

低土被り下の軌道防護用鋼板への 作用土圧について

About the action soil pressure to the steel board for the railroad defense under low soil

中出千博¹・渡邊明之¹・佐伯和浩¹・加藤精亮¹
Kazuhiro Nakade, Akiyuki Watanabe, Kazuhiro Saeki and Seisuke Katou

¹正会員 東日本旅客鉄道株式会社(株) JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所
(〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町2丁目479番地)
E-mail:nakade@jreast.co.jp

The height adjustment roller being supported with the jack by shoring that is called a blade entrance to control the subsidence of the steel board for the railroad defense when digging up internal is installed. When digging up internal, it is necessary to do the construction management to the soil pressure from the upper part by appropriate jack pressure. Then, it has aimed to propose jack pressure under low soil when digging and appropriate jack pressure from the analysis result of the steel board displacement and the railroad displacement for the railroad defense, and to establish the management technique for the proceeding to dig accuracy improvement.

Key Words : low soil , steel board for the railroad defense , soil pressure

1. はじめに

線路下に非開削で小規模断面の構造物を設置できる施工方法を開発した。本工法は、地盤切削ワイヤーにより地盤を切削しながら鋼板を4面に挿入した

後、軌道防護用鋼板で囲まれた内部の掘削と鋼製支保工の建て込みを繰り返して、鋼製支保工を巻き込んでコンクリートを打設して構造部材を構築する方法である。施工順序図を図-1に示す。

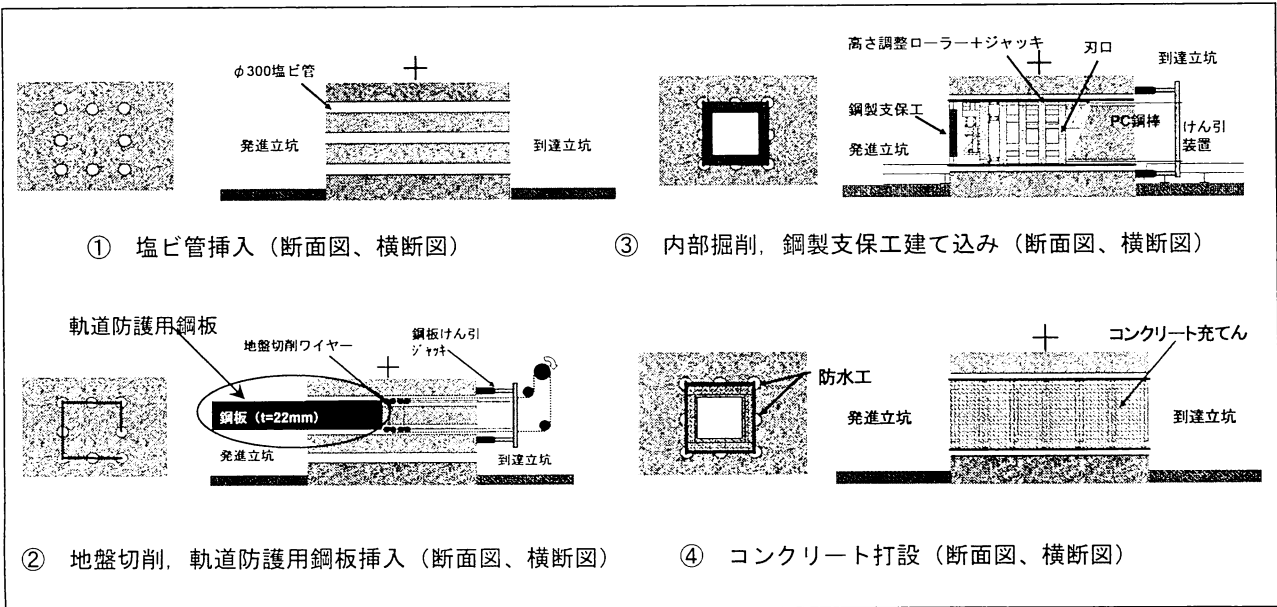


図 - 1 施工順序図

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、および鋼製支保工の概要図を図-2、図-3に示す。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、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。高さ調整ローラー、およびジャッキの写真を図-4に示す。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。そこで、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、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する。

