

Fig-2 第1回実験平面図

目的とした。また、地下円筒タンクの仮壁と想定したことから、掘削機フレームを直径60mの円弧状に製作した。 泥水中にある掘削機の性状を把握するため、掘削機の深度、2方向傾斜、走行トルク算出のための油圧等をペン レコーダーにアナログ表示させ掘削管理を行った。その 結果として掘削能率で1.5~2.1m/h (5.4~7.6m<sup>3</sup>/h)、 ガイド杭構築精度の一例とし1/2000の値を得た。

一方,下総中山地区の実験では地質がN値50を超す硬 質細砂層であるため,1号機に油圧押し下げ装置などの 改良を加え,Photo-1に示す掘削機による実験を行った。 その結果,硬質細砂層では特に油圧押し下げ装置を作動 させることなく平均掘削能力7.6m<sup>3</sup>/hの値を得た。



Photo-1 2号掘削機

上述する実験により本機構での地下連続壁の施工が充 分可能であることが証明できた今,さらに100m 余の長 深度掘削機の開発と最小径立坑構築システムの検討及び 通常深度における施工性と経済性の改良に取り組んでい る。最後に本実験に御協力を頂いた千葉出張所,下総中 山出張所,平塚工場及び技術研究所の皆様に御礼申し上 げる次第です。

# ■抄 録 地下連続壁における硬化熱 による温度上昇について

# 土橋 吉輝\* 平野 舜一\*\* 萩谷 宏三\*\*\*

#### 1 概要

近年,地下連続壁工法は土木・建築工事において多く の実績をあげ,さらに増加する傾向にある。また,構造 物の大型化に伴い地下連続壁の壁厚も増す傾向にある。 このような現状から地下連続壁工法に関する研究も多く 見られるが,研究は主に施工機械,泥水管理,施工継手 等に目が向けられ,コンクリート打設後の水和熱による 温度上昇に関する研究はきわめて少ない。本研究は上記 の事柄を踏まえてコンクリート打設後の温度を追跡して, その実態を知り,併せて従来からマスコンクリートで採 用されているパイプクーリングを行い,その効果を把握 することを目的とする。実験は東関東(支)千葉出張所 において昭和56年4月に掘削機械の施工実験とともに行 ったもので,地下連続壁の規模は壁厚60cm,深度10mで ある。

#### 2 測定方法

コンクリート内への温度センサー(CC熱電対0.65¢) の配置は**Fig.-1**に示す通りである。

温度測定器はディジタル温度記録計(mini YODAC -TYPE3874)を使用した。温度測定期間はコンクリート 打設後10日間であり、測定は最初の50時間は30分間隔, その後は90分間隔で行った。

#### 3 パイプクーリング

クーリングパイプは外管 2.5B,内管 1.5Bからなる 2 重管である。冷媒流量は平均 50ℓ/minであり,渦流状態 と考えられる。

> \*技術研究部土木技術課 \*\*技術研究部土木技術課係長

\*\*\*技術研究部原子力室



Fig-1 熱電対配置図

4 コンクリート打設

コンクリート打設時間は約2時間であり、打込みコン クリート温度は22.5°Cであった。コンクリートの配合は Table-1 に示す通りであり、配合の設計条件は設計基準 強度  $\sigma_{28} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ 、スランプ $^20 \text{cm}$ である。なお、試験 室内で湿潤養生した供試体の圧縮強度試験結果は  $\sigma_{28} = 367 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

Table-1 コンクリートの配合表

	1	記 合	表()	xg∕m¹)	
セメント	水	細骨材	粗骨材	粗骨材	混和剤
			(砂利)	(砕石)	(ポゾリス
					No.5L)
367	180	767	496	502	0.92
水セメン	、比	49%	細骨材	軽 1	43.8%

## 5 温度測定結果

(1) コンクリート内部温度の経時変化をFig.-2~Fig.-4 に示す。図に示す通り冷却水の流入温度は10°C前後で ある。Fig.-2からクーリングの影響を受けるNo.1及び No.2と影響を受けないNo.3とを比較するとパイプクー リングの効果は明確である。クーリングの影響を受け ないNo.3は打設後10日間を経過しても温度が安定して いないが、ある報告によると最終安定温度に到達する のに2~3ヶ月を要すると言われている。これはコンク リート周囲の地盤が断熱層の役目を果たし熱放出が小 さいことによる。Fig.-5 は断熱温度上昇曲線(計算値)



とNo.1~No.3の温度上昇曲線を比較したものである。。 なお、図はコンクリート打設時の温度 22.5°C を標準 とし、その後の温度上昇をプロットしたものである。 (2) 最高上昇温度とパイプ離間距離の関係 ある点のコンクリートの最高上昇温度は当然、クー

リングパイプからの離間距離の影響を受ける。その結

	No.	Tmax(C)	Time(H)	Length from (mm) cooling pipe
	1	35.3	11.0	270.0 (250.0)
	2	45.4	26.0	630.0 (570.0)
	3	49.5	30.0	2,130.0
	4	34.1	11.0	270.0 (250.0)
	5	30.5	12.0	120.0 (400.0)
	6	37.1	22.0	230.0 (970.0)
	7	45.8	22.0	430.0 (770.0)
	8	47.0	22.0	630.0 (570.0)
	9	47.7	26.0	630.0
	11	32.6	12.0	336.0 (320.2)
	12	31.2	11.0	233.2 (447.2)
	13	36.9	26.0	304.8 (990.4)
	14	43.2	26.0	474.2 (795.6)
	15	44.1	26.0	660.9 (604.1)
	16	44.6	26.0	660.9
1	19	48.6	26.0	2 130 0

