

線路下横断工法 (COMPASS工法)の 変位抑制管理手法の開発



中出 千博*



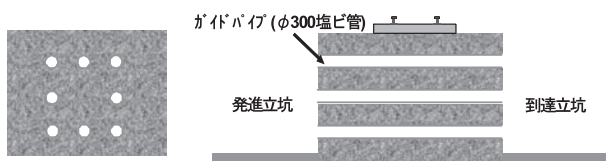
渡邊 明之*

線路下に小断面ボックスを安全に施工できる工法として開発されたCOMPASS工法は、軌道防護用鋼板で地盤を支える工法であり、そのため内部掘削時における軌道防護用鋼板を受ける高さ調整ローラーのジャッキ圧の設定が重要な課題である。しかし、軌道や地山に変状を与えない適切なジャッキ圧の管理手法が確立されていなかった。今回、COMPASS工法の現地計測での結果を基にジャッキ圧の管理手法を提案し、軌道や地山への影響を抑えることを可能とした。

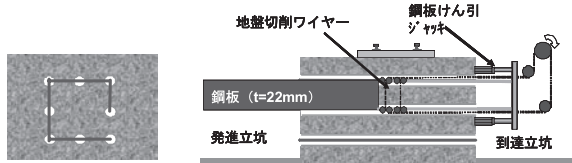
●キーワード：COMPASS工法、軌道防護用鋼板、ジャッキ圧

1. はじめに

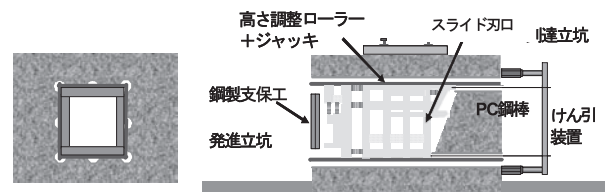
線路下を横断する人道や駅構内連絡通路などに用いられている断面が3m×3m程度の小断面線路下横断ボックスは、これまで函体推進工法やHEP&JES工法により施工されていた。しかし、これらの工法は、50m²程度以上の断面を対象としたものであるため、必要部材寸法がエレメント寸法で決まるなど、合理的とはいえない構造となっていた。そこで簡易な線路防護工やそれを本体利用することで、線路下に非開削で小規模断面ボックスを安全かつ低コストで施工できる工法として、フロンティアサービス研究所で2003年度にCOMPASS工法を開発した。COMPASS工法の施工手順図を図1に示す。COMPASS工法は、地盤切削ワイヤーにより地盤を切削しながら軌道防護用鋼板を4面に挿入した後、軌道防護用鋼板で囲まれた内部に鋼製支保工を建て込みながら掘削（以下、内部掘削とする。）し、それを巻き込んでコンクリートを打設して、小断面の横断構造物を構築する工法である。



①塩ビ管挿入（断面図、横断図）



②地盤切削、軌道防護用鋼板挿入（断面図、横断図）



③内部掘削、鋼製支保工建て込み（断面図、横断図）



④コンクリート打設（断面図、横断図）

図1 COMPASS工法 施工手順図

2. 鋼板を支持するジャッキ圧の管理について

内部掘削は、スライド刃口と呼ばれる移動式支保工を用いて作業を行う。スライド刃口の上部には、軌道防護用鋼板の沈下を抑制するため、高さ調整ローラーが取り付けられている。高さ調整ローラーは、油圧ジャッキによって支えられており、ジャッキ圧を調整しながら掘削を行う。内部掘削時には、上部からの土圧に対して適切なジャッキ圧で施工管理を行う必要がある。しかし、既往の管理手法では、軌道防護用鋼板に作用する全土被りによる土圧を参考にジャッキ圧の管理値を設定しており、ジャッキ圧を過大に設定し、軌道に変状を与えるおそれがあった。そこで今回、低土被り（0.9m～1.8m程度）下での掘削時のジャッキ圧、軌道防護用鋼板変位および軌道変位の計測結果の分析から、適切なジャッキ圧を提案し、地山や軌道への影響の少ない管理手法を確立した。

3. 工事概要

今回の開発に当たり、営業線横断工事2箇所における工事においてデータの収集を行った。計測対象とした工事の概要を以下に示す。

3.1 大糸線 月夜沢こ道橋新設工事

この工事は、国補通常砂防工事に伴い、軌道下を横断する管理用通路を構築するものである。概要図を図2、図3に示す。なお、上床部の線路防護用鋼板挿入箇所の地質条件は礫混じりの緩い砂層である。

