

鹿島建設技術研究所 正員 木島 詩郎

○ 〃 藤村 正

1. よえがき

都市地下建設工事の際に発生する酸欠空気あるいは地中有害ガス(メタン、一酸化炭素、炭酸ガス、硫化水素など)による事故は最近大きな社会問題となっている。これらの有害な空気の発生は種々の複雑な原因により生じるものであるが都市の地下工事で特に大きな発生原因として考えらるゝは、シールド工事あるいはケーソン工事に採用される圧気工法により地盤内に空気が滞留しその空気が作業空間に逆流したりあるいは地下および地上空間に噴き出すことによるものである。このため工事に際して地盤内の酸欠空気、有害ガス発生の有無あるいはその程度と事前に予知し工事着手前にその対策を立てる必要に迫られている。この報文は安全対策上の資料を得るために圧気シールド工事数現場で実施した酸欠空気、地中有害ガスの現場測定の結果を取りまとめたものである。

2. 調査方法、使用測定器、調査地盤

調査方法はまた確立されたものはないが今回採用した方法は調査対象地盤に図-1のように圧気パイプ、観測パイプを設置し送気パイプから空気を圧送したのち逆流させ採気するか、あるいは送気パイプから空気を圧送し観測パイプから漏出した空気を直接採気しその空気の濃度を測定する方法によった。この調査のための送気装置を図-2、測定項目、使用測定器などを一覧にして表-1に示した。また調査地点のボーリング柱状図を図-3に示した。

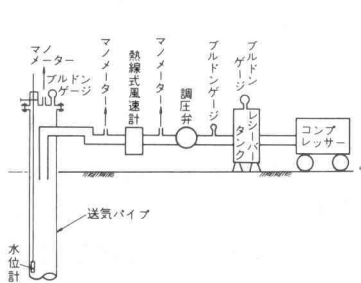


図-2 送気装置配置図

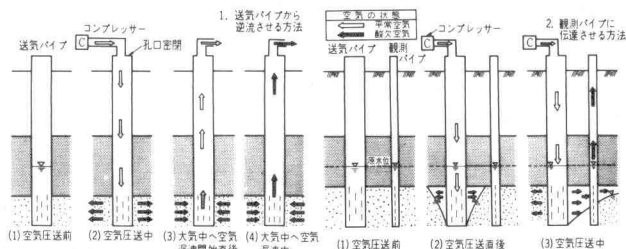


図-1 試験パイプ設置図

表-1 試験項目、使用測定器一覧					
測定項目	使用測定器	試験地点			
		現場	室内	現場	現場
酸素濃度(O ₂)	理研OX-1型酸素欠乏警報器	○			
	理研OX-1型酸素測定器			○	○
	東芝ペンペン酸素分析計		○		
メタン濃度(CH ₄)	理研OX-1型酸素欠乏警報器	○			
	理研ガス検定器18型			○	○
一酸化炭素濃度(CO)	北川式炭酸ガス検知管1号	○	○		
	ドレーセル酸素知管 CH314	○		○	○
一酸化炭素濃度(CO)	" CH256	○	○	○	○
	" 5~50 ppm	○	○	○	○
硫化水素濃度(H ₂ S)	" 6719001	○	○	○	○
	" 1~20 ppm	○	○	○	○

* 現場で測定したものを

** ビニール袋に採取した試料と室内で測定したものを

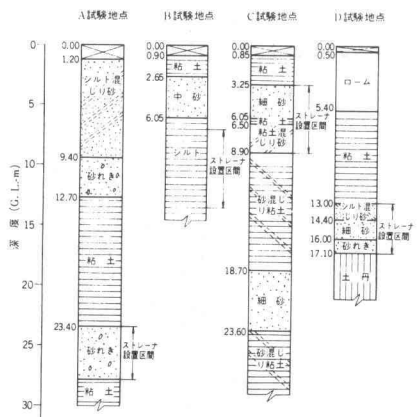


図-3 試験地点の柱状図

3. 試験結果

試験はA, B, C, Dの4地点で実施したが結果の概要は次のとおりである。

① A試験地点(図-4)

