

## (45) 大型パネル工法による卵形消化槽の施工

鹿島建設 (株) 関西支店土木部

空田 安弘

正会員 ○須賀 敦

山下 嘉明

### 1. はじめに

京都洛西浄化センターは、大阪府との県境に近く、京都府下を流れる桂川の最下流域に位置し、すぐ隣りに新幹線が走る下水処理場である。当センターでは、近年の汚泥発生量の増加及び消化効率の向上に対応するために、既設の円筒形RC消化タンクに隣接して、1991年に当時としては国内最大規模となる9600<sup>3</sup>mの容量をもつ卵形消化槽が建設された。

卵形消化槽は、高効率の消化性能と、構造的特性及びメンテナンスフリーなどの特徴を持ち、1983年にドイツから導入され現在までに60基以上が建設されている。

本工事は、この1期工事の後を受けて、同形状の卵形消化槽を1基増設するものである。

その特徴は、側壁部の型枠に従来のデビダーク式クライミング工法に変えて、大型パネル工法(RSB工法)を採用した。

本工法は、全ての材料がオーストリア直輸入の曲面構造用型枠であり、固定式の長尺I型鋼を格子状に組み鋼材の剛性で側圧に抵抗する構造で、内外型枠を貫通するセパレータは一切使用しない。

また、足場はフレームと一体になったブラケット式(幅1.5m)であり、特に上半内側足場には2層からなる階段状の回転足場(幅1.8m)を設置し、内空は従来の総足場に比べて広々とした空間が保たれ明るく施工性も良い。

本講演では、国内最大規模の適用となる本工法の施工実績からその概要と特徴について述べるものである。

### 2. 工事概要

工事名：洛西浄化センター汚泥消化タンク

施設工事

企業者：京都府

工期：1995年3月11日～

1997年3月20日

工事場所：京都府乙訓郡大山崎町

下植野地内

工事内容：PC卵形消化槽 1基

容量 9600 m<sup>3</sup>

コンクリート 2068 m<sup>3</sup> 型枠 5263 m<sup>2</sup>

鉄筋 177 t

PC鋼棒(SBPR930/φ32) 74 t

PC鋼より線(SWPR19 φ21.8) 0.6 t

PC鋼より線(SWPR7B12 φ15.2) 14 t

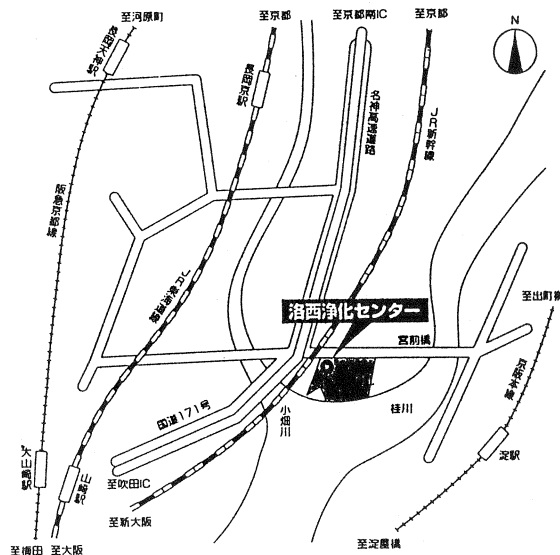
PC鋼より線(SWPR7B15 φ15.2) 15 t

内部防食工 (エポキシ樹脂)

外装パネル工 (汚泥焼却灰タイル)

保温工 (ウレタン吹付け)

連絡橋 1基



### 3. 大型パネル工法の特徴

#### (1) 実績

ドイツを中心に30か国以上で、卵形消化槽を含め約2000基の多種多様な曲面形状を有する構造物に採用されている。

日本では1994年から、京都府洛南浄化センターを初めとして、卵形消化槽に採用されており本工事で5基目である。

#### (2) 形状寸法

図-2に卵形消化槽の形状寸法を示す。基礎は杭基礎とし、リング状のフーチングにΦ700のPC杭(下杭PHC杭、上杭SC杭、L=7.0+7.0m)が108本配置されている。側壁厚は、最下部で883mm、赤道部で450mm、最上部で348mmとなる。

