

[16] 構真台柱用凝結遅延コンクリートの調合に関する考察

正会員 ○ 山根 昭 (竹中工務店 東京本店)
 大垣 洋一 (竹中工務店 東京本店)
 玉木 稔 (竹中工務店 東京本店)
 倉橋 均 (竹中工務店 東京本店)

1. まえがき

建築工事において、地下部分の躯体を地上部分と併行して施行する逆打ち工法は、主として工期短縮のために行なわれる。SRC造建物の地下の鉄骨柱を、基礎杭施工と同時に杭頭部のコンクリート中に先行して建入れる工法では、この鉄骨柱が後に掘削された時に、地下階のSRC造本柱の鉄骨(スケルトン)となり、この先行する鉄骨柱を“構真柱”と称し、構真柱とその台となるコンクリート杭とを合わせて“構真台柱”と呼ばれる。

杭頭に凝結遅延コンクリートを使用する理由として；構真台柱の従来の方法は、杭コンクリートの打設後ただちに鉄骨柱を杭頭に挿入するが、掘削孔に作業員が入って構真柱の位置及び垂直精度を見ながら定位置に固定する作業を行っていた。しかしこの方法では構真柱の位置の芯決め及び垂直精度は下げ振りの目視の精度にとどまり、また作業員の安全の面でも問題があった。近年地上から2方向の操作による芯決め装置が開発され、これにガイドを加えて柱頭の操作で位置及び垂直精度を高める方法が出現した¹⁾。一方この芯決め装置のセット及び操作に1~2時間を要し、この間に打設したコンクリートにこぼりを生じ、構真柱の位置及び精度に問題が生じることがあった。

本工法では杭頭コンクリートに凝結遅延剤を混和し、4~5時間の凝結遅延によって安全かつ高い精度の施工を可能とすると同時に、翌朝12~15時間後に構真柱の自立を可能にする初期強度を発現する調合を検討した。

本報告は、小田急本厚木駅ビル建設工事²⁾及び東京楽天地再開発1期の冬期と、大手センタービル新築工事³⁾の夏期及び中間期に行なった実験と実際施工時の管理試験結果の一部について概要を述べ、これらの結果から年間の各季節に推奨される構真台柱頭部の凝結遅延剤混和コンクリートの調合を提案した。

2. 構真柱断面と凝結遅延コンクリートの使用箇所

構真柱をコンクリート杭頭部(台柱)に建入れた状態の1例を図1に示した。構真柱の鉄骨の断面は、十字型またはT字型、及びボックス型である。十字型とT字型は大手センター及び東京楽天地で使用し、下部先端にテーバーを付け、下端の断面に沿って幅40mm前後の底板を付け、コンクリート中に埋設される箇所にスタッドジベルを取付た。ボックス柱は小田急本厚木と大手センターの一部で使用し、先端はくさび型とし、内部にコンクリートを充てんした。

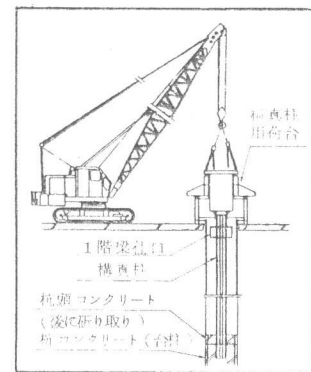


図1 構真台柱建入れの1例

最初の施工の小田急本厚木では杭の全長にわたって凝結遅延剤混和コンクリートを使用したが、2回目の大手センタービルの施

工以後では、杭頭部の構真柱の挿入される部分の高さ約2.5mのみについて凝結遅延剤混和コンクリートとした(3.1及び6節参照)。

3. 構真台柱杭頭コンクリートの条件設定

3.1 調合の条件

構真台柱の施工上要求される頭部コンクリート

表1 構真台柱用杭頭部コンクリートの設定条件

条件	施工	下想される 外気温 (°C)	荷卸し時 コンクリート 温度(°C)	コンクリートの 流動性保持時間	目標強度と 発現時間
工事名	時期				
小田急本厚木 駅ビル	S55年 3月~4月	6~15	12~20	混練後 3時間	1.0 kg/cm^2 1.2 hr
大手センター ビル	S56年 6月~10月	15~30	20~35	混練後 3時間	1.0 kg/cm^2 1.2 hr
東京楽天地再 開発 第1期	S57年 2月~4月	4~10	10~20	混練後 4時間	8 kg/cm^2 1.5 hr

