

III-442 下水道シールド二次覆工の脱型時期の評価に関する研究（その1） 若材令二次覆工コンクリートの物性値の評価に関する基礎実験

鹿島建設 正会員 大野俊夫

新潟大学 正会員 山本 稔

東京都 正会員 松崎茂樹 富沢璋夫 樋口和行

1. 目的

著者らは、下水道シールドトンネル二次覆工の脱型時の構造安定評価を行う方法として、弾性体と見なせる以前の脱型時の若材令コンクリートにモール・クーロンの破壊規準を適用することによって、その挙動を実用的なレベルで説明できることを明らかにしている。¹⁾²⁾ 本研究（その1、その2により構成）は、これまでの研究成果が実際の施工現場においても適用可能であることを確認するために実施したものである。このうち、その1では脱型時の構造安定評価に必要な塑性領域から弾性領域に移行する段階の若材令コンクリートの諸物性を把握し、これらと圧縮強度との関係を明らかにするため、三軸圧縮試験を含めた詳細な基礎物性試験を実施し、また、二次覆工コンクリートの圧縮強度を推定する積算温度による方法の有効性について検討したものである。その2では現場施工実験の結果について述べたものである。

2. 実験概要

2種類のコンクリートを基礎物性試験の対象とするため、セメントとしては普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメントをとりあげた。コンクリートの配合はセメントの種類ごとに表-1に示す。

試験項目としては、構造安定解析の入力定数として必要な圧縮強度（JIS A 1108）、引張強度（JIS A 1113）、静弾性係数（JIS 原案）、ポアソン比（ASTM C469）、三軸圧縮試験（粘着力、せん断抵抗角）をとりあげた。実際の二次覆工コンクリートの温度は雰囲気温度やセメントの水和熱等によって変化すると考えられるため、これらの物性試験を養生温度20℃、30℃の条件下で実施した。また、極初期の材令（圧縮強度50kgf/cm²程度以下）の積算温度を算定するため、供試体内のコンクリートの温度を熱電対を用いて測定した。

三軸圧縮試験はφ10×h20cmの供試体を用いて、表-2に示す試験材令と側圧との組合わせにおいて、養生温度20℃、非圧密非排水(UU)条件の下で行った。

3. 実験結果及び考察

表-3に、若材令時の物性試験の結果を示す。

①圧縮強度とその他の物性値との関係；図-1に極若材令における静弾性係数と圧縮強度との関係を示す。同図から、両者の間には正の高い相関性が認められ、静弾性係数は圧縮強度の関係式で算定できることがわかる。

図-2に、三軸圧縮試験時の主応力差と圧縮ひずみ

表-1 配合表

セメントの種類	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	W/O (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)		
					W	C	A E 減水剤
早強	15±2.5	4±1	52.8	44.3	169	320	0.800
普通	//	//	53.2	44.9	165	310	0.775

使用材料：普通セメント（比重3.16）、早強セメント（比重3.14）
細骨材：砕砂と陸砂の混合（比重2.60、吸水率1.36%、F.M.2.83）
粗骨材：砕石と陸砂利の混合（Gmax25mm、比重2.65、F.M.6.86）

表-2 三軸圧縮試験の条件

セメントの種類	普通				早強
試験材令 (hr)	7	10	14	19	13
推定圧縮強度 (kgf/cm ²)	2.4	6.0	14.0	30.0	34.4
側圧 (kgf/cm ²)	0.5、1、2、3				1、2、5、10

表-3 試験結果

まだ固まらない状態					材 令 (hr)									
					4	6	8	10	12	14	16	20	24	
配合	スラ	空気	半量	練上リ	圧縮強度 (kgf/cm ²)									
記 号	ンプ (cm)	(%)	量 4g (℃)	温度 (℃)	引張強度 (kgf/cm ²)									
					静弾性係数 (×10 ³ kgf/cm ²)									
ポアソン比														
普通-20	15.0	3.9	2320	18.2	1.31	1.51	3.38	5.31	8.76	14.0	20.7	47.2		
					0.17	0.30	0.76	1.38		3.07				
					0.03	0.09	0.21	0.35	0.50	1.16	0.08			
普通-30	15.5	4.4	2320	18.5	0.53	3.22	9.90	17.4	30.3	39.8	46.4	76.9		
					0.53	0.94	2.39	3.99	5.55					
					0.03	0.27	0.42	0.78	0.90	1.12	1.65			
早強-20	15.0	3.7	2330	18.0	0.57	1.69	4.84	12.1	23.1	37.2	49.9	98.9		
					0.16	0.59	1.76	2.76		5.19				
					0.06	0.34	0.61	0.89	1.21	1.64				
早強-30	16.5	3.6	2340	17.6	1.04	7.81	24.2	44.5	61.6	84.8	94.3	143		
					1.14	3.35	5.04	7.11		10.5				
					0.15	0.61	0.98	1.42	1.50	1.78	2.21			
					0.07 0.06 0.10									

