

平行した開削トンネル掘削における土留め壁の挙動

Behavior of the earth retaining wall during parallel excavation by cut and cover method

江島 亘彦¹⁾ 今西 肇¹⁾ 川上 伸行²⁾ 野口 和裕²⁾ 原 秀利³⁾

Nobuhiko EJIMA, Hajime IMANISHI, Nobuyuki KAWAKAMI, Kazuhiro NOGUCHI, Hidetoshi HARA

The underground structures such as subway tunnel and sewer pipe construct close to existing structures in the urban area. Sometimes construction period of several structures overlaps each other in the same place. We had a chance to manage this complicated construction site. Subway station and common duct have such a situation in Fukuoka City. Both underground structures have built by cut and cover method in the same period. The distance of two excavations protected by earth retaining walls is 0m to 10m. Design of such earth retaining walls are not simple, more complicated. There is no technique to design the earth retaining wall to prevent the earth pressure in this case. Therefore we estimated by FEM and measured by observational method. This paper shows the result of measurement and the problems to be solved for building up the design method.

Key word: parallel excavation, cut and cover method, earth retaining wall, management by observational method

1. はじめに

高密度化した都市において新しく地下鉄等の地下構造物を建設する場合、既設の構造物に近接した工事は避けられない状況となっている。近接施工では、事前の予測解析と工事中の計測管理が重要であり、慎重な施工管理が要求される。

当工事は、福岡市の交通渋滞の緩和を目的として、山留め壁を用いた開削工法で地下鉄駅を建設するものであるが、同時期に離隔0m～10mと非常に近接した位置に、同様の開削工法により共同溝が建設される。

したがって、これらの土留め壁には施工手順やその形式により偏土圧等が発生し、設計時とは異なる挙動を示すことが懸念された。そこで、地下鉄工事の土留め断面において安全管理を目的として計測管理を実施した。

本報告では、“土留め壁を共有して掘削深度が異なる断面”と“開削断面の離隔が5mで掘削深度がほぼ同じ断面”の2つの開削現場における土留め壁の水平変位について、予測値と実測値を比較したものである。

2. 工事概要

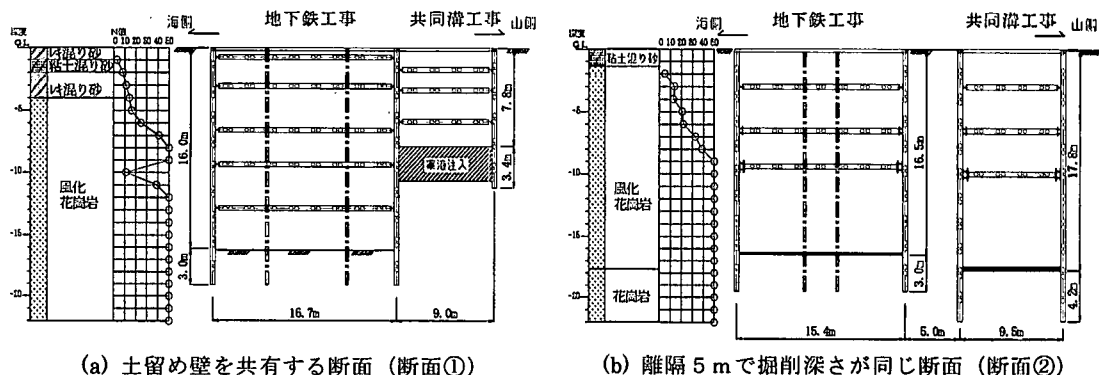
当工事は開削部分は区間延長322.5mであり、これと平行して離隔0m～10mの位置に共同溝が建設される。



図—1 平面図

- 1) 正会員 (財)地域地盤環境研究所 九州地盤環境研究所
- 2) 福岡市交通局
- 3) 前田建設工業(株) 地下鉄梅林作業所

両工事の施工方法は、土留め壁を用いた開削工法であり、図－１に示す“土留め壁を共有し掘削深度が異なる断面”（断面①）と“開削断面の離隔が５ｍで掘削深度がほぼ同じ断面”（断面②）について計測を行った。図－２は断面①及び断面②の支保工と地盤柱状図を示す。



