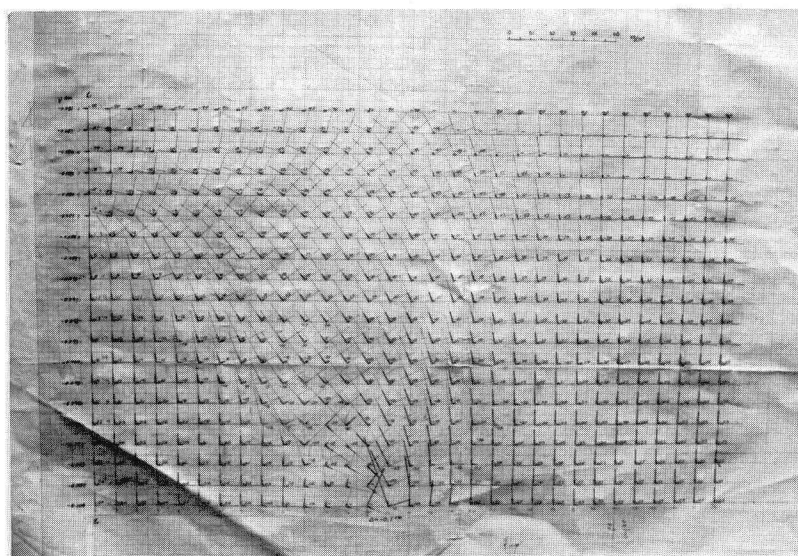


図 - 2

INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND  
FOUNDATION ENGINEERING MEXICO, 1969, pp 297~302

4) Zvi Getzler "ANALYSIS OF ARCHING PRESSURES IN IDEAL  
ELASTIC" ASCE, July, 1970, pp 1357~1365

5) R, V, Soughwell "Relaxation Methods in Engineering Science"  
London Oxford Univ, Press 1940,

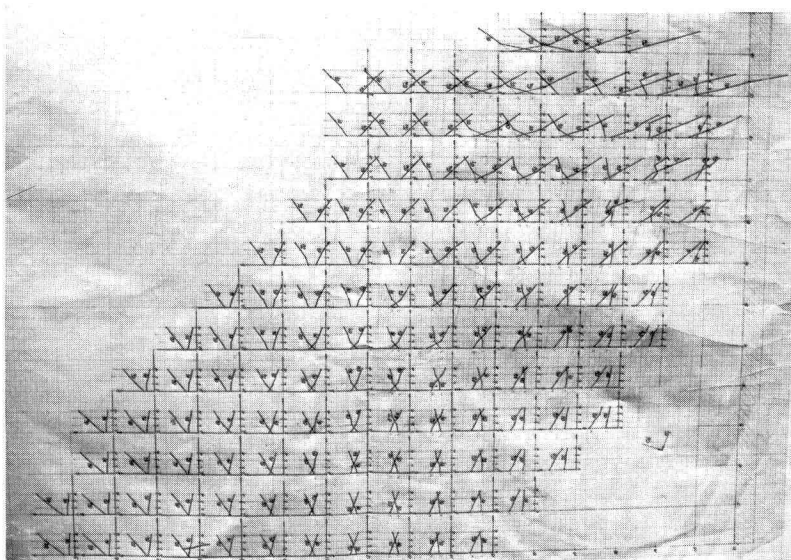


图 — 3