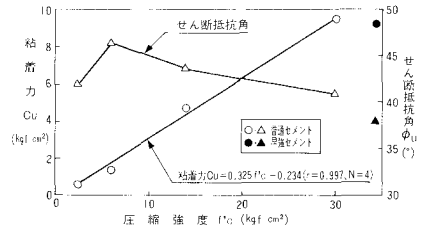
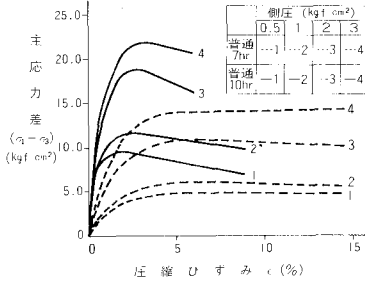
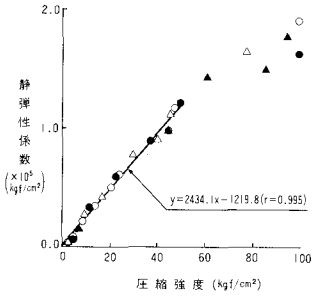


図-1 圧縮強度と静弾性係数との関係

図-2 圧縮ひずみと主応力差との関係

図-3 圧縮強度と粘着力、せん断抵抗角との関係

との関係の一例を示す。材令が若い場合には明瞭な主応力差のピークを示さず徐々に圧縮ひずみが増加するのに対し、材令が長くなるとピークが表われ、破壊状況においてもせん断面が認められるようになる。図-3に各試験条件におけるモールの応力円から得られた粘着力、せん断抵抗角（側圧0.5～10kgf/cm²）と圧縮強度との関係を示す。同図から、粘着力は圧縮強度の増加に伴って増加するのに対し、せん断抵抗角はほとんど圧縮強度に影響されず、約41°～46°の範囲であることがわかる。これは、粘着力は主にセメント粒子の固化によって表わされるのに対し、せん断抵抗角には骨材の形状、粒度、単位量などの材料・配合要因が影響するためと考えられる。したがって、同一配合条件のコンクリートにおいては圧縮強度が決まれば、粘着力、せん断抵抗角を推定できると判断される。

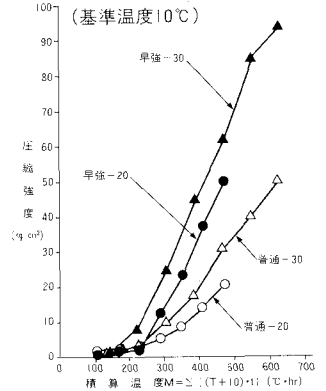


図-4 積算温度と圧縮強度との関係

②二次覆工コンクリートの圧縮強度の推定：図-4に、供試体内のコンクリート温度をもとに、一般的に用いられている基準温度を10℃として算定した積算温度 {Nurse-Saul式, $\sum (T+10) \cdot t$ (°C・hr)}, ここでT;コンクリート温度(°C), t;温度Tに置かれた時間(hr)}と圧縮強度との関係を示す。同図は、圧縮強度にはコンクリートの養生温度が大きく影響し、積算温度によって今回対象とした若材令時の圧縮強度が整理できないことを示している。また、図-5に基準温度を0℃とした積算温度 { $\sum T \cdot t$ (°C・hr)}と圧縮強度との関係を示す。同図は、早強セメント及び普通セメントごとに圧縮強度と積算温度との間には高い正の相関性が認められることを示しており、同一材料、配合下においては、コンクリートが種々の温度履歴を受けても、基準温度を0℃とした積算温度が同一であれば圧縮強度が同一値になることを示している。したがって、施工現場の二次覆工コンクリートの温度を測定し、この積算温度を算定することによって、予め同一コンクリートにおいて得られた積算温度と圧縮強度の関係から、二次覆工の圧縮強度を適切に推定することが可能になる。

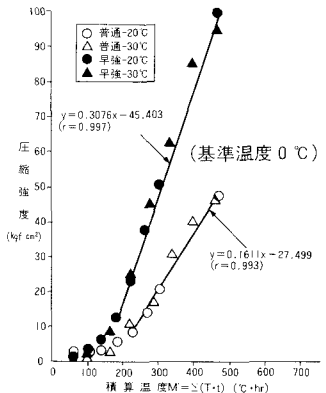


図-5 積算温度と圧縮強度の関係

4. おわりに

上記のように、現場における二次覆工コンクリートの温度履歴を測定し、二次覆工コンクリートの温度－積算温度（基準温度0℃）－圧縮強度－その他の物性値の関係から、二次覆工コンクリートの若材令の物性値を推定できることが明らかになった。本研究は、（社）日本トンネル技術協会、下水道覆工対策特別委員会において実施したものであり、東京都立大学今田教授他の委員の方々に深く感謝致します。

〔参考文献〕：1)松崎茂樹、山本稔：下水道シールドトンネルの二次覆工に関する研究(2)、トンネルと地下、第17巻11号、

1986.11、2)松崎茂樹：下水道シールドトンネル二次覆工の脱型時構造安定評価方法に関する研究、昭和62年5月