

放置地下空間の再利用に向けた安全性に関する一考察

足利工業大学 工学部 都市環境工学科

福島研究室(土木史研究室)

塚越健一 橋本 渉

1. はじめに

廃道となった坑道やトンネル跡、さらには旧戦争施設等の放置された地下空間が全国に約12,000存在する。現在、僅かではあるが生産活動等に再利用されているものもあるが、多くの場合安全面から再利用には慎重であり、また、再利用されている施設も安全基準を確立していないのが現状である。こうした状況を踏まえ、放置地下空間の再利用に向けた安全性について検討を行う。具体的には、地下空間における事故事例分析および既に利用されている施設の安全管理について検討を行う。また、得られた成果から、那須烏山市の旧戦車工場の活用に向けた安全管理について考察を行う。

2. 地下空間の事故事例分析

(1) 調査方法

インターネットを利用して検索した。検索にはiGoogleを利用し、キーワードとして9分類を設定し、さらに小分類を組み合わせ、計27の検索ワードを用いた。その結果631件が検出され、それを「崩落・落盤」「ガス中毒」「火災・爆発」に分類した。

(2) 事故事例分析

本研究では、放置されている地下空間を対象としているので、崩落事故を対象に分析を行った。崩落事故を対象に分析を行った。その結果、「落盤・崩落事故」は約28%であり、「完成後」ではさらに3%と少なくなり、完成した施設の崩落に対するリスクは極めて小さくなる。次に、完成後に崩落した20件についてさらに分析を行った。

(3) 『完成後』崩落事故20件の分析

①完成後10～30年の間に崩落した件数は7件であり、7件すべてが機械掘削である。②機械掘削による施設は12件であり、その内8件が30年以内に崩落している。また、手掘り掘削による施設は7件であり、すべて30年以上経過したのちに崩落している。このことから、機械掘削より手掘り掘削の方が耐久年数に優位性がみられる。③さらに、完成から60年以上が経過した施設の崩壊は20件中4件であり、全体の0.6%とそのリスクはさらに小さくなることが分かった。

区分	発生件数	掘削中/完成後の構成率
崩落・落盤	179 (28.3%)	掘削中 159 (25.2%)
		完成後 20 (3.3%)
ガス中毒	17 (2.7%)	掘削中 15 (2.4%)
		完成後 2 (0.3%)
火災・爆発	435 (69.0%)	掘削中 433 (68.6%)
		完成後 2 (0.3%)
合計	631(100%)	

番号	①竣工から事故発生までの年数	②掘削方法	③構造形式	④断面形状	⑤断面の大きさ(幅×高さ)	⑥崩落原因
1	A	A	A	A	B	浸透水(雷電)
2	B	A	B	A	B	浸透水(湧水)
3	B	A	B	B	B	浸透水(降雨)
4	B	A	B	A	C	浸透水(降雨)
5	B	A	D	B	B	風化(圧力)
6	B	A	B	A	C	コールドジョイント
7	B	A	D	B	B	風化(圧力)
8	B	A	C	A	C	浸透水(湧水)
9	C	A	B	A	B	風化(乾燥)
10	C	A	B	A	A	風化(乾燥)
11	C	B	D	A	B	風化(圧力)
12	C	A	C	A	B	風化(降雨)
13	C	B	D	A	B	風化(圧力)
14	C	C	B	B	A	風化(降雨)
15	C	B	D	A	B	風化(圧力)
16	C	B	D	A	A	風化(圧力)
17	D	B	D	A	B	風化(圧力)
18	D	B	D	A	B	風化(圧力)
19	D	A	D・C	A	B	風化(酸化)
20	D	B	D	A	C	風化(酸化)

