

鹿島建設技術研究所 正員 中原 康

鹿島建設技術研究所 正員 大友 忠典

§1. まえがき 地下連続コンクリート壁構築工法の一つにK.C.C.工法がある。これはK.C.C.掘削機（当社がイタリアC.C.C.F.社から導入したリバーサースロータイプの掘削機で連続掘削（マシニング）掘削のできるものがある）でトレンチ掘削を行ない、コンクリートの打ち込みはトレミー工法で行なうものである。本文はK.C.C.工法で止水壁を構築する場合を対象に行なった実験の報告である。

一般にトレミー工法に用いるコンクリートは水中コンクリートであるため、ワーカビリティを良好に保つために、富配合コンクリートが用いられている。したがって、荷重を支持しない単なる止水壁のコンクリートをトレミー工法で打ち込む時、打ち込み可能な範囲内でできるだけ単位セメント量を減らし、経済的なコンクリートを得ることを目的とし、次の2項目について実験を行なった。なおこの場合コンクリートの圧縮強度については、材料28日値 30 kg/cm^2 を目標とした。

実験-1 ベントナイトを混入しないコンクリート（普通コンクリート）の場合、トレミー工法で打ち込み可能な最小単位セメント量を求める。

実験-2 ベントナイトを混入したコンクリート（ベントナイトコンクリート）の場合、トレミー工法で打ち込み可能な目標とした圧縮強度（ $Q_{28} = 30 \text{ kg/cm}^2$ ）を有するコンクリートの最小単位セメント量とベントナイト代替率を求める。

§2. 実験方法 トレミーコンクリートの打ち込み易さを比較するために図-1に示す特作トレミー試験装置を用いた。トレミー管の天端までコンクリートを満たした後、トレミー管を3分キ上げると、コンクリートは流れ出し、ある位置でつまりあいを保つ。このときのトレミー管中のコンクリートと鉄製容器中のコンクリートの落差を測り、この落差とトレミー工法で一般に使用されるコンクリート（粗骨材最大寸法 25 mm 、スラング 18 mm 単位セメント量 390 kg/m^3 、 45% 、 36% 、 40% 標準コンクリート）の落差（ 50 cm ）を比較して、打ち込み易さを次のA、B、Cの3つに分類した。

A-落差が $40 \sim 60 \text{ cm}$ のコンクリート。標準コンクリートと同程度の打ち込み易さを有す。

B-落差が 40 cm より小さいコンクリート。標準コンクリートより打ち込み易い。単位水量を多少減じ得るもの。

C-落差が 60 cm より大きいコンクリート。標準コンクリートより打ち込み難い。

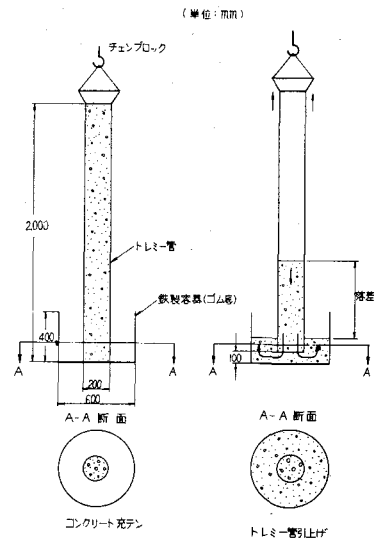


図-1 トレミー試験装置

§3. 使用材料 細骨材：鬼谷川産 C重 2.62 F.M.275 。粗骨材：利根川産 C重 2.58 、 $G_{\text{max}} = 25 \text{ mm}$ 。セメント：アサヒ普通ポルトランドセメント ベントナイト：200メッシュ 妙義印（豊崎化学工業株式会社）