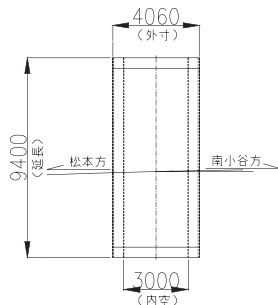


図2 概要図（平面図）

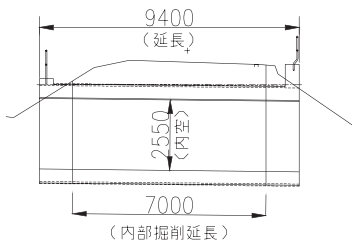


図3 概要図（横断面図）

3.2 烏山線 国道294号こ道橋新設工事

この工事は、烏山線と国道294号の交差部において軌道下に国道部に取り付く新設歩道を構築するものである。新設歩道となるボックスカルバートと軌道とは斜角（ ϕ ）60°で交差する。概要図を図4、図5に示す。なお、上床部の軌道防護用鋼板挿入箇所の地質条件は盛土の粘土層である。

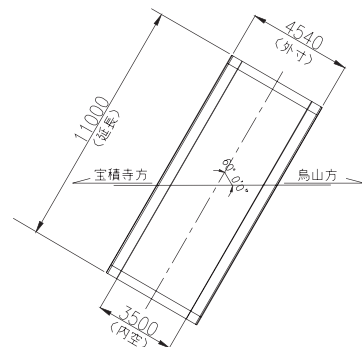


図4 概要図（平面図）

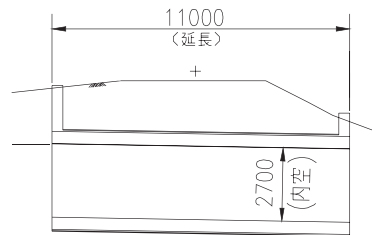


図5 概要図（横断面図）

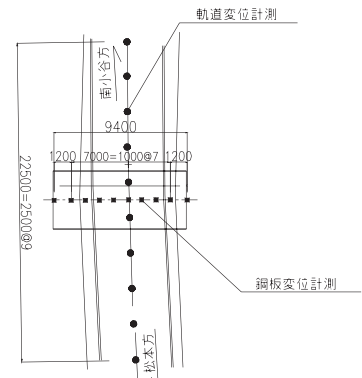


図6 計測概要図（大糸線）

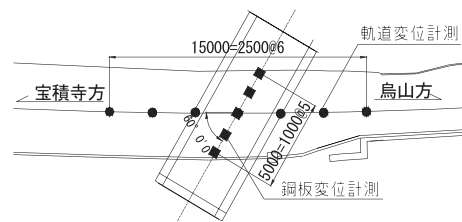


図7 計測概要図（烏山線）

4. 計測概要

ジャッキ圧を評価するため、内部掘削時の軌道と軌道防護用鋼板の挙動を計測した。軌道防護用鋼板の挙動は、函体中央部の軌道防護用鋼板に沿った塩ビ管内に挿入式の傾斜計を設置することにより計測している。2つの工事での計測概要を図6、図7に示す。

スライド刃口の軌道防護用鋼板を受ける高さ調整ローラーは1列当たり6箇所配置されている。スライド刃口は1m間隔で4列あり、高さ調整ローラーは計24箇所配置され

ている。高さ調整ローラーのジャッキ圧は内部掘削の進捗、作業状況ごとに計測した。掘進距離は、1列目の高さ調整ローラーが発進側掘削開始面に達した時を0mとし、到達側への掘進距離を示している。

5. 計測結果

5.1 大糸線 月夜沢こ道橋新設工事

高さ調整ローラーのジャッキ圧と軌道および軌道防護

用鋼板の変位状況を計測した。ジャッキ圧の計測位置概要図を図8に示す。高さ調整ローラーのジャッキ圧は1列目が機械の不具合により目盛が正常に表示されなかったため、今回はデータから除外している。測点1を高さ調整ローラー2列目、測点2を高さ調整ローラー3列目、測点3を高さ調整ローラー4列目とした。軌道防護用鋼板および軌道変位状況は、それぞれの中央付近の傾斜計の値で、内部掘削時のみのデータを抽出している。変位評価は作業日ごとの掘削開始時を0mmとしている。計測結果を図9に示す。高さ調整ローラーのジャッキ圧は、内部掘削1日目から6日目までは、作業日ごとに一定のジャッキ圧で管理して、軌道防護用鋼板および軌道に影響を与えるような変状をさせることなく内部掘削を完了することができた。なお、内部掘削7日目以降（掘進距離6m～10m）は、内部掘削中に軌道防護用鋼板の変位が下がったために、ジャッキ圧を調整しながら作業を行った。

