

## 21. 大深度シールドトンネルの応力 についての一実験

(株)熊谷組：藤本 徹

大深度シールドトンネルの土圧、応力度は慣用法では現実に即さないと思われ、以下に述べる実験、解析を行い、一つの提案を行った。まず、実験は1000×1000×500の土槽に直径165mm、肉厚1.6mmの鋼管を埋設した。

この土槽にベントナイトを混ぜた $E_{50}=15\text{kg/cm}^2$ 程度の模擬地盤を打設した。この土槽は大深度シールドトンネルの1/100縮尺に相当する。

つぎにこの試料の粘弾性特性を調べるため豊橋技科大の三軸試験機で、クリープ、リラクゼーションの試験を行った。この試料の材令は2日で $\sigma=0.2273\text{kg/cm}^2$ であった。

この結果は図-1,2に示すように、早期では線型粘弾性の様相を示すが、時間が経過すると $E_{\infty}$ には収れんせず、大きく変動する。これはモルタルと粘性土の性状の相違かと思われる。写真-1は粘弾性実験の状況を示す。

東京都大深度の地層では粘着力があるため、粘弾性的な性状を示すものと思われるが、土丹でこのような実験が行われた事が報告されている。<sup>1)</sup>また、粘土ではこのような粘弾性理論が成立される事は既に報告されているが今回は村山教授の理論によった。<sup>2)</sup>これによるとクリープ、リラクゼーションにはtime factorを導入してつぎの形で示される。

$$E_c = E_{\infty} / (a + b \log t) \quad \text{クリープに対して}$$

$$E_c = E_{\infty} \cdot (a - b \log t) \quad \text{リラクゼーションに対して}$$

つぎに、前記鋼管中にパラフィンとヒーターを設置し、模擬地盤打設後48時間後にヒーターでパラフィンを熱して融して、トンネルの変形を許した。計測はトンネルの応力度を歪計で測定し、クラウン外縁、スプリングライン外縁、インバート外縁に28枚の歪計を張り付けた。実験結果を見ると、経時変化は見られなかったが、これは実験精度にもよるものと思われ、今後もっと大規模な模型実験を計画している。つぎはこの模型実験と有限要素法による解析解ならびに、慣用法の解と比較を行った。今回の実験装置の概略の寸法は図-3に示すが、このモデルをメッシュに切つて有限要素法の解析を行った。この場合、地山の $E_{50}$ に上記粘弾性実験による値を適用した。この結果、クリープとリラクゼーションに対して外縁応力度は経時変化を行うが、いずれも時間と共に増加する傾向を示し、経験と一致する。例えば、クリープでクラウンでは0秒、 $\sigma_0 = -21.3\text{kg/cm}^2$ 、20分後では $\sigma_0 = -34.2\text{kg/cm}^2$ 、10時間後では $\sigma_0 = -54.5\text{kg/cm}^2$ である。また10時間後の応力度の測定値と解析値を示すと、クラウンでは $\sigma_1 = 29.4\text{kg/cm}^2$ 、 $\sigma_0 = -34.3\text{kg/cm}^2$ 、測定値、 $\sigma_0 = -40\text{kg/cm}^2$ となり、慣用法では $-575\text{kg/cm}^2$ となる。また、スプリングライン上では $\sigma_1 = -35.1\text{kg/cm}^2$ 、 $\sigma_0 = 24.7\text{kg/cm}^2$ 、測定値、 $\sigma_0 = 45\text{kg/cm}^2$ 、慣用法では $\sigma_0 = 610\text{kg/cm}^2$ となる。このように実験値と有限要素法の解析値はよい対応を示すが、慣

用法の値は大きくなる。

つぎに、この実験方法および解析方法は、シールドにより地山を掘削し、掘削と同時にセグメント覆工を施工したといった、いわば解析方法の基本的な形を想定したものである。しかし、我社では施工方法を加味した有限要素法による解析も行っており、<sup>3)</sup> 例えば掘削後、裏込注入が直ちに行われず、それまでテールボイドの為、地山が変形し、クラウンとインバートでセグメントリングに接し、スプリングライン上で空隙が残っており、このような状態も想定することができる。また、この場合後方のセグメントリングにもテールボイドの存在が影響するがこのような場合にも解析が可能である。この他、二次覆工の施工による応力変化、MFシールドにおける柱の施工の前後の応力変化の解析も行っている。これらの解析方法に、上記の粘弾性特性を加味すればより一層適確な解析が可能となるであろう。

