

国鉄 本社 正員 半谷哲夫
 国鉄 東京第一工事局 正員 飯田廣臣
 ○国鉄 東京第一工事局 正員 藤森伸一

§1 まえがき

シールドトンネルにおいて、二次覆工を構造本体として一体利用する際に問題となるのは、セグメントと二次覆工の接合方法である。現在、この接合は、セグメントに前もって埋込んだ鉄筋によりつなぐ方法をとっている。これに対し、今回、トンネル覆工がリングとして閉合している特徴を考え合わせ、プレキャスト部材であるRC平板セグメントの内面側にコンクリートの凹凸を設け(図-1)、これによりせん断力の伝達を行い、一体化を図ることとした。

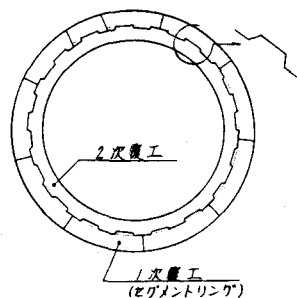


図-1 2層ライニング

以下に、セグメントに設けるコンクリートの突起形状について試験した結果を報告する。

§2 実験概要

供試体の形状・寸法を図-2に示す。製作は、まず両側部のコンクリートを打設し、硬化後、中央部のコンクリートも打設するという順序で行った。この時、突起部以外の接合面における摩擦力による影響を除去するために、テフロンシート($\mu=1\%$)を2枚重ねて埋込んだ。突起の形状は、セグメントに実際に設ける場合の製作時の作業性あるいは運搬時の取扱い等を考慮し、表-2に示すように、高さ(h)を1cm, 1.5cm, 2cm, 4cmとした。また、供試体のコンクリート強度は、セグメントと二次覆工のコンクリート強度とし、 $FC_1=450\text{kgf/cm}^2$, $FC_2=240\text{kgf/cm}^2$ の2種類に限定し、凹凸は両者の組合せにより製作した。

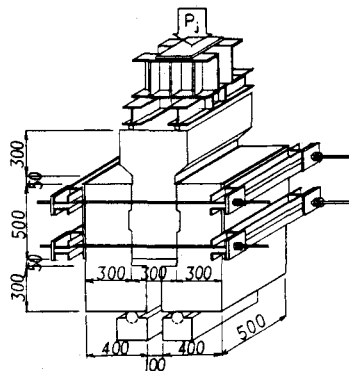


図-2 供試体形状・寸法

試験は、図-2に示すような装置で実施した。この時、接合面に導入する圧縮力は、4本のロードにより締め付けることにより、 $P_n=2.5, 12.5, 20.0\text{tf}$ の3種を導入し、せん断試験中、一定に保った。

§3 実験結果

各々の突起形状におけるせん断耐力を、表-2に示す。

突起の破壊性状は、突起の高さ(h)、長さ(l)、および接合面に作用する圧縮力(P_n)により、図-3に示す3種類があらわれた。破壊パターンⅠは、いわゆるせん断破壊であり、 l が短い突起形状の供試体に発生している。破壊パターンⅢは、圧縮破壊であり、 l が長い突起形状の場合に発生しており、凹凸の接触部で強度の小さい $FC_2=240\text{kgf/cm}^2$ 側のコンクリートが圧壊することにより生じている。そして、破壊パターンⅡは、圧縮力が、 $P_n=2.5\text{tf}$ で、突起高は $h=2, 4\text{cm}$ と比較的大きい突起形状で、しかも、突起の長さはパターンⅠとパターンⅢの中間的な長さの供試体に生じている。破壊形態は曲り破壊であり、突起の付け根部分に発生したひびわれが進行することによって生じており、接合面の開口を伴っていた。

表-1 供試体コンクリートの配合

目標 強度 (kgf/cm^2)	スラング の範囲 (cm)	粗骨材 最大寸法 (cm)	W/C (%)	S/a (%)	生重量 (%)	単位量 (kg/m^3)				減知利
						W	C	S	G	
240	6±1	25	60	42	2.3±1.9	150	260	808	1160	3.9
450	6±1	25	40	39	2.3±1.9	160	400	700	1140	6.0

図-4は、圧縮力(P_n)を2.5tfとした供試体の突起形

状の比率(h/l)とせん断耐力($T_u = P_u/b \cdot l$)の関係を表わしたものである。この図によると、せん断破壊の場合、突起高(h)、コンクリート強度(F_c)が同一であれば、突起長(l)が短くなるほど T_u は増加している。一方、支圧破壊の場合は、 l 、 F_c が同一ならば、突起高(h)が低くなるほど T_u が増加する傾向にある。これは、接合面に導入した圧縮力による影響であり、せん断破壊に対しては P_m/l 、支圧破壊に対しては P_m/h がパラメータとして関与しているものと考えられる。また、一般的にコンクリートの支圧強度は F_c に、せん断強度は $\sqrt{F_c}$ に比例するものと考えられており、これらに基づき、突起の破壊耐力を求める実験式として次のようなものが得られた。

突起破壊荷重 $P_u = T_u \cdot b \cdot l$ (kg)

$$T_u = \begin{cases} 1.08 F_c + 1.33 \cdot P_m / b \cdot h & (\text{支圧破壊}) \\ 12.13 \sqrt{F_c} + 1.21 \cdot P_m / b \cdot l & (\text{せん断破壊}) \end{cases}$$

