

親水性ウレタン被膜を用いた芯材引抜工法の開発

Development of pile Extraction Method using Hydrophilic Polyurethane Coating

吉田 弘 * 西 保 **
Hiroshi Yoshida Tamotsu Nishi
平田 篤夫 *** 熊谷 健洋 ***
Atsuo Hirata Takehiro Kumagae

要 約

本工法は PIP やソイルモルタルぐい等の柱列壁に埋込んだ芯材 (H 形鋼等) の引抜工法である。

親水性ウレタン樹脂がアルカリ水と反応して劣化する性質を利用し、芯材表面に親水性ウレタン樹脂と添加材から成る被膜を用けることによって、芯材表面とモルタルとの付着防止およびすべり摩擦低減を図った。

結果は、初期強度40kgf/cm²程度の被膜がモルタルおよび添加材 (炭酸カルシウム等) 中のアルカリ水と反応し、ゼラチン状に変化し、引抜抵抗を大幅に低減することができた。引抜抵抗は芯材表面積当り、室内試験で0.3kgf/cm²以下、実工事で0.6kgf/cm²以下であった。この方法により、H-300、l=20m 程度の芯材が200tf 程度のくい抜機で引抜可能であることが判明した。

また、従来方法に比べて、被膜初期強度が大きいいため、芯材挿入作業等が行い易い、引抜後の被膜が劣化しているため被膜除去が容易と言う長所があることも判った。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 親水性ウレタン樹脂被膜を用いた芯材引抜工法
- § 3. 工法開発経緯および室内試験
- § 4. 実施例
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

開削工事の土留壁として柱列壁を用いる場合、応力部材として柱列壁芯材に H 形鋼を用いることが多い。この芯材は工事終了後不要になるため、これを回収・転用できれば、工事節減および省資源効果が大きい。しかし、簡単な引抜工法がなかったため、多量の鋼材を埋殺しにする例が多かった。

最近になって数種類の方法^{1)~3)}が開発されているが、施工性、経済性等にまだ問題点があると思われたので新しい引抜工法開発を行った。

室内試験および実工事を実施した結果、親水性ウレタン樹脂被膜を芯材表面に設ける方法が、引抜抵抗低減に効果的で、施工性も良好であったので、以下に、工法概要、室内試験結果および実施例について述べる。

§ 2. 親水性ウレタン樹脂被膜を用いた芯材引抜工法

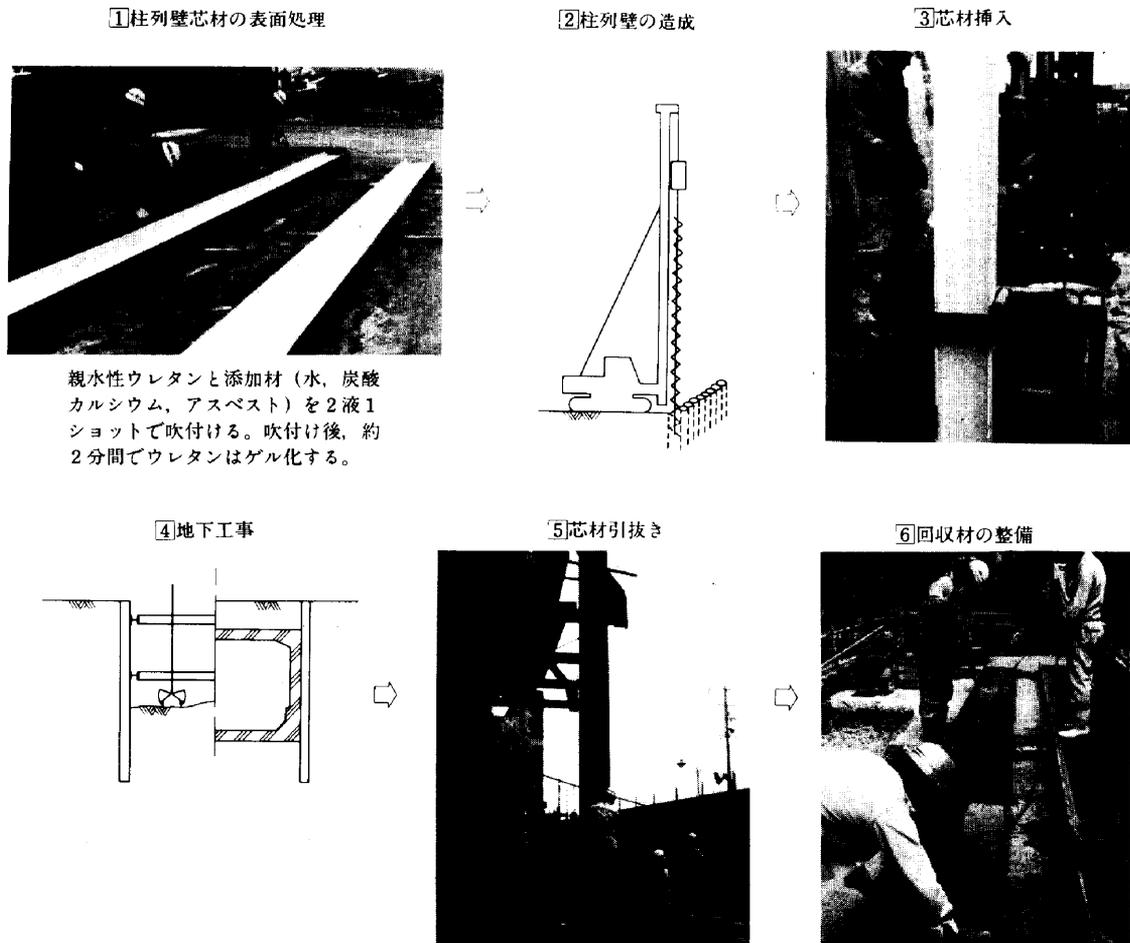
本工法は、PIP やソイルモルタルぐいなどに埋込んだ長尺 H 形鋼等の芯材を引抜く工法である。