§4 実験結果

表-1 普通コンクリートの示方配合および試験結果

配合番号	示方配合										また固まらなコンクリートの性質										圧縮強度(Kg/cm ²)			透水係数 (cm/sec)
	粗砂最大寸法 (mm)	スパンの範囲 (cm)	空気量 (%)	単位セメント量 (Kg)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	スパン	空気量 (%)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)	圧縮強度 (Kg/cm ²)				
N300-40	25	18±3	4.0	175	390	45	40	692	1,024	0.975	18.0	3.0	11	50	良好	材料分離	7日	14日	28日	—				
N300-40	25	18±3	4.0	166	300	55	40	734	1,081	0.750	24.0	2.5	10	40	A	良好	材料分離	227	291	321	—			
N300-45	25	18±3	4.0	174	300	58	45	815	981	0.750	24.0	3.0	10	40	A	良好	材料分離	222	278	294	—			
N300-50	25	18±3	4.0	184	300	61	50	892	878	0.750	24.0	2.5	10	40	B	不良	材料分離	194	245	284	—			
N250-40	25	18±3	4.0	167	250	67	40	749	1,104	0.625	17.0	3.6	11	165	C	不良	材料分離	111	161	184	—			
N250-45	25	18±3	4.0	183	250	73	45	823	991	0.625	18.0	3.5	11	40	A	良好	材料分離	80	120	161	6X10 ⁻⁵			
N250-50	25	18±3	4.0	195	250	78	50	898	885	0.625	18.0	4.0	11	40	A	良好	材料分離	73	112	147	—			
N200-45	25	18±3	4.0	175	200	88	45	849	1,024	0.500	18.0	4.0	13	200	C	不良	材料分離	41	66	92	—			
N200-50	25	18±3	4.0	184	200	92	50	935	920	0.500	17.0	4.8	13	200	C	不良	材料分離	31	51	73	—			
N200-60	25	18±3	4.0	226	200	113	60	1,056	691	0.500	18.0	5.5	13	200	C	不良	材料分離	22	35	51	—			

注: 1. 配合番号は、普通コンクリート: 単位セメント量 - 単位骨材率を示す。
2. 空気量は配合の変化により異なるが、示方配合では4%と仮定した。

表-2 ベントナイトコンクリートの示方配合および試験結果

示方配合													また固まらなコンクリートの性質										圧縮強度(%)			透水																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
配合番号	粗砂最大寸法 (mm)	スパンの範囲 (cm)	空気量 (%)	単位セメント量 (kg)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	単位セメント量 (W/C)	スパン	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²

注: 1. 配合番号は、ベントナイトコンクリート: 単位セメント量 - ベントナイト代替率を示す。
2. 空気量は配合の変化により異なるが、示方配合では4%と仮定した。

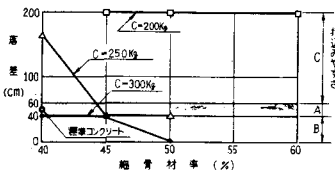


図-2 普通コンクリートの置換率と強度の関係

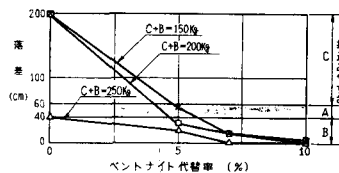


図-3 ベントナイトコンクリートのベントナイト代替率と強度の関係

本実験の範囲内では次のことが言える。

- (1) 普通コンクリートではトリーエゼによる打ち込み可能限界の単位セメント量は250kg程度と考えられる。
- (2) ベントナイトコンクリートでは、 $C=150\text{kg}$ でセメントの5%をベントナイトで代替すれば、トリーエゼによる打ち込みは可能で、そのときの圧縮強度は $\sigma_{28}=30\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度である。
- (3) ベントナイト混入によりブラスチケーターは改良され、ブリージングは著しく減少するが、透水係数は増大する。また昇気管は減少する。

「おまけ」 詳作トリーエゼ試験装置の試験結果と、実験施工の場合との関係および、今回実験した以外のベントナイトコンクリートの性質等については今後実験を継続して明らかに予定である。