

等辺角形プレストレストコンクリートパイプを用いた自立式擁壁の耐震性能評価

東京都市大学大学院 学生会員 ○田村信二 フェロー 吉川弘道
日本コンクリート工業(株) 正会員 薄葉信一 都築洋平 山岸健治

1. 研究背景・目的

等辺角形プレストレストコンクリートパイプはPCプレキャスト部材として優れた構造特性を有し、擁壁、護岸、橋台基礎など多種多様な構造物に使用されてきた。近年では、土木構造物の設計方法は仕様設計から性能規定型の設計方法に移行しつつあるが、等辺角形プレストレストコンクリートパイプが主要部材となる構造物の性能規定型の耐震設計法は未だ確立されておらず、震度法による静的照査により設計されているのが現状である。そこで本研究では、等辺角形プレストレストコンクリートパイプの構造特性を踏まえたうえで、耐震設計法の提案を行うことを目的とし、その基礎的研究として、現在供用されている等辺角形プレストレストコンクリートパイプを用いた自立式擁壁の耐震性能評価を行った。

2. 解析概要

2.1 解析対象

本研究で対象とする部材は、等辺角形プレストレストコンクリートパイプである(図-1 参照)。特徴として、仮設山留めが不要、従来の工法と比較して工期の短縮が可能、PC鋼線を主に緊張材に使用している高強度プレストレストコンクリートのため曲げ剛性が大きく部材変位が小さいといったことが挙げられ、1970年以来多種多様な構造物に使用されてきた²⁾。

2.2 解析モデル

三次元有限要素法プログラム「Engineer's Studio」を使用して、図-2に示す自立式擁壁のモデル化を行った。解析方法は荷重制御によるプッシュオーバー解析であり、得られた結果より耐震性能評価を行った。なお、本モデルでは部材断面を微小区間に分割し、それぞれの区間に応力-ひずみ関係を与えて部材の非線形性を考慮するファイバーモデルにてモデル化を行っている。

2.3 解析条件

解析に用いたコンクリートおよびPC鋼材の設計定数を表-1に、作成したモデルを図-3に示す。また、プッシュオーバー解析では、荷重割増係数 $\alpha=0.01$ を乗じた主働土圧を荷重として500ステップ漸増载荷し、各ステップの荷重と天端の変位を用いて荷重-変位関係を算定した。なお、荷重割増係数 $\alpha=1.00$ のときが設計荷重である。また、荷重-変位関係の算定の際に、分布荷重を(1)式により集中荷重に置換して算定を行っている。

$$P = \int_z^0 W(z) dz \quad (1)$$

ここで P : 集中荷重(kN), W : 分布荷重(kN/m), z : 深さ(m)である。

キーワード: 等辺角形プレストレストコンクリートパイプ, 自立式擁壁, 耐震性能, プッシュオーバー解析

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学大学院 都市工学専攻 吉川研究室 TEL 03-5707-0104



図-1 対象部材

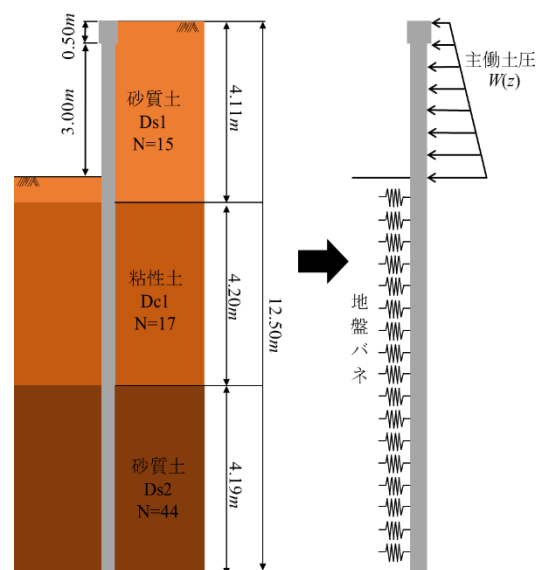


図-2 解析対象

3. 解析結果

プッシュオーバー解析の結果より、常時の主働土圧を作用させた場合の荷重-変位関係を図-4 に、レベル 2 地震時の主働土圧を作用させた場合の荷重-変位関係を図-5 に示す。また、荷重割増係数 $\alpha=1.0$ の時の曲げモーメント図を図-6 に示す。

図-4 より常時の主働土圧に荷重割増係数 $\alpha=5.00$ を乗じた場合、すなわち常時作用する主働土圧の 5 倍の荷重を載荷しても部材の損傷はひび割れのみとなり、荷重-変位関係もほぼ線形となっている。また、図-5 よりレベル 2 地震時の主働土圧に荷重割増係数 $\alpha=3.00$ 、すなわちレベル 2 地震時の主働土圧の 3 倍の荷重を載荷しても荷重-変位関係は線形であり、変位も設計時に考慮する許容変位よりも小さく、4 倍程度の荷重を与えた際に PC 鋼材が降伏し、終局状態となった。