方法は引抜こうとする芯材の表面に予じめ親水性ウレタン樹脂被膜を設けておき、この被膜によるモルタルと芯材との付着防止効果および引抜時の潤滑効果によって、芯材引抜抵抗低減を図るものである。

柱列壁造成から芯材回収までの手順を Fig.1 に示す。

Fig.1 の順序に従って施工方法を説明する。

* 技術研究部副部長
** 技術研究部土木技術課係長
*** 技術研究部土木技術課



①柱列壁芯材の表面処理
親水性ウレタンと添加材（水、炭酸カルシウム、アスベスト）を2液1ショットで吹付ける。吹付け後、約2分間でウレタンはゲル化する。

Fig.1 芯材引抜き工法手順

① 芯材表面処理

親水性ウレタン樹脂と添加材をショットガン先端で混合させながら吹付ける。親水性ウレタン樹脂と添加材の混合比は容積比で約1：4、添加材は水、炭酸カルシウムおよびアスベストから成り増量効果・被膜劣化促進効果・液タレ防止効果を図ったものである。被膜厚さは約1mm（施工目標）とする。

② 柱列壁造成

③ 芯材埋込

まだ固まらない柱列壁中心に、表面処理済芯材を鉛直に挿入する。

④ 地下工事 柱列壁モルタルが所定強度に達した後、地下掘削、土留支保工架構、地下駆体築造を行う。

⑤ 芯材引抜き

地下工事終了後不要になった柱列壁芯材をくい抜機およびクレーンで引抜く。芯材長15mの場合、8m程度はくい抜機で、残り7m程度はクレーンのみで引抜可能。くい抜機は油圧式、多連滑車式、振動式などがある。

⑥ 回収材整備

引抜いた芯材に付着している親水性ウレタン樹脂（ゼ

ラチン状に劣化）を水洗い等で除去する。

本工法の最大の特徴は、引抜抵抗低減のために親水性ウレタン樹脂被膜を用いることである。被膜は親水性ウレタン樹脂に、水、炭酸カルシウム、アスベストを加えてゲル化させたもので、次のような性質をもっている。

- a) 水と反応してゲル化する。
- b) 反応後は、ウレタンゴムのような性状を示す（引張強度約40kgf/cm²）
- c) 水、特にアルカリ水と反応して、時間経過とともに徐々に劣化してゼラチン状になる。

これらの性質により、本工法は次の長所がある。

〔表面処理時〕

①水硬性であるため、芯材表面に少量の水分があっても、また小雨の時でも被膜形成可能である。

〔芯材埋込み時〕

②被膜は適度の材料強度（引張強度約40kgf/cm²）および付着強度があるため、取扱中および壁体に挿入中に被膜はく離が少ない。

③被膜表面にベタツキがないため、芯材取扱い作業が容易である。

〔引抜時〕

④被膜はモルタルおよび添加材中のアルカリ水に数ヶ月間滲漬されているため、強度が著しく低下、ゼラチン状に変化している。このため、モルタルと芯材間に良好なすべり層を提供し、引抜抵抗が小さくなる（芯材表面積当り引抜抵抗0.3kgf/cm²：室内試験結果）。

〔引抜後〕

⑤回収した芯材表面に付着したウレタンは水洗い程度の操作によって簡単に除去できるため、回収鋼材整備費が少ない。

§ 3. 工法開発経緯および室内試験

3-1 開発経緯

引抜工法が成立するためには、①引抜抵抗低減、即ち、芯材とモルタル間の付着力およびすべり摩擦力の低減方法と、②引抜装置、引抜反力等を含めた引抜方法の2点が技術ポイントと考えた。

