既設地中構造物を用いた耐震実験

大地震力が作用した場合の耐震性能評価

A Cyclic Loading Test Using an Existing Underground Structure

Evaluation of Seismic Performance against to Major Seismic Forces

（土木建築部　原子力土建G）

設計を越える大きな地震力を想定した場合、重要な構造物はその要求される機能が維持できるかということが問題となる。しかし、特に地中構造物については、機能維持のための照査手法が研究段階にあり、また実物を用いた実験の実績も見あたらず、照査結果と実際の耐震性能の関係は不明な点が多い。このため実際の耐震性能を確認する事を目的に、実構造物を用いた耐震実験を実施したので報告する。試験体として実際に使用されてきた構造物を用いたことが、この実験の大きな特徴である。

(Nuclear Power Plant Civil and Architectural Engineering Section, Civil and Architectural Engineering Department)

We are not sure whether important structures can still perform the required serviceability when subjected to the seismic forces greater than the design one. At present, techniques for checking the safety during the earthquake of underground structures are under investigation. Without data from experiments using actual structures, we have lacked concrete grounds for confirming the relationship between the results of checks and the actual seismic performance. To gain data on the actual seismic performance of structures, therefore, we have conducted an earthquake-proofing test using an actual structure which has been used.

1 目的および背景

兵庫県南部地震以降、重要な構造物（特に橋梁等）については、材料の許容応力を越えるような大きな地震力が作用した場合、塑性状態を考慮した耐震性能照査手法の具体的方法が、示方書に盛り込まれている。しかし、地中構造物については提案はされているものの、未解明な部分が多く研究段階である。また、実構造物を用いた耐震実験の実績はなく、塑性域での実構造物の挙動および破壊過程については明確になっていない。

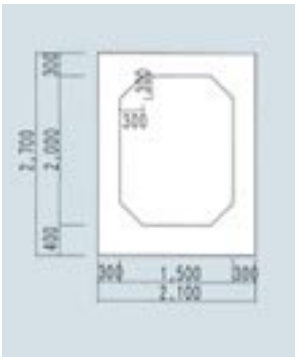
そこで、実構造物の耐震性能を確認するとともに具体的耐震照査手法を確立するための基礎データ取得を目的に、耐震実験を実施した。

2 耐震実験の概要

(1)実験に使用した構造物の概要

①実際に現地で建設し、約13年間供用された海水排水路である。

②構造は、外形幅2.1m、高さ2.7mの1連ボックスカルバートである。（第1図）



第１図　試験体構造図

第１表　主鉄筋の配置

	外側	内側
頂 版	D16	D13
側 壁	D16	D13
底 版	D16	D13
かぶり	7cm	10cm

鉄筋間隔はすべて15cm

(2)現地からの切り出し

あらかじめRCレーダーにより鉄筋位置の調査を行い、ワイヤーソーイング工法により奥行き1mに切断を行った。切り出しに先立ち、目視による調査を実施したが、試験体は13年間使用されてきたにもかかわらず、構造上有意なひび割れや鉄筋の錆などは見られず、健全な状態であった。

(3)実験方法

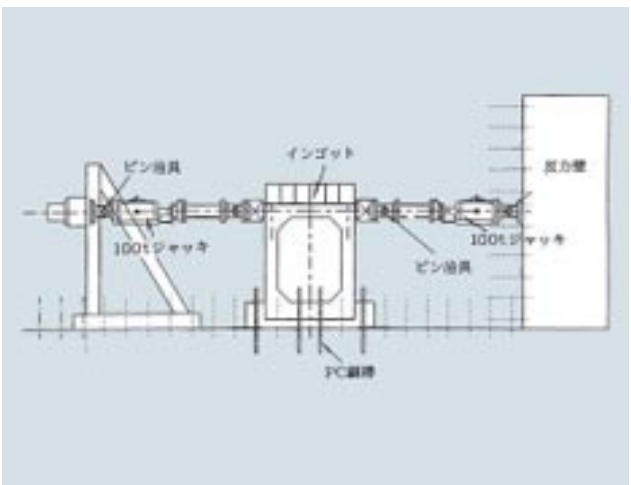
地震時には、構造物周辺地盤が水平方向に変形するため、これを考慮して試験体にせん断変形を与える。

①底面はPC鋼棒により床面に完全に固定する。

②水平荷重は、試験体左右に配置した100tジャッキにより頂版に交番載荷する。

③鉛直荷重は、設計荷重である土かぶり1mに相当するインゴット（おもり）を頂版に載せて載荷（等分布荷重）する。

実験方法の概要を第2図に示す。



第２図　実験方法概要図

④載荷スケジュール

水平方向の載荷は変位制御により行い、水平変位2.3mmから順次変位を増やしていき、92.5mmを最大として、破壊に至るまで実施した。同一変位は2.3mmが正負1回、それ以降は正負とも2回とした。