の調合の設定条件は、1) 杭コンクリート打設後、芯決め装置を設置して構真柱を杭頭に挿入し、精度を確認するまでの時間経過を考慮して、3～4時間はコンクリートの流動性が残っていること、及び2) 通常は夜間養生期間を取るが、翌朝すなわち混練後12～15時間で構真柱が自立する杭強度 $8 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ が発現されることである。この2つの条件つまり遅延性と早強性は相反するものであるが、原理的には1)の流動性保持には凝結遅延剤、2)の初期強度発現にはA E減水剤早強形の使用が考えられる。また凝結時間と初期強度の発現のいずれもコンクリートの温度に大きく影響され^{4) 6) 7)}、夏期には凝結が早まり、冬期には初期強度が遅延する傾向があり、調合は施工時期によって異なる。なお、従来のトレミー管による打設の場合のコンクリートの動きは、既往の文献^{8) 9)}から杭頭では、最後に打設したコンクリートがトレミー管を中心にきのこ型に上部に束ると推定されるので、凝結遅延剤混和コンクリートは杭頭の1.1 m^2 前後とした(6節参照)。構真柱杭頭部コンクリートの設定条件を表1(前頁)に示した。

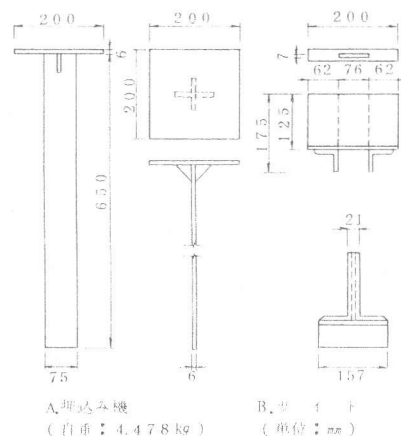


図2 押込み試験機⁵⁾

表2 平鋼押込み試験貫入量の日標値(cm)

工事名	1時間	2時間	3時間	4時間
小田急本厚木駅 大手センタービル	> 1.0	> 6	> 3	—
東京愛人池1期	> 1.0	> 6	> 4	> 2.2

3.2 平鋼押込み試験の貫入量日標値の設定

構真柱挿入時のコンクリートの流動性保持状況を確認するために、図2に示す平鋼押込み試験機⁵⁾を使用した。 $\phi 15 \times H 30 \text{ cm}$ のモールドに静かに詰めたコンクリート中に平鋼を自然落下させ、コンクリート表面からの貫入深さで表わし、表2の値を目標とした。

4. 工事現場に対応する実験と現場実験

4.1 小田急本厚木駅ビルでのコンクリートの試験

1) コンクリートの試験； 細骨材率及び単位セメント量を変えた実験を繰返した後、表3に示すA E減水剤ポゾリスNo.5 L(やや早強性)と凝結遅延剤リタール併用の調合について、まだ固まらないコンクリートの試験、平鋼押込み試験及び初期15時間強度の試験を行なった。

2) 試験結果の考察； 試験結果を表4に示す。練上り温度 $18 \sim 19^\circ \text{C}$ で、調合No.1は平鋼押込み貫入量はやや小さいが、調合No.2と比較するとやや小さめに出土と考え、また別に行なった角材に断面積比に相当する錘りを付けた押込み試験の結果スムーズな挿入が得られたことから、実施調合はNo.1とし、ただし外気温に応じて凝結遅延剤を0.2 $\%$ まで減じものとした。