図－２ 地質及び土留め構造断面図

３．土留めの検討

当初設計における土留め壁の取り扱い、相対する土留め壁が同じ側圧を受けるものとして、弾塑性解析で検討していた。しかし、実際の施工においては、両工事の掘削時期の変更等により、土留め壁背面の側圧分布は、設計とは異なった変化をすると予測された。

したがって、事前解析では実際の施工手順を考慮した検討をFEMで行い、安全性の確認を行った。

以下に、土留め壁を共有する断面（断面①）と離隔５ｍで掘削深さが同じ断面（断面②）について、当初設計と事前解析を比較検討した結果を示す。

(1) 土留め壁を共有する断面（断面①）

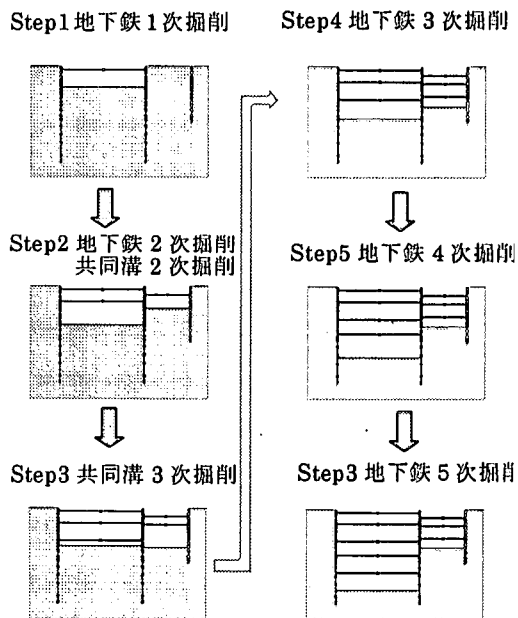
断面①の施工は、地下鉄工事と共同溝工事の掘削がほぼ同時期に行われた。したがって、事前解析では、図－３に示す実際の施工手順に基づいてFEM解析を実施し、土留め壁の挙動と変位量について確認した。

図－４の断面①は、変位が最大となる最終掘削時における土留め壁の変位量について、当初設計と事前解析の結果を比較したものである。

設計においては土留め壁の挙動が左右対象であったのに対して、事前解析では共同溝工事の掘削を考慮したことにより、一時的に切梁の反力が減少することで、共有する土留め壁は共同溝側へ押し出されるような挙動を示した。

