

氏 名	ご とう よう ぞう 後 藤 洋 三
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 2693 号
学位授与の日付	平 成 5 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	地震時における地中構造物間の相互作用に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 山田善一 教授 土岐憲三 教授 亀田弘行

### 論 文 内 容 の 要 旨

最近土地利用の高度化にともない地下あるいは半地下に構造物を建設する機会が多くなった。地下の構造物は、地上のそれに比べ、耐震性に優れているといわれているが最近のように多くの重要な構造物が複雑に建設される状態では、それらの耐震性について十分な検討が必要である。本研究は、地下構造物群の地震応答特性の特徴と複数の地中構造物の存在が回りの地盤の地震応答特性に与える影響を明らかにし、より合理的な地中構造物の耐震設計法の確立を目指して行なった研究を纏めたもので、5章から成っている。

第1章は序論であり、本研究を行なった背景について解説し、本研究の目的と論文内容の構成について説明している。

第2章では、円筒型半地下式タンク群を取り扱っている。タンクの大きさは半径と深さがそれぞれ数十メートルでその大部分が地表面から下に構築されており、回りの地盤は軟らかい沖積地盤か埋め立て地盤の場合で、内容物は原油か液化天然ガスである。まず最初に単一の半地下タンクを採り上げ、地盤の歪とタンクの側壁の応力について、地震応答観測、模型振動実験、ならびに数値解析により基本的な地震応答特性を検討している。ついで半地下タンク群について、群設が地震応答特性に与える影響を実験的に求めた後、数値解析と、地震観測データを用いて、実験結果の一般性を検証している。特にタンク群の間の歪みについて群としての特徴を新しく見出した。最後に半地下タンクに関する現行の耐震設計法との関連性を検討し、群設の影響を設計にとり入れる方法を提案している。

第3章では、併設されたトンネルについて考察している。トンネルは道路あるいは鉄道用の比較的大きい断面のもので、都市内の軟弱地盤にシールド工法により建設されたものである。大都市の中心部ではこのようなトンネルが輻輳して建設されており、トンネルの位置関係は千差万別であるが、ここでは最も基本的な上り、下り2本のトンネルが平行して建設される場合を考え、群としての応答が顕著に現れる、トンネル軸と直角方向の地震応答特性を検討している。まず最初に実地盤材料を用いた大型の模型振動実験によって併設の影響をパラメトリックに調べている。次に地盤応答の非線形性をとり入れた有限要素法に

より解析し、実験結果を検証している。さらに有限要素法を用いた解析結果を用い、パラメータスタディを行うことによって、軟弱地盤内に建設されるシールドトンネルの併設の影響を考慮した耐震設計法を提案している。

第4章では、群坑基礎を取り扱っている。ここでは実際のLNGタンクや橋梁基礎における群坑基礎で実施した地震観測結果と起振機実験結果を示し、有限要素法及び薄層要素法により解析を行った結果と比較して実測結果を検証している。つぎにパラメトリックな解析を行った結果から、周辺地盤や坑間地盤と群坑の動的相互作用の特徴を考察した。坑本数の多い群坑基礎の解析方法を検討した結果、群坑効果は坑の本数 $N$ に対し、ほぼ $1/N^{0.3}$ に比例し従来考えられていた $1/\sqrt{N}$ より大きいことを明らかにするとともに、何百本もの群坑基礎の地震応答を比較的簡単なモデル化により解析する方法を示している。

第5章はむすびで本論文で得られた結果をまとめて示すと共に、今後の課題について述べ、特に液状化の研究の重要性を強調している。

### 論文審査の結果の要旨

都市や工業地帯では、多くの地下構造物が複雑に建設され、これらの構造物は高度に耐震的であることが要求される。本研究は地下構造物として、群設された半地下タンク、シールドトンネル、大規模群坑を採り上げ、模型振動実験、地震観測、現地振動実験、数値解析によってこれらの複数地中構造物と地盤の動的相互作用について考察した結果をまとめたもので、得られた主な結論は次のとおりである。

1. 群設された半地下タンクでは、タンク-地盤-タンク間の相互作用の影響により、タンク側壁に偏土圧が作用し、タンク側壁の円周方向に2次あるいは3次の変形モードによる曲げモーメントが発生すること、またこの影響はタンク間の距離が短くなるほど著しいことを明らかにした。

2. 群設された半地下タンクのタンク間の地盤は、比較的高い振動数域で大きい応答となり、耐震設計として連成系震度法が有用であることを示した。

3. 併設トンネル軸直角方向の地震応答特性は履工の剛性に影響され、履工に適切な剛性が与えられれば併設の影響を小さくできることを示した。特に大口径のシールドで履工の剛性を大きく採れない場合に対し、トンネル間地盤のひずみの増加に対する対策の必要性を示した。

4. 地下構造物が増えることにより、地表の地震応答が変化することから、地下構造物の建設密度に一定の制約が必要であることを示した。

5. 坑本数の多い群坑基礎の解析方法を求め、群坑効果は坑の本数が多くなれば、従来から用いられた値より大きいことを示し、杭頭部に現れる地震の影響を設計にとり入れる方法を明らかにした。

以上要するに本論文は、各種の地下構造物がそれぞれ群設される場合の地震応答を考察し、これらの相互作用を実際の耐震設計にとり入れる方法について研究した結果をまとめたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成5年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。