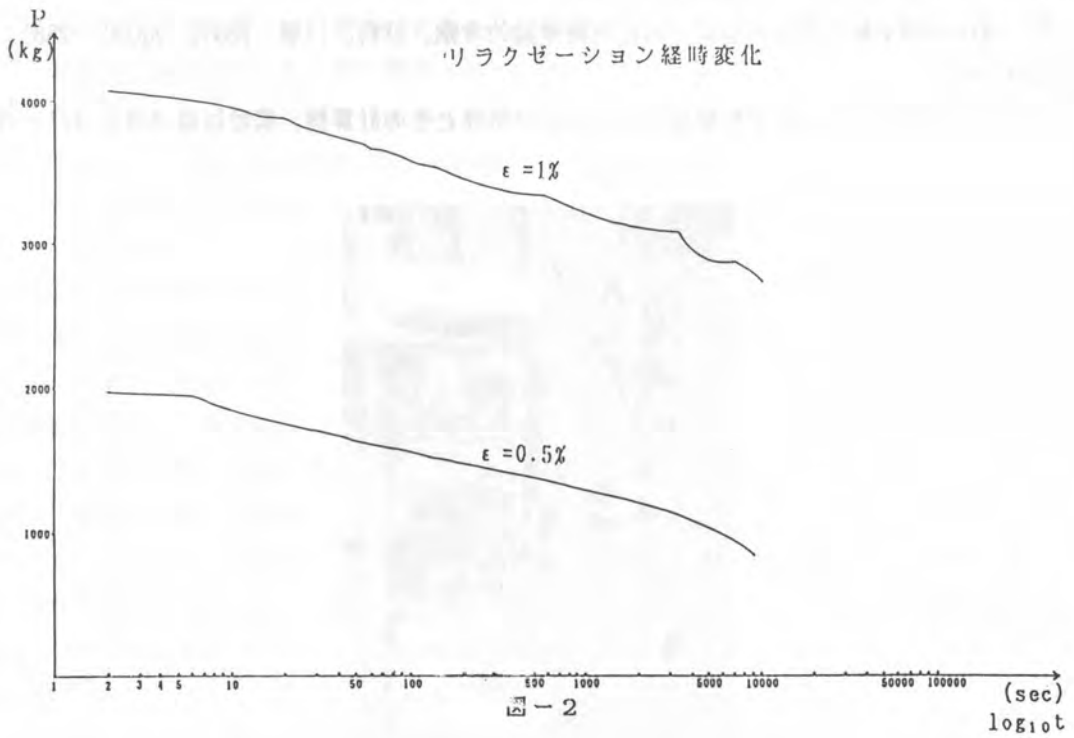
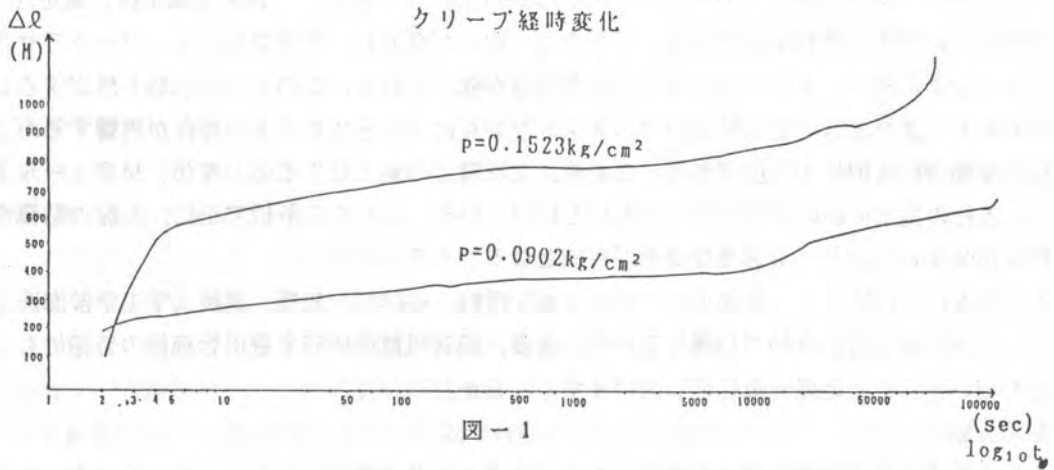
本研究を行うに際して、京都大学工学部土木工学科、小林昭一教授、愛媛大学工学部海洋工学科、八木則男教授に終始ご指導を頂いた。また、熊谷組技術研究所豊川管理部の皆様にもご協力を頂いた。ここに厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 小島宏；東京港連絡橋と基礎地盤となる土丹の設計定数について、昭和63年度第2回岩盤力学委員会研究報告会 昭和63年11月24日
- 2) 村山朔朗；粘土のレオロジー特性の確率論的考察、材料、14巻、159号、pp282～288、1965-4
- 3) 野口利雄ら；シールド影響解析システムの開発とその計算例、熊谷技報、No40、pp1～12、1987-2



