

(77) 大型プレキャスト雨水集水函の設計・施工

博多港開発株式会社

東亜・東洋・五洋・三井・管理・宮川・環境JV

(株)ピー・エス九州支店

同 上

馬渡 敦次

鈴木 毅

正会員 永井 孝志

正会員 ○ 岩井 久

1. はじめに

本工事は、福岡市箱崎ふ頭地区の水面貯木場埋立工事に伴い、埋め立てに先立って雨水排水管の分岐函である雨水集水函を海中に沈設するものである。

集水函は、現場での施工性・経済性ならびに工期等を考慮してプレキャストブロック工法を採用した最大 900tf から最小 90tf までの計5函である。函体がかかなり大きいため、セグメントの運搬・架設ならびに施工性から1部材重量を最大 30tf と設定してブロックの分割を行った。但し、頂版のブロック割に関しては、コンクリートの反り、ひずみ、ならびに施工誤差を吸収する目的で JIS 桁断面の桁形式とし間詰めを有するものとした。

設計方法に関しては、函体が、カルバートとの接続部に開口を有する箱形となっているため従来の梁や版で解析した場合、著しく不経済であったり、あるいは応力が集中する箇所を見逃す恐れがあるため、有限要素解析 (FEM解析) にておこなった。

本報告では、このプレキャスト雨水集水函の設計ならびに施工について報告する。

2. 工事概要

工事名 : 箱崎ふ頭地区(水面貯木場)埋立工事(2工区)

工事箇所 : 福岡市東区箱崎ふ頭四丁目地先

施主 : 博多港開発株式会社

工期 : 自 : 平成10年2月4日

至 : 平成12年3月31日

(埋立全体工事)

自 : 平成10年7月1日

至 : 平成10年11月30日

(雨水集水函工事)

概要 : 雨水集水函 450t 型…1基

620t 型…1基

900t 型…2基

90t 型…1基

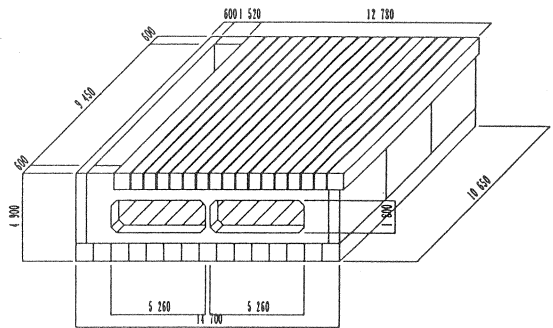


図-1 雨水集水函概略図

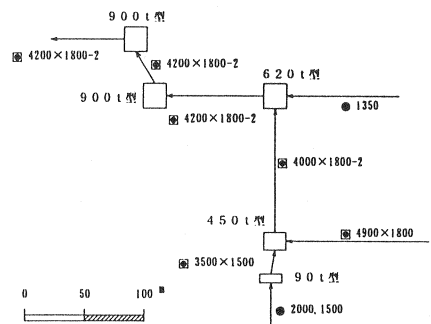


図-2 雨水集水函計画図

3. 設計

3-1 概要

解析モデルは、3次元立体モデルとし、要素タイプに関しては、各面に発生する X,Y2 方向の応力度に対しての検討を行うことから、PLATE 要素を採用して、活荷重作用時、地盤反力作用時、函体沈設時の3ケースについての解析をおこなった。単位系は基本的に無次元であるので、ここでは、tf,m 系を用いている。

要素分割に関しては、基本的に縦横比 1 : 1 で且つ、要素寸法が統一できるように考慮し、極力これら条件に近い分割をおこなっている。

各部材の接合面に作用するせん断力の照査に関しては、従来通り、二次元ラーメン構造として解析をおこなった。

3-2 FEM 解析結果

ここでは、最大値 (図-1) についてのみ結果を示す。

解析モデルは3次元であるが、PLATE 要素であるため算出される応力度は X、Y の2次元で表される。

TOP は函体外側、BOTTOM は同内側を示す。但し底版部材に関しては TOP が内側、BOTTOM が外側を示す。

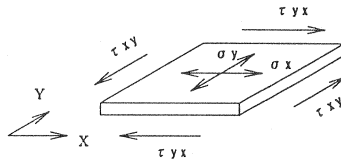


図-3 PLATE 要素概念図

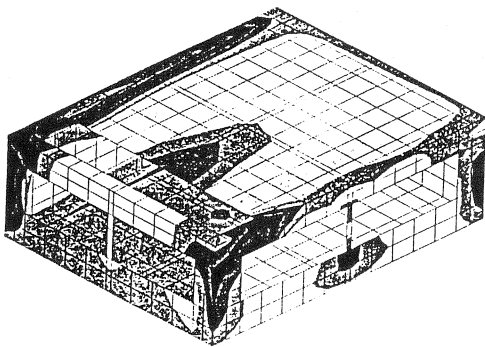


図-4 FEM 解析モデル図

(1) 二次元フレーム解析との比較

表-1 は PLATE 要素による FEM 解析の結果を函体の各面に発生する応力度の TOP (函外側)、BOTTOM (函内側) についてそれぞれ最大のものを示している。(但し、底版については、TOP が函内側、BOTTOM が函外側となっている。)

