

# 第二浅草幹線工事 幅広セグメント使用に関する 調査研究

## 1. 研究目的

シールド工事のセグメントの標準幅は1.0mであるが、中口径以上のシールド工事では、セグメント幅を1.2mと大きくし工事の効率化を図る試みが行われてきた。今回の調査研究は、東京都下水道局発注の第二浅草幹線工事において、一次覆工施工の実態調査を行い標準セグメントとの日進量等の比較を目的としている。

調査項目

- 1 シールド日進量
- 2 使用機械の相違
- 3 一次覆工工事費の比較
- 4 工事工期

## 2. 実態調査

### 2.1 事前調査

実際の現地実態調査に先立ち、第二浅草幹線工事の工事概要について聞き取り調査を実施した。聞き取り調査で確認された工事概要は次のとおりである。

概要

- (1) 泥水式シールド機（中折れ式）
- (2) セグメント外径4,550mm（6分割）
- (3) 延長700m（本工事幅広施工区間547m）
- (4) 礫質土（最大粒径240mm）

- (5) 最大水圧 3.0kgf/cm<sup>2</sup>

### 2.2 本工事の特徴

- (1) 掘削土搬出に隅田川を利用した土運搬船が使用されていた。従って残土処理設備能力による掘進の制約はない。
- (2) 掘削土は立坑から800m離れた泥土処理施設まで圧送されていた。
- (3) 切羽付近に礫対策として、特別な泥水循環ポンプの配置が見られた。
- (4) シールドの運転は、切羽付近に運転室を設けることなく完全な遠隔操作で行われた。

### 2.3 現地実態調査

現地実態調査では下記事項について調査した。

- (1) 調査時間

① 初期掘進区間	48時間×2回
② 直線掘進区間	48時間×2回
合計	4回
- (2) 調査工種及び作業内容の確認事項
  - 1) 調査工種
    - ① 切羽作業
    - ② 坑内作業
    - ③ 坑外作業
    - ④ 泥水処理作業
    - ⑤ 中央制御管理作業
  - 2) 各調査工種について、作業内容・作業時間・作業人員について調査し記録した。

### 3. 実態調査結果

#### 現地確認事項

確認された作業内容

##### (1) 掘進作業

- ① シールド機械は、中央管理室から元請職員の指示により制御され、切羽での作業は無かった。
- ② 全体のシールド掘進作業を詳細に指導するために世話役の配置が見られた。
- ③ ボルト増締めは、掘進時と同時作業となっていた。

##### (2) 作泥作業

- ① 作泥作業は、地山の変化に合わせて作泥する必要から、随時専門技能者が配置され泥水の粘性試験を行っていた。
- ② 泥水管理室は、シールド中央管理室とは別に泥水処理設備の中に設置されていた。(シールド中央管理室～泥水管理室800m)
- ③ 送泥作業は、中央管理室からの電話指示で泥水管理室から行っていた。

##### (3) 裏込作業

- ① 裏込め材作成は800m離れた泥水管理場で行われていた。
- ② 裏込め泥水作成は自動化され、裏込め注入材は、注入口で混合される2液型が使用されていた。
- ③ 裏込め注入量の設定は、坑内で中央管理室からの指示で行われていた。
- ④ 裏込め注入作業は、リモートコントロールで行われ、切羽での作業は注入ホースセットのみであった。

##### (4) 掘削土処理作業

- ① 掘削土は場内で一旦仮置きされた後、バックホーで土運搬船に積み込み、隅田川を利用して搬出されていた。このため、土砂搬出は昼間作業のみで実施されていた。

また土砂ホッパーが不要のため残土の搬出が掘進作業に影響することが無かった。

- ② バックホー運転は、土運搬船への土砂投入と土砂敷均し作業に使用され、泥水処理作業担当の作業員が行っていた。

##### (5) セグメント

- ① セグメント受入作業は、昼間作業のみ行っていた。
- ② 止水シール貼付は、専任の専門技能者(有機溶剤取扱)が晴天時の昼間作業のみで行っていた。
- ③ セグメント坑内搬入作業は、シールド掘進時と同時作業となっていた。

##### (6) 設備作業

- ① 軌条設備敷設作業は、掘進延長5mに1回の間欠作業で、掘進中の作業であった。
- ② 給・排水管敷設作業は、掘進延長6m毎の間欠作業で、切羽付近で掘進中の作業であった。
- ③ 送・排泥水管は、12m毎の間欠作業で初期掘進区間と曲線掘進区間では、セグメント組立と同時作業であった。直線区間では、1日2回の作業員交代時の作業であった。
- ④ ケーブル延伸作業は、ケーブルが巻き込み保管されているため調査期間中の接続作業は無かった。
- ⑤ バッテリー充電は、初期掘進区間・初期曲線掘進区間での作業はなかった。直線掘進区間では、2組の電池パッケージで交互使用されていた。
- ⑥ 足場板設定は、シールド掘進中の作業。
- ⑦ 一次排水作業は、立坑内のバキュームポンプで、常時吸引とされていた。
- ⑧ 三河島処理場内の送・排泥管(坑外800m)については2時間毎の点検作業が義務化されていた。  
特に直線掘進区間では、常時巡回監視が行われていた。