(2) 離隔５ｍで掘削深さがほぼ同じ断面（断面②）

断面②は、地下鉄工事の掘削を先行して行い、掘削完了後に共同溝工事の掘削を行う。したがって、地下鉄工事の土

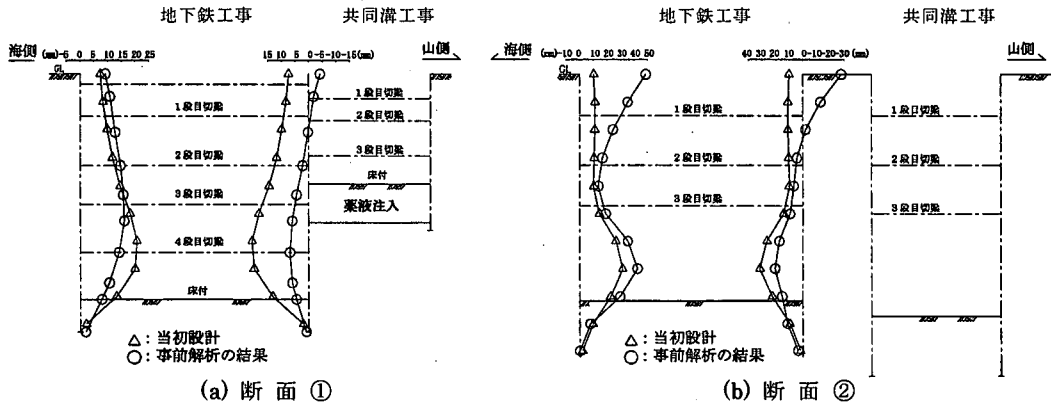


図－３ 実際の施工手順

留め壁は、共同溝工事の掘削に伴い共同溝側へ変位すると予想された。

予測は、共同溝工事の土留め壁の変位量が、全て地下鉄工事の土留め壁の変位量に加算されると仮定して行った。
図一4の断面②は、地下鉄工事の掘削完了時と共同溝工事の掘削完了時における土留め壁の変位の予測を示したものである。その結果、共同溝工事の掘削により、地下鉄工事の山側、海側の土留め壁は、土留め壁頭部において最大で38mm 共同溝側への変位が加算され、最終的な最大発生変位量は、海側の土留め壁頭部で 48mm であると考えられた。

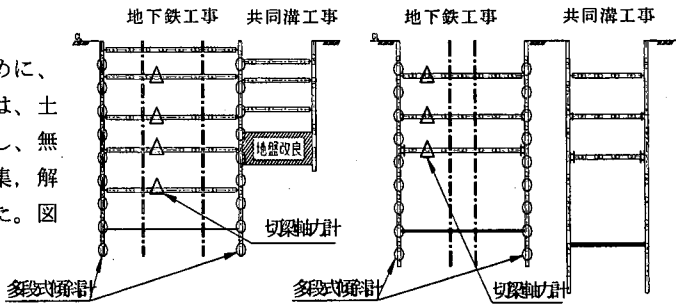
以上、事前解析の結果によると、断面①と断面②の最大発生変位量は、許容範囲内であった。



図一4 当初設計と実際の施工手順を考慮した解析結果の比較

4. 計測方法

土留め壁の変位量を許容値以内に収めるために、安全管理を主目的とした計測を行った。計測は、土留め壁に多段式傾斜計、切梁に軸力計を配置し、無線モジュールを介した自動計測により、データの収集、解析、図化をリアルタイムで行うシステムとした。図一5に計測器の配置を示す。



5. 計測結果

5. 1 土留め壁の挙動

断面①の各施工ステップにおける、土留め壁の解析結果と実測値を比較したものを図一6に示す。また、断面②において、地下鉄工事の土留め壁変位が最大となる共同溝掘削完了時の解析結果と実測値を比較したものを、図一7に示す。

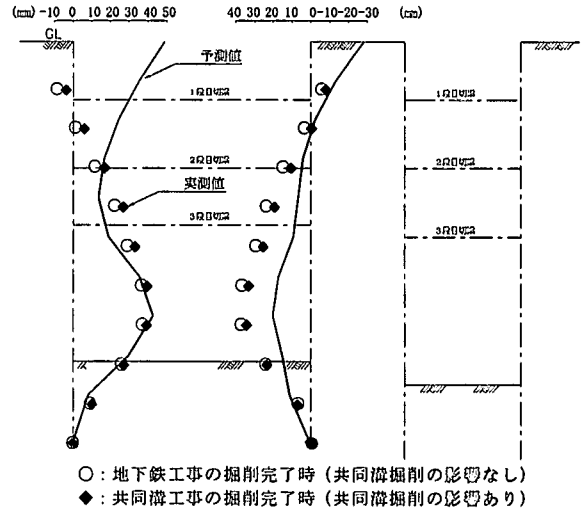
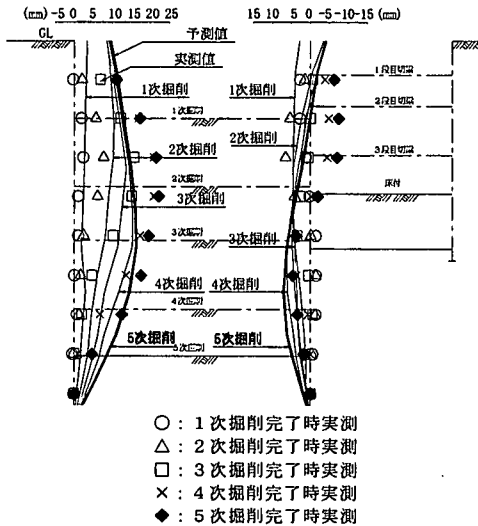
(1) 土留め壁を共有する断面 (断面①)