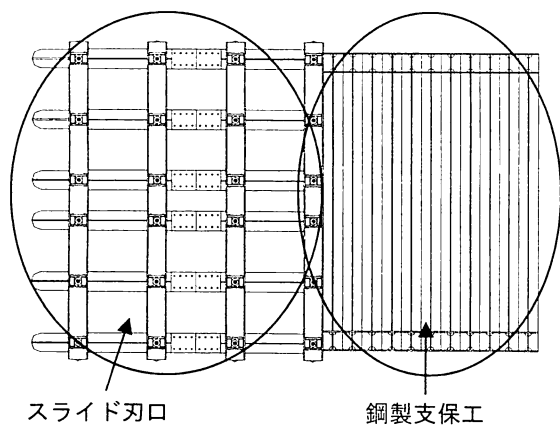


図-2 スライド刃口・鋼製支保工概要図（平面図）

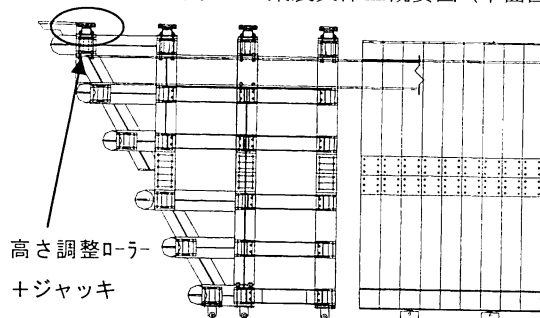


図-3 スライド刃口・鋼製支保工概要図（側面図）

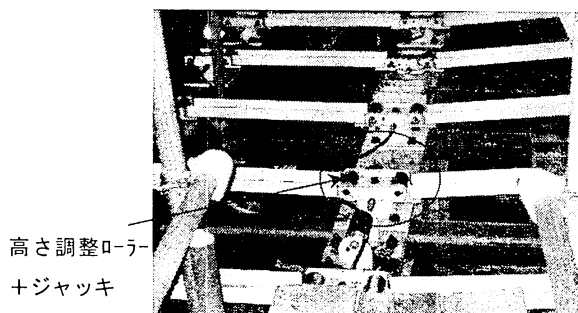


図-4 高さ調整ローラーおよびジャッキ

3. 工事概要

ジャッキ圧の計測管理は、2つの工事箇所での計測結果を分析した。

（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。鉄道横断部は非開削工法によるボックスカルバートで、取付部はU型擁壁である。ボックスカルバートの寸法は、外寸で幅4.06m、高さ3.58m、延長9.4mである。内空は、幅3.0m、高さ2.55mである。鉄道横断部の内部掘削延長は7.0mである。概要図を図-5、図-6、図-7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。

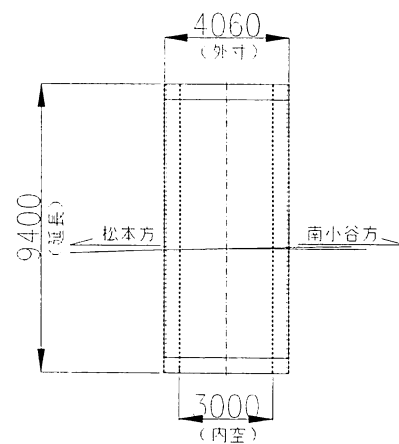


図-5 概要図（平面図）

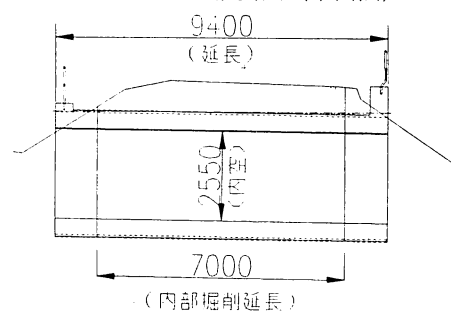


図-6 概要図（横断面図）

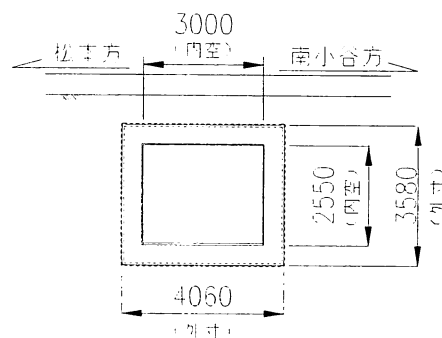


図-7 概要図（断面図）

(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($\phi=60^\circ$)で交差する。ボックスカルバートの寸法は、外寸で幅4.54m、高さ3.72m、延長11.0mである。内空は、幅3.5m、高さ2.7mである。概要図を図-8、図-9、図-10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。