4.2 大手センタービルでの実験

1) 調合実験； 数回繰返した後の調合及び試験結果を表5に示す。また、現場における施工時の管理試験結果を表6に示す。

2) 実験結果の考察； コンクリートの

表3 実験時の調合(小田急本厚木駅ビル)²⁾

調合No.	スラン ジ(cm)	水セメント比 (%)	細骨材 率(%)	単位量 (kg/m ³)				凝結遅延剤 P5 L (%)	早強剤 リタール (%)
				セメント	水	砂	砕石		
1	2.1	54.1	5.2	37.0	2.00	8.69	8.24	0.25	0.35
2	2.1	55.4	5.5	37.0	2.05	9.12	7.67	0.25	0.35
3	2.1	54.3	6.0	4.00	2.17	9.63	6.25	0.25	—
4	2.1	54.3	6.0	4.00	2.17	9.63	6.25	0.25	0.35

表4 コンクリート試験、押込み試験結果及び初期強度(同上)²⁾

調合No.	スラン ジ(cm)	スラン ジ(cm)	空気量 (%)	コンク リート 温度(°C)	平鋼押込み貫入量 (cm)				15hr 強度 (kg/cm ²)
					1hr	15hr	2hr	2.5hr	
1	1.9	—	5.0	18	8.8	13.9	5.3	2.0	1.34
2	2.05	3.05	4.9	18	12.1	12.3	8.2	1.05	1.20
3	2.15	3.40	5.4	19	2.50	2.44	6.7	3.1	2.18
4	2.0	3.05	5.4	19	2.26	1.26	9.1	1.10	1.33

表5 実験時の調合及びコンクリート試験結果(大手センタービル)³⁾

調合No.	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				凝結遅延剤 P5 L (%)	早強剤 リタール (%)	空気量 (%)	コン クリ ート 温 度 (°C)	貫入量 (cm)	日経強度 (kg/cm ²)				
			セメント	水	砂	砕石						2hr	3hr	12hr	24hr	
5	51.3	5.4	39.0	2.00	8.80	7.85	NLS 0.25	0.15	21.5	40 ⁺ 38	4.8	31.0	1.38	8.0	12.8	6.01
6	51.3	5.4	39.0	2.00	8.80	7.85	NLS 0.25	0.35	21.0	38 ⁺ 37	4.7	31.0	8.5	5.8	3.0	5.46
7	52.8	5.4	39.0	2.06	8.80	7.85	NLS 0.25	0.15	21.9	35.5 ⁺ 37	4.2	25	—	8.4	14.2	45.4
8	52.8	5.4	39.0	2.06	3.80	7.85	NLS	0.05	22.3	39 ⁺ 38	4.2	25	—	6.6	15.8	5.14

荷卸し時の温度が30℃前後でA E減水剤標準形のボゾリス70と凝結遅延剤リタールを併用する場合は、3時間程度の流動性には問題ないが、12~15時間での初期強度の発現が後れる傾向が見られた。そこでA E減水剤遅延形のボゾリスNa8と凝結遅延剤リタールの併用により、リタールの混和量を低減して構真柱建入れ時のコンクリートの流動性を保ち、かつ15時間で初期強度10kg/cm²を得た。つまり凝結遅延剤の初期強度の後れに対する影響がかなり大きいことがわかり、実施調合ではコンクリート温度25~30℃では調合No8でボゾリスNa8.8とリタール0.025%, 31~35℃では調合No7でリタール0.05~0.15%とした。

4.3 東京楽天地再開築第1期での実験

1) 調合実験； 試験調合を表7に示す。調合No1と2及び調合No4と5はそれぞれ同一プラントである。コンクリートの圧縮強度試験結果を表8に、まだ固まらないコンクリートの試験結果、平鋼押込み試験結果及びブロッカーニードル貫入抵抗値の試験結果を表9に示す。

2) 試験結果の考案； 表8及び9の結果から、a) スランブが22cmと大きくなると押込み試験の貫入値は目標値を上廻るが初期強度の発現が遅くなり⁴⁾、b)スランブ20cm程度では初期強度は満足するが、押込み試験の貫入値が不足する傾向が見られた。このため実施調合では中間のスランブ21cmとし、表10(次頁)に示すものとした。