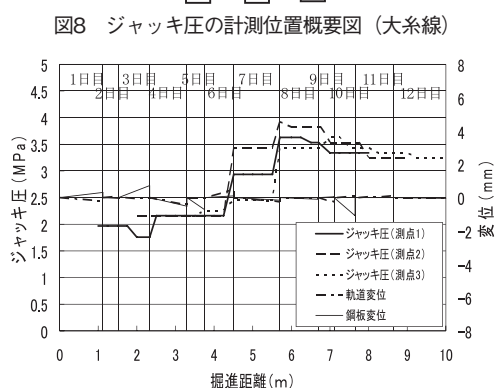
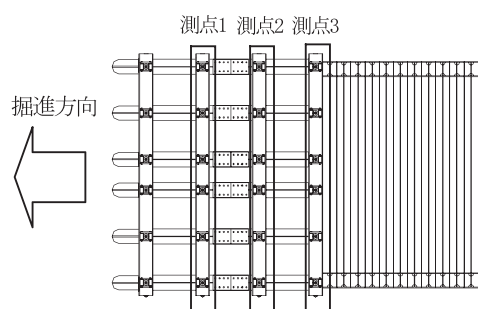


図9 計測結果（大系線）

5.2 烏山線 国道294号こ道橋新設工事

大系線の現場と同様に高さ調整ローラーのジャッキ圧と軌道および軌道防護用鋼板の変位状況を計測した。この現場は掘進方向が軌道に対して斜角（ ϕ ） 60° となっているため、高さ調整ローラーのジャッキも、掘進方向に対して斜めに作動するような系列とした。ジャッキ圧の計測位置概要図を図10に示す。軌道防護用鋼板および軌道変位状況は、それぞれの中央付近の傾斜計の値で、内部掘削時のデータを抽出している。変位評価は作業日ごと

の掘削開始時を0mmとしている。計測結果を図11に示す。高さ調整ローラーのジャッキ圧は、作業日ごとにおける内部掘削時には変化することなく内部掘削を完了することができた。なお、内部掘削1日目から7日目（掘進距離1m～5m）は、軌道防護用鋼板の変位が下がったために、ジャッキ圧を調整しながら作業を行った。

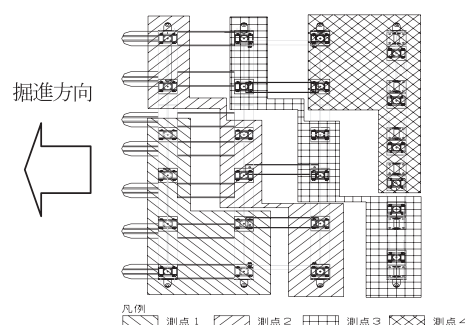


図10 ジャッキ圧の計測位置概要図（烏山線）

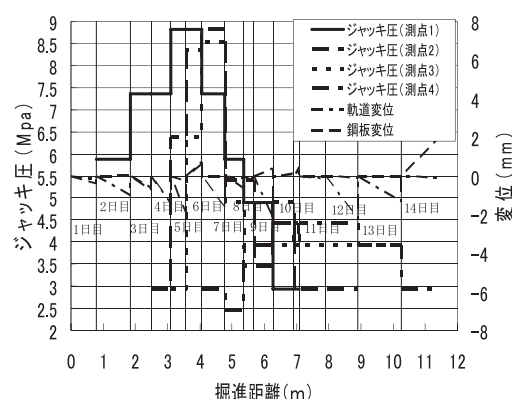


図11 計測結果（烏山線）

6. 考察

6.1 ジャッキ圧と全鉛直圧について

実測のジャッキ圧を定量評価するために、ジャッキ圧を土圧に換算し、全鉛直圧と比較した。全鉛直圧は、掘進距離ごとに土被り厚をかけて算出した全土被り重量に発進側掘削開始面からそれぞれの距離に応じて軌きょう（軌道+マクラギ）重量 2.10kN/m^2 、道床バラスト重量を加算して算出している。道床バラスト重量は、掘進距離に応じた道床厚より算出している。

6.2 ジャッキ圧を評価する上での条件

ワイヤーソーで切削し、鋼板を挿入することにより、地盤の緩み範囲が限定されるため、鋼板に作用する土圧は、全土被り厚による全鉛直圧に比べて小さな土圧になっているものと推定される。換算された土圧および緩み厚と土被り厚の関係図を図12に示す。ここで用いる緩み厚は軌きょう重量分も含めた鉛直圧の実測相当分の厚さの

ことである。計測現場で実測されたジャッキ圧から換算される土圧と全鉛直圧を比較した。内部掘削中に鋼板を上げるためにジャッキを調整した箇所があったが、その箇所については今回データから除外する。またジャッキ圧の管理値は、内部掘削時において軌道を隆起させないよう鋼板に作用している土圧に対してほぼ等しく管理する必要があるため、換算された土圧の最大値を包含するような管理値とする。