この地点は地盤の透気性が小さく、送気パイプから約5m離れた設置した観測パイプに空気が伝達しなかったため、地盤内に滞留している空気を送気パイプに逆流させ、その濃度を測定したものである。送気パイプ内の空気圧は当初1.5%であったが直ちに0.1%まで圧力が低下しており、その後も徐々に低下している。それに伴って地盤内に滞留していた空気の酸素濃度は低下し、80分後には1%

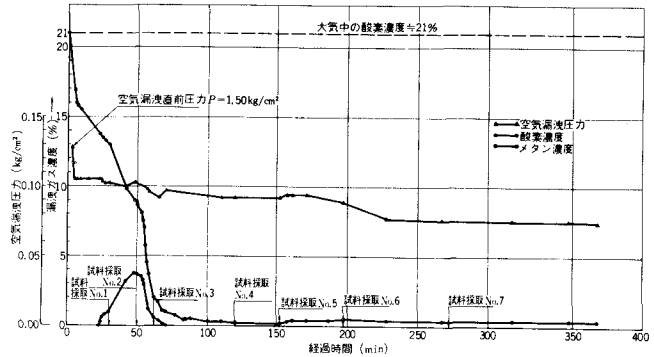


図-4.経過時間、空気漏洩圧力および酸素濃度、メタン濃度の関係 (A試験地点)

以下に低下しており完全な酸欠空気となっている。一方、室内試験によるメタンの濃度は5~6%まで増加しているが硫化水素、一酸化炭素は検出されなかった。この両ガスは以下にのべるB, C, D地点でも検出されなかった。

② B試験地点(図-5)

送気圧を0.8%として圧送したバストレーナの位置が沖積シルト層に挿していたため当初は観測パイプに空気の漏洩が認められなかったが、送気開始から120分後にシルト層が破られ上部の砂層に空気が漏洩し、それにつれて観測パイプの空気の酸素濃度が5%まで低下し、かなりの量(0.8%)のメタンの発生が見られた。

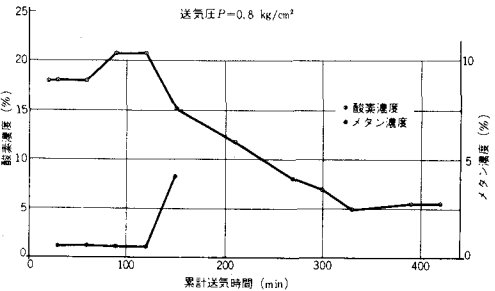


図-5.経過時間と酸素濃度、メタン濃度の関係 (B試験地点)

③ C, D試験地点(図-6, 図-7)

この両試験地点では送気圧を段階的に増加させ、観測パイプから漏洩する空気の酸素およびガス濃度を測定したものであるが、ともに地盤内に空気が漏洩した直後漏洩空気の酸素濃度は極端に低下(5%以下)している。しかしながら送気時間の経過、送気圧の増加に伴って地盤の酸化能力が限界に達したため、酸素濃度も徐々に増加し最終的にはほぼ平常の濃度に回復している。また長時間送気と停止すると地盤内に滞留した空気が逆流しほとんどの場合酸素濃度10%以下の酸欠空気となっている。メタンは両地点とも酸素濃度が低下した時、あるいは長期間地盤内に空気が滞留している時に発生している。

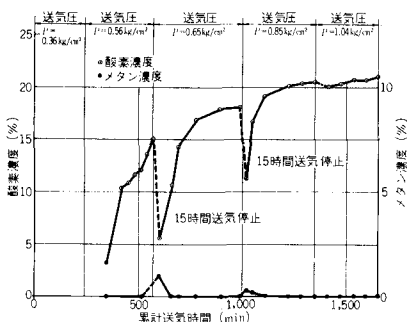


図-6.経過時間と酸素濃度、メタン濃度の関係 (C試験地点)

