

判別分析を適用したシールド設備計画標準化の試み

清水建設	正会員	○中谷	武彦
清水建設	正会員	西川	泰司
清水建設	正会員	飯田	真啓
清水建設	正会員	原	忠

1. はじめに

シールド工法は多様な施工条件に応じて多様な施工設備を適用することで都市部地下インフラ整備において重要な役割を果たしてきた。そのシールドの実施工では設備計画の適切さが大変重要となる。このような重要性をもつシールドの設備計画に関して、①熟練経験者の経験・ノウハウの抽出、②若手・未経験者への手引き書の作成、等を目的に筆者らは社内でのシールド施工設備計画の標準化に取り組んでいる。

本稿ではその取組みの中で、施工設備の選択判断に着目した内容について報告する。

2. 設備計画上の判断

シールドの設備計画においては、一つの施工条件に基づいて設備を決定する場合(図-1)と、複数の施工条件を総合的に判断する場合(図-2)がある。前者に関しては該当条件における判断基準(図-1においては1000m)があれば、その判断は明確かつ単純である。これに対し、後者の場合には下記のような課題がある。

- ・ 複数であるがゆえに判断基準があいまい
- ・ 場合によっては判断基準が無い(いい加減)
- ・ 各個人の経験・ノウハウのまま(暗黙知)

このような課題をもつ複数の要因に基づいた設備計画上の判断を「見える化」することができれば、本取組みの背景にある目的を達成することができ、かつシールド施工の標準化・安定化につながるものと考えた。

3. 判別分析の適用

判別分析は多変量解析の一手法であり、複数の変数に基づいて、各標本がどの群に所属するかを判別する目的で適用される(図-3)。被説明変数(Y:判別値)を説明変数(X_i :判断要因)と係数(α_i :要因の重み)の積および定数項(β)の総和(判別値)の大小により属性を判別する。

シールド施工設備計画上の判断では、表-1のような例について本分析手法の適用が考えられる。

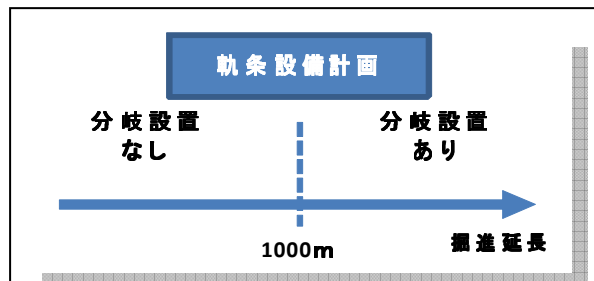


図-1 判断材料が1要因のみの場合

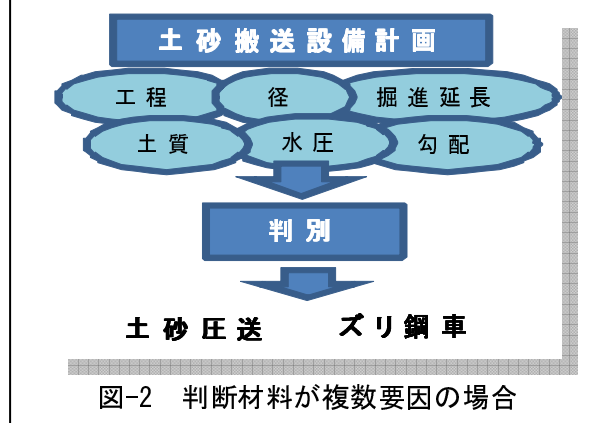


図-2 判断材料が複数要因の場合

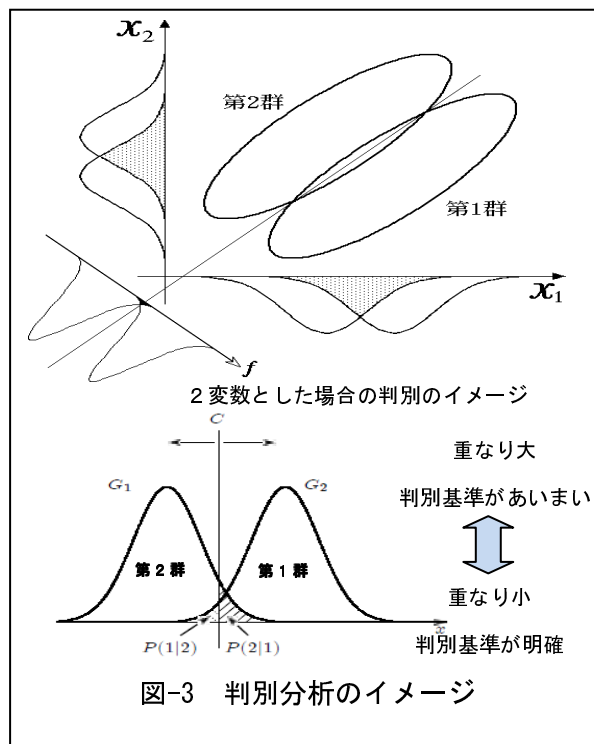


図-3 判別分析のイメージ

キーワード シールド施工設備, 標準化, 判別分析, 暗黙知

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設(株) TEL:03-5441-0555

4. 分析事例

本稿では、掘削土砂の搬出について「土砂圧送かズリ鋼車運搬か?」という設備計画上の判断を対象に調査・分析を行った事例について紹介する。まず調査の被験者（シールド業務経験年数：15年）を選定し、上記命題に対して被験者が判断材料とする施工条件の抽出を行った。次に、各施工条件の値を任意に設定した10ケースの仮想シールド工事を設定した。被験者には、この10ケースに対して「土砂圧送」あるいは「ズリ鋼車搬送」のどちらを選択するかを判断してもらった（表-2）。以上の調査によって得られた仮想シールド工事における被験者の判断をもとに判別分析を行った。