Table-2 各測点の最高温度 (Tmax)と時刻 (Time)の関係



Fig-6 最高温度(Tmax)と離間距離(L=a+b)の関係



Fig-7 測点と離間距離

果を示したものがTable-2 であり,各測点における最 高上昇温度,その到達時間及びクーリングパイプから の離間距離を整理したものである。

最高上昇温度(*Tmax*)と離間距離(*a*, *b*)との関係を 次に示す式

$$Tmax = A + B\log \frac{1}{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}}$$
  
A, Bは実験により定まる値

を用いて整理した結果を**Fig.**-6に示す。ただし、A、 Bは**Fig.**-7に示すように測点からクーリングパイプま での距離(m)である。図中〇印は壁中心部で壁面から 30cm、 $\triangle$ 印は壁面から10cm内側の値を示し、横に記し た番号は**Fig.**-1に示す各測点番号に対応する。

上式において A の値はほぼ最高断熱上昇温度(65°C) に相当し, B の値はクーリングパイプ熱量及び壁外面 と接する地中の熱量あるいは壁厚等の影響を含むと考 えられる。パイプ間距離を L とすると,パイプ間の中 心(L/2) での最高温度 Tmax は次式で与えられる。

 $Tmax = A + B\log\left(\frac{L^2}{8}\right)$ 

ただし、この式の適用範囲はL=2m程度までと考え るが、Lが2mを超える場合はクーリングの効果が小 さいため実用上問題ないと考える。

#### 6 温度応力

コンクリート打設後,問題となる温度応力は一般にコ ンクリート内外の温度差に基ずく応力と温度降下時の収 縮拘束により生ずる応力が複合されたものであるが,後 者の占める割合が大きい場合が多い。さらに本実験のよ うにパイプクーリングを行う場合,クーリングパイプ間 の温度差による応力も問題となるが,ここでは温度応力 に対する比重の大きい温度降下時の応力について検討を 加えることにし,その他の問題については今後の研究課 題とする。

材令tにおける温度降下による収縮応力 の(t)は次式で与 えられる。

$$\sigma_{t}(t) = \alpha K \int_{t_{o}}^{t} c (t) \frac{\delta T(t)}{\delta t} dt$$

ここに, $\alpha$ ; コンクリートの熱膨張係数, *K*; 拘束度, *Ec* (*t*); 材令*t*におけるコンクリートのクリープを考慮した 見かけの弾性係数, *T*(*t*); 材令*t*におけるコンクリート の温度, *to*; コンクリートが最高温度になった時の材令。

上式を用いてFig.-1 に示すNo.1~3の各測点の応力を Kの関数として計算した結果をFig.-8 に示す。これは計 算値で、あくまで参考にとどめておくがNo.1とNo.3を比 較すると、クーリングをしない場合に比べて応力が約1/3 に緩和されることが理解できる。今後、機会があれば応 力の実測を行いこれらの結果について検討を加えたい。 最後に本実験に御協力頂いた各位に心から感謝致します。



Fig-8 収縮応力(σt)と拘束度(K)の関係

#### 参考文献

- 1) 樋口芳朗,村田二郎,小林春夫「コンクリート工学 (I)施工」
- コンクリートひびわれ対策研究会「続コンクリート のひびわれ」
- 3) 建設省河川局「多目的ダムの建設・第24章コンクリ ートの温度規制」

# ■<sup>抄 録</sup> 真空ずり除去式せん孔装置の 開発

稻葉 力\* 平野 舜一\*\*

真空ずり除去式せん孔装置とは、従来、トンネル等に おけるロックボルト孔、アンカ孔及び発破孔をせん孔す る際、粉砕されたくり粉を水または空気を用いてロッド の外側から孔外に押し出していたものを、ロッドの内側 に負圧をかけて吸引して集塵装置まで導く装置である。

#### \*技術研究部土木技術課

\*\* 技術研究部土木技術課係長

この装置の大きな狙いは、これまで水を用いてはせん孔 できなかった岩のせん孔を可能にすることと、真空吸引 することでせん孔に用いる空気による粉塵の発生を防止 することである。

### 1 実験装置

最終実験では装置全体をクローラに塔載し(1ブー ム クローラ ジャンボ),油圧ドリフタ(HD 50)を 用いてせん孔したが、ここでは手動式の実験装置を示 す。



Fig-1 実験装置

手動式装置は、ビット、中空ロッド、エアオーガ、 サクションホース、集塵器、真空ポンプから構成され る。各種の実験においてエアオーガとレッグハンマを 併用した場合もある。装置各部の諸元を以下に掲げる。

エアオーカ	空気消費重	$2.5 \text{m}^{\circ}/\text{mm}$
5 AL	最大出力	3.5PS
レッグハンマ	空気消費量	$2.4m^3/min$
317D	ピストンスト	、ローク49mm
	打 撃 数	2,400b.p.m
	(at	$5.0  \text{kgf}  /  \text{cm}^2$ )
	回転数	240 r.p.m
	(at	$5.0  \text{kgf}  /  \text{cm}^2$ )
集塵器	捕集能力	$0.1 \mu { m m}{\sim} 10$ mm
ETD17-8101	除塵効率	96%以上
	風 量	$5.04 \text{m}^3/\text{min}$
真空ポンプ	最大真空度	740mmHg
ナッシュ型	最大排気量	3.5m³/min
高真空ポンプ		

## 2 対象試料及び実験結果

せん孔実験の対象試料は広範囲に及び一軸圧縮強度 も約3~1,000kgf/cm<sup>2</sup>となっている。一軸圧縮強度は 当社技術研究所で一軸圧縮試験を行ったものの他は, プロトジャコノフ氏の方法による試験, ロック・シュ