②については、既に土中からのくい抜装置として静的引抜能力200tf程度の装置がある。この能力を向上させることは簡単であるが、反力による周辺構造物への悪影響、経済性、作業性を考慮すると、200tf以下で引抜くべきであろう。従って②については、将来、作業能率向上のため改良が必要であるが、一応完成しているものと考え、200tf以下で引抜ける範囲で①の引抜抵抗低減方法について検討することにした。

鋼材とモルタル間の付着力は引抜試験結果から10kgf/cm²以上(Table 1 参照)であるから、H-300、*l*=10m、表面積18m²を引抜こうとすると付着力だけで1,800tfとなり、すべり摩擦を無視しても引抜不可能である。

これを引抜くためには、何んらかの方法で付着力およびすべり摩擦を低減する必要がある。これに対する従来方法としては次のような方法がある。

- ①グリースまたはワックス被膜を芯材表面に設ける方法¹⁾
- ②セメント凝結遅延剤被膜による方法³⁾
- ③シート貼付による方法
- ④火薬による方法²⁾
- ⑤加衝撃による方法

上記方法は⑤芯材表面を予じめ処理する方法 (①, ②, ③) と⑥芯材挿入後、物理的に付着力低下を図る方法 (④, ⑤) に分けることができる。⑥の方法は、単独で引抜不可能で、⑤の方法の補助的に用いられている。

従って⑤に類する方法で、①～④の欠点を補ったり、引抜抵抗低減効果が数段優れている新しい方法を探求するという観点にたつて開発を進めることにした。

以上の方針に基づいて、先ず室内試験を実施した。室内試験では、従来方法も含めてできるだけ多く種類の材料について、引抜抵抗値測定および施工性観察を試行錯誤的に実施した。その結果、引抜抵抗低減効果、施工性等から総合的に「親水性ウレタン樹脂被膜による方法」が優れていると判断した。次いで実工事での引抜きを実施し、実用化可否を確認した。

以下に室内試験および実施工例について述べる。

3-2 室内引抜試験

(1) 供試体

モルタルおよびH形鋼を用いてFig.2に示す供試体を作成した。モルタル配合はC:F:S=1:0.33:1.33、W/(C+F)=50%、A/(C+F)=0.7% (C:セメント、F:フライアッシュ、S:砂、W:水、A:イントルージョンエイド)とした。一軸圧縮強度は $\sigma_3=167\text{kg f/cm}^2$ 、 $\sigma_7=219\text{kg f/cm}^2$ 、 $\sigma_{14}=245\text{kg f/cm}^2$ 、 $\sigma_{28}=286\text{kg f/cm}^2$ であった。H形鋼表面は、モルタル挿入前に予じめ(2)で述べる材料で表面処理しておいた。

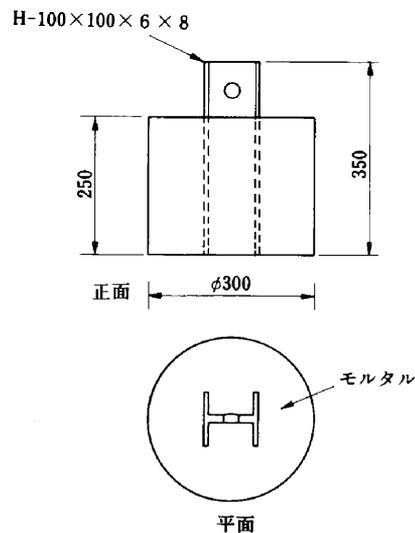


Fig.2 供試体

(2) 表面処理材

アスファルト、凝結遅延剤、各種シート、グリース、ワックス、ウレタン樹脂、その他の材料を塗布または貼付によってH形鋼表面処理を行った。

尚、参考のために鋼材表面無処理の供試体についても引抜試験を実施した。

(3) 試験方法

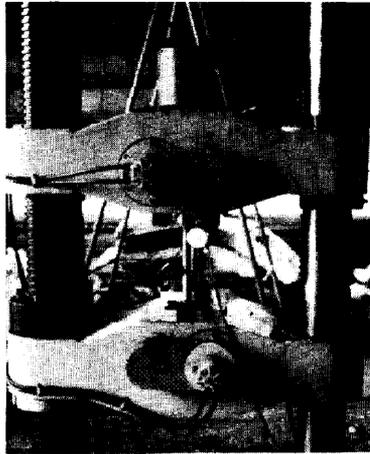


Photo1 引抜試験装置

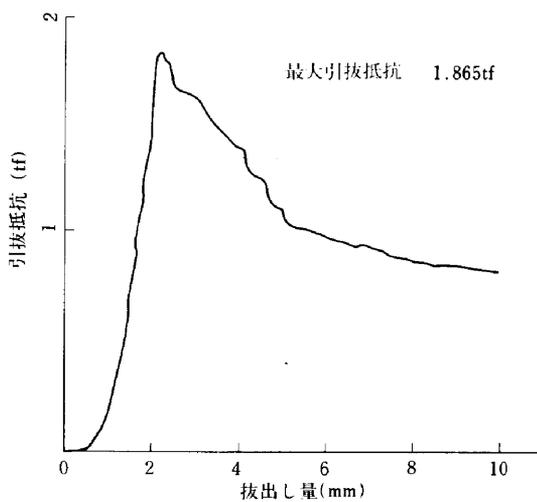


Fig.3 引抜抵抗—拔出し量測定例

Photo 1 に示す200tf 万能試験機を用いて、引抜試験を行った。引抜荷重は試験機内蔵差動トランス型荷重計で、拔出し量はダイヤルゲージ式変位計で検出し、動ひずみアンプを介して、XY レコーダで記録した。

