

既設地下鉄構造物のアンダーピング
—大阪市地下鉄心斎橋駅—
(その1：アンダーピングの設計)

飛島建設(株) 正会員 池田 隆明 増田 浩司 正会員 小林 延房
 大阪市交通局 川端 義勝
 飛島建設(株) 鈴木 忠好 正会員 荒井 幸夫 峯谷 明

1. はじめに

大阪市高速電気軌道 7 号線(長堀鶴見緑地線)の延伸工事¹⁾のうち、心斎橋駅舎新設工事では、駅舎を既設の地下鉄 1 号線(以後、御堂筋線)の直下に建設するため、御堂筋線のアンダーパニングを実施した。御堂筋線は、開業以来 60 年余の歴史を有する構造物であるとともに、大阪市地下鉄の最重要幹線であるため、アンダーパニングにおいては構造躯体の耐力面だけでなく、軌道運行上の安全性を十分に確保する必要があった。また、安全性を確保した上での工程短縮が要求されたことから、適切な施工計画の立案と厳しい計測管理が求められた。ここでは、(その 1)としてアンダーパニングの設計について報告する。²⁾

2. アンダーピニングの概要

アンダーピニングを行った箇所は、御堂筋線心斎橋駅の北側プラットフォーム端から改札口の下あたりである。仮受範囲は幅19.1m、長さ17.1m、ゆるみ範囲を考慮した仮受総荷重は約4,500tfである。アンダーピニングは御堂筋線の下を横断する方向で4本の導坑を掘削し、そこに仮受杭を打設後、通桁を介して仮受構造物を支える下受桁方式で行った。アンダーピニングの施工手順を図-1に、図-2に概要を示す。

3. アンダーピニングの設計

3.1 導坑施工順序の検討

導坑施工順序案を表-1 に示す。

原案は導坑掘削によるゆりみの影響が互いに干渉しないように、最も離れた第1、第4導坑を同時に掘削・仮受けし、次いで中央の第2、第3導坑を単独で掘削・仮受けするもの

である。仮受構造物に対して最も影響が少ない案と考えられるが、導坑掘削から仮受け完了までに 160 日を要する。一方、工程や機械・材料等の経済性を考慮した施工順序が、案-1 と案-2 である。これら 3 ケースについて 2 次元 FEM 解析によるの仮受構造物の変形解析を行った。

仮受構造物の安全性のチェックは、躯体変形角を用いて検討した。管理値は、ひび割れが発生する確率が非常に高い状態となる $2 \times 10^3 \text{rad}$ を二次管理値とし³⁾、その半分の $1 \times 10^3 \text{rad}$ を一次管理値とした。なお、軌道運行管理におけるレール高さの相対変位の許容値は、レール高が躯体変形に追従すると仮定すると、前述の躯体変形角の許容値内に収まる。表-2 に管理基準を示す。