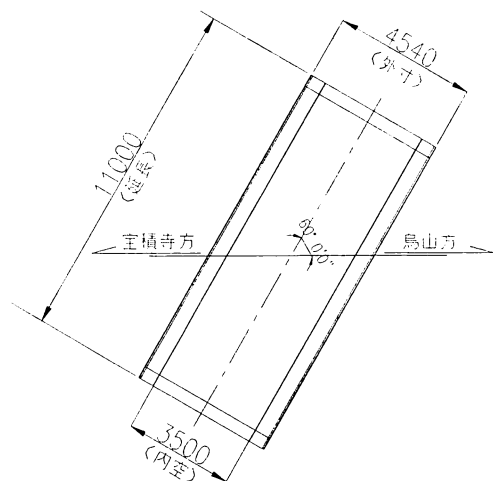


図-8 概要図(平面図)

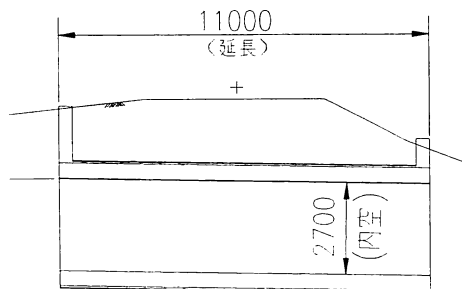


図-9 概要図(横断面図)

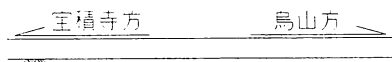


図-10 概要図(断面図)

4. 測定概要

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-11、図-12に示す。傾斜計の設置間隔は1mで計測を行った。また、軌道変位計測は2.5m間隔で行った。軌道防護用鋼板および軌道は、日中時間帯は1時間間隔、夜間施工時は3分間隔で計測した。

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、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、作業状況毎に計測した。なお、掘進距離は、1列目の高さ調整ローラーが発進側掘削鏡面に達した時を0mとし、到達側への掘進距離を示している。

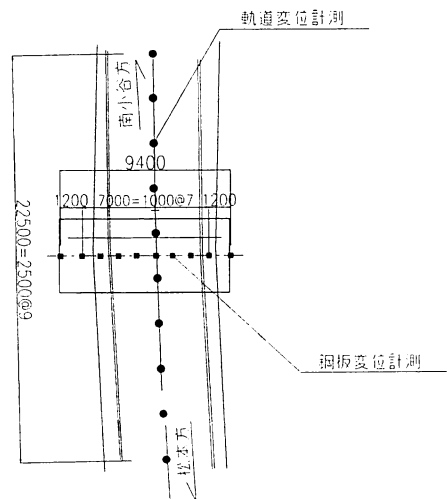


図-11 計測概要図(大糸線)

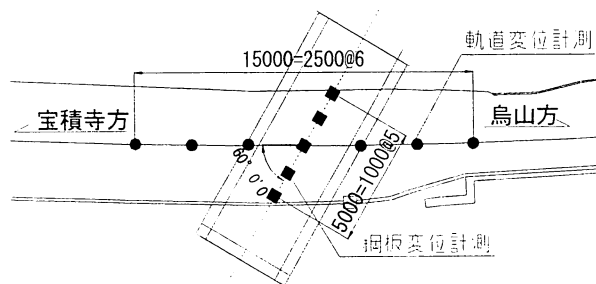


図-12 計測概要図(烏山線)

5. 測定結果

(1) 大系線 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。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。ジャッキ圧の測点位置概要図を図-13に示す。軌道防護用鋼板および軌道変位状況は、それぞれ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た。変位評価は作業日毎の掘削開始時を0mmとしている。計測結果を図-14に示す。高さ調整ローラーのジャッキ圧は、土被りの変動および軌道防護用鋼板とローラーの密着状態に合わせて、掘進距離4.5mまで約2.16MPa、4.5m以降は約2.94MPa～3.63MPaとした。作業日数は全12日間で、このうち内部掘削に要した日数は9日間であった。こ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。