(4) 試験結果

Table 1 に代表的な材料の引抜試験結果を示した。Table 1 で引抜可否判断基準は次のように考えた。

Fig.3 は引抜試験結果例である。Fig.3 で判るとおり引抜抵抗は静止最大摩擦のようなものがあるが、拔出す直前にピークに達し以後急激に低下する。このピーク値を芯材表面積で除した値を仮に「静止最大抵抗度 p_r 」と称し、 $p_r \leq 0.3 \text{kgf/cm}^2$ を引抜可能とした。 $p_r \leq 0.3 \text{kgf/cm}^2$ は、引抜装置能力150tf、芯材 H-300×300、長さ15 m、安全率2.0として算出した値である、

Table 1 および観察結果から次のことがいえる。

① 引抜抵抗

グリースが 0.06kgf/cm^2 と最も少く、次いでウレタン+岩綿が $0.16 \sim 0.23 \text{kgf/cm}^2$ である。他の材料はすべて 0.3kgf/cm^2 以上で引抜不可能と判断できる。

② 施工性について

塗布または貼付作業の難易をみると、ウレタン、グリース、凝結遅延剤が比較的容易であった。アスファルト、ワックスおよびシートは塗布または貼付に手間どった。

表面処理後の芯材取扱難易をみるとグリースおよびアスファルト(2)が表面にベタツキがあり取扱困難であった。また、モルタル挿入時にはく離の懸念があった。他の材料はおおむね良好であった。

③ 材令との関係

Table1 引抜試験結果(室内試験)

表面処理材	試験結果	被膜厚 (mm)	材令 (φ)	静止最大引抜抵抗 pf (kgf/cm ²)	引抜可否 ○0.3kgf/cm ² 以下 × " 以上	施工性 ○良 ×不良	摘 要	判定
無処理	—	—	1	3.6	×		供試体モルタル破壊	
			3	8.2	×			
			7	10.8	×			
			28	10.0	×			
ウレタン+岩綿	ウレタン (日本ファインケミカル製UP-201) 岩綿 (粒状岩綿)	0.41	1	0.16	○	○	・塗布後約1日で表面ベタツキなし ・ウレタン発泡効果により供試体モルタル表面は壁状になった。	○
			3	0.19	○			
			7	0.17	○			
			28	0.23	○			
アスファルト(1)	針入度185軟化点41°C	1.80	14	1.49	×	×	鋼材が予熱しておかないと羽毛塗布が困難	×
				2.02				
アスファルト(2)	粘度655cSt(60°C)	0.11	28	0.06	×	×	液タレ現象があり、厚く塗布できない。	×
グリース	稠度208(25°C)	0.91	28	1.19	○	×	表面ベタツキあり	○
ワックス	" 50(25°C)	0.28	28	0.20	×	×	鋼材予熱の必要あり	×
凝結遅延剤	ポソリスNo.101 +ポパール		14	1.39	○	○		×
			28		×			
NFシート	合成樹脂組布をフィルムでラミネート加工したもの		14	0.53	×	×	シート貼付に手間がかかる。	×

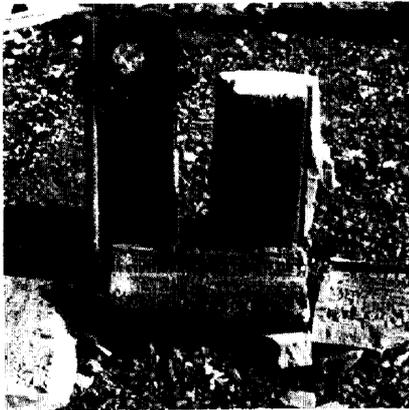


Photo2 芯材モルタルすべり面モルタル表面はウレタン発泡により曇状になっている。

ウレタン被膜は時間経過とともに劣化し、引抜抵抗も材令とともに低下すると考えていたが、試験結果では材令1~28日で0.16~0.23kgf/cm²と変化しなかった。引抜後のモルタルをみるとウレタン発泡によりウレタンとの界面は曇状になっていた(Photo 2)。材令1日ではウレタンの劣化はみられなかったため、若材令時に引抜抵抗が少なかった原因は、この曇状界面による低減効果があったと考えられる。ただし、材令28日ではウレタン被膜はゼラチン状に劣化していた。