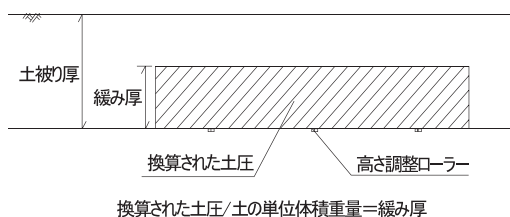


図12 換算された土圧および緩み厚と土被り厚の関係

7. 考察結果

7.1 大糸線 月夜沢こ道橋新設工事

掘進距離における全鉛直圧の一覧表を表1に示す。図13は、測点1におけるジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および全鉛直圧の40%に低減した鉛直圧を比較したものである。鋼板を上げるために調整したジャッキ圧（掘進距離6m～10mの値）を除いた値を用いて比較すると、全鉛直圧の40%に低減した圧力7.4kN/m²～8.4kN/m²の範囲で包含できることが分かった。

また、換算した土圧を単位体積重量15.68kN/m³で除した緩み厚は、0.48m～0.54mとなり、これは全土被り厚（0.67m～0.92m）の約60%である。

表1 土留からの延長と全鉛直圧の関係（大糸線）

土留からの延長(m)	土被り厚(m)	土被り重量(kN/m ²)	軌きょう重量(kN/m ²)	道床バラスト(kN/m ²)	全鉛直荷重(kN/m ²)
0	0.78	12.25		6.52	18.76
1	0.82	12.79	2.10	3.72	18.62
2	0.84	13.19	2.10	3.72	19.01
3	0.86	13.53	2.10	3.72	19.36
4	0.89	13.99		6.52	20.50
5	0.92	14.39		6.52	20.91
6	0.76	11.92		6.52	18.43
7	0.67	10.54			10.54

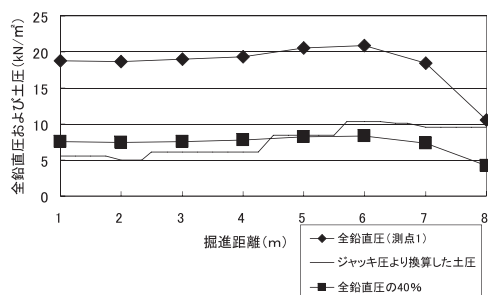


図13 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および低減された鉛直圧（測点1）

7.2 烏山線 国道294号こ道橋新設工事

この現場は、内部掘削方向が軌道に対して斜角を持っている。全鉛直圧は土留からの距離に応じて軌きょう重量と道床バラストを加算している。土留からの延長における全鉛直圧の一覧表を表2に示す。図14は、測点2におけるジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および全鉛直圧の30%に低減した鉛直圧を比較したものである。鋼板を上げるために調整したジャッキ圧（掘進距離1m～5mの値）を用いて模擬すると、全鉛直圧の30%に低減した圧力7.8kN/m²～11.0kN/m²の範囲で包含できることが分かった。

また、換算した土圧を単位体積重量15.68kN/m³で除した緩み厚は、0.50m～0.70mとなり、これは全土被り厚（1.52m～1.78m）の約40%である。

表2 土留からの延長と全鉛直圧の関係（烏山線）

土留からの延長(m)	土被り厚(m)	土被り重量(kN/m ²)	軌きょう重量(kN/m ²)	道床バラスト(kN/m ²)	全鉛直荷重(kN/m ²)
0	1.52	2.377			23.77
1	1.59	2.487	2.10	5.03	32.00
2	1.65	2.589	2.10	3.91	31.90
3	1.72	2.691	2.10	3.91	32.92
4	1.78	2.793		8.71	36.64
5	1.65	2.592			25.92

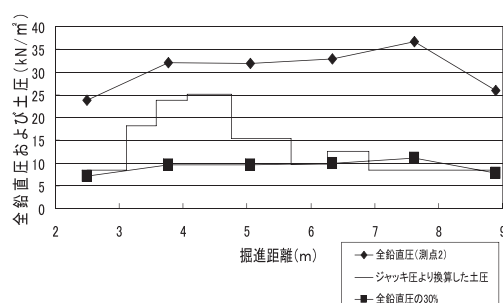


図14 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および低減された鉛直圧（測点2）

8. まとめ

COMPASS工法において、内部掘削時に鋼板を支持するジャッキ圧の設定は安全に施工する上で重要な課題である。しかし、ワイヤーソーで地盤切削した箇所に鋼板を挿入する場合は、地山を緩める範囲が限定される。そこで、本検討では、内部掘削施工をする時の実施計測値から、鋼板を支持するジャッキ圧を分析した。その結果より、低土被り（0.9m～1.8m程度）では、ジャッキ圧は全鉛直圧を約30%～40%（土被り重量の約40%～60%）に低減することで包含できることが分かり、これを最大値として施工管理できることを提案した。