

III-62

シールド切羽形状の地山安定性に及ぼす影響

清水建設㈱ ○ 渡辺浩平 後藤 茂 杉山博一
 清水建設㈱ 久保裕之 渡辺俊雄 西村晋一
 三菱重工業㈱ 西岳 茂 丹羽章夫

1. はじめに

現在、東京湾横断道路に見られるように、トンネルの大断面化に伴い、シールド機が大型化する傾向にあり、これに対応して各方面で研究、開発が行われているが、切羽の安定確保は重要な技術課題の1つとなっている。本研究では、シールド切羽の形状に着目し、切羽の形状の違いが周辺地山の安定性に及ぼす影響について検討するため、村山、波多腰¹⁾によって研究されたアルミ棒積層体を用いた模型実験結果について、弾性解析を行い、地表面沈下と切羽に作用する土圧の変化に及ぼす切羽形状の影響についての検討結果について報告を行う。

2. 解析条件

村山、波多腰¹⁾は、シールド切羽形状の違いが周辺地山の安定性に及ぼす影響について検討するため、アルミ棒積層体を用いた二次元的な模型実験を行っている。本研究では、これらのアルミ棒積層体を用いた模型実験結果について、解析的に検討を行うことにした。表-1には、模型実験に用いられたシールド機の切羽形状を示したが、単一切羽については3種類3ケース、分割切羽については4種類6ケースについて検討が行われている。これらの模型実験のうち、変形および土圧に関する実験結果が示されているのは、傾斜単一平面（ケース2）、二段中央先進（ケース4b）、中央拘束（ケース7b）の場合であり、以下では、この3ケースについて検討を行った。

解析は、二次元平面ひずみによる弾性解析とした。図-1には、二段中央先進の場合の解析モデル図を示したが、模型実験と同一の、幅100cm、高さ65cmを解析領域とした。境界条件は、側面は水平方向固定、底面は鉛直、水平方向固定とした。また、解析では、アルミ棒積層体部分のみモデル化を行い、シールド機については、実験と同じ寸法としたが、直接モデル化をせず上、下端部分の対応する節点は鉛直、水平方向固定、切羽部分は、模型実験に対応して節点に強制変位を与えることにより考慮した。初期応力については、鉛直応力は土被り圧、水平応力は静止土圧係数 $K_0 = 0.5$ として算定した。

3. 解析結果

模型実験では実際の掘削による切羽間隙の形成をシールド機を後退させることによってシミュレートしている。本研究では傾斜単一平面では切羽全体を水平方向に2mmまで、二段中央先進では、最初、先進する切羽中央部を水平方向に2mmまで（一次後退時）次に、後進する切羽周辺部を水平方向に2mm

表-1 模型実験に用いられた切羽形状

切羽形状	シールド形式	パラメータ	ケース
単一切羽	垂直単一平面	D δ	1
	傾斜単一平面	θ δ	$\theta = 7^\circ$ 2
	単一曲面	r δ	$r/D = 1/6$ 3
分割切羽	二段中央先進	d δ δ'	$d/D = 1/3$ 4 a
		d δ δ'	$d/D = 2/3$ 4 b
	二段周辺先進	d δ δ'	$d/D = 2/3$ 5
	単一中央先行	d δ	$d/D = 2/3$ 6
	中央拘束	d δ	$d/D = 1/6$ 7 a
		d δ	$d/D = 1/3$ 7 b

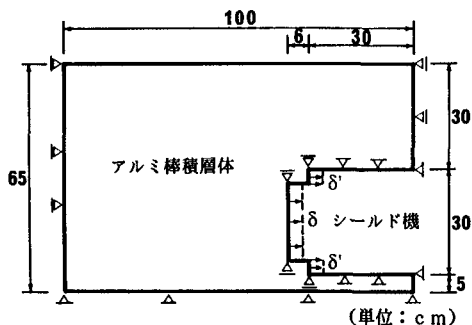


図-1 解析モデル図（二段中央先進）

まで（二次後退時）、中央拘束では切羽周辺部を水平方向に2 mmまで、それぞれ、後退させた場合について検討を行った。なお、アルミ棒積層体の物性値として単位体積重量 $\gamma_t=2.1 \text{ gf/cm}^3$ 、ポアソン比 $\nu=0.33$ を、弾性係数は、切羽が上記量まで後退したときの土圧分布の計測値に対して解析値が最適になるように最小2乗法を適用することによりケース毎に設定したが傾斜単一平面、二段中央先進、中央拘束の場合においてそれぞれ、3700、3400、1800 gf/cm^2 が得られた。