凝結遅延剤は、材令14日0.2kgf/cm²から材令28日1.39kgf/cm²に引抜抵抗が増加した。原因は時間経過とともに凝結阻止効果が低下したものと考えられる。

(5) 追加試験

室内試験結果からウレタンおよびグリースの引抜抵抗減効果が良好、施工性をみるとややウレタンが優れていると判断した。ただし、ウレタンは価格が他の材料より高価と言う短所がある。従ってウレタンに安価な増量材を混合し、その引抜抵抗低減効果を追加試験することにした。

添加材としては、炭酸カルシウム、水、アスベストおよびベントナイトを用いた。これらの材料は単に増量効果だけでなく被膜劣化促進効果および液タレ防止効果も狙った (Table 2)。

Table2 添加材の効果

添加材	効果	増量	劣化促進	たれ防止
炭酸カルシウム	○	○	○	
水	○	○	○	
アスベスト				○
ベントナイト	○	○	○	○

一方、ウレタンについても up-201 の他に、安価なウレタンを作成した。up-201 は本来、止水注入等に用いるも

ので、耐酸・耐アルカリ性を向上させるため原料高純度化や複雑な反応工程を用いて高価なものとなっていた。引抜用被膜の場合、むしろアルカリによる劣化がある方が好ましいので、反応工程を省略するなどして安価な親水性ウレタン樹脂 up-500D を作成し、引抜試験を実施した。up-500D の価格は up-201 の約1/2である。

ウレタンと添加材の配合は Table 3 のとおり4ケースの組合せとし、材令7日、21日で引抜試験を実施した。

引抜試験結果を Table 4 および Fig.4 に示す。

Table3 ウレタンと添加材配合

配合名	基 材 ①	添加材②			計	摘 要
		㊦	㊧	㊨		
㊤	材料名	ウレタン UP-500D	炭酸カルシウム	アスベスト	水	
	重量配合比	1	3.5	0.01	2.5	7.010
	容積配合比	0.943	1.296	—	2.5	4.739
㊦	材料名	ウレタン UP-500D	炭酸カルシウム	ベントナイト	水	
	重量配合比	1	1.5	0.1	1.25	3.85
	容積配合比	0.943	0.556	—	1.25	2.749
㊧	材料名	ウレタン UP-201	炭酸カルシウム	ベントナイト	水	
	重量配合比	1	1.33	0.33	2	4.660
	容積配合比	0.935	0.493	0.122	2	3.550
㊨	材料名	ウレタン UP-201	炭酸カルシウム	アスベスト	水	
	重量配合比	1	4	0.01	3.3	8.310
	容積配合比	0.935	1.481	—	3.3	5.716

塗布方法は、ビーカー内で基材添加材を混合し羽毛塗とした。

Table4 引抜試験結果(追加試験)

配合	平均被膜厚 (mm)	モルタル材令(日)	モルタル強度 (kgf/cm ²)	平均静止最大引抜抵抗 (kgf/cm ²)	引抜可否	施工性	摘 要
㊤	0.49	7	185	0.51	×	△	ウレタンが短時間(1~2分)で羽毛塗困難
	0.54	21	252	0.24	○		
㊦	0.44	7	185	0.58	×	△	
	0.34	21	252	0.90	×		
㊧	0.43	7	185	1.07	×	△	
	0.71	21	252	0.64	×		
㊨	0.59	7	185	1.47	×	△	
	0.79	21	252	1.07	×		

試験結果から次のことが言える。

- ① 配合㊤、㊧、㊨は時間経過 (材令7日~材令21日) とともに引抜抵抗が低下している。配合㊦だけが増加している。原因は、他の配合に比べて添加材が少ないため、強度劣化が遅いことと、被膜材質以外の要因、例えば鋼材が変形していた等があったと考えられる。

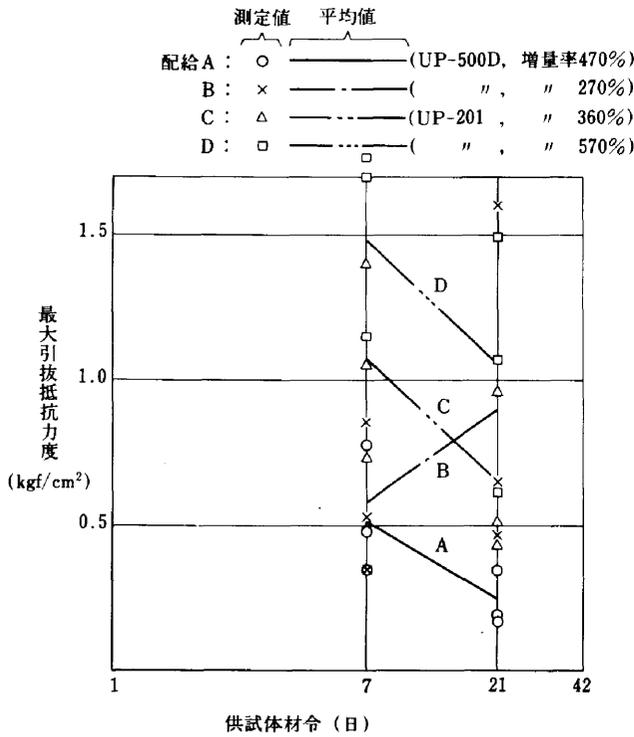


Fig.4 静止引抜抵抗力度～材令 (追加試験)

