

Tunnelling and Underground Space Technology Nos.4, July 2008

1) Effect of building stiffness on tunnelling-induced ground movement (pp.438~450)

トンネル掘削により発生する地盤変位に対する建物剛性の影響

本論文は、トンネル掘削時に発生する地盤変位に対して、その上に建つ2~3階建ての石造り住宅が自身の持つ剛性によりどのような変形形状となるかについて、ロンドンにおける Jubilee 線延伸プロジェクトにおいて計測・解析された例等に基づいて、その予測法を提案するものである。

上記プロジェクトでは、計画線直上に Neptune house, Murdoch house, Clegg house また Ben smith way, John roll way などの建物が図-2 に示すように存在し、これらの基礎に沈下計および水平変位計を取り付けて、2本の土圧バランスシールド通過時の変位を測定した。

地盤は、盛土層、沖積粘性土層、礫層、砂・シルトの互層などから成り、地下水位は、トンネル天端から約3m上に位置する。

実際に計測された地盤沈下と基礎の沈下の関係は、図-8、図-9に示すとおりである。

計測結果より建物の曲げ剛性を逆算すると、Mair & Taylorの方法に比べて、1オーダーから2オーダー低い、すなわち柔軟であるという結果が得られた。その原因としては

- ①建物を梁要素と仮定しているが、実際の建物のひずみ分布は複雑であり、モデル化の問題がある。
- ②弾性係数を仮定する際にひび割れ分布などは考慮していないことから、剛性を過大評価している。
- ③上に曲げられるモード(hogging mode)では石積部は引張に抵抗しないため剛性が低い。

などが考えられ、これらに対して、建物のドアや窓などの開口の存在等を考慮して、Mair & Taylorの方法に対してさらに剛性を低下させる、また石積み部は引張抵抗はないものとして剛性を求めるなどの補正を行うことにより、実際の現象を説明することが出来る。

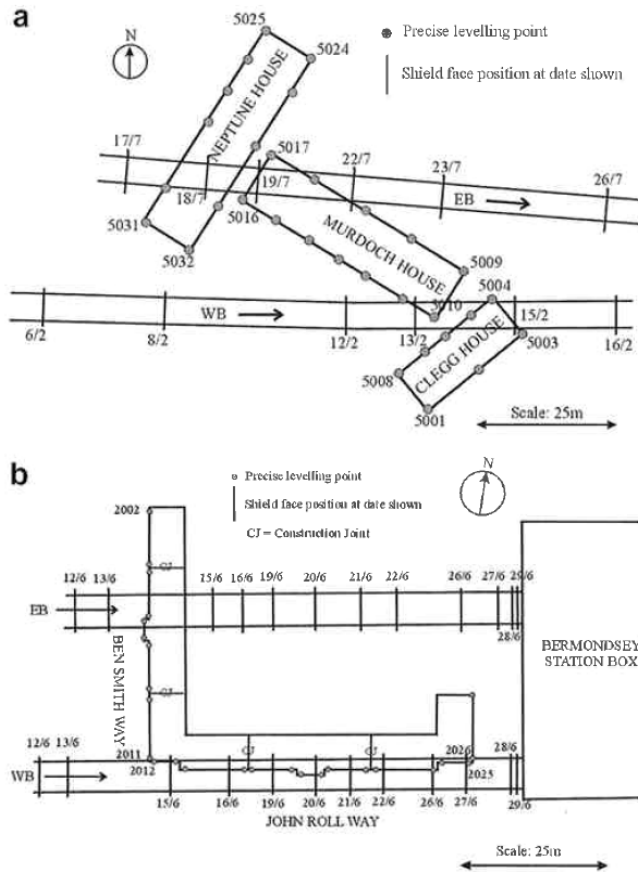


Fig. 2. Plan of tunnel passage and position of monitoring points at (a) Moodkee Street buildings and (b) Keetons Estate.

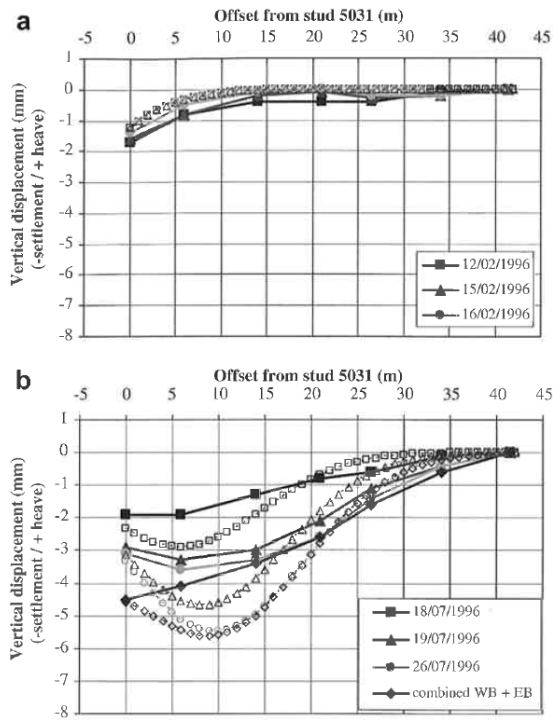


Fig. 8. Progressive settlement profiles compared to greenfield movement for west façade of Neptune House (stud 5031–5025), due to (a) the westbound tunnel and (b) the eastbound tunnel. Greenfield settlement profiles are represented by hollow symbols.