#### (3) PC鋼材の配置

図-3はPC鋼材の全体配置図を示す。

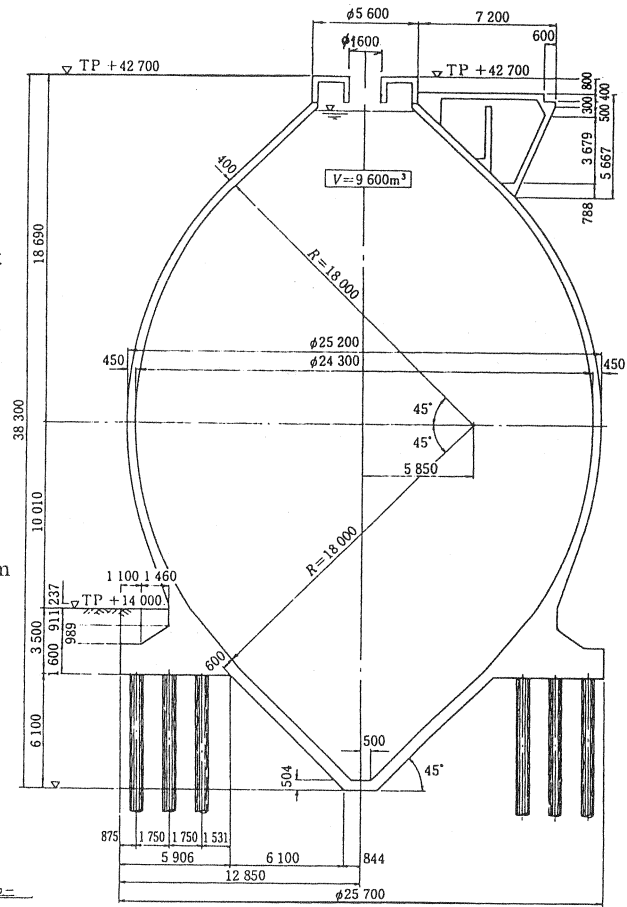


図-2 形状寸法

子午線方向のPC鋼棒は、最下部で192本配置され、その半分を側壁1リング目で定着する。(緊張は早強コンクリート打設後、3日養生のあと次工程の作業前に行った。)

残りの半数はカップラーで赤道まで延長して96本中64本を緊張端継手している。上半部は側壁リング毎に図中の黒点の位置で、それぞれ32本、16本、32本、16本と順次定着される。

一方、円周方向のPC鋼棒は、1段につき左右2分割で半周づつ配置する。最上部の7段のみ鋼棒の最小曲げ半径の許容値をこえるためPC鋼線で配置される。合計の段数は116段となる。

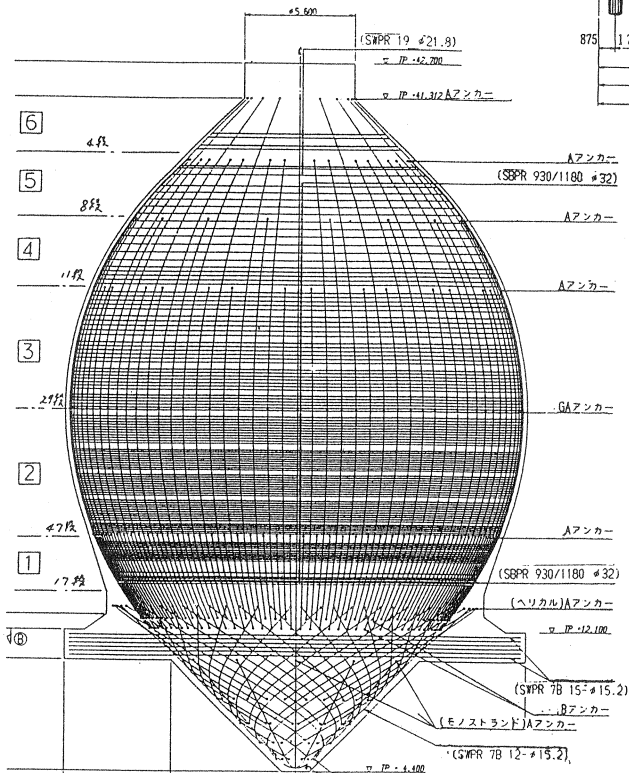


図-3 PC鋼材全体配置図

図-4に底版（円錐）部のPC鋼材配置の平面図を示す。  
 モノstrand'を放射状に配置し、円錐部全体を包みこむようにPC鋼より線をヘリカル状に配置する。  
 モノstrand'は円周を12等分し、底部では上下2段に交差させている。  
 ヘリカル鋼より線は、長短4種類で合計72本で構成される。  
 また、リング基礎部は、7-チング外周を包むように半周づつ16箇所定着され1箇所あたり2~3段のPC鋼より線が配置される。