表-2 は従来の2次元フレーム解析による結果を示したものであるが、この場合、側壁に関しては、壁鉛直方向の断面力しか算出できない上に函体内側での引張応力の発生が見られない。また、側壁・頂版の開口部を解析上に反映させることが困難である。しかし、実際は、開口部周辺に大きな応力が発生し、且つ側壁部材の鉛直方向よりも水平方向の応力が

表-1 FEM 解析による最大引張応力度 (tf/m²)

		TOP	BOTTOM
頂版	X方向	16.0	19.6
	Y方向	30.8	42.3
底版	X方向	22.4	15.1
	Y方向	32.9	16.6
側壁右側 (A-A断面)	水平方向	27.8	7.1
	鉛直方向	18.2	17.0
側壁左側 (A-A断面)	水平方向	7.2	3.7
	鉛直方向	25.0	11.0
側壁右側 (B-B断面)	水平方向	30.9	10.6
	鉛直方向	22.7	3.9
側壁左側 (B-B断面)	水平方向	20.8	7.8
	鉛直方向	17.5	8.3

表-2 フレーム (2次元) 解析による最大引張応力度 (tf/m²)

		TOP	BOTTOM
頂版	X方向	39.7	67.7
	Y方向	67.5	116.4
底版	X方向	62.6	31.2
	Y方向	113.1	51.8
側壁 (A-A断面)	右側	153.1	0.0
	左側	153.1	0.0
側壁 (B-B断面)	右側	87.1	0.0
	左側	87.1	0.0

大きい箇所も見受けられる。これらのことから、2次元での解析では現実に即した解析結果が得られるとは言い難く、全体的にかなり大きな応力となっているため各部材重量が増え、経済性・施工性の点から、今回はFEM解析にて検討をおこなった。

(3) 必要鉄筋量

配置鉄筋は、引張応力の合力に見合う鉄筋量を配置した。その際、鉄筋が負担する応力度を1,000kgf/cm²程度に制限した。これは、有限要素法による解析のため、算出された応力度は実際に発生するであろう応力度に近い値となっていることから、設計上予測し難い挙動に対しての安全性を考慮していることと、死荷重が常時作用していることによる。

(4) PC鋼材の配置

セグメント単体はRC構造とし、部材の接合面に引張力を生じさせないためプレストレスを導入する。PC鋼材の種類と配置は、各部材において応力の分布特性から判断される範囲の区分けをおこない、そのそれぞれの要素ごとでの応力に見合うPC鋼材を配置した。函体に発生する応力度は、隅角部と支間部で正負逆となるので、基本的には、偏心させないように留意し、鋼材の取り合いの関係上やむを得ず偏心させる場合でも引張応力の大きい側に、できる限り小さい偏心量で配置した。

函体の隅角部には、沈設時の函体重量に安全率を乗じたものに見合う異形鋼棒(φ36)を配置した。

4. 製作

プレキャスト雨水集水函は、頂版・底版・側壁それぞれを30tf以下となるようにブロック分割をおこなった。製作では、底版に関しては、マッチキャスト方式とし、頂版に関しては、JIS桁断面の桁方式を採用した。側壁は、底版と独立させて平打ちで製作した。ただし、同一面内のブロックはマッチキャスト方式としている。つまり、底版ブロックと同一面内の側壁ブロック間以外には目地を設けることとなるが、これは、コンクリートのそり、ひずみ、ならびに施工誤差の吸収のためである。マッチキャスト面は、部材切り離し時の損傷等を避けるため、剥離材と極薄ビニールフィルムを併用しておこなった。

5. 施工

施工は、本工事が埋立に先立っておこなわれることから、函体は海中に沈めることとなる。今回は、工期・工費・施工精度の点から海上に組立用架台を製作し、そこで函体を組み立てた後、大型ジャッキにて海中に沈設する方法をとる。函体の沈設時期は、函体重量がかなり大きいため組立架台上での作業重量を極力制限するために、底版-側壁まで組み立てた後とする。頂版の組み立ては函体沈設後におこなう。

5-1 組立架台の製作

海上にH鋼杭を打込み、組立架台を製作する。(図-6)