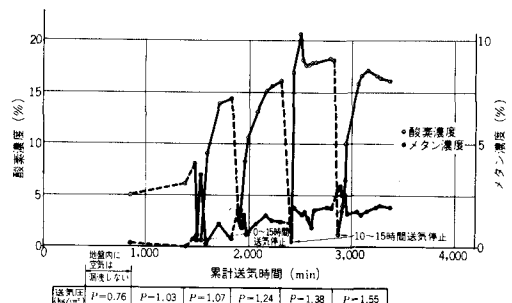


図-7.送気時間と酸素濃度、メタン濃度の関係 (D試験地点)

4. 試験結果の検討

今回実施した一連の調査の結果、4試験地点とも共通して地盤内へ圧送した空気の酸素が消費されており、酸素地盤であることがわかったが、その定性的な傾向と述べると次のとおりである。

a. 酸素地盤に長時間にわたって空気を圧送していると地盤が酸化されるにつれて漏出する空気の酸素濃度は平常の値に回復してくる。

b. aの状態が酸素濃度が増加しても、一時的に地盤内に空気を滞留させると漏出する空気の酸素濃度は低下する。

c. メタンガスの発生については今回4試験とも酸素濃度が低下するとメタンが増加するという現象が認められたが、これは酸素濃度が低下することによりメタンが増加したのではなく、事前に地盤内に滞留していたメタンが漏洩空気と混合して出てきたものと思われる。

酸素による人体への影響については表-2のとおりであるが、いずれの試験地点でも酸素不足による事故が発生する危険性があることを示している。また、メタンの爆発限界については図-8に示したとおりであるが、今回の試験についてはメタンが発生した状態では空気中の酸素濃度の低下しているために爆発する危険性は少ないが、この空気に新鮮な空気が適量混合するような場合には爆発する危険性がある。

以上のように圧気施工に際しては各現場とも換気に気をつけること、あるいは酸素欠空気が広範囲に拡散しないような処置により安全確実な対策を立てる必要があると判断された。

5. まとめ

今回の調査では、各工事現場における酸素欠空気、地中有害ガスの発生について定性的な傾向の把握ができたが、このような方法では地盤の酸化能力などの定量的な事柄は把握できない。したがって定量的な値については他の調査方法と併用して求める必要がある。さらにこのような有害な空気が地盤内での伝達経路、あるいは地上、地下空間の漏出経路については現場透気試験と関連させて解析する必要があると考える。

参考文献

- (1) 今泉 敏迪 ; 土木技術の中の酸素欠乏 (土木技術27巻 4~10号)

酸素濃度 (%)	酸素分圧 (mmHg)	動脈血中の酸素分圧 (mmHg)	動脈血中の酸素飽和度 (%)	症 状
16~12	120~90	60~45	89~85	脈拍、呼吸数の増加、精神集中に努める、こころ、筋肉作業がうまくいかない、頭痛
14~9	106~68	55~40	87~74	判断力、記憶、発熱状態、不眠、精神状態、利便性と感、知覚状態、当惑、不安、不安
10~6	76~45	40~20	74~33	意識不明、中枢神経障害、けいれん、チアノーゼ
10~6の持続またはそれ以下	45以下	20以下	33以下	管理→呼吸困難→呼吸停止→6~8分後に臓器死

表-2 酸素濃度の低下が人体への影響(ヘンダーソン分類)

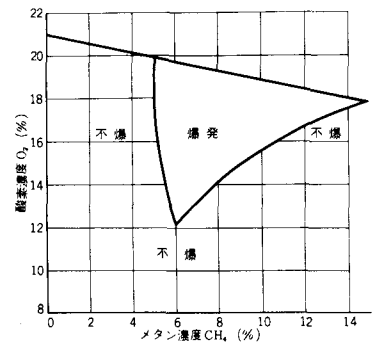


図-8 メタンの爆発限界と酸素量との関係