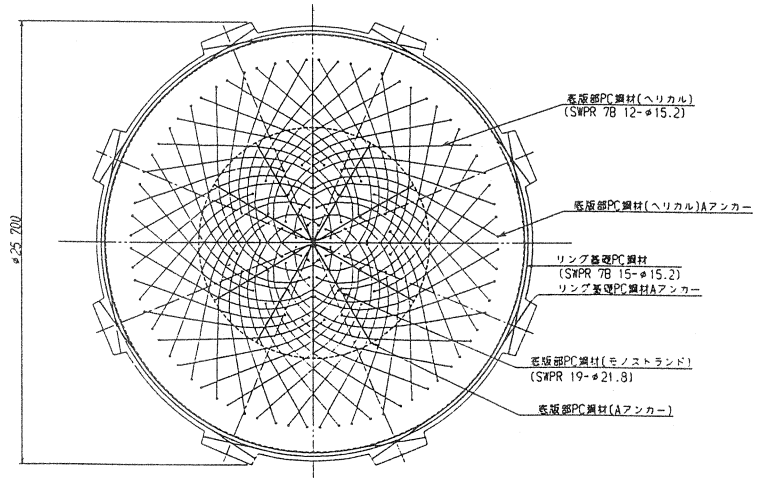


図-4 底版部PC鋼材配置図

#### (4) 側壁部の施工

ここでは、本工法の特徴を示す側壁部の施工について述べる。

写真-1に下半部のコンクリート打設終了時の状況を示す。写真-2は、下半部脱型後、上半部の型枠組立て状況を示す。  
 下半部は外枠が先行し、上半部は内枠が先行する。先行する型枠には鉄筋・PC鋼棒組立用ブット足場を取付ける。

