

函体推進工法における現地計測と有限要素法によるシミュレーション

千葉工業大学大学院	学生員	○宇井仁将	高橋博樹
千葉工業大学	正会員	小宮一仁	
鉄道総合技術研究所	正会員	仲山貴司	山下康彦
九州旅客鉄道	正会員	角雄一郎	

1. はじめに

函体推進工法¹⁾は、角形鋼管エレメントによる箱形ルーフで軌道や道路を防護した後、推進する函体（構造物）の上面を箱形ルーフの上面に一致させ、箱形ルーフを押し抜きながら函体を推進（又はけん引）する工法である。図-1 は函体推進工法の概要を示したものである。箱形ルーフを押し抜くことによって、従来工法（パイプルーフ工法等）に比べ、土被りを小さくできるという利点がある。

箱形ルーフの上面にはフリクションカット用の鋼板（FC プレート）を載置し、函体設置時にこれを地中に残置することによって地山との縁を切り、上部地盤の変状を防止する。函体推進工法では、箱形ルーフの路面下での移動が、防護工（防護ルーフ）の施工時と函体推進時の2回にわたり、特に、函体の推進時には大きな構造物が路面下を移動していくために、箱形ルーフの施工精度如何によっては、函体推進時に上部の地盤や軌道に大きな変位を生じさせることがある。そこで、函体推進工事に伴う地盤や軌道の変状を明らかにするためには、箱形ルーフや FC プレートの設置形状が函体推進時の地盤・軌道の変状に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

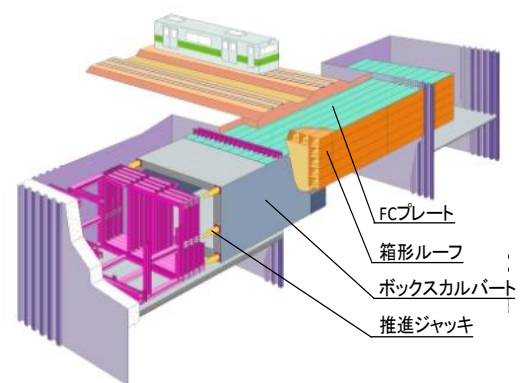


図-1 函体推進工法の概要図

本報告は、小宮ら²⁾が開発した逐次解析法を応用した函体推進工事の有限要素法解析法によって、FC プレートの設置形状が函体推進時の地盤変位に及ぼす影響について基礎的な考察を行ったものである。

2. 解析対象

本報告では、函体推進工法（SC 工法）により施工された歩車道用こ道橋新設工事を対象とした²⁾。函体推進部分の N 値は 10 前後であり、土被りが 28.1cm と非常に軌道に近接した工事である。また、図-2 に示すように、函体推進前には軌道部直下において FC プレートが沈下していた。

解析対象工事では、函体推進時に函体直上の鉄道上り線と下り線の軌道上の鉛直変位を計測した。計測地点は図-3 に示すとおりであり、それぞれの地点では軌道の内軌と外軌の鉛直変位を計測した。

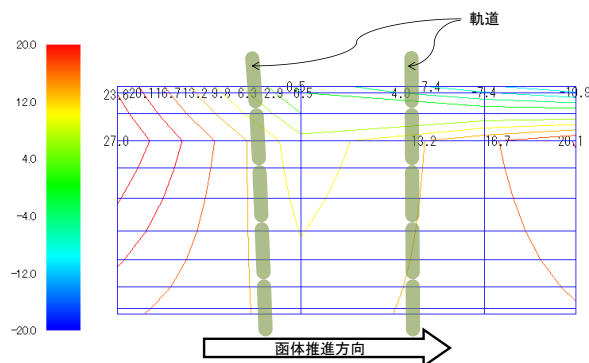


図-2 FC プレートの等高線図（平面図）

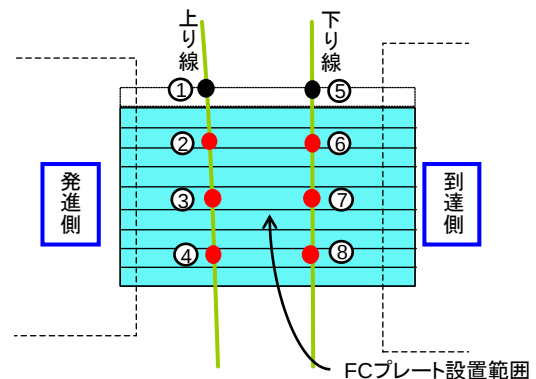


図-3 計測点配置平面図

キーワード 函体推進工法 有限要素法 変位 掘進

連絡先 〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2 丁目 17 番 1 号 千葉工業大学 TEL047(478)0449 FAX047(478)0474

