

氏 名	山 口 勉 やま ぐち つとむ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 682 号
学位授与の日付	昭 和 49 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	井筒沈下工法による立坑開さく時の井筒内水中坑底爆破法に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 伊 藤 一 郎 教 授 平 松 良 雄 教 授 吉 住 永 三 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、送気式井筒沈下工法により開さくされている立坑井筒内の、水深 200m にも達する坑底地盤中で爆破を行ない、立坑井筒を損傷することなく坑底地盤を掘さくし、立坑を掘り下げていく方法について、その基礎となる工学的、技術的諸問題を研究した成果をとりまとめたもので、緒論、結論を含めて 5 編より成っている。

第 1 編は緒論で、その第 1 章において送気式井筒沈下工法の概要を説明し、第 2 章において、この工法により立坑を開さくする場合の問題点と、それらに対する既往の研究の概要を述べ、第 3 章において、この工法に関しては坑底爆破法に関する研究がもっとも立ちおけていることを指摘し、著者がこの研究を行なった動機と目的を明らかにしている。

第 2 編では、井筒坑底爆破に関連の深い基礎的な諸問題について研究した結果を述べている。まず第 1 章では、火薬類の水中爆発について検討し、通常の爆破作業に用いられている各種の火薬類を、完全水密器に密封して爆発させれば、190m に及ぶ水深下においても正規の爆速で爆発することを明らかにし、ついでその際の爆発威力が火薬類の種類に応じてどのように異なるかを述べ、また、これらの火薬類が水中で爆発した場合に生ずる水中圧力波の性質についても述べている。第 2 章では、硬質粘土層の中で、あるいはコンクリートに近接して火薬類を爆発させた場合について研究し、硬質粘土層中あるいはコンクリート中に生ずる応力波の波頭圧力の最高値が伝播距離に応じてどのように減衰していくかを明らかにするとともに、これらの媒質中では、応力波の伝播にともない媒質中の任意の点に生ずる半径方向の直応力と円周方向の直応力の絶対値の比率は、使用する火薬類の種類には無関係にほぼ一定の値を示すことを指摘している。第 3 章では、井筒坑底で遭遇する硬質粘土層および風化第 3 紀層砂岩を爆破により掘さくするために必要な標準装薬量について、多くの条件のもとでクレータ試験を行なって検討した結果、200m 程度の水深下においてこれらの地盤を破砕するのに必要な標準装薬量は、大気中においてこれらの地盤を破砕するのに必要なそのほぼ 2 倍であることを述べ、その理由について考察するとともに、大きい水深下で

生ずる爆破漏斗孔の特徴を明らかにしている。第4章では、坑底爆破によりコンクリート井筒が破壊するときの条件を模型実験と応力解析により詳細に検討した結果、坑底爆破により生じた水中圧力波あるいは地中応力波が井筒内壁側よりコンクリート内に入射することによりコンクリート内に誘起された応力波に基づき、井筒外壁上に発生する引張応力の最高値がコンクリートの動的引張強さの値に達したとき、はじめて井筒壁体内に可視的なクラックが発生し、構造体としての破壊が生ずることを確かめている。第5章では、第2編で述べた研究結果をさらに総括的に要約して示している。

第3編は、井筒坑底爆破の設計法に関する研究をとりまとめたものである。第1章では、著者が主としてこの研究の対象としてとり上げた日鉄有明第3立坑井筒を例にとって、送気式井筒沈下工法に用いられる井筒の構造の概要について述べ、ついで井筒沈下時に坑底爆破を必要とする場合の井筒刃先部の状態について綿密に検討し、おおむねその状態が4種類に分類できることを示している。第2章では、著者が提案する井筒坑底爆破の設計法について述べている。すなわち、まず、第2編に述べた各種の研究成果を基礎とし、爆破実施時の井筒刃先部と爆破対象地盤との相対関係に応じて井筒坑底爆破を合理的に設計するための著者の基本的な考え方を明示し、つぎに、井筒に被害を与えないための限界装薬量の計算方法、限界装薬量のもとでの最小抵抗線の決定法などを具体的に提示し、さらにこれらについての2, 3の計算例を示している。なお、井筒坑底爆破においては、爆破孔の穿孔作業はきわめて制約された条件のもとで行なわれるため、装薬は必然的に長装薬となる。そこで第3章では、円柱状長装薬をその径と同じ長さの単位小円柱に分割し、これらの単位小円柱をそれぞれ1個ずつの球状装薬と考え、それらの球状装薬の爆発により媒質内に生ずる応力を合成することにより円柱状長装薬の爆発時に媒質内に生ずる応力状態を求めるという著者が考えた実用的な応力計算法について述べ、この方法を井筒坑底爆破の設計に適用した場合の精度を吟味している。第4章では、この研究により得られた井筒坑底爆破の基本的な設計指針に基づいて実施した日鉄有明第3立坑における井筒坑底爆破の成果について検討し、井筒の安全を確保し対象とする地盤を掘さくするという所期の目的をほぼ達成したことを確認するとともに、大きな最小抵抗線をとって対象地盤を一気に破碎することのみにとらわれず、小さな最小抵抗線に対し十分な薬量を用い、小規模で確実な破碎を繰返していく工法がより効果的であるなどの、今後の井筒坑底爆破の実施に対し有用な多くの知見が得られたことを述べている。

