

シールド工事における施工時荷重の評価に関する一考察（その1）

鹿島建設(株) 正会員 ○小坂 琢郎

正会員 中川 雅由

正会員 坂口 拓史

正会員 古市 耕輔

正会員 吉田健太郎

シールド工事において、従来支配的な荷重としては取り扱われることの無かった施工時荷重によるリスクが顕在化しつつある。これらのリスクの取扱いについて考察を行ったので報告する。

1. はじめに

シールド工事の一つの特徴に最終構造物であるセグメントにシールドマシンのジャッキ推力など施工時の荷重を戴荷することが挙げられる。ただし、従来のシールド工事においては施工時に発生する荷重は最終構造物としての耐荷力の範囲内にあり、適切な施工を行えば施工時の荷重が支配的とはならないと考えられていた。しかし、近年施工時の荷重によるリスクが顕在化する事例が見られ、筆者らは施工時のリスクについての検討を進めてきた。ここでは、顕在化の背景について考察した上で、リスクを合理的に分類し分析を進めた。

2. リスク顕在化の背景

まず、筆者らはシールド施工技術の高度化と経済性の追求がリスクの顕在化の背景にあると考えた。すなわち、施工精度の向上に伴い不陸蛇行修正の意味での二次覆工の必要性が低下すると同時に、コスト縮減と工期短縮のニーズ増大に伴って二次覆工省略型セグメントが増えつつある。また、従来適用することの無かった分野にも二次覆工省略型セグメントが適用されつつある。二次覆工があれば空気や水に直接触れることがなく許容されるコンクリート表面のひび割れも、二次覆工が無くとなると許容できないケースが出てくる。

ここでは、施工時荷重によるセグメント損傷リスクの顕在化増幅要因について考察する。

1) 大深度化

シールド工法は一般的には円形断面で、軸力が卓越すると RC 構造に対しては有利な荷重状況となる。大深度化に伴って作用荷重が大きくなるが、地盤が堅固であれば地下水圧が卓越する荷重条件となるので、モーメントやせん断力に比較して軸力が卓越することになる。したがって、特に RC 系のセグメントリングに対しては有利な条件となり、セグメント覆工厚が作用荷重に比較して薄くなる傾向にある。

これに対し施工時荷重としてセグメントリングの軸方向に作用するジャッキ推力については、切羽圧力とほぼ線形の関係にあり大深度化に伴う水圧の増大とともに大きくなる。

この結果として、施工時の作用荷重が完成時の作用荷重よりも支配的になるケースが想定される。

2) 高速施工への対応

施工技術の高度化を背景として、高速施工に対する社会的ニーズは増大している。これに関する施策のうち、セグメントリングの幅広化とジャッキスピードの高速化については施工時の作用荷重の増大に大きな関係を持つ。前者はマシン推力作用時の軸力方向の作用に対しての座屈スパンが大きくなり、後者はマシン推力とジャッキスピードはほぼ線形の関係にあるので、作用荷重そのものが増大する。この結果として、施工時の荷重の影響はより大きくなる傾向にある。

3) 作用荷重の増加とリスクの顕在化

セグメントリングはプレキャスト式の部材を現地で組み立てる方式となっている。設計上は継手面も同一平面状にあり、真円度も完全に保たれて施工誤差無く組み立てられた理想状態としている。しかし、現実にはわずかながらあっても施工誤差は避けられず、目開きや目違いが発生する。そこに集中荷重が発生することになる。施工時の作用荷重が比較的小さいと問題にはならないが、施工時の作用荷重が大きい状態となると集中荷重も大きくなる。この集中荷重の増大によって、リスクが顕在化する。

キーワード 施工時荷重, リスク評価

連絡先 〒107-8052 東京都港区赤坂6丁目5番30号 鹿島建設株式会社土木設計本部 TEL 03-6229-6612

3. セグメントに現れる現象とリスク要因

施工時リスクのセグメントに現れる現象について、それぞれの現象の要因を想定して検証を行って分類した。この結果、同じ現象についても要因は一つではなく、複数の要因あるいは複合要因となることが考えられる。

現 象		要 因		
トンネル軸方向クラック継手部コンクリート剥離		① シールドテールとセグメントの競り	② リング継手面の目開き・目違い+ジャッキ推力	③ 過大な偏圧
セグメント隅角部コンクリートの欠け及び漏水		④ 継手面コンクリートへの応力集中	⑤ シール材・緩衝材による圧縮反発力	⑥ ジャッキスプレッダーからの偏圧
継手部クラック・剥離及び漏水		⑦ 曲線掘進時のトンネル軸方向曲げモーメント	⑧ 継手目開き、過大な締結力	⑨ リング継手の拘束力

4. リスク要因に対する考察

それぞれのリスク要因について、発生時期と抑止対策段階、発生頻度の体系について考察を進めた。この結果として、設計・計画での抑止対策が効果的な現象を抽出して、それぞれの要因の相関性が明確にされたことで設計モデルとして再現の必要な現象の関連性の強さを把握することが出来た。

要因	要因の発生時期					要因の抑止対策段階			要因の発生頻度			損害度
	組立時	テール脱出時	掘進時；直線	掘進時；曲線	その他	計画・設計	施工計画	施工管理	直線（通常）	直線（高速）	曲線	
①テールの競り		◎		○	○裏注	◎曲線	○	◎	1	1	3	大
②目開・目違	○		◎	◎		○		◎	3	3	3	小
③過大な偏圧		○			◎裏注	○	○	◎	3	3	3	大
④応力集中	◎		○	○		○		◎	2	2	2	小
⑤圧縮反発力	○		◎	◎		◎		○	1	1	1	大
⑥スプレッダー	◎					◎	○	◎	1	3	3	中
⑦曲線軸方向		○				◎	○	◎	1	2	2	大
⑧継手目開き	◎		○		○増締			◎	1	3	3	小
⑨継手拘束力	○	◎		○		◎		○	2	3	2	小

頻度評価・・・1：数回の工事で1回発生程度，2：1回の工事で必ず1～2回発生，3：1回の工事で数回発生

5. おわりに

リスク要因を考察していく過程で、リスク抑止について計画・設計段階での対策が有効である場合が多いことがわかった。施工の段階で品質管理値として十分な管理をしても、リスクは発生して施工条件によっては高い確率で顕在化することとなる。このため、設計・計画段階でのリスク低減が最も有効な抑止策となる。ただし、抑止評価自体の確立されていない現象については今後の課題となる。さらに、効率的なリスクの抑止を行うためにリスクを定量的に評価する必要がある。このためには、まず発生頻度と損害度について数値として評価して、合理的な方法により定量的に評価する手法について考察を進める必要がある。

参考文献 ・ シールド工事における施工時荷重の評価に関する一考察（その1）2004 年度年次学術講演会