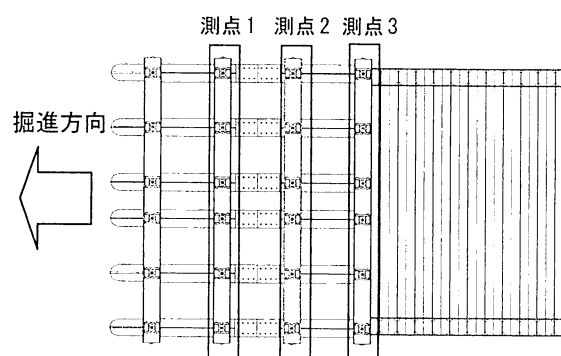


図-13 ジャッキ圧の測定位置概要図（大系線）

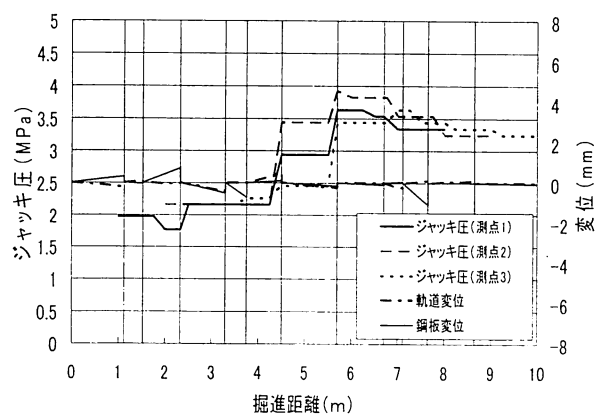


図-14 計測結果（大系線）

(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($\Phi=60^\circ$)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。ジャッキ圧の測点位置概要図を図-15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。変位評価は作業日毎の掘削開始時を0mmとしている。計測結果を図-16に示す。高さ調整ローラーのジャッキ圧は、作業日毎における内部掘削時にはジャッキ圧を変化することなく、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、作業日数は全16日間で、このうち内部掘削に要した日数は11日間であった。

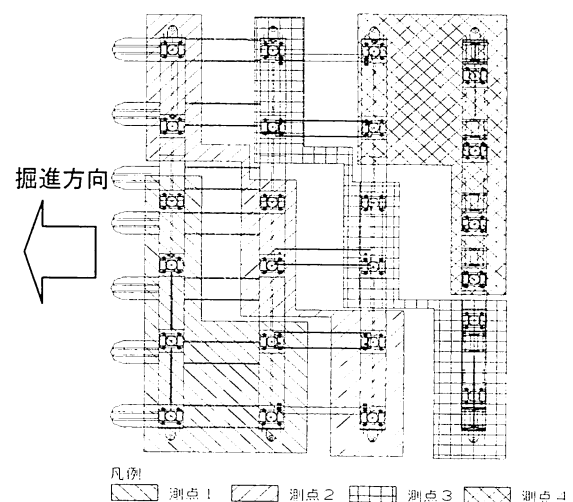


図-15 ジャッキ圧の測定位置概要図（烏山線）

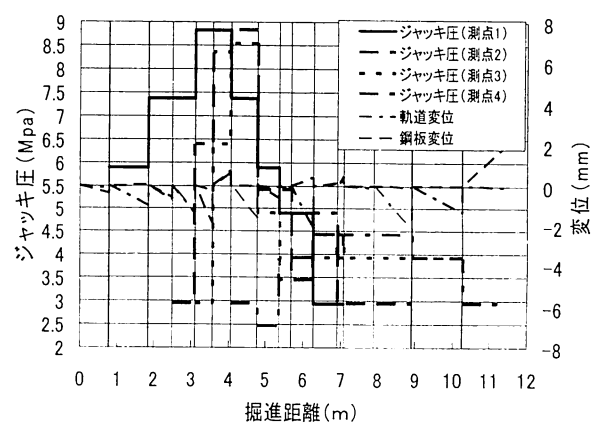


図-16 計測結果（烏山線）

6. 考察

(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、掘進距離毎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鏡面からそれぞれの距離に応じて軌きょう重量 2.10kN/m^2 、道床バラストを加算して算出している。道床バラストは、掘進距離毎に応じた道床厚に 18.6kN/m^3 を乗ずることにより算出している。

(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-17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るが、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、内部掘削時には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低目に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。