##### (7) その他

- ① 門型クレーン運転では、玉掛と運転は、同一作業員が行っている。
- ② その他資材受入は、夜間でも受け入れることがある。

## 4. シールド掘進時間

### 4.1 共通作業の作業時間

- (1) 送泥管・給配管の延伸は、セグメント組立時に坑内作業員により作業されるため、シールドの掘進には影響しない。
- (2) 送・排泥管の延伸は、材料の長さ(6m)と掘

進距離との関係で実施された。作業はセグメント組立時又は作業員交代時に実施された。

(3) KY作業（安全活動）・朝礼の平均作業時間は、作業前の20分であった。

(4) 休憩・交代時間・昼勤・夜勤交代について

① 1日の作業時間

昼勤 午前8時～午後7時までの11時間

夜勤 午後8時～午前7時までの11時間

途中1時間の休憩時間 10時間勤務

② 1週間の作業時間は月曜日（昼勤）から土曜日（夜勤）まで（日曜日は、作業員交代のため休業）

#### 4.2 初期掘進区間の作業時間

コンクリートセグメント（幅1.20m）

朝礼・KY・作業指示 20分/1方

シールド掘進

掘進前泥水循環時間 10分/リング

1リング掘進時間 82分/リング

掘進後泥水循環時間 17分/リング

セグメント組立時間 44分/リング

（掘進後泥水循環時間と6分間の重複作業）

休憩 60分/1方

休止時間・測量 60分/1方

#### 4.3 直進掘進区間の作業時間

コンクリートセグメント（幅1.20m）

朝礼・KY・作業指示 20分/1方

シールド掘進

掘進前泥水循環時間 6分/リング

1リング掘進時間 48分/リング

掘進後泥水循環時間 16分/リング

（セグメント組立時間と重複作業）

セグメント組立時間 26分/リング

休憩時間 60分/1方

管延進他 80分/1方

休止時間・測量 60分/1方

## 5. サイクルタイム図

実態調査を基に作製したサイクルタイムを図-1・図-2に示す。

## 6. 日進量と実態調査の日進量の比較

各調査地点の実態調査に基づいて作成したサイク

ルタイムによる日進量と全体の作業日数から割り出した日進量の比較を表-1に示す。

表-1 日進量の比較

調査位置	日進量 (m)		比率 (%)
	サイクルタイム	実作業	
初期掘進	9.6	2.9	30.2
直線	14.4	9.6	66.7

## 7. 工事コストの算定

### 7.1 人工

今回の工事費比較に当たっては、積算基準に示される人工を採用した。