5. 構真台柱コンクリートの温度測定

大手センター及び東京楽天地の2現場で構真台柱コンクリートの打込み直前から混練後18時間までの外気温、泥水の温度及び杭コンクリート上端より1mの深さの温度を熱電対で測定し、外気温及びコンクリート温度に対応する調合選択の資料とした。測定結果の1例を図3に示す。

調合選択の方法として、構真台柱コンクリートの打込みが午後となることから、出荷予定のレデーミクストコンクリート工場から午前10~11時に一般出荷・荷卸したコンクリート温度の報告を受け、当日の外気温及び泥水の温度から、構真台柱コンクリートの温度と打込み

表6 コンクリート管理試験結果(大手センタービル 6月度)³⁾

桁No	打設日	調合No	スランブ (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 (°C)	自由時間 (hr)	同強度 (kg/cm ²)	7日強度 (kg/cm ²)	28日強度 (kg/cm ²)
24	6/12	7	21.5	4.6	25.0	17.5	250	233	333
16	6/13	8	21.5	5.0	25.0	48.0	99.0	250	359
8	6/15	8	21.0	4.7	25.5	17.5	19.5	238	343
1	6/16	8	22.0	5.0	26.0	18.0	29.3	249	332
2	6/17	8	22.0	4.8	28.4	17.0	27.6	223	342
3	6/18	8	21.0	5.0	27.0	16.7	21.3	223	332
4	6/19	8	21.0	4.8	25.0	17.0	20.8	254	364
5	6/20	8	21.5	4.8	23.0	48.0	96.8	—	320
6	6/22	8	21.0	4.0	21.0	17.5	22.5	—	357
7	6/23	8	21.0	3.6	26.0	17.5	23.0	—	345

表7 コンクリートの調合(東京楽天地)

調合 No	スランブ 厚(cm)	水セメント比 (%)	細骨材 比(%)	最大砂 径(mm)	単位セメント量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	ボゾリス No.70 (%)
1	21	47.6	52	20	420	200	0.25
2	21	45.1	52	20	450	203	0.25
4	20	46.2	50	20	420	194	0.25
5	20	43.6	50	20	450	196	0.25

表8 コンクリートの圧縮強度試験結果(同上)

調合 No	単位セメント量 (kg/m ³)	コンクリートの圧縮強度(kg/cm ²)			
		12 hr	15 hr	1 週	4 週
1	420	3.3	10.0	30.5	41.0
2	450	2.1	10.9	33.3	46.4
4	420	5.5	16.3	34.6	45.3
5	450	6.1	16.7	37.0	49.8

表9 コンクリート試験、押込み試験結果及び貫入抵抗値(同上)

調合 No	実施日	スランブ 厚(cm)	杭コンクリート		要量 時間 (hr)	室温 (°C)	コンクリート 温度 (°C)	押込み試験		貫入抵抗(psi)		
			スランブ 厚(cm)	空気量 (%)				目標	平均	時間	抵抗値	
1	12/17	22.5	4.1	4.3	12	2.0	16	12	>6	8.6	7.0	41
			4.2	—	—	3.0	16	13	>4	4.8	8.0	140
2	12/17	22.5	4.2	4.2	12	4.0	17	15	>2	2.5	9.0	324
			4.1	—	—	2.0	16	12	>6	12.1	7.0	27
4	12/24	20.5	3.3	4.5	15	3.0	16.5	15	>4	3.9	8.0	64
			3.4	—	—	4.0	17.0	15.5	>2	2.3	9.0	124
5	12/24	20.5	3.7	4.8	15	2.0	16.5	15	>6	7.9	7.5	320
			3.5	—	—	3.0	17.0	15	>4	1.7	8.5	705
												1565
												302
												770
												1640