写真-3は下半部外周足場と上半頂部の内枠組立状況を示す。本来、外周足場もブット式となるが、外装パネルの施工性を考慮して従来通りのビティ足場に変更した。

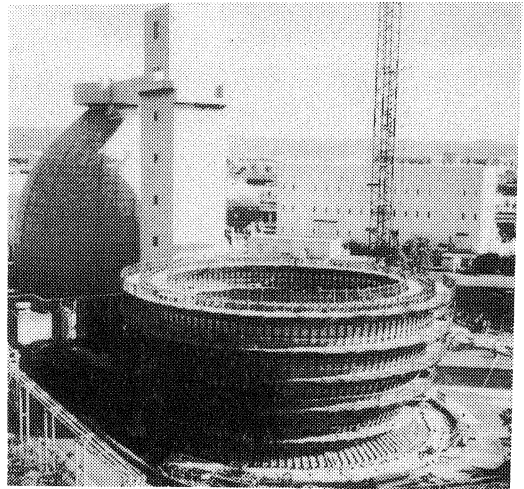


写真-1 下半部コンクリート打設終了時

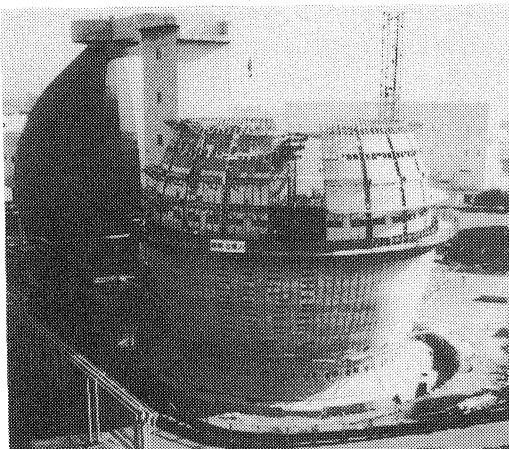


写真-2 上半部内枠組立状況

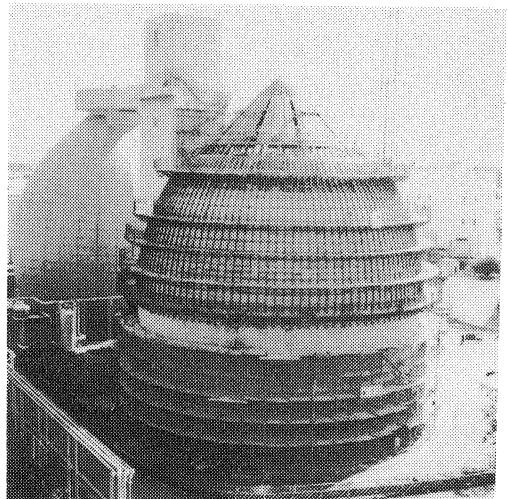


写真-3 頂部内枠組立

(5) 施工順序

側壁の1打設リフト毎の標準的な施工サイクルを大型パネル工法とクライミング式の場合とを以下に示す。

(a) 大型パネル工法(下半部)の場合

- ①外枠設置(内側にブライット足場付)
- ②鉄筋・PC組立て
- ③内側ブライット取外し
- ④内枠設置
- ⑤内外型枠調整
- ⑥コンクリート打設

(b) クライミング式の場合

- ①外枠移動・組立て
- ②クライミング足場移動
- ③鉄筋・PC組立て
- ④内枠移動・組立て
- ⑤緊張・グラウト工
- ⑥コンクリート打設

なお、上半部の場合は内枠を先行して設置する。  
また、大型パネル工法の円周方向の緊張・グラウト工は、全体を2回に分けて行う。すなわち、下半部打設終了及び脱型後まとめて行い、同様に上半部も脱型後にまとめて行った。

図-5に型枠の全体構成を示す。  
図中の番号は型枠組立順序を示す。

基礎工から側壁工全体の施工順序を以下に示す。

地盤改良工(セメント系固化材・深層混合処理)

基礎杭工

掘削工

円錐部吹付けコンクリート工

- ① 型枠浮上り防止用コンクリート
- ② 円錐部内枠設置
- ③ リング部内枠設置
- ④ ハチ部+側壁部-1外枠・ハチ部内枠設置
- ⑤ 側壁部-1・内枠設置
- ⑥ 側壁部-2外・内枠設置(写真-1)
- ⑦ 下半部脱型
- ⑧ 内側ブライット盛り替え
- ⑨ タワー設置
- ⑩ 下部回転足場設置
- ⑪ 側壁部-(3+4)内枠設置(写真-2)
- ⑫ 側壁部-3外枠設置
- ⑬ 側壁部-4外枠設置
- ⑭ タワー設置
- ⑮ 上部回転足場設置
- ⑯ 側壁部-(5+6)内枠設置(写真-3)
- ⑰ 側壁部-5外枠設置
- ⑱ 側壁部-6外枠設置
- ⑲ 上半部脱型
- ⑳ 上半部外側ブライット盛り替え