地下鉄工事の海側土留め壁の変位は、解析結果において4段目支保工付近で発生する最大変位量16mmに対して、実測では3段目支保工付近で最大23mmの変位が発生し、予想よりも大きな値を示した。

地下鉄工事の土留め壁の変形挙動に着目すると、共同溝工事の掘削の影響により、一時的に切梁の反力が減少することで、海側および山側 (共有する) 土留め壁は、共同溝側へ押し出されるような挙動であった。これは、事前のFEM解析と良く似た傾向を示す。

(2) 土留め壁の離隔が5mで掘削深さが同じ断面(断面②)

共同溝工事の影響による地下鉄工事の土留め壁の変形は、頭部で最大38mm 共同溝側へ変形すると予測したが、実測値では土留め壁が全体的に5mm程度共同溝側へ変形した。



図—6 共有する土留め壁の予測値と実測値の比較

図—7 離隔5mの土留め壁の予測値と実測値の比較

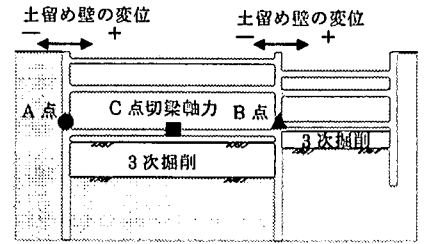
5. 2 切梁軸力の挙動

計測結果の一例を図—8に示す。図—8(b)は、図—8(a)に示す断面①の共同溝3次掘削から地下鉄3次掘削(STEP3～STEP4)期間における土留め壁変位(A点, B点)と切梁軸力(C点)の経時変化である。また、A点とB点における土留め壁の変位は、共同溝工事の3次掘削直前を基準として示したものである。

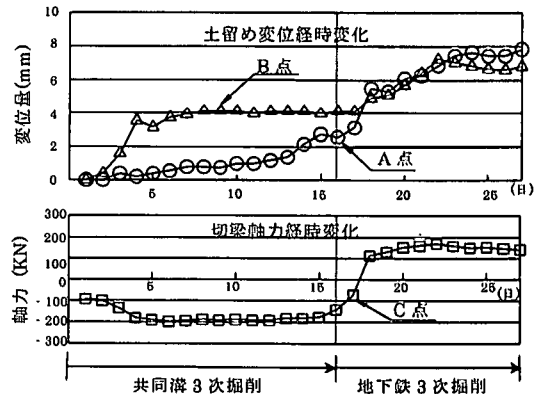
図より、共同溝工事の掘削によりB点の土留め壁は共同溝側へ変位し、C点の切梁軸力は減少したことが読み取れる。

6. まとめ

- i) 近接工事がない場合の土留め壁の挙動は、左右対称であるのに対して、隣接して掘削を行う場合は、その距離や掘削手順によって土留め壁の挙動は異なる。
- ii) 共同溝工事の掘削により、地下鉄工事の土留め壁が共同溝側へ変位する時、切梁軸力は減少する傾向を示した。
- iii) 断面②の土留め壁は、予測と異なった変位が実測された。これは、両掘削間の土砂の存在が影響したものと考えられる。



(a) 土留め壁の変位と切梁軸力の計測位置



(b) 土留め壁の変位と切梁軸力の経時変化

図—8 土留め壁と切梁軸力の計測結果