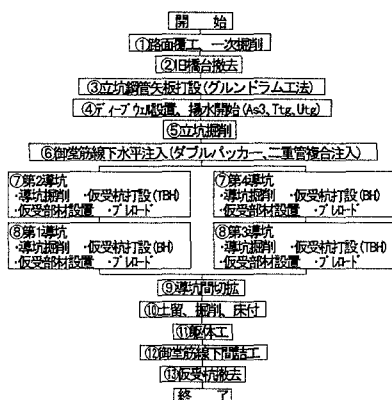


図-1 アンダーピニングの施工手順

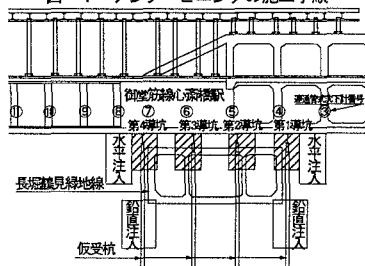


図-2 アンダーピニングの概要

表一 1 導坑施工順序案

	原案 (第1、第4導坑先行型)	案一 (第1、第3導坑先行型)	案二 (第2、第4導坑先行型)
掘削順序	第1導坑 第2導坑 第3導坑 第4導坑 115m幅 ①第1、第4導坑掘削、仮受、ブロード ②第2導坑掘削、仮受、ブロード ③第3導坑掘削、仮受、ブロード	第1導坑 第2導坑 第3導坑 第4導坑 115m幅 ①第1、第3導坑掘削 ②第3導坑仮受、ブロード ③第4導坑掘削 ④第1導坑仮受、ブロード ⑤第2導坑掘削 ⑥第2、第4導坑仮受、ブロード	第1導坑 第2導坑 第3導坑 第4導坑 115m幅 ①第2、第4導坑掘削 ②第2導坑仮受、ブロード ③第1導坑掘削 ④第4導坑仮受、ブロード ⑤第3導坑掘削 ⑥第1、第3導坑仮受、ブロード

アンダーピニング、開削工事、地下鉄工事、FEM

〒270-02 千葉県東葛飾郡関宿町木間が瀬 5472 TEL 0471-98-7553 FAX 0471-98-7585

図-3、図-4、図-5にFEMにより求められた各ケースでの代表的な4つの施工段階(図-1に示す⑥水平注入、⑦導坑掘削、⑧導坑間切上げ、⑩掘削完了時)での仮受構造物の鉛直変位、躯体変形角、およびレール高さの相対変位を示す。仮受構造物の鉛直変位は仮受構造物下への水平注入時に最も大きく、その後の下がっていく傾向にある。変形角および相対変位ともに水平注入時で最大となるが、いずれのケースも許容値内となり、御堂筋線の安全性(耐力面、軌道運行面)には問題のないことが確認された。

導坑毎の仮受荷重の計算結果を表-3に示す。導坑切上げから掘削完了までの間に仮受荷重が約880tf増加することがわかる。また案-1では、第3導坑の仮受荷重が第2導坑を上回り、仮受荷重の幾何学的配分と考えられる配分計算での荷重分布と異なり、荷重が不安定であると考えられた。

案-2の導坑施工順序でも、仮受構造物の安全性が確保され、仮受荷重の配分も適切であることが確認されたため、案-2の導坑施工順序を採用した。また、導坑切上げ以降に生じる荷重増加は、地盤のリバウンドによる突き上げ荷重と考えられ、受替工法用特殊ジャッキにより制御することとした。

3.2 仮受部材の設計

仮受ジャッキは、リバウンド等による荷重増分に対して制御が可能なこと、リアルタイムで荷重管理が可能なこと、等の機能が要求されたため、受替工法用特殊ジャッキを採用した。仮受構造物の自重は壁部と中柱部で、電車荷重は軌道中心部で支持するようにジャッキを配置した。設定したジャッキを表-4に、ジャッキの配置図を図-6に示す。仮受杭は、第2、第3導坑(単杭)は高い支持力が期待できるTBH杭、第1、第4導坑(連続杭)は、遮水性を重視しラップジョイントが可能なBH杭とし、大きい荷重に対しては2本の杭で支持した。設定した仮受杭を表-4に、配置図を図-6に示す。

4. おわりに

二次元FEM解析を用い、施工段階毎の仮受構造物の変形を予測し、躯体の耐力面と軌道運行面の安全性を確認を行った。その結果、工程短縮を優先させるために導坑施工順序の変更を行っても仮受構造物の安全性を確保できることがわかった。

参考文献: 1)伊奈昭二、宮田祥成:大阪市地下鉄7号線延伸部(心斎橋～京橋間)の建設概要,土木技術 51 巻 11 号, pp69-79、1996.112)増田他、大阪市営地下鉄7号線の駅舎新設工事における地下鉄1号線のアンダーピニング、とびしま技報、No.47、1997、3) (社)日本建築学会:建築基礎構造設計指針、pp156-163、1988

表-2 仮受構造物の管理基準

管理名称	躯体の変形角	レール高さの相対変位
管理基準	変形角 θ	10mあたりのレール高 δ
管理値	一次 1.0×10^{-3} rad 二次 2.0×10^{-3} rad	一次 7mm 二次 10mm