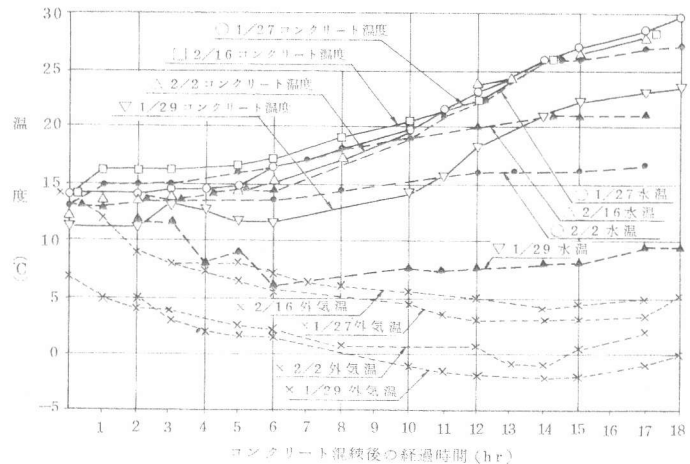


図3 構真台柱杭頭コンクリートの温度測定結果例(東京楽天地)

後の上昇温度を予想し、基本的調合を変えることなく凝結遅延剤の添加量を加減する方法とした。その理由としては、図3にも見られるように、外気温が0℃以下に低下しても構真台柱コンクリートの上面を覆う泥水の温度はおよそ5℃を下廻ることは少い。また抗頭コンクリートの温度は混練後5時間程度からわずかに上昇し、1.0～1.5時間でかなり上昇するため、1.5時間までの平均温度(ないしは等価温度)は打込み時のコンクリート温度が1.2～1.5℃の時に約1.7℃程度、積算温度で20.8～28.2T°Tとなり、笠井博士のfc-T°T曲線⁶⁾⁷⁾から図3の1.5時間強度は、約15kg/cm²前後となる。また4週強度は450kg/cm²程度となり、構真柱の自立及び4週強度ともに十分安全であることがわかる。

6. カラーコンクリート実験

トレミー管によって打込まれる泥水中のコンクリートの行先は、場合により多少の変化はあるが、杭頭部ではトレミー管に沿って上昇して落ち着くと思われる⁸⁾⁹⁾。表1に示す着色顔料を用いて杭下部から上部コンクリートまで約3.0mを4分割して着色コンクリートとし、地下掘削時に杭頭コンクリートを研り出した結果杭頭約1mが赤色の最終打込みコンクリートであることを確認し、2筋及び3.1の推定を裏付けるものとした。

7. まとめ

逆打ち工法で構真台柱を地上操作で行なう場合の杭頭部のコンクリートについ

て、3現場の実験及び施工結果から、杭頭に使用する凝結遅延剤混和コンクリートの年間の各季節に対応する推奨調合を提案し、表12に示した。安全で精度の高い構真台柱の施工の一助となれば幸いである。

謝辞

本工法の実施に当って、ご理解・ご指導を賜りました小田急電鉄株式会社開発部に対して、また御阿部事務所鈴木監査役ほかの方がなにごとに謹んで敬意を表します。また、いちいち名を挙げる余白に恵まれないが、実験及び実施のご協力を戴いた厚木小野田レミコン(株)、宇部厚木コンクリート工業(株)、相州産業(株)、相武生コン(株)、晴海小野田レミコン(株)、日立コンクリート(株)、中央東協生コン(株)の各試験室の諸氏、ポゾリス物産(株)並びに日曹中研の方がなにごとに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本電信電話公社建築局特殊建築工事事務所；“超高層建築における逆打ち用構真台柱の施工”、施工、12月1972年、2月・3月1973年
- 2), 3) 御竹中工務店東京本店、社内技術報告
- 4) 日曹マスターピスダーズ、研究所報 第1号、1978
- 5) 日曹マスタービルダーズ(株)、社内資料
- 6) 笠井芳夫；“コンクリートの初期圧縮強度推定方法”、日本建築学会論文報告集、No.141、1967年11月
- 7) 笠井芳夫；“先に提案したコンクリートの初期圧縮強度推定式の適用性”日本建築学会論文報告集、No.163、1969年
- 8) 川崎・幾田ほか；“泥水中に打設されるコンクリートのアクティブプラトリーターによる挙動追跡”、竹中技術研究報告、No.6、June、1971
- 9) W. F. 研究グループ；“地中壁体コンクリートの施工性”、大林組技術研究所報No.8、1974年
- 10) 金岡伸幸；“電気ビル新館新築工事における逆打ち工法について”、日本建築学会九州支部材料施工委員会資料 昭和58年2月