- ② 材令7日では、配合④、③、②、①とも $p_f > 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ で引抜不可能、材令21日では配合④だけが $p_f = 0.24 \text{ kgf/cm}^2 < 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ で引抜可能である。ただし、配合③、②、①についても、材令と共に被膜強度劣化が予想できるので、数ヶ月後には引抜可能と考えられる。
- ③ 測定値 (同一材質、材令) のバラツキが大きい。被膜の材質に大きなバラツキがあるとは考えにくいので、例えば、被膜厚、鋼材形状のバラツキが関係しているものと考えられる。
- ④ 配合④、③、②、①とも水と混合することにより硬化がはじまり、短時間で塗布困難となった。塗布可能時間は④、③が約2分、②、①が約1分であった。実用的には羽毛塗りは困難で、他の方法、例えばショットガンで混合しながら吹付ける方法等を検討する必要がある。

§4. 実施例

室内試験で未だ解決すべき点も残っているが、試験結果から「親水性ウレタン樹脂被膜を用いる方法」で芯材引抜可能と判断し、実工事で引抜きを実施することにし

た。実工事で室内試験で表われなかった事象・問題点を把握した上で、必要であれば室内試験を継続した方が得策と考えたからである。

実施対象工事は Table 5 の①、②工事である。①、②工事のうち①工事は引抜を終了、②工事については、芯材挿入終了、昭和59年6月頃に引抜き予定である。以下、①工事での実施結果について簡単に述べる。

(1) 芯材処理 室内試験結果で $p_f < 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ 以下であった①「ウレタン+添加材 (配合④)」および②「ウレタン+岩綿」を表面処理材として選んだ。

Table5 芯材引抜工事概要

工事名	①	②
芯材の種類	H-500×200×10×16	H-300×300×10×15
長さ	16m	17.5m
本数	9本*	2本**
表面処理	ウレタン+岩綿(t=0.5mm) 3本 親水性ウレタン配合④t=2mm 3本 " t=1mm 3本	親水ウレタン配合t=1mm 2本
柱列壁の種類	ソイルモルタル壁(SMW工法)	ソイルモルタル壁(RSW工法)
建て込み日	昭和57年12月16日	昭和57年12月11日
引抜日	昭和58年6月26～29日	昭和59年5月頃(予定)
引抜機	油圧式杭抜機HP-250 平林製作所製	未定

* 総本数150本のうち、9本を試験的に引抜対象杭とした
** 引抜対象芯材272本のうち、2本を試験的に親水性ウレタン、270本をハイスライドワックスを用いた

②は羽毛塗り、①は吹付けとした。吹付方法は Fig.5 のとおりで、前もって吹付試験を実施し、吹付可能であることを確認しておいた。

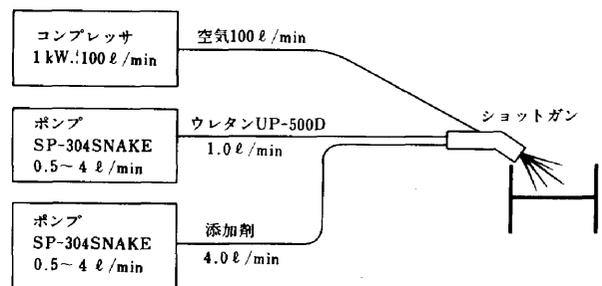


Fig.5 ウレタン+添加材吹付方法

被膜厚は①2mmおよび1mm、②0.5mm(いずれも目標厚)とした。

(2) 引抜装置

引抜きは、油圧式くい抜機 HP-250 (平林製作所、容量250tf) およびトラッククレーン (最大吊能力20tf) を用いた (Fig.6 参照)。くい抜機容量は次のように決めた。