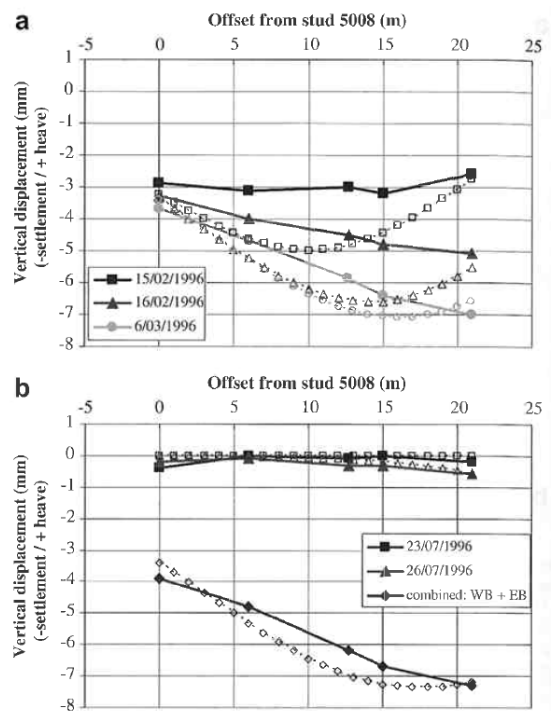


Fig. 9. Progressive settlement profiles compared to greenfield movement for west façade of Clegg House (stud 5008–5004), due to (a) the westbound tunnel and (b) the eastbound tunnel. Greenfield settlement profiles are represented by hollow symbols.

2) Early-age load resistance of fibre reinforced shotcrete linings (pp.451~460)

若材令における繊維補強吹付コンクリートの耐荷力

鉱山やトンネル掘削において、繊維補強吹付コンクリートが硬化して安全に作業開始（再入坑）できるまでの時間が全体サイクルに大きく影響する。

しかしながら若材令における繊維補強吹付コンクリートの安全性は今まではエンジニアの個々の経験や判断に任せられることが多く、工学的なアプローチが欠けていた。しかしながら工事中のトラブルを合理的に防止するためには、荷重条件や吹付の破壊モード、時間依存特性などを考慮した若材令吹付コンクリートの定量的な評価手法が必要となる。

本研究内容は大きく二つに分けられ、第一は室内実験および破壊事例の検証による若材令繊維補強吹付コンクリートの破壊モードの特定、第二はオーストラリア鉱山における現地実験による繊維補強コンクリート性能データの収集である。

室内実験では、i) プルアウト試験、ii) 押し抜きせん断試験、iii) 若材令圧縮試験、iv) 付着試験などが実施された。しかしながら室内実験では、実際の岩盤の凹凸などの影響を考慮できないことから、さらに現地実験を行い検証した。繊維補強材としては、鋼繊維あるいはポリプロピレン材を用い、吹付厚は50~60mm厚とした。

得られた結果は以下の通りである。

- i) プルアウト試験によると若材令においては、せん断破壊モードとなるが、強度発現に従い、曲げ破壊（地盤との剥離）モードに移行する。その変化点は、地盤との付着力に依存する。
- ii) 若材令においてもせん断強度と圧縮強度は明確な相関があるが、図-13に示すように硬化したコンクリートとは関係係が異なる（硬化コンクリート式ではせん断強度を過大評価する）。
- iii) せん断強度は、繊維の種類には依存しない。

以上の結果に基づいて、再入坑できるための安全な時間は、若材令の圧縮強度⇒せん断強度⇒吹付のせん断抵抗を求めた後、想定荷重がせん断抵抗をある安全率をもって超えないことで確認することができる。

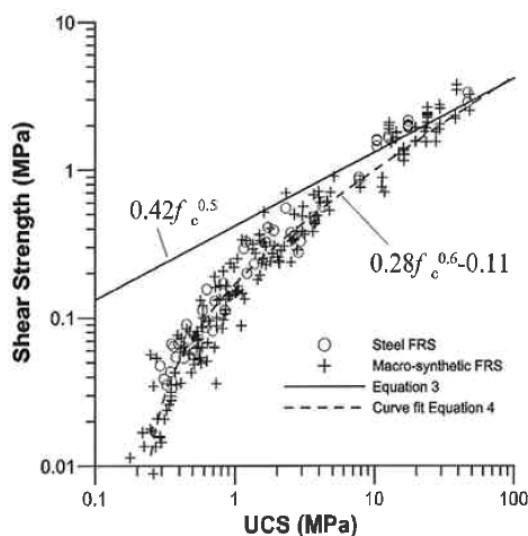


Fig. 13. Shear strength as a function of compressive strength for all trials.