

日本電信電話公社 正員 宮倉由紀夫
日本鋼管(株) 正員 伊藤和五郎
日本鋼管(株) 大口克人

1 まえがき

近年 シールド工法の増加とともに セグメント組立の省力化 二次覆工前の清掃の簡素化が 要求され、セグメント内径面の平滑化とボルト接合にかわる継手の開発が行われている。前者らは セグメントリング間にピンとバネによる継手構造を考案し、その強度試験において 数種の影響因子からなる 実験計画法を導入し、 L_{16} 直交表の試験結果の分散分析により、供試体の相対的評価を試みた。

2 試験概要

試験体は 表-1 に示す 材質 SK-5 SS-41 のものを 板厚 (1.0, 1.6, 2.0, 2.5 mm) と 歯数 (8, 12 枚) 計 16 種類について 図-1 に示す 線点図にもとづき、各因子との交互作用について、試験を行った。

載荷方法は フムスロー万能試験機を用い、試験体は 図-2 に示す ピンとバネを組合せた 構造で、バネの 装入通過時の強度の測定と、また 引張試験は 装入試験を行った試験体を用い、バネの破壊強度の測定を行った。

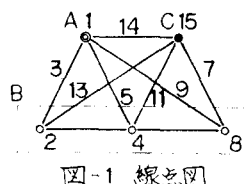


図-1 線点図

表-1 割付因子水準表

要因	単位	水準1	水準2	水準3	水準4
A: 材質	—	SK-5	SS-41	—	—
B: 板厚	mm	1.0	1.6	2.0	2.5
C: 歯数	枚	8	12	—	—

3 試験結果および考察

測定結果は 装入試験 引張試験別に 分散分析を行ない、危険率 5% (*) と 1% (**) による有意判定結果を 表-2 表-3 に示す。解析結果をまとめると 装入試験において 各因子別にみると 因子 A (材質) と 因子 B (板厚) が 最大影響を表わし、因子 C (歯数) は ほとんど影響の度合を示さなかった。また 引張試験については 因子 A (材質) が 最大影響を示しているが 装入試験時で SS-41 が変形し、引張試験は 測定不可能となり、SK-5 のみ測定したための影響であった。因子 B (板厚) については 装入試験と同様に影響が示され、因子 C (歯数) は ほとんど 影響が表われなかった。装入試験 引張試験について 各影響因子別グラフを 図-3 に示す。

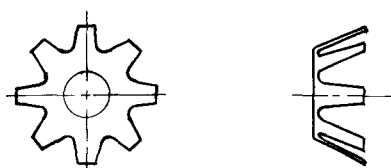


図-2 試験体 (バネ)

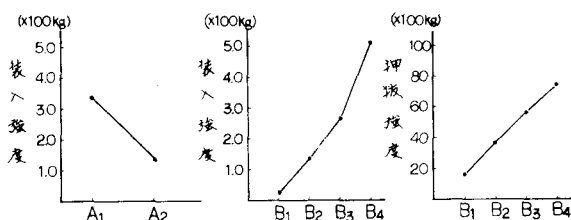


図-3 単因子別による関係

暗キョの軸方向について引張強度は宮内庁学協会等でも具体化されていない。ここに K-チエギーの暗キョの横方向の設計の中、次の理論を提案している図-4に示す暗キョが不況況下のため予状になったとき軸方向にかかる張力は次のように求められている。

$$H = -\frac{EJ}{Rm} = \frac{12EJ\Delta}{L^2m} \quad (4)$$

H: 張力

J: トンネル断面2次モーメント

L: 暗キョ軸方向長

Δ : 変位量

m: 暗キョの直径(1.65m)

E: ヤング率

図-5は(4)式による暗キョ軸方向長別の張力(T)と変位量(Δ)の関係もグラフにしたものでありこの張力とピン引張力との検討を行った。

4 まとめ

今回の実験により考察でものべたように、装入試験、引張試験 いずれも板厚により強度増加が示されていることがわかる。装入試験強度は測定値から40~280^{kg}/本の数値が示されセグメント組立に使用される推力は、下水道協会シールド工事用標準セグメントにおいて、最小断面中2000^{mm}でJ20^{kg}/本であり、通常1本2本と仮定すれば4本20^{kg}/本も十分適用可能である。また、引張試験強度は、測定値から1550~8100^{kg}/本の数値が示され図-5に示すL=60m $\Delta=2$ mmと仮定した場合、その張力は10t/m以下となり全試験体の適用が可能と判断される。さらに、地震時の張力を考慮することが今後の課題となる。

参考文献

- 1 トンネル工学 K.チエギー著
- 2 シールド工事用標準セグメント 下水道協会
- 3 直交表の使い方 日本規格協会

表-2 装入試験分析結果

要因	S	ϕ	V	F ₀
A	28.36	1	28.36	22.79 [*]
B	88.95	3	29.65	23.91 [*]
C	0.02	1	0.02	0.02
A/B	19.23	3	6.41	5.16
B/C	3.16	3	1.05	0.85
A/C	0.02	1	0.02	0.02
e	3.74	3	1.24	

表-3 引張試験分析結果

要因	S	ϕ	V	F ₀
A	53479 ⁸	1	53479 ⁸	4323 ⁵ ^{**}
B	7469 ⁹	3	2489 ⁹	366 ² ^{**}
C	52 ⁹	1	52 ⁹	7 ⁸
A/B	7469 ⁹	3	2489 ⁹	366 ² ^{**}
B/C	20 ³	3	6 ⁸	1 ⁰
A/C	52 ⁹	1	52 ⁹	7 ⁸
e	20 ³	3	6 ⁸	

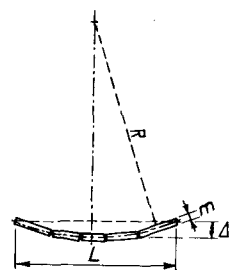


図-4 暗キョの単純仕立の横方向設計

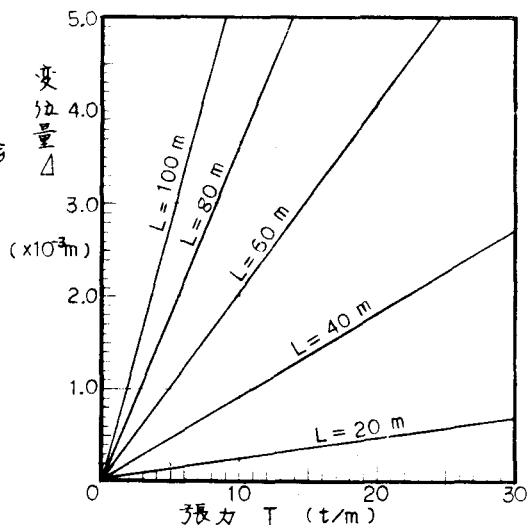


図-5 張力(T)と変位量(Δ)との関係