3. 地下空間活用施設の安全性についての分析

(1) 調査内容

13ヶ所の既活用施設の現地調査を行い、管理者のヒアリングおよび規模・断面形状などの実態調査を行った。

(2) 施設毎の検査項目

各施設で実施されている安全確認に関する検査内容を整理した。

既活用施設で実施されている検査内容

番号	名称	延長×最大幅×最大高さ(m)	構造形式	断面形状	検査項目										
					(1)温度・湿度	(2)空気の流れ	①湧水・浸水	②ひび割れ・亀裂	③剥落・欠損	④付着物	⑤煙瓦の積層状態(目地やせ、はらみだし、など)	④叩き(打音・浮石)	(5)内空寸法測定		
1	細倉メインパーク	777×15×4.1	素掘り(一部C)	アーチ	○	○	○							○	
2	足尾銅山観光	40×2×3	素掘り(一部C)	アーチ	○	○	○							○	
3	小平鍾乳洞	93×3×10	素掘り	アーチ	○		○								
4	源三窟	120×2×2	素掘り	アーチ											
5	宇津野洞窟	100×2×10	素掘り	アーチ											
6	竜宮洞穴	96×15×10	素掘り	アーチ											
7	勝沼トンネルワインカーヴ	1104×3.57×4.90	煉瓦	アーチ	○		○								
8	喜久水酒造地下貯蔵研究所	93×3.7×4.6	煉瓦(一部C)	アーチ	○		○								
9	大目影トンネル遊歩道	1367.8×3.57×4.90	煉瓦	アーチ	○		○							○	○
10	葛山隧道遊歩道	13.74×3.0×	煉瓦	アーチ	○		○								
11	明治トンネル	157.5×3.5×2.8	素掘り	アーチ											
12	大正トンネル	82×3.6×3.4	煉瓦	アーチ											
13	七里岩地下壕群	120×4×6	素掘り	アーチ											

(3) 点検内容の分析

施設の使用形態、施設の形成仕様を3区分し、その区分に該当する施設で実施している検査内容を2つに分けて整理した。また、検査内容の『空気の流れ』は地表に達する岩盤の破損による温度変化の点検であり、『ひび割れ・亀裂』および『剥落・欠損』と検査の目的は同じである。また『叩き』は岩盤の浮石・背面空洞を確認するための検査であり、『剥落・欠損』と検査目的は同じである。基本的には旧来の坑道職人が経験則で行ってきた検査の考え方が踏襲され、『温度・湿度』『湧水・浸水』『空気の流れ』および『叩き』の検査内容が行われている。

既活用施設13ヶ所における点検内容の分析

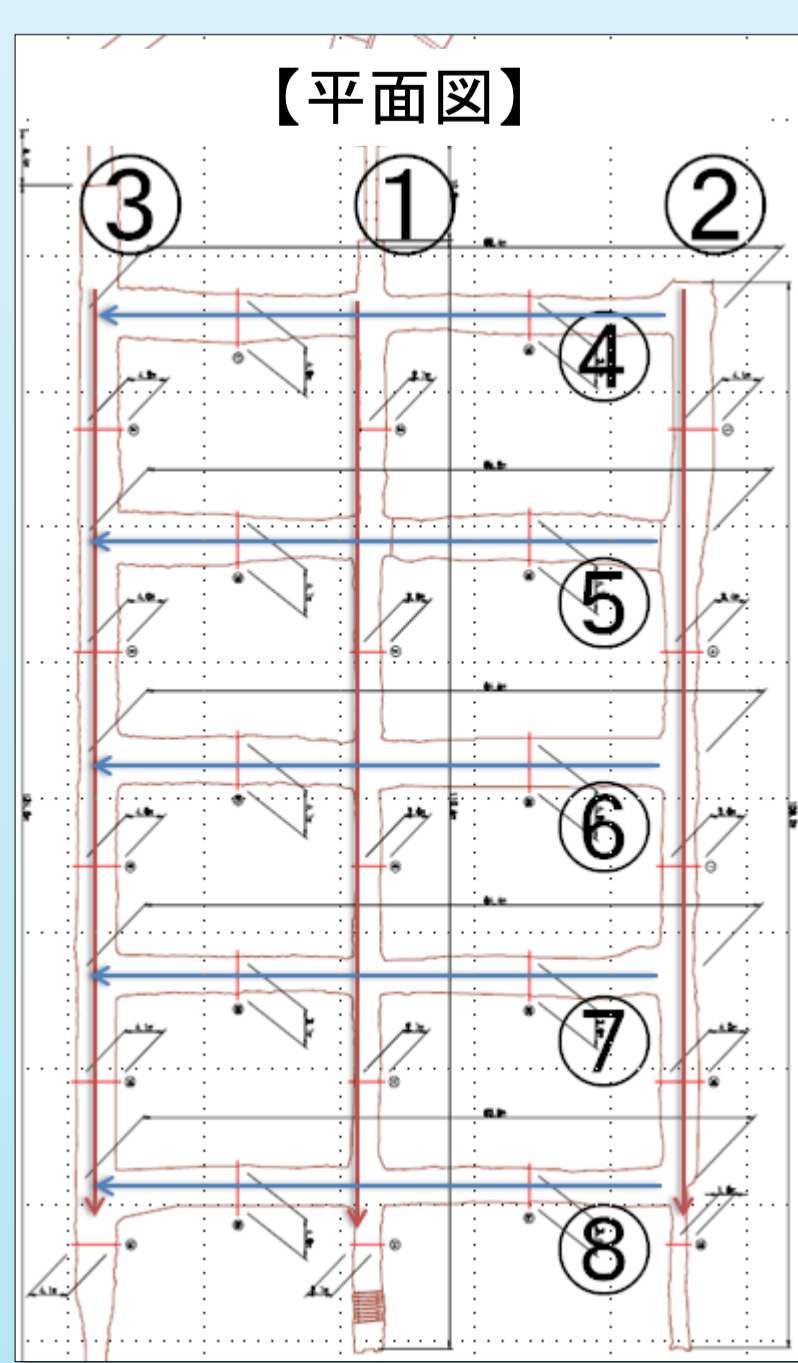
来場者の有無	施設の形成	点検内容該当施設(共通)		点検内容該当施設(一部の施設が実施)
		該当施設	点検内容	
(1)一般の来場者有り	①自然形成	3, 4, 5	(1), (3)①, (3)②, (3)④, (3)⑤	(1), (3)②, (3)③
	②人工形成(煉瓦)	9, 10	(1), (3)①, (3)②, (3)④, (3)⑤	(3)③, (4), (5)
	③人工形成(素掘り)	1, 2	(1), (2), (3)①, (4)	
(2)管理者が使用	④自然形成	6		
	⑤人工形成(煉瓦)	7, 8	(1), (3)①	
	⑥人工形成(素掘り)	13		
(3)来場者なし	⑦自然形成	6		
	⑧人工形成(煉瓦)	12		
	⑨人工形成(素掘り)	11		