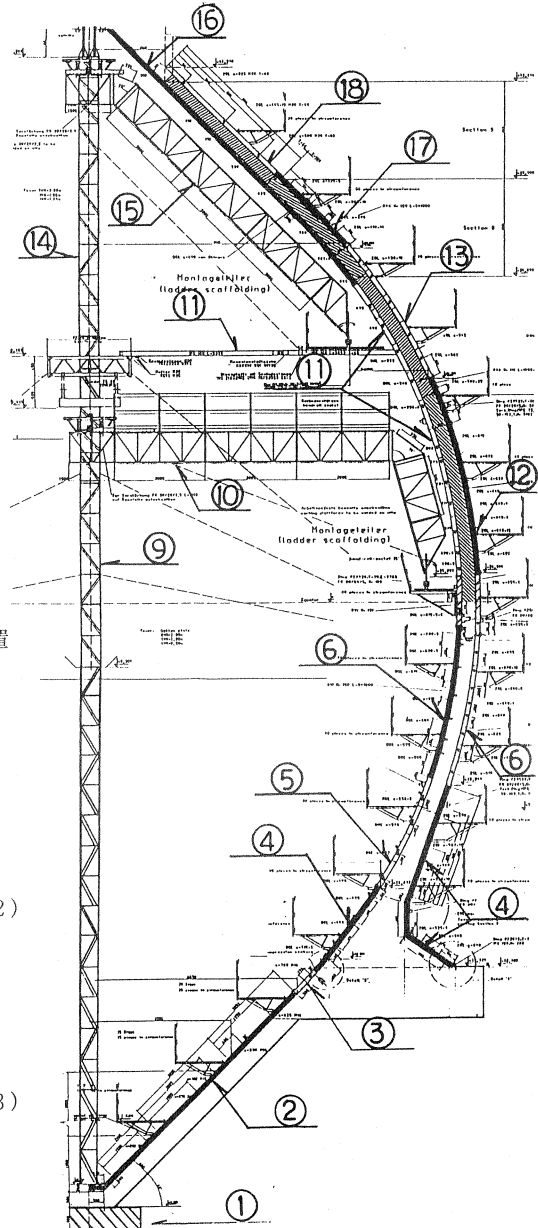


図-5 型枠設置順序図

(6) 工法の概要

工法の概要について、構造・部材構成・組立方法・コンクリート打設方法・脱型および型枠の転用等の各項目に対して、以下に述べる。

- ① フレームの構成：鋼製格子枠状に円周を120等分する。
- ② 鋼材 縦材：I形鋼 160×86。曲げ加工はせずに1mピッチの折れ線状。  
横材：内側は圧縮材、外側は引張材となる。ピッチは0.5~1.0mの範囲で変化する。
- ③ 接合方法：M16ボルト接合。(引張材はM30ボルトを使用)
- ④ 側壁施工分割数：6分割とし大型化している。在来工法の場合は22分割となる。(図-6)
- ⑤ パネル 形状：高さは全て50cmで一定の台形で、3層からなる集成材を使用している。  
固定方法：木製キャップをフランジ間に打ち込むだけでパレットは一切使わない。(図-7)
- ⑥ 足場 下半部：内外側ともブラケット式。  
上半部：内側のみ2層からなる回転式。(図-5)
- ⑦ 組立 地組：6本のIビームを1エレメントとし、計20エレメントを地上で仮組する。(写真-4)  
1エレメントの重量は最大で約2.5t。  
セット：1エレメントずつ80tローラで設置。  
最大作業半径35m。  
円形の調整は閉合後凹部をカボチで引張って半径を平均化する。  
精度は半径で約+1cm。  
測量は3次元計測器を使用した。