表10 実施コンクリートの調合(東京楽天地)

調合No	スランブ(cm)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)		ポゾリスNo.7.0(%)	遅延剤リョール(%)
				セメント	水		
6.8	2.1	4.6.9	5.0	4.2.0	1.9.7	0.2.5	—
7.9	2.1	4.6.9	5.0	4.2.0	1.9.7	0.2.5	0.1

表11 カラーコンクリートの着色顔料の種類

打込箇所	初回(杭底)	第2段階	第3段階	最終(杭頭)
着色の色	普通コン	青 B	黄 A A	赤
成分の概(%)	—	珪酸 4052 アルミナ2583 硫黄 1207 Na 16.38	酸化チタン TiO ₂ Sb ₂ O ₃ -NiO 減分系	酸化鉄 3.5 硫酸鉄 1.5 洋朱 6.0
コンクリート1m ² あたり添加量(kg)	—	1.8	5.5	3.6

表12 推奨される凝結遅延コンクリートの調合

施工月	コンクリート荷卸時温度(℃)	水セメント比(%)	単位セメント量(kg/m ³)	細骨材率(%)	目録スランブ(m)	混和剤の種類と量(%)	凝結遅延剤(リョール)	施工実績
12月中旬～3月中旬	1.0 ～ 1.5	4.5 ～ 4.8	4.0.0 ～ 4.0.0	4.8 ～ 5.8	2.0 ～ 2.1	Pozz.7.0 ～ 0.2.5	—	東京閉塞大工地
3月上旬～4月下旬	1.5 ～ 2.0	4.5～4.8 ～ 5.0～5.5	4.00～4.20 ～ 3.60～3.90	4.8～5.0 ～ 5.0～5.5	2.0 ～ 2.1	Pozz.7.0 0.2.5 5L 0.2.5	R: 0.1.0 R: 0.2.0	大手トンネル
4月下旬～5月下旬	2.0 ～ 2.5	5.0 ～ 5.5	3.6.0 ～ 3.9.0	5.0 ～ 5.5	2.0 ～ 2.1	5L 0.2.5 No.8 0.2.5	R: 0.3.0 R: 0.0.1	大手トンネル
5月中旬～6月下旬	2.5 ～ 3.0	5.0 ～ 5.5	3.5.0 ～ 3.9.0	5.0 ～ 5.5	2.0 ～ 2.1	No.8 ～ 0.2.5	R: 0.0.2.5 R: 0.0.5	大手トンネル
6月上旬～7月中旬	3.0 ～ 3.2	5.0 ～ 5.5	3.5.0 ～ 3.9.0	5.0 ～ 5.5	2.0 ～ 2.1	No.8 ～ 0.2.5	R: 0.0.5 R: 0.1.5	大手トンネル
7月上旬～8月下旬	3.2 ～ 3.5	5.0 ～ 5.5	3.5.0 ～ 3.9.0	5.0 ～ 5.5	2.0 ～ 2.1	No.8 ～ 0.2.5	R: 0.1.5 R: 0.1.5	大手トンネル

注： 1) Pozz.7.0はポゾリスNo.7.0、5LはポゾリスNo.5L、No.8はポゾリスNo.8、Rは遅延剤リョール
2) 12月中旬～3月中旬で、コンクリートの荷卸し時の温度が1.0～1.5℃程度の場合は上の調合の範囲では凝結遅延剤を用いなくてよい。(ただしポゾリスNo.5Lを除く)
3) 施工月で各欄で重複している所があるが、使用するコンクリート製造工場で午前10～11時の荷卸し時のコンクリート温度を参考にして選択する。