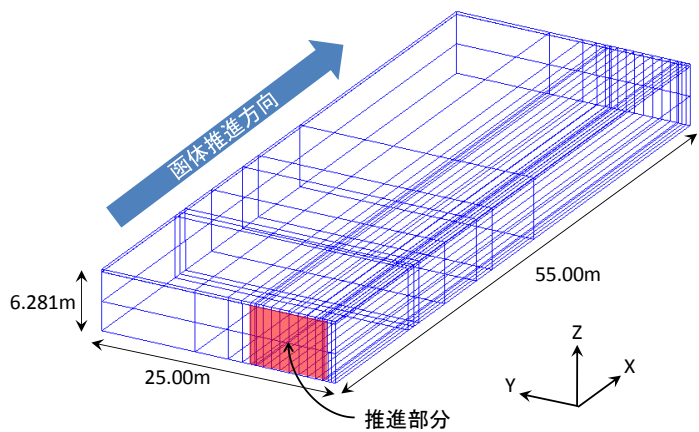


図-3 有限要素法解析モデル図

表-1 材料パラメータ

材料	弾性係数	ポアソン比
	(kN/m ²)	—
函体要素	1.00×10 ⁸	0.450
掘削要素	1.12×10 ²	0.100
盛土	2.50×10 ⁴	0.400
FCプレート	1.00×10 ⁶	0.450

	軸線方向剛性	法線方向剛性	接線方向剛性
	(kN)	(kN)	(kN)
ジョイント要素 函体上部	1.00×10 ²	1.00×10 ²	1.00×10 ⁴
ジョイント要素 函体側部	1.00×10 ²	1.00×10 ²	5.00×10 ³

3. 函体推進工法の有限要素法解析

小宮が開発したシールド工法の施工過程を考慮した三次元有限要素法を用いて、函体推進工法の解析を行った。函体推進工法におけるジャッキの推進力を外力とし、切羽での掘削と函体の推進は掘削要素と有限要素のリメッシュを組合せた方法³⁾でモデル化した。解析範囲は図-4に示すように構造体全体と地表面から函体底部を含む、幅（Y軸）25.00m、高さ（Z軸）6.28m、長さ（X軸）55.00mの領域である。なお、境界の影響を小さくするため函体進行方向の領域長さを大きくとっている。表-1は解析に用いたパラメータである。また有限要素のリメッシュ領域を函体領域に限定することで、FCプレートの下を函体が推進していく状況をモデル化した。函体とFCプレートの間にはジョイント要素を配置し、上述のリメッシュ方法の工夫と合わせて、実際の工事と同じように、函体がFCプレートに接してFCプレートの下を推進（通過）する状況を再現した。

4. 解析結果

図-4は、上り線計測点③の内軌における函体掘進距離と軌道の鉛直変位の関係を示したものである。解析は2通り行い、破線の解析結果はFCプレートが水平の場合、実線の解析結果は図-2に示すように偏向したFCプレートの下を函体が推進した場合である。図より明らかなように、FCプレートが水平の場合には、函体推進に伴う軌道の変位はほとんど生じない。一方、FCプレートに偏向がある場合は、隆起が生じている。このことから、函体推進に伴う地盤変位には、FCプレートの施工状況が影響することが明らかになった。解析で得られた隆起は、現場実測値にも見られた。

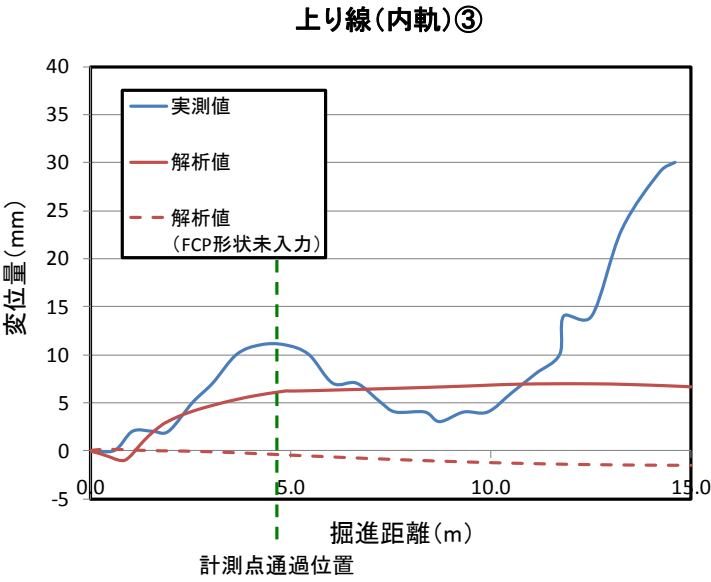


図-4 計測点③（内軌）における掘進距離ごとの変位量

参考文献

1) アンダーパス技術協会：R&C 工法技術資料，2004。
2) 岡野，山下ら：函体推進工法における函体推進時の現地計測，第66回土木学会年次学術講演会講演概要集，2011。
3) K. Komiya et al.：Finite element modeling of excavation and advancement processes of a shield tunneling machine, Soils and Foundations, Vol.39, No.4, pp.37-52, 1999。