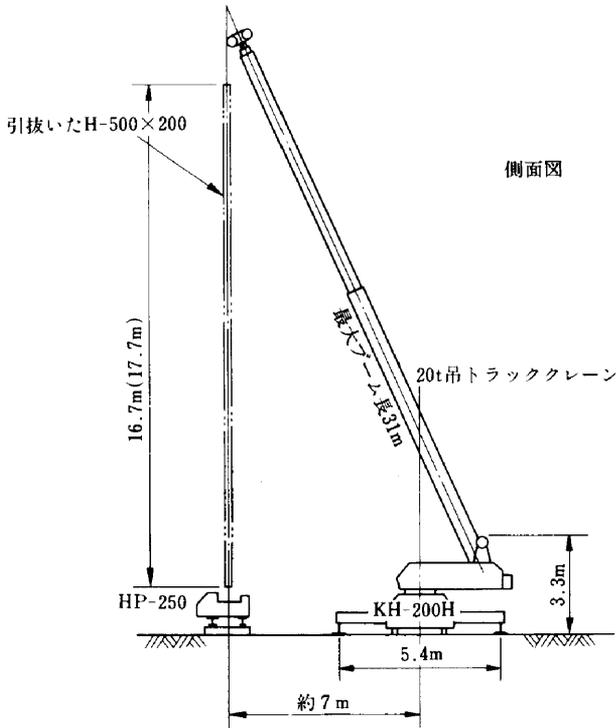


Fig.6 引抜き装置 (工事①)

$$P \geq p_f \cdot A \cdot f \dots\dots\dots(1)$$

ここにP:所要引抜力

p_f :室内試験結果による静止最大引抜抵抗 ($1f/m^2$)

A:芯材表面積 (m_2)

f:安全率 式(1)に $p_f=2.5tf/m_2$

($0.25kgf/cm^2$), $A=28.9m^2$, $f=2.0$ を代入

$P=144tf$ に対し引抜き機容量250tfとした。

(3) 測定

測定項目は①引抜荷重 ②抽出し量 ③時間 ④構造物変他とした。測定ブロック図をFig.7に計器配置図をFig.8に示した。④は当初予定になかった片持梁状の構造物が引抜対象芯材に接して築造され、しかもコンクリート材令3日で引抜く必要が生じたため、構造物変状有無をみたものである。

(4) 引抜き結果

引抜き抵抗測定結果を Table 6 に示した。Table 6 で「最大抵抗」とあるのは、引抜き途中で「静止最大抵抗」よりも大きな抵抗を示すことがあり、この値を「静止最大抵抗」と区別するため単に「最大抵抗」と称した。

Table 6 によると

- ① 静止最大抵抗は、④については $p_f=0.25kgf/cm^2$ 程度のものが多く、室内試験結果材令21日 $p_f=0.24kgf/cm^2$ とほぼ同じである。②については $p_f=0.4kgf/cm^2$

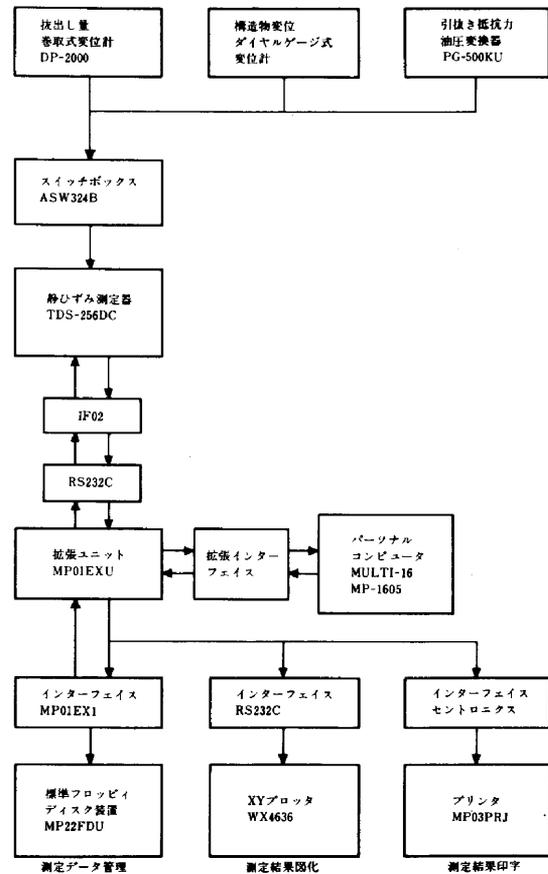


Fig.7 測定ブロック図

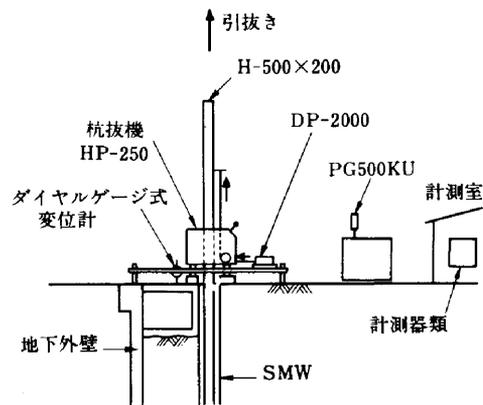


Fig.8 計器配置図

cm^2 程度で室内試験結果材令28日 $p_f=0.23kgf/cm^2$ より大きい。

- ② 引抜いた芯材7本のうち3本に静止最大抵抗の1.7~2.4倍の最大抵抗があった。この現象は室内試験では無かった現象で、原因としては、例えば地下工事のブラケット溶接跡が突起状に残っていた等が考え