第4編では、井筒坑底爆破を設計どおり正確に能率よく実施するために、著者が改良しあるいは考案した機器に関する研究成果をとりまとめている。第1章では、水深が200mにも達するような立坑井筒の坑底地盤中で爆破作業を実施するためには、特殊機器の開発が必要であることを指摘し、また、改良工夫すべき機器の問題点について考察している。つぎに、第2章では穿孔および火薬類の装填装置について、第3章では刃先下掘越測定装置について、それぞれの装置を改良しあるいは新たに考案する際に著者が加えた創意と工夫の主な点と、それぞれの装置の特徴について述べている。第4章では、井筒坑底爆破を実施することにより破碎された坑底地盤をさらに切り崩し、井筒外への破碎産物の排出作業をより能率よく行なうために実施した掘さく補助装置に関する研究結果をとりまとめており、ウォータージェットを用いる切り崩し法がもっとも有効で、また、この目的に対する水流発生装置としてはどの程度のものが適当であるかなどについての著者の考えを述べている。

第5編は結論で、この研究の成果を線括したものである。

論文審査の結果の要旨

軟弱地層を貫いて立坑を開さくするのに、わが国では、送気式井筒沈下工法によることが少なくない。この工法は、凍結法と比べ工期が短く、工費が低廉であるが、局所的な硬質地盤に遭遇すると難渋するのが常で、その対策が重要な問題となっていた。この論文は、立坑井筒坑底の硬質地盤を爆破により破碎して、立坑井筒を能率よく沈下させる技術について基礎的に研究し、その成果を実際に適用した結果をとりまとめたもので、得られた成果のうち主なものはつぎのとおりである。

1、井筒坑底に現われる各種の地盤中で火薬類を爆発させたとき、その地盤中に生ずる応力波およびコンクリート井筒中に誘起される応力波の挙動について検討し、それぞれの応力波の伝播距離による減衰性や、媒質中の任意の点に生ずる応力波進行方向およびこれと直角をなす方向の直応力の比率などを明らかにした。

2、多くの条件のもとでのクレータ試験により、200m 程度の水深下にある地盤を爆破により破碎するのに必要な標準装薬量は、大気中にあるこれらの地盤を破碎するのに必要なもののほぼ2倍であることを明らかにし、また、大きい水深下で生ずる爆破漏斗孔の特徴も示した。

3、井筒坑底爆破によりコンクリート井筒が破壊する条件を模型実験と応力解析により検討し、爆破によって井筒内に誘起された応力波により、井筒外壁上に生ずる引張応力の最高値がコンクリートの動的引張強さに達したとき、はじめて井筒内に可視的なき裂が発生し、井筒が破壊することを確かめた。

4、上記のような基礎研究の成果に基づき、爆破実施時の井筒刃先と爆破対象地盤との相対関係に応じた最適の井筒坑底爆破の設計法を提案した。その主なものは、井筒に被害を与えない限界装薬量の計算方法およびこの限界装薬量のもとでの最小抵抗線の決定法である。さらに、この設計法を実際に送気式井筒沈下工法により開さくされている立坑の坑底爆破に応用し、しばしば現われた硬質地盤を突破し、深さ200m というこの工法では最深の立坑の開さくを成功させ、設計法の妥当性を確かめた。

5、深い水中で、しかも井筒の刃先から至近距離の所で爆破を安全にかつ確実に行ないうるために、穿孔および火薬類の装填装置、刃先下掘越測定装置など、必要とする機器の開発や改良を行ない、井筒坑底爆破の施工に寄与した。

これを要するに、この論文は、空間的にも、井筒の安全の点からも、きわめてきびしい条件のもとで実施する必要のある井筒坑底爆破について系統的な研究を行ない、合理的な設計法を提示するとともに、その妥当性を確かめ、さらに施工上必要な機器の開発・改良を行ない、特殊条件下の水中爆破に対し多くの指針を与えた。なお、このような水中爆破による掘さくは、今後海洋開発が盛んになるにつれてその重要性が高まってくるが、この研究で得られた成果はその際に生ずる類似の問題の処理に対しても応用しうるものと考えている。よって、この論文は、学術上はもとより工業上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。