5-2 底版・側壁部材の組立

トランシットとレベルで組立架台の変位を測定しながら、所定の位置に底版部材を架設し、横締め用PC鋼より線を挿入・緊張ならびにグラウトをおこなう。

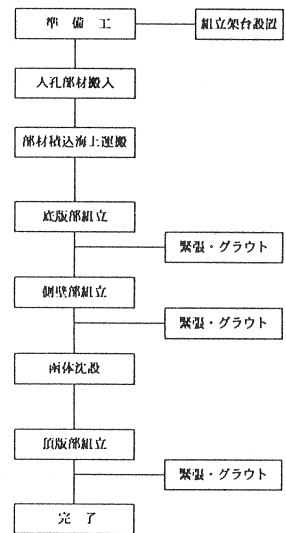


図-5 施工フロー図

次に、底版と同様に架台の変位を測定しながら側壁部材を組み立てる。この際、底版と側壁の接合面には、20mmの施工目地を設け、壁の高さ、倒れの調整をおこない、部材間のずれを防止するため補助金具を用いて接合面を合わせる。

側壁各4面の部材を組立後、目地部にモルタルを注入し、P C鋼棒にて仮緊張をおこない、函体を一体化させる。

5-3 吊り装置の設置・沈設

側壁部材までの組立終了後、400t/基の油圧ジャッキ(図-7)を設置し、函体の4隅に埋め込んである異形鋼棒(φ36)とジャッキを吊り装置を介して接続する。

函体のレベル・水平変位、鋼棒の伸び量、ならびに荷重計を測定管理しながら、函体を吊り上げ、受梁を撤去した後、吊り上げ時と同様の管理をおこない、吊り装置に偏荷重が作用しないよう注意しながら沈設していく。

今回、使用するジャッキは表-3に示すVSLジャッキで、多数本のP C鋼より線を吊り材として使用し、クサビで個々にP C鋼より線を定着する方式のため、今回のような高い揚程の場合に適する。

5-4 吊り装置・組立架台の撤去

函体の沈設終了後、吊り装置及び組立架台は撤去するが、H鋼杭に関しては、杭引抜き時に地盤の不当沈下を生じさせる恐れがあるため水中切断をおこなう。

5-5 頂版部材の組立

頂版部材組立時は、函体が沈設してあるため満潮時に函体は完全に水没した状態となる。このためすべての工程が干潮時、函体が海上にある間だけの潮間作業となる。部材断面はJIS桁断面であるので、全部材架設後、間詰部のコンクリート打設をおこなう。間詰コンクリート打設後、横締め用P C鋼より線を挿入・緊張しグラウトを注入して、頂版を完全に一体化させた後、頂版と側壁をP C鋼棒にて接続し、グラウトを注入して函体全体を一体化させる。

これにより、1函当たりの雨水集水函組立・沈設に関する工事は完了する。

6. おわりに

本工事のような、プレキャスト雨水集水函の計画には多くの検討事項があり、特に、函体寸法が大きいものに関しては、設計手法、ブロック割、P C鋼材の選定・配置、組立方法等の計画を綿密に行う必要がある。

今回、FEM解析による設計を行ったが、解析モデル、荷重条件、境界条件の決定、解析結果の評価など、その設計方法は、それぞれの設計者の思想によるところが大きい。FEM解析が頻繁に使われるようになった昨今、FEM解析を用いた設計方法が確立されることを期待する。

最後に、本工事の設計から施工にあたり多大な御指導、御尽力を頂いた関係各位に感謝の意を表す。

参考文献：コンクリート構造物の設計にFEM解析を適用するためのガイドライン 社団法人日本コンクリート工学協会

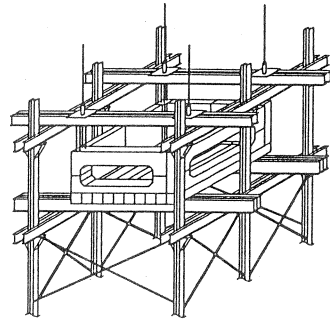


図-6 組立架台概念図

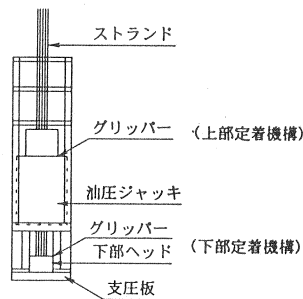


図-7 VSLジャッキ概略図

表-3 VSLジャッキ装置仕様

形式	LE-240
最大緊張荷重 (ton)	400
最大ストローク (mm)	250
緊張側受圧面積 (cm ²)	695.5
戻し側受圧面積 (cm ²)	370
概略重量 (kg)	約1,260