Table 6 芯材引抜結果(㊸工事)

項目 芯材 No	表面処理	① 静止最大抵抗力(tf) ()は単位面積 当り[kgf/cm ²]	② 最大抵抗力(tf) ()は単位面積当り [kgf/cm ²]	摘 要
1		—	—	構造物の変更, 埋 戻し工事などの都 合で反力がとれな いため引抜取止め
2	親水性 ウレタン+ 添加材 配合④ t=2mm	66tf (0.23kgf/cm ²)	126tf (0.45kgf/cm ²)	
3		63tf (0.22kgf/cm ²)	—	
4	親水性 ウレタン+ 添加材 配合④ t=1mm	66tf (0.23kgf/cm ²)	158tf (0.56kgf/cm ²)	
5		124tf (0.44kgf/cm ²)	—	
6		76tf (0.27kgf/cm ²)	132tf (0.45kgf/cm ²)	
7	親水性 ウレタン+ 岩棉 t=0.5mm	126tf (0.45kgf/cm ²)	—	構造物の変状が予 想されたため, 引 抜取止め
8		—	—	
9		94tf (0.33kgf/cm ²)	—	

られる。工事現場ではある程度止むを得ない事象であるので、試験室データから引抜機容量決定の際、安全率2.0をさらに大きく、例えば2.5~3.0程度にする必要がある。

③. 被膜厚t=2mmとt=1mmで引抜抵抗に差異は認められなかった。原因としては、Fig.9に示すようにH形鋼の入隅部に吹付材が集中し、目標厚2mmまたは1mmに様に形成できなかったため、この事から被膜厚効果を否定できない。例えば②で述べたような突起物や芯材表面が平滑でない場合は厚さによる引抜抵抗減効果が大きい。ちなみに Fig.9 ポイントBでの被膜厚測定結果はNo.1, 2, 3 (目標2mm) で約1.3mm,

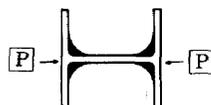


Fig.9 吹付方法による被膜の厚さ

No.4, 5, 6 (同1mm) で約0.8mmであった。

④ 9本のうち7本引抜いたが、2本は Table 6 に述べた理由で引抜作業を中止したもので、この結果から回収率を算定するのは適当でない。

また施工結果から次のことが判った。

⑤ ㊸は羽毛塗中に空気中の水分と反応して粘性が高くなり、羽毛塗効率が低下した。

⑥ 回収芯材表面に付着したウレタン樹脂はゼラチン状に劣化しており、①の場合は水洗いのみで、㊸の場合は水洗いおよびブラッシングで除去できた。

以上の実施工結果から、①、㊸とも引抜工法として実用化の目的が果たすと判断した。①と㊸を較べると引抜抵抗減効果、施工難易度とも①の方が優れていた。また、静止最大引抜抵抗より大きな最大抵抗が発生したがこれは、安全率2.5~3.0とすることで処理できると考えた。

§ 5 . おわりに

室内試験結果および実施工結果から H-300, ℓ=20m 程度を対象にした芯材引抜工法が完成、所期の目標が完成したと考える。

しかし、引抜費用を試算すると芯材購入価格の約50%となった。転用回数を多くすると十分採算がとれると言えるが、回収材保管費、引抜作業による工程への影響等を考慮するとまだ経済性が十分とは言えない。

従って、例えば①ウレタン樹脂材質改善または添加材配合の検討等によって、表面処理費を安くする、②引抜抵抗力を更に低減させ引抜費用を低減する等を行って、経済性を追求することが、本工法普及のための課題と言える。例えば、引抜抵抗が10tf程度に低減できれば、小型クレーンで引抜可能で著しく経済性が向上する。

尚、本報告では、引抜抵抗発生機構については述べていない。付着力、摩擦、モルタル強度、芯材曲り変形、芯材表面状態、土圧等が、これに関係すると考えるが、今回の試験では実用化を主目的としたため理論的な追求はあまり行わなかった。理論的な追求は今後の課題としたい。

最後に、本工法開発にあたって御協力いただいた四国(支)徳島電気ビル(出)丸岡所長、九州(支)福岡地下鉄(出)松沢所長および関係諸氏、さらに室内試験時に御助力頂いた技術研究所、土木技術課の各位に、この紙面を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) 伊地知他, 「ソイル柱列工法における親抗引抜き工法の開発」, 建築の技術施工, 彰国社, 1979. 10, p. 51~66,
- 2) 吉田他, 「ソイル柱列山止め壁の鋼材引抜き工法」, 建築・技術施工, 彰国社, 1982.5, p.29~40
- 3) 土弘他, 「塗布方式による土留壁中の芯材回収について」, 土木学会第37回年次学術講演集1982. 9, 土木学会, p. 441~p.442