§4 あとがき

コンクリートの突起における、せん断耐力、支圧耐力に関しては、算定式が得られ、概ね解明できた。今後は、せん断、支圧の中間的な破壊形態である曲り破壊についてさらに検討を進める所存である。尚、シールド覆工においては、突起が曲り破壊を生ずると、接合面の開口を伴うため好ましくなく、また、せん断破壊もせいぜいの破壊であるため、これを避ける必要がある。したがって、セグメントに設ける突起形状としては、曲り破壊を生じない突起高である $h=1\text{cm}$ で支圧破壊となるような突起長とすることが妥当であろうと考える。

(参考文献)

- 1) 半谷他 ; 「セグメントと二次覆工からなるトンネル覆工の力学的挙動に関する実験」
第33回 土木学会年次学術講演会 第Ⅲ部 99
- 2) 後藤・長池 ; 「コンクリート接合部のせん断耐力に関する基礎研究」 土木学会論文報告集 254号

表-2 突起形状及び実験結果 $\Delta 60^\circ$

試体	突起高 (mm)	突起長 (mm)	突起形状	せん断耐力 (kg)	破壊モード			
Fc	h (mm)	L (mm)	H/L	(kg)	(%)			
1-2-1	424	32.8	2.0	5.0	0.40	2.5	60.0	I
1-2-2	428	27.4	2.0	7.5	0.27	2.5	50.7	I
1-2-3	413	30.3	2.0	12.0	0.17	2.5	35.8	II
1-4-1	430	28.3	4.0	15.0	0.27	2.5	32.7	II
2-2-1	229	24.0	2.0	8.0	0.25	2.5	37.5	I
2-2-2	216	20.7	2.0	14.0	0.14	2.5	31.5	II
2-2-3	266	22.2	2.0	18.0	0.11	2.5	25.8	II
2-4-1	253	27.1	4.0	28.0	0.14	2.5	28.2	II
2-1-1	236	22.7	1.0	5.0	0.20	2.5	44.0	I
2-1-2	"	"	1.0	8.0	0.13	2.5	35.0	III
2-1-3	"	"	1.0	10.0	0.10	2.5	24.0	III
2-1-4	227	22.8	1.0	14.0	0.07	2.5	25.7	III
2-1-5	"	"	1.0	20.0	0.05	2.5	19.0	III
2-1-6	"	"	1.0	5.0	0.20	12.5	102.0	I
2-1-7	244	23.8	1.0	5.0	0.20	20.0	124.0	I
2-1-8	"	"	1.0	10.0	0.10	12.5	63.0	III
2-1-9	"	"	1.0	10.0	0.10	20.0	71.0	III
2-1-10	218	21.9	1.0	20.0	0.05	12.5	32.0	III
2-1-11	226	23.1	1.0	20.0	0.05	20.0	39.5	III
2-1-5-1	"	"	1.5	5.0	0.30	2.5	52.0	I
2-1-5-2	"	"	1.5	8.0	0.19	2.5	41.3	I
2-1-5-3	240	23.8	1.5	10.0	0.15	2.5	38.0	I
2-1-5-4	"	"	1.5	14.0	0.11	2.5	33.8	I
2-1-5-5	"	"	1.5	20.0	0.08	2.5	20.0	I
2-1-5-6	262	26.5	1.5	25.0	0.06	2.5	17.6	I
2-2-4	"	"	2.0	5.0	0.40	2.5	40.0	I
2-2-5	"	"	2.0	25.0	0.08	2.5	24.8	I
1-1-1	417	30.5	1.0	5.0	0.20	2.5	52.0	I
1-1-2	"	"	1.0	8.0	0.13	2.5	40.0	I
1-1-3	"	"	1.0	14.0	0.07	2.5	25.0	I
1-1-4	420	33.5	1.0	20.0	0.05	2.5	15.0	I
2-2-6	233	27.7	2.0	10.0	0.20	2.5	36.8	I

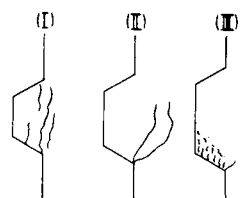


図-3 破壊パターン

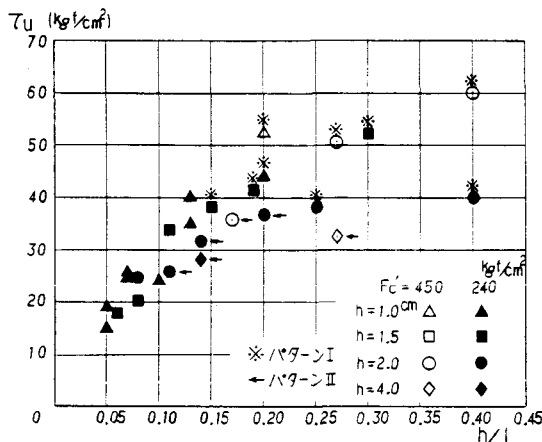


図-4 突起形状比率とせん断耐力の関係

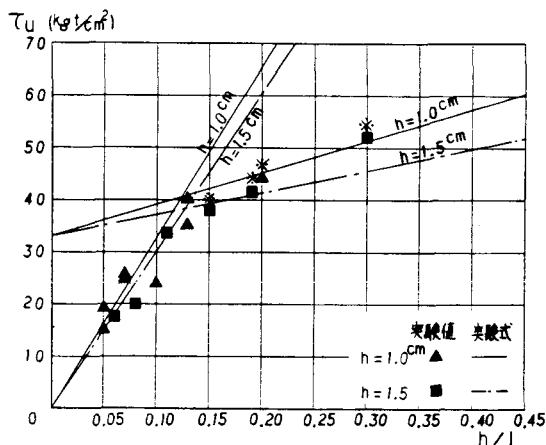


図-5 実験値と強度算定式