3 耐震実験結果

(1)実験結果

実験において試験体頂版中央で計測された荷重と変位の関係を第3図に示す。

頂版の水平変位が18.5mm（層間変形角1/100rad）に達したところで構造物が耐えられる荷重（以下「耐力」という）は386kNで最大となった。ここから水平変位が増加するにつれ徐々に耐力が低下し、水平変位55.5mm（1/33rad）で左側壁下端部付近にせん断ひび割れが発生した。さらに変位を加え水平変位74mm（1/25rad）1回目載荷時にひび割れが開き、耐力も最大の6割以下に低下したため破壊と判断し、実験を終了した。実験終了後も上載荷重は保持していた。

(2)実験結果に関する検討

実験結果を考察するため、以下のような条件に基づき、簡易的な計算により試験体が保有する耐震性能について検討を実施した。

①ひび割れ発生状況から、ハンチ部分全体を剛域として仮定した骨組みモデルにより実施した。

②建築学会の手法である荷重増分法を用い、塑性域をターゲットとして剛性は一律初期剛性の10%に低下させた。曲げ耐力およびせん断耐力算定式についても建築学会の基準を用いた。

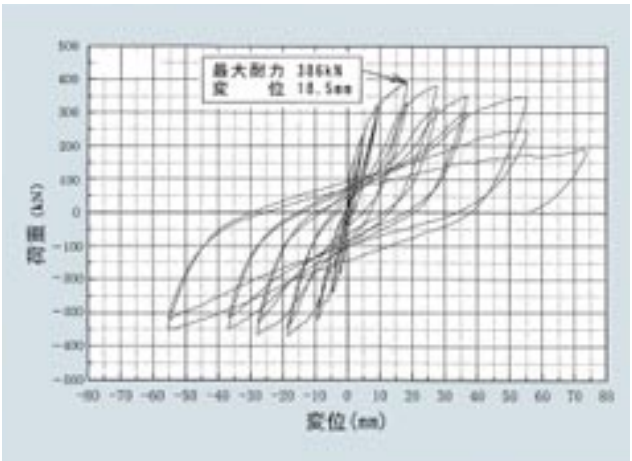
③材料の物性値は、あわせて実施した要素試験結果を用いた。

計算結果と実験結果の比較を第4図に示す。

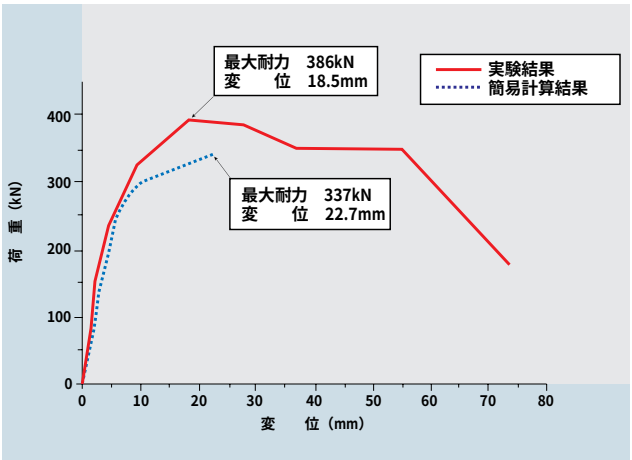
(3)まとめ

①最大耐力は、塑性状態を考慮した簡易計算値を2割程度上回っている。このことは従来の設計基準による照査は安全側の結果を与えるものといえる。

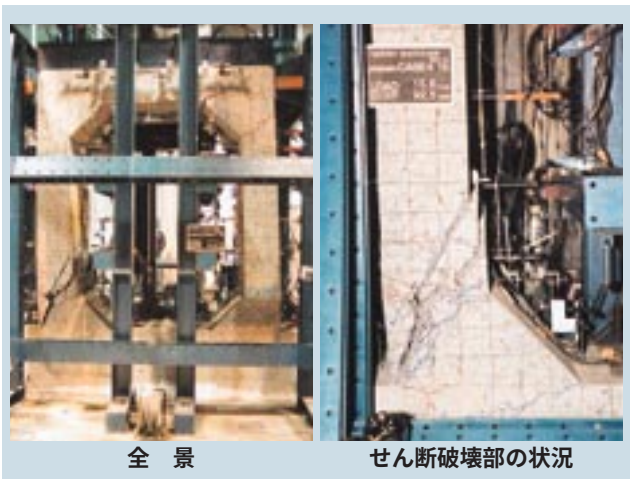
②損傷をどこまで許容するかの議論はあるが、実験に用いた構造物は、74mm程度の相当大きな地震による地盤変形が作用したとしても、その通水機能は維持されるものと考えられる。



第３図　頂版中央における荷重－変位曲線



第４図　計算結果と実験結果の比較



第５図　実験後の試験体の状況

4 今後の展開

(1)実験結果を精度良くシミュレートできる解析手法の検討。

(2)簡易計算手法の構築と構造形式の異なる構造物への汎用性の拡大。

執筆者／橘　泰久
Tachibana.Yasuhisa@chuden.co.jp