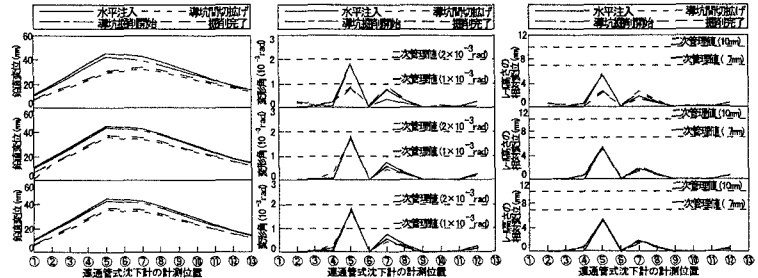


図-3 仮受構造物の鉛直変位

図-4 仮受構造物の躯体変形角

図-5 レール高さの相対変位

表-3 仮受杭に作用する最大荷重及び設計荷重

	第1導坑	第2導坑	第3導坑	第4導坑	合計
分母による荷重	883.8	1,105.0	974.4	743.1	3,706.3
重計算 配分計算によるみ範囲考慮	1,303.7	1,105.0	974.4	1,062.2	4,445.3
原案 FEM解析	1,029.8	1,241.5	1,112.9	1,056.0	4,440.2
導坑間切上げ	1,173.6	1,554.9	1,418.8	1,180.2	5,327.5
案-1 FEM解析	966.5	1,105.9	1,394.0	848.8	4,315.2
導坑間切上げ	1,111.8	1,419.3	1,697.9	971.8	5,200.8
案-2 FEM解析	824.9	1,379.3	1,116.9	989.9	4,313.0
導坑間切上げ	969.7	1,691.7	1,423.8	1,113.6	5,198.8
設計荷重	1,303.7	1,379.3	1,118.9	1,062.2	4,864.1

分母による荷重計算方法 (配分計算)



表-4 仮受ジャッキ容量及び仮受杭の支持力

	第1導坑				第2導坑				第3導坑				第4導坑					
	a	f	b	e	c	d	a	f	b	e	c	d	a	f	b	e	c	d
導坑荷重(tf)	1,303.7				1,379.3				1,118.9				1,062.2					
仮受杭荷重(tf)	305.1	82.1	264.7	322.8	86.9	280.0	180.1	66.0	313.3	182.7	66.9	282.5	457.7	123.2	397.1	484.2	130.4	423.8
仮受杭荷重×1.5(tf)	457.7	123.2	397.1	484.2	130.4	423.8	270.2	99.0	470.0	274.1	100.4	423.8	686.6	184.8	595.7	726.3	195.6	635.7
ジャッキ容量(tf)	500.0	150.0	400.0	500.0	150.0	450.0	300.0	100.0	500.0	300.0	150.0	450.0	500.0	150.0	400.0	500.0	150.0	450.0
仮受杭種類	BH	BH	BH	TBH	TBH	TBH	TBH	TBH	TBH	BH	BH	BH	TBH	BH	BH	BH	TBH	TBH
径(mm)	800	800	800	1,000	800	1,000	800	800	800	1,000	800	800	800	800	800	800	800	800
本数	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1
支持力(tf)	483.0	248.0	483.0	517.0	373.0	517.0	373.0	373.0	517.0	373.0	373.0	517.0	483.0	248.0	483.0	517.0	373.0	517.0

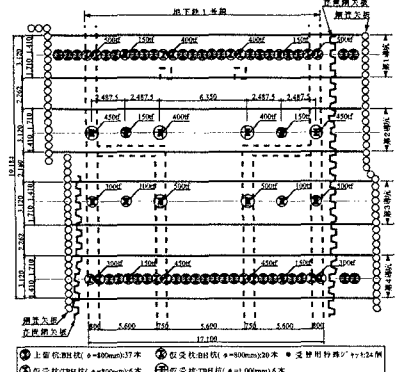


図-6 仮受杭および仮受ジャッキの配置図