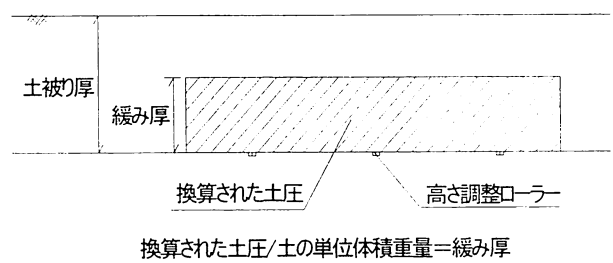


図-17 換算された土圧および緩み厚と土被り厚の関係

表-1 土留めからの延長と全鉛直圧の関係（大系線）

土留めからの延長(m)	土被り厚(m)	土被り重(N/m)	軌きょう重(N/m)	道床バラスト重(N/m)	全鉛直重(N/m)
0	0.8	1225		652	1876
1	0.82	1279	210	372	1862
2	0.84	1319	210	372	1901
3	0.85	1353	210	372	1936
4	0.89	1399		652	2050
5	0.92	1439		652	2091
6	0.76	1192		652	1843
7	0.67	1054			1054

7. 考察結果

(1) 大系線 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-18～図-20は、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模擬すると、全鉛直圧の40%に低減した圧力 $7.4\text{kN/m}^2\sim 8.4\text{kN/m}^2$ の範囲で模擬でき、鋼板を変位させることなく施工を完了できた。

また、換算した土圧を単位体積重量 15.68kN/m^3 で除した緩み厚は、 $0.48\text{m}\sim 0.54\text{m}$ となり、これは全土被り厚（ $0.67\text{m}\sim 0.92\text{m}$ ）の約60%である。

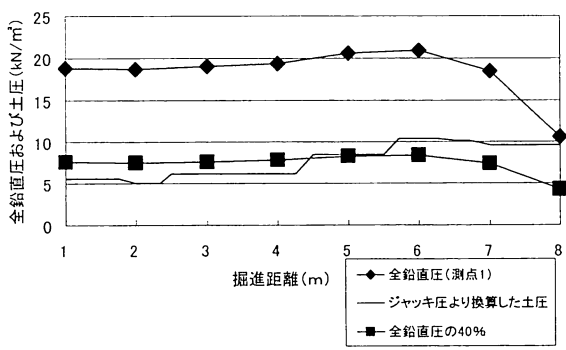


図-18 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および低減された鉛直圧（測点1）

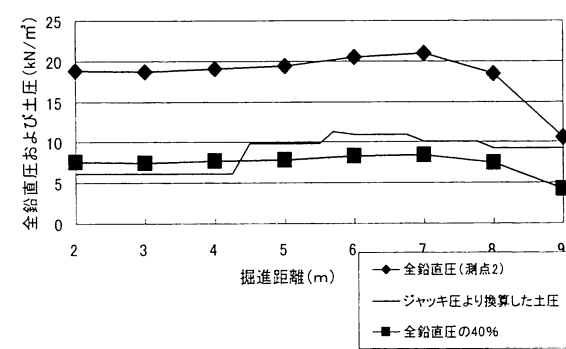


図-19 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および低減された鉛直圧（測点2）

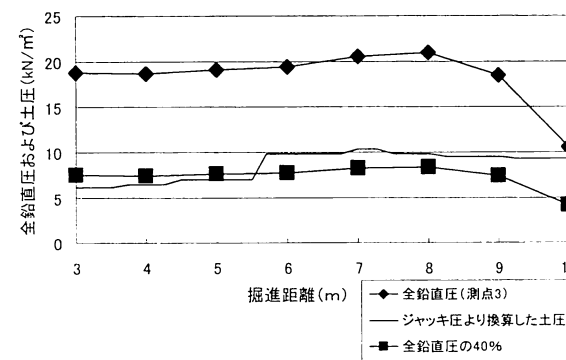


図-20 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧および低減された鉛直圧（測点3）

(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重量を加算している。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-21～図-24は、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）を除いた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の範囲で模擬でき、鋼板を変位させることなく施工を完了できた。