さらに、図-6 より荷重割増係数 $\alpha=1.00$ を乗じた場合の常時、レベル 2 地震時の曲げモーメントもひび割れモーメント ($M_{cr}=158\text{kN}\cdot\text{m}$)、終局モーメント ($M_u=264\text{kN}\cdot\text{m}$) よりも小さく、部材の損傷は生じていない。これは、部材にプレストレス力作用させるために高強度 PC 鋼線を多数配筋してあることと、コンクリートの圧縮強度も 60N/mm^2 と高強度であることから、部材の曲げ剛性が非常に高いことが原因であると考えられる。以上のことより、対象構造物となる自立式擁壁は耐力的にはレベル 2 地震動にも耐え得る性能を有していることが分かる。しかしながら、本例の場合、耐力的には余裕があるが、天端変位と天端変形角についての検討も必要である。また、塑性ヒンジのモデル化、震度増分法や動的応答解析との比較、など、今後の課題とする。

4. まとめ

本研究では等辺角形プレストレストコンクリートパイルを用いた自立式擁壁の耐震性能評価を行うために、プッシュオーバー解析を実施した。得られた結果より、レベル 2 地震時の主働土圧の 3 倍の荷重を載荷しても損傷はひび割れのみであるため、耐力的にはレベル 2 地震動に耐え得る性能を有していると考えられる。今後は、天端変位や動的応答についても検討し、耐震性能評価を行う。

参考文献

- 1) PC-壁体工業会：PC-壁体の設計・施工マニュアル，PC-壁体工業会，2005
- 2) 日本コンクリート工業株式会社 HP <https://www.ncic.co.jp/>
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，丸善出版，2012
- 4) 日本道路協会：道路土工—擁壁工指針，丸善出版，2012

表-1 材料定数

コンクリート	圧縮強度	f_{ck}	(N/mm^2)	60
	引張強度	f_{bt}	(N/mm^2)	5
	弾性係数	E_c	(kN/mm^2)	40
PC 鋼材	降伏点	σ_{pry}	(N/mm^2)	1275
	引張強度	σ_{pru}	(N/mm^2)	1420
	弾性係数	E_{pr}	(kN/mm^2)	200

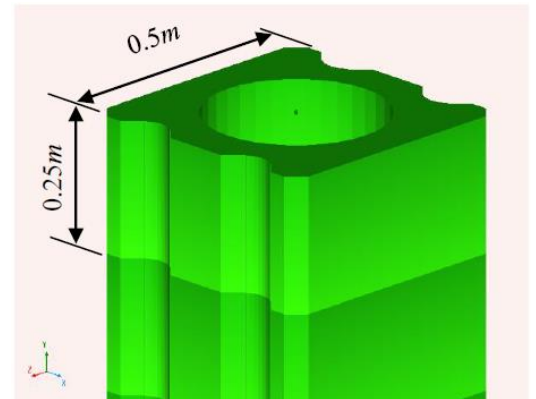


図-3 作成モデル

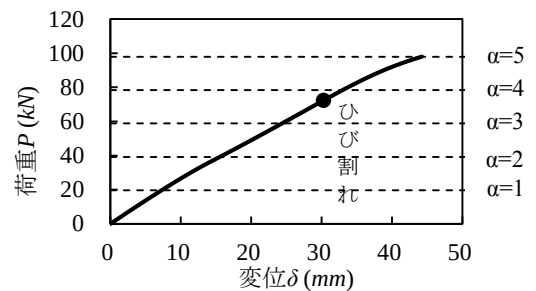


図-4 荷重-変位関係(常時)

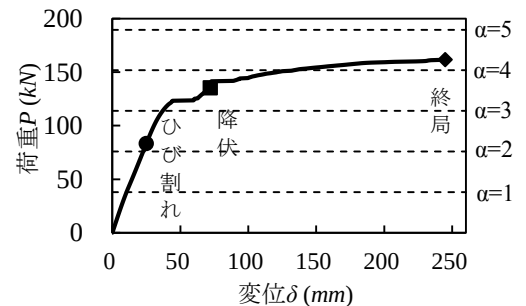


図-5 荷重-変位関係(レベル 2 地震時)

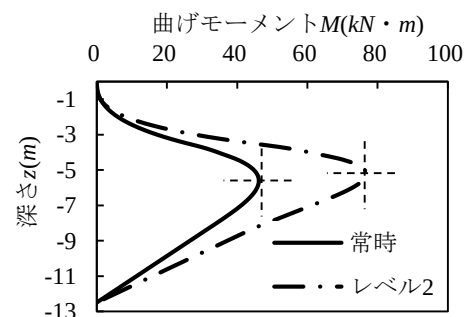


図-6 曲げモーメント図($\alpha=1$)