5. 分析結果と考察

被験者の判別結果（表-2）をみると、縦断勾配が大きいもので圧送を選択している傾向がある。これは判別分析の結果（表-3）においてこの要因の重み（標準化係数）が最大なり、かつF検定値も大きいという結果に反映された。ただし、縦断勾配だけが唯一の判断材料ではないこと、また縦断勾配が何%で判断が分岐するという基準がなくその他の判断材料との関係によって判断されていること、が分析結果として得られた。

6. まとめ

本稿の事例は、個人の判断基準を分析したものである。分析結果として一定の判断基準を得ることができた。分析によって得られた判断基準が被験者の感覚的な判断基準と大枠で一致していることもヒアリングによって確認でき、被験者の意識の中を数値によって「見える化」することができた。

今後は、①より高精度な分析のためにケース数を増やして実験を行う、②複数の被験者について実験を行い、組織内の統一された判断基準作成を試みる、③仮想工事による分析だけでなく、実工事の施工条件に基づく分析を行う、④他の設備選択の判断についての分析を実施する、などにつなげたい。

分析の結果、明確な判別結果が得られない場合には、①判断基準が標準化されていない、②判断要因の抽出が不適切である、などの理由が考えられる。①の場合には組織内での施工方法を見直すきっかけを与えるものとして活用することができる。

参考文献：1) 花安繁郎：工事条件と労働災害の関連の分析，土木学会論文集，第379号/VI-6，土木学会，1987。
2) 大村 平：多変量解析のはなし（改訂版），日科技連，2011年改訂。

表-1 シールド工事計画での類似判断例

判断項目	選択肢			判断材料(例)
	1	2	3	
裏込め注入方法	同時注入	即時注入		地下水、土質、径、掘進距離、など
土砂搬出方法	圧送	スリ鋼車	連続ベルト	土質、工程、掘進距離、地下水圧、など
加泥材料	ベントナイト	気泡材		土質、径、土砂処分条件、など

表-2 仮想シールド工事（10 ケース）

CASE	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
	判別	距離	径	縦断勾配	最大水圧	土質(砂礫)	工程
		m	m	%	m		
1	2	800	2.5	0.2	10	1	1
2	2	500	3.4	1.5	15	0	2
3	1	1200	3.5	3.2	26	0	1
4	1	1800	7.2	4.2	6	1	2
5	1	1100	5.5	4.5	8	1	1
6	1	2000	10.2	3.1	14	0	0
7	2	2400	3.5	1.4	20	0	0
8	1	3000	2.8	3.5	23	0	2
9	2	3400	4.8	0.8	11	1	2
10	1	700	6.2	2.5	14	0	1

2: 鋼車
1: 圧送
2: キツイ
1: 普通
0: なし
0: 余裕あり

表-3 判別分析結果

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	β	Y	
	距離	径	縦断勾配	最大水圧	土質(砂礫)	工程	定数項	判別値	選択
判別係数	0.0	2.9	6.7	1.3	8.8	1.9	-48.7		
標準化係数	-3.2	7.0	9.8	8.8	4.5	1.5	2.8		
F検定値	0.7	1.4	6.6	1.1	0.4	0.2			
自由度	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3			
確率	0.5	0.3	0.1	0.4	0.6	0.7			
マハラビノスの距離	24.31								

CASE	X1	X2	X3	X4	X5	X6	判別値	選択
1	800	2.5	0.2	10	1	1	-1.85	2: 鋼車
2	500	3.4	1.5	15	0	2	-6.3	2: 鋼車
3	1200	3.5	3.2	26	0	1	1.61	1: 圧送
4	1800	7.2	4.2	6	1	2	1.56	1: 圧送
5	1100	5.5	4.5	8	1	1	1.56	1: 圧送
6	2000	10.2	3.1	14	0	0	1.46	1: 圧送
7	2400	3.5	1.4	20	0	0	-9.8	2: 鋼車
8	3000	2.8	3.5	23	0	2	8.2	1: 圧送
9	3400	4.8	0.8	11	1	2	-1.29	2: 鋼車
10	700	6.2	2.5	14	0	1	4.8	1: 圧送

1: 圧送
2: 鋼車

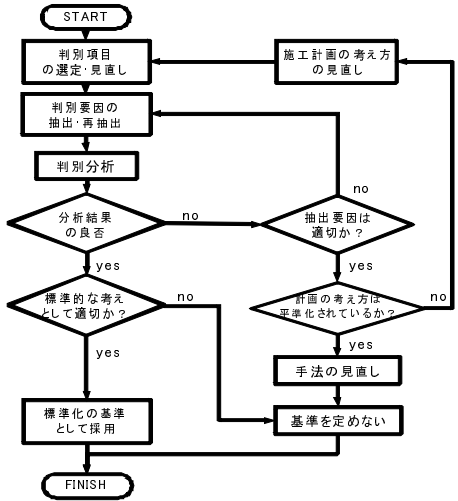


図-7 標準化の検討フロー