### 7.2 設計日進量

シールド日進量の実態調査結果を表-2に示す。（1日＝昼夜2交代）

表-2 シールド日進量

	(m/日)		
	標準	幅広	増減
初期区間	3.6	2.9	-0.7
直線区間	7.2	9.6	2.4

標準セグメントの日進量は、「建設省下水道工事積算基準」平成11年度版による。

### 7.3 立坑の大きさ及び施工区分

立坑は円形立坑とし、立坑内径は、次のとおりとした。

標準セグメント 11.7m

幅広セグメント 12.5m

差（機長増加分） 0.8m

初期掘進区間の延長は、積算基準から算定し75.0mとした。

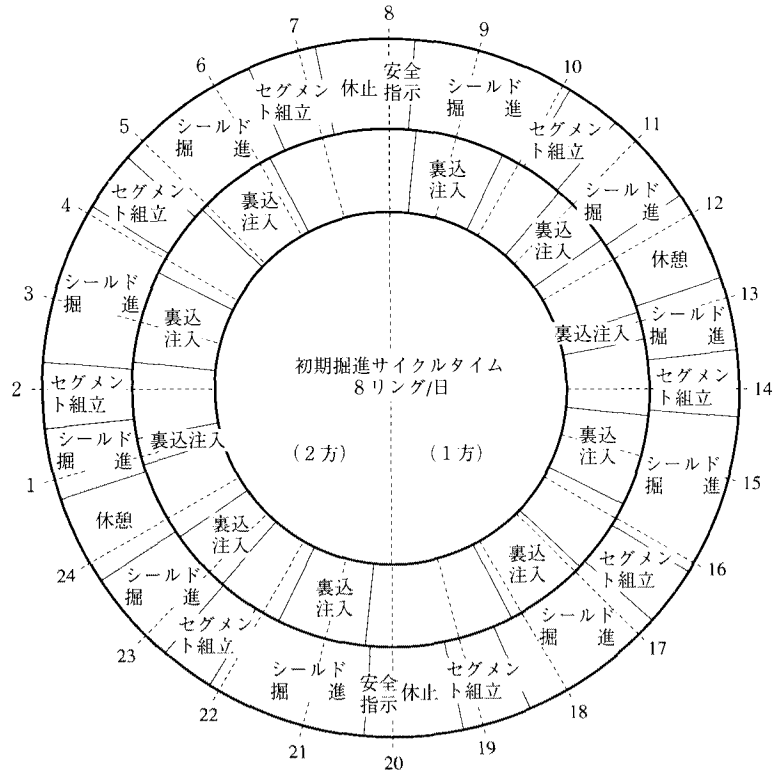
### 7.4 シールド機械長及び後続台車設備

シールド機械は中折式泥水シールドとし、シールド機械の長さは、標準セグメント6.90m、幅広セグメント7.60m（0.7m増）とした。

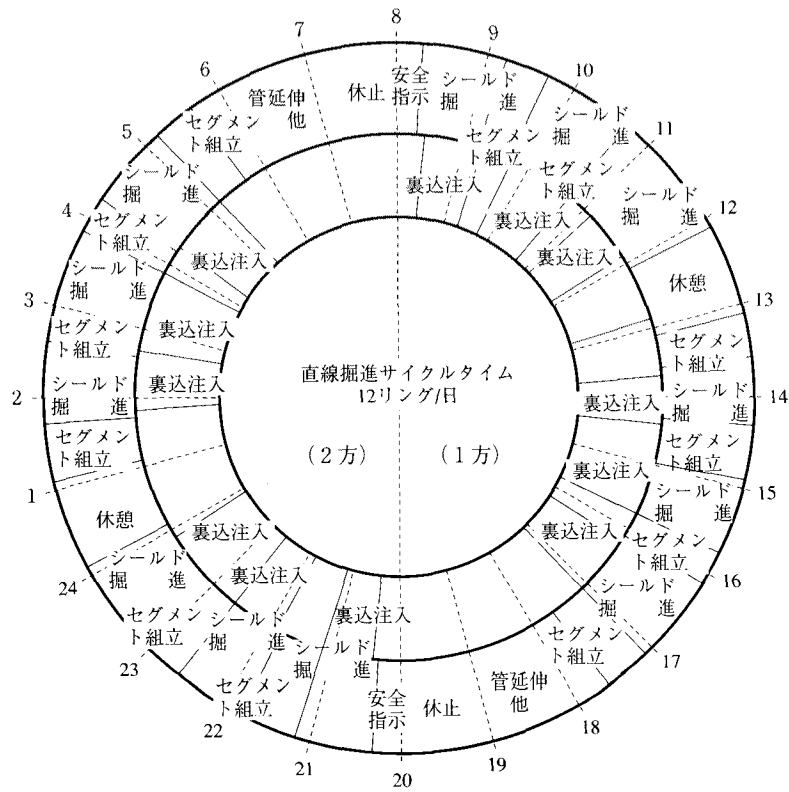
また、後続台車設備の長さは、標準セグメント86.7m幅広セグメント88.2m（1.5m増）とした。

### 7.5 歩掛・単価

歩掛・単価・損料は、次に掲げる資料を使用した。



図一 初期掘進区間サイクルタイム



図二 直進区間サイクルタイム図

(1) 歩掛

- 「建設省土木工事積算基準」 平成11年度版
- 「建設省下水道工事積算基準」 平成11年度版
- 「下水道用設計積算要領」 管路施設（シールド工法）編 1998年 単価
- 「建設物価」 2000年 3月号
- 「積算資料」 2000年 3月号
- 「土木コスト情報」 1999年 冬
- 「標準土木工事費」 1999年 冬
- 「土木工事積算標準単価」 平成11年度版

(2) 損料

- 「建設機械等損料算定表」 平成10年度版
- 「推進工事用機械器具等損料算定表」 平成10年度版

表-5 一次覆工工事期間

(日)

掘進延長 (m)	標準セグメント	幅広セグメント	増減
547	87	75	-12
750	115	96	-19
1,000	143	122	-21
1,250	177	148	-29
1,500	212	175	-37
1,750	247	200	-47
2,000	282	227	-55
2,250	316	253	-63
2,500	351	179	-72
2,750	386	305	-81