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。

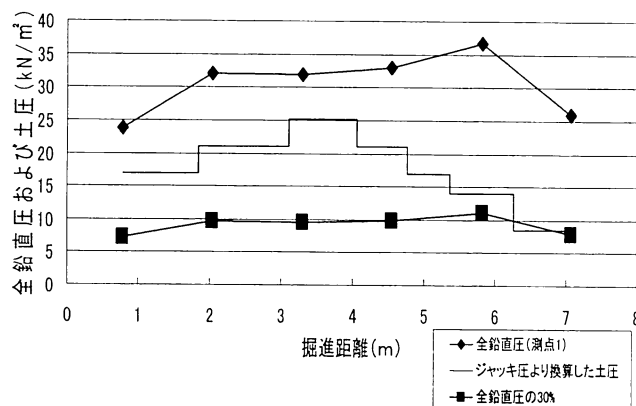


図-21 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧
および低減された鉛直圧（測点1）

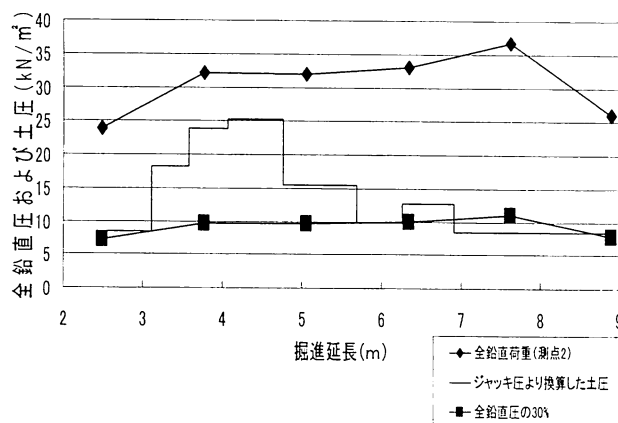


図-22 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧
および低減された鉛直圧（測点2）

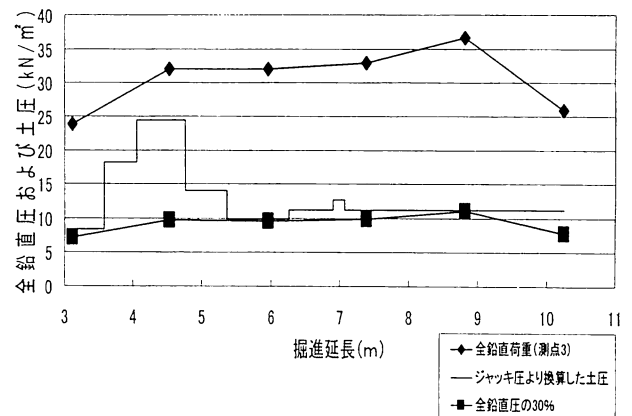


図-23 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧
および低減された鉛直圧（測点3）

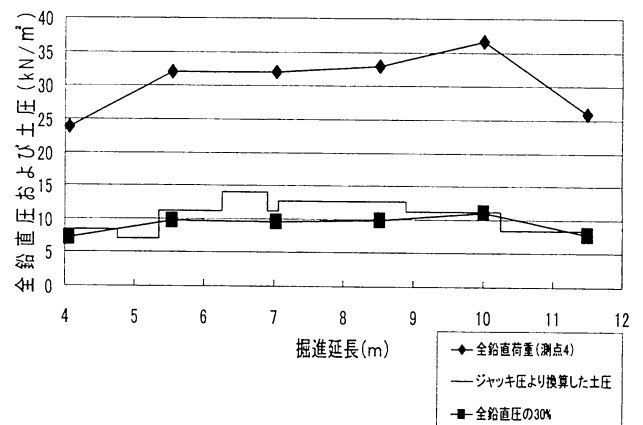


図-24 ジャッキ圧より換算した土圧と全鉛直圧
および低減された鉛直圧（測点4）

表-2 土留めからの延長と全鉛直圧の関係（烏山線）

土留めからの延長 (m)	土被り厚 (m)	土被り重 (kN/m²)	軌きょう重 (kN/m²)	道床重 (kN/m²)	全鉛直重 (kN/m²)
0	1.12	2377			2377
1	1.19	2487	210	508	3200
2	1.16	2589	210	391	3190
3	1.72	2691	210	391	3292
4	1.78	2793		871	3664
5	1.66	2592			2592

8. まとめ

今回新しく開発した工法は、内部掘削時において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工測定値から、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40%～60%）とすることで模擬でき、これを最大値として施工管理できることを提案した。