4. 那須烏山市の旧戦車工場の安全管理についての検討

前述の分析結果を踏まえ、「東京動力機械製造(株)地下工場跡」の安全性について検討を行った。検討に際し、この旧戦車工場の内部構造を把握するため『3Dレーザースキャナ』により計測を行った。

(1) 測定成果

測定の結果、3本の坑道と横坑5本で構成されており、各坑道に番号を付した。坑道の断面は、幅1.6～4.9m×高さ2.0～3.8mであり、平均幅3.9mおよび平均高さ3.2mであった。



測定位置	断面寸法		
	最小(m)	最大(m)	平均(m)
坑道①	幅 2.6	2.8	2.1
	高さ 3	3.5	3.1
坑道②	幅 1.6	4.1	3.3
	高さ 2	3.3	2.9
坑道③	幅 4	4.2	4.1
	高さ 3.1	3.6	3.4
坑道④	幅 3.9	4.7	4.3
	高さ 3.1	3.7	3.4
坑道⑤	幅 4.7	4.7	4.7
	高さ 2.9	3.8	3.4
坑道⑥	幅 4.7	4.9	4.8
	高さ 3.3	3.6	3.5
坑道⑦	幅 3.7	3.8	3.8
	高さ 3.1	3.5	3.3
坑道⑧	幅 3.4	4	3.7
	高さ 2.8	3	2.9

(2) 事例検証結果

構造は素掘りで、竣工は1945年であり完成後67年である。以上から、①掘削は手掘り、②完成後の施設であり且つ60年以上経過していることから、この施設の崩落に対するリスクは極めて小さいと考えられる。また、安全性に対する検査としては、築60年以上の施設の崩落原因である“風化”に対する点検が必要であり、『空気の流れ』『湧水・浸水』『叩き』といった検査が挙げられる。

5. まとめ

(1)事故事例分析から見た地下空間の「崩落・落盤」に対する安全性は、掘削方法および完成後の年数が一つの目安になる。具体的には、機械より手掘り掘削に優位性が認められ、また築60年を経たものは、そのリスクは極めて小さくなる。

(2)那須烏山市の旧戦車工場は、今回の分析結果からの検討では、その崩落に対するリスクは極めて小さいと考えられる。また安全管理への対応としては、一般の来場者の受入れを想定するならば、坑道掘りの検査内容だけは行うことが必要であると思われる。

さらに、一般来場者に入場料を付すことによる保険加入も、現実的なリスク管理として検討することも必要である。