図-2には、3ケースについて切羽が上記量まで後退した時の地表面沈下量の計測値と解析値を示した。地表面沈下量の解析結果は計測値と同様に、中央拘束が最も小さい値となり、傾斜単一平面、二段中央先進の順となったが、傾斜単一平面と二段中央先進の差は、計測値ほど大きな差にはならなかった。

図-3～図-5には、傾斜単一平面、二段中央先進、中央拘束の場合の切羽の後退に伴う土圧の変化について代表的な2点での計測値と解析値を示した。傾斜単一平面の場合、切羽の後退により土圧が低下し低下量は、切羽の下方の点ほど大きくなっているが、これらの挙動は解析によっても表現されている。二段中央先進の場合、中央部については、一次後退時に土圧が低下した後、二次後退時に肩代わり土圧の発生により土圧がやや上昇している。また、周辺部については、一次後退時に肩代わり土圧により土圧が大きく上昇した後、二次後退時に肩すかし状態の発生により土圧が大きく低下しているが、これらの挙動は解析によっても表現できており良い対応が見られた。中央拘束の場合にも、中央部は肩代わり土圧により土圧が上昇し、周辺部は切羽の後退により土圧が低下したが、これらの挙動についても解析により表現されていることが分かる。また、切羽の後退による土圧低減率（切羽の後退による平均土圧低下量と後退前の平均土圧の比率）を傾斜単一平面、二段中央先進、中央拘束について求めると0.61、0.55、0.51となり、計測値と同様に、傾斜単一平面が最も土圧の低減率が大きく、二段中央先進、中央拘束の順となった。

4. おわりに

シールド切羽の形状の違いが周辺地山の安定性に及ぼす影響について3ケースのアルミ棒積層体模型実験について弾性解析により検討を行った。その結果、実験結果と同じく中央拘束の安定性が最も良く、地表面沈下量からは傾斜単一平面、土圧低下からは二段中央先進の方が、安定性が良いことが分かった。
参考文献 1) 村山朔郎、波多腰明：機械式シールド切羽の機械的安定法に関する研究、三菱重工技報、Vol.22 No.2, 1985.

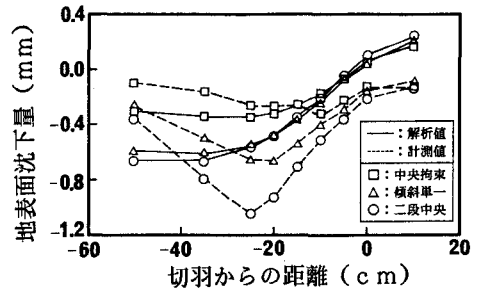


図-2 地表面沈下量の比較

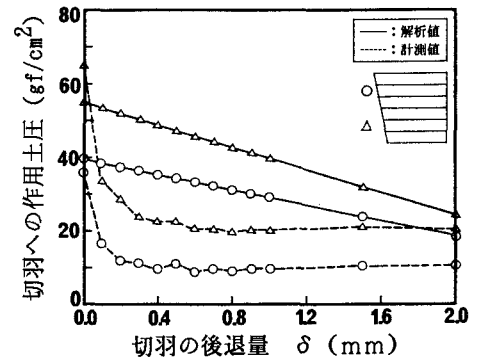


図-3 傾斜単一平面切羽の土圧変化

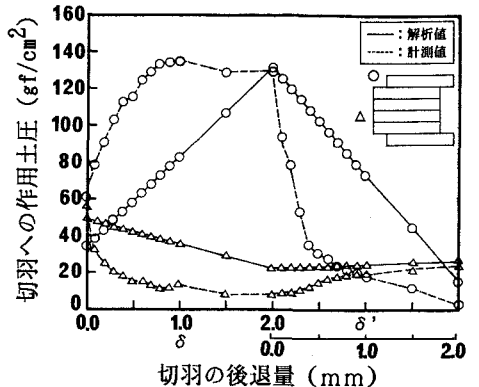


図-4 二段中央先進切羽の土圧変化

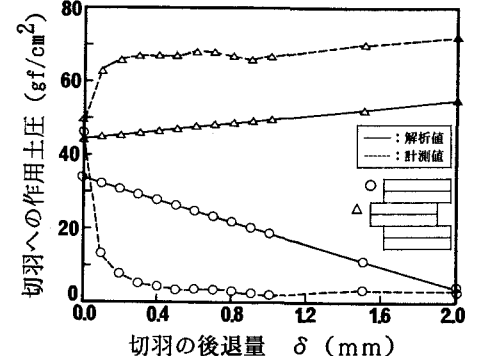


図-5 中央拘束切羽の土圧変化