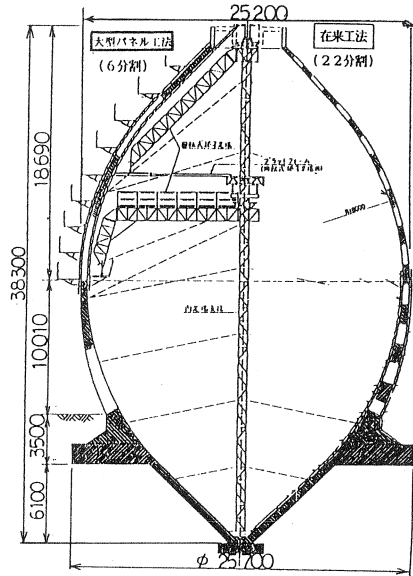


図-6 側壁分割数の比較

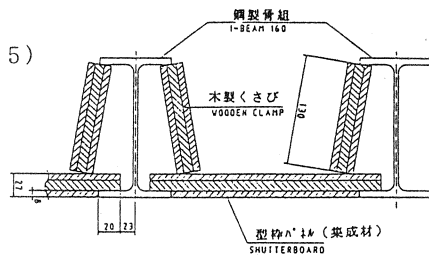


図-7 パネル固定方法

⑧ コンクリート打設

投入口：下半部は外型枠を先行して全閉し内型枠を縦1列ごとにパネルをはらないで投入口としパレットをかける。上半部は内外が逆になる。

打設高：1層あたりパネル1枚の高さ50cmとする。パネル張りを先行しその後にコンクリート打設していく。

ポンプ車：2台使用し互いに向き合うように同じ速さで半周ずつ移動する。

- ⑨ 脱型：卵形の半分まで打設を終えた段階で赤道部のI-ビームのみを残して内外全ての型枠をはずす。

- ⑩ 転用：下半部の型枠を上下にひっくり返して上半部に転用する。

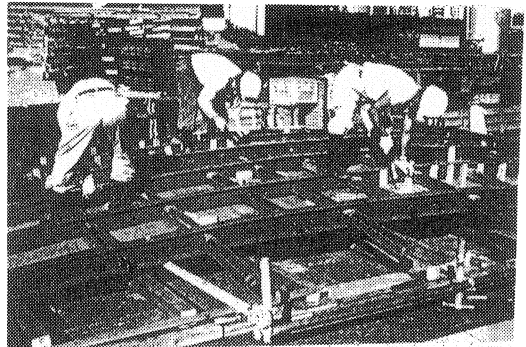


写真-4 地組状況

#### (7) 工法の特徴

本工法の特徴をデ・レダ・ク式クライミング工法と比較すると以下の通りである。

- ① 型枠は鋼製円形フルムの剛性で内外独立して側圧に抵抗するため、セパレータ等の内外を貫通するものは一切ない。
- ② 1日の打設高さは、クライミング式の約2.5倍の4m程度となり、従って、打ち継目が少なくなり水密性及び気密性に対して有利となる。
- ③ 足場はブラケット式及び回転式となるため、総足場に比べて占有空間は小さい。
- ④ 型枠の組立・脱型は全てクレーン作業となり、高所作業が主体となるので安全には細心の注意が必要となる。(写真-5)
- ⑤ クライミング式の作業サイクルは緊張も含めて1週間程度であるのに対して、本工法は約1か月となり円周方向の緊張作業は脱型後上半下半2回に分けてまとめて行った。
- ⑥ 型枠の円形を保持するのは、本工法は水平材で全周が連結されて一体となるために凹凸を修正するのは容易であり管理しやすい。一方、クライミング式は各型枠が互いに分離している。その反面、本工法はコンクリート側圧によって変形しやすいので、偏圧がかからないように2台のポンプ車で対称に打込む。
- ⑦ パネルは木製クワッドをはめこむだけで熟練工を必要としない。
- ⑧ エレメントの製作は、地上で地組するので、本体の鉄筋及びPCC工と並行作業ができる。
- ⑨ 作業ヤードは、資材のストック・地組・エレメント置き等の各スペースが必要で最低でも20×50mは必要となる。

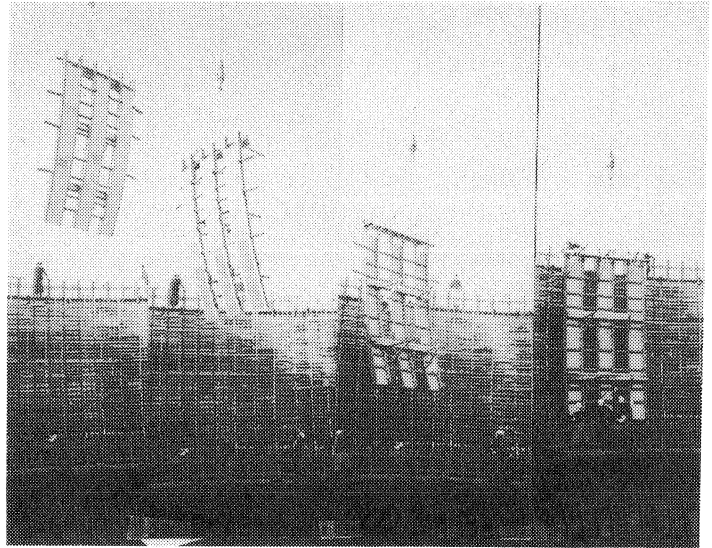


写真-5 内枠設置状況(連続写真)

#### 4. あとがき

大型パネル工法のパネル及び鋼材の総重量は約250tにものぼり、その内訳は水平材外側24種2700本、内側22種2220本、パネル90種9240枚、ブラケット415個という膨大な数量の部材から構成される。これらを間違いなく精密に組立てるには、種類分けを確実に行うことが不可欠であるため、マーキングが重要な準備作業となる。

更に、同一種の部材でもパネルを上下さかさまに取付けたり、外側水平材の表裏を間違えたり、一見ただけでは判別できないケースもあり、これもマーキングを事前しておく必要がある。

本工法は、システムとしては単純ではあるが、エレメントを構成する水平材の長さが各段微妙に変化して識別しにくく、間違えて取付けると次ステップでの組立ての際に合わなくなり、その修正には多くの労力がかかる。非常にデリケートで精密さを要求される工法であるといえる。しかしながら、この性質は部材の仕分けを完璧に行うことによって、全く正反対に誰でも簡単に組立てが可能になる。あたかも迷路を解くかのように、一度理解するとあとはスムーズにいける特性をもっている。

尚、当工事は7月現在、緊張・グラウト注入作業が全て終了し、頂部のスラッジポケットの躯体工事及び外装パネルのアンカー・支持金具の取付けを行っている。また、内部防食工も下半部を残すのみとなっており、10月末には、連絡橋の架設も含めて全ての工事を完了する予定である。