※実施日数のみの比較で稼働率は含まない。

7.6 工事数量

比較設計に使用した主要な数量を表-3・表-4に示す。

表-3 施工区分

施工区分	施工延長 (m)
初期掘進区間	75.0
直線区間	472.0

表-4 主要数量 (相違のある部分)

材料	単位	標準セグメント	幅広セグメント	増減
セグメント	リング	547	456	-91
シール材	m	10,940	9,120	-1,820

7.7 工事日数

標準セグメントと幅広セグメントでの一次覆工工程比較を表-5に示す。但し初期掘進区間を75mとし、残余を直線区間として試算した。

$$H = 75m \div X + (L - 75m) \div Y$$

H: 実施工日数 (1日=昼・夜)

L: 掘進延長 m

X: 日進量 日/m (初期掘進部)

Y: 日進量 日/m (直線部)

7.8 立坑・一次覆工工事費の比較

曲線, 直線区間の混在する, 第二浅草幹線の700mについて, 標準セグメントと幅広セグメントの一次覆工工事費比較を表-6に示す。

表-6 一次覆工工事費 (標準を100とする)

項目	標準セグメント	幅広セグメント	増減
本工事費			
立坑工事費			
人孔設置工事	100	107	7
土工事	100	115	15
ケーソン工事	100	107	7
立坑工事 計	100	109	9
一次覆工工事費			
一次覆工工事	100	99	-1
土工事	100	100	0
直接仮設工事	100	97	3
一次覆工工事 計	100	99	-1
仮設工事費			
立坑仮設工事	100	100	0
シールド仮設工事	100	97	-3
仮設工事費 計	100	98	-2
本工事費 合計	100	100	0
共通仮設費	100	101	1
工事価格 総計	100	101	1

立坑工事は円形ケーソンの大きさ (径が0.8m大きくなる) による数量の増減のみの比較とし, 大きさの違いによる構造変更は無いものとした。

7.9 費用増減要素

以上の結果等から費用の増減の要素をまとめると次のようになる。

(1) 費用縮減要素

- ① 日進量の増加

- ② ボルト・シール材の数量減
- ③ RCセグメント価格
- (2) 費用増加要素
  - ① シールド機と機械損料及び機長増加（＋685m）に伴う立坑の大きさの増大
  - ② 掘削土処理設備等機械設備の大型化
  - ③ 曲線区間に標準セグメントを使用することによるその型枠製作費

## 8. 考察

### 8.1 調査結果のまとめ

- (1) 日進量は積算基準の7.2m/日に比べ9.6m/日と大きくなっており、トラブルが減少するとさらに日進量は大きくなる。
- (2) 積算基準の算定方式に倣うと初期掘進区間が70m以上となる。調査対象工事では、88mであり、初期掘進区間の考え方の統一が必要と思われる。
- (3) セグメントシール貼り付けに「有機溶剤取り扱い技能者」及び泥水試験のために作業員が専任で配置されており、必要人員として積算基準に入れる必要があると思われる。
- (4) 日進量の増大は、必要な泥水循環量の増大となり、泥水輸送設備・泥水処理設備・土砂ホッパー等の設備が大きくなり、用地等の関係で設備が制限されると日進量に影響を及ぼすと思われる。
- (5) 幅広セグメント採用の効果は立坑工事費の増大と一次覆土工費の縮減による相対的な関係で、本工事では750mで増減が無くなった。

### 8.2 幅広セグメントの採用について

幅広セグメントの施工により、工事日の大幅な短縮が期待できる。工事費については、曲線区間（ $R=100$ 以下）での幅広セグメント使用が困難なことから、標準セグメントの使用となる。しかし、数量が少ないとセグメント製作の型枠が全額償却になるために材料費の増大につながることからスチールセグメントの採用を検討する必要がある。従って、工事区間中の曲線区間についても配慮した上で幅広セグメントの採用を検討し、トータルで経済比較をする必要があると思われる。

## 9. 今後の課題

- (1) 今回の調査研究はシールド工事区間が700mと短く、また、初期掘進区間 48時間×2回 直線掘進区間 48時間×2回の合計4回だけの結果であるため、標準化するには今後事例を多く積み重ねる必要があると思われる。
- (2) 費用の増加要素は固定費的要素が多いので、掘進距離が長くなるほどコスト縮減効果が大きい。また、費用増加量は個々の工事ですべて違うので、幅広セグメント使用によるコスト縮減のための必要掘進長は、現状では個々の工事と比較検討する必要がある。

●この研究に関する問い合わせは

事務局 次長	鈴木 茂
技術部業務課長	松本 征
技術部主任研究員	打田 健二
技術部研究員	折田 一智