写真 - 1



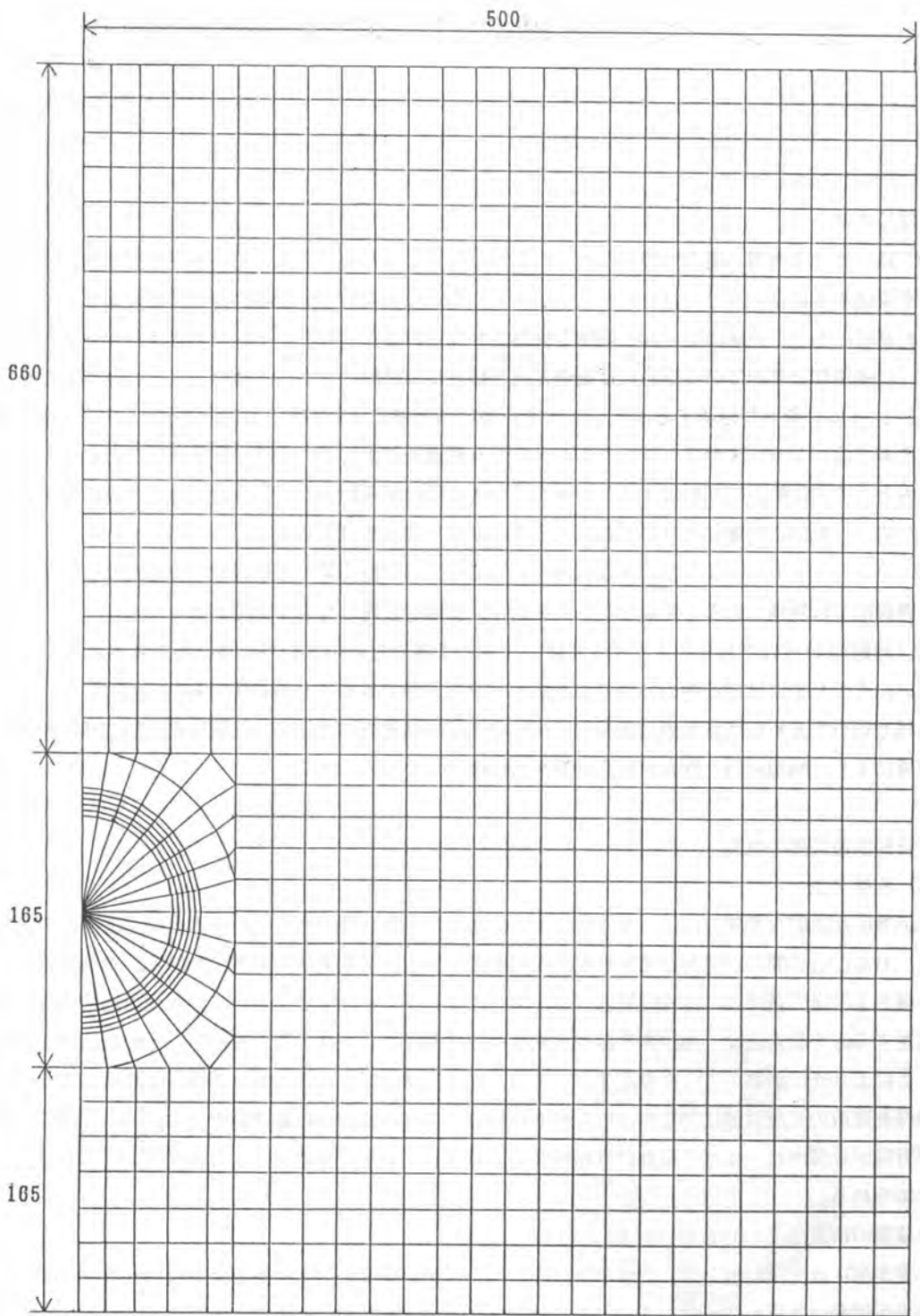


图 - 3