

PC-壁体を用いた自立式擁壁の設計ノモグラムの試案

日本コンクリート工業(株) 正会員 ○伊藤 康宏 山下 悠貴 薄葉 信一
 東京都市大学 フェロー 吉川 弘道

1. 目的

PCaPC 部材である PC-壁体は、主に自立山留め式構造の道路擁壁として使用されており、地震直後には緊急輸送道路としての役割が求められる主要幹線道路の擁壁として採用される場合がある。

本研究では、既往の研究で実大実験との解析結果の整合性が確認されている 3次元有限要素法 (FEM) 解析プログラム「Engineer's Studio®」を用いて、PC-壁体の非線形性を考慮したパラメトリックスタディを行い、災害時の設計ツール (設計ノモグラム) を提供することを目的とした。

2. 解析モデルと解析条件-1

今回、3次元有限要素法 (FEM) 解析プログラムにて解析を行う自立山留め式道路擁壁の断面モデルは、砂質土地盤を対象に比較的規模の大きな擁壁を想定し (図-1)、解析モデルは梁-バネモデルを採用した。また、解析方法は荷重制御によるプッシュオーバー解析とし、部材の損傷レベルと水平震度との関係より耐震性能を評価した。

なお、本モデルでは、部材断面については非線形性を考慮したファイバーモデル、設計地盤面以深の地盤については受働土圧を水平地盤反力度の上限値としたバイリニア型の弾塑性モデルを採用した。

次に、今回の解析に用いたコンクリート及びPC鋼材の設計定数を表-1、部材の断面モデルを図-2 に示す。ここで、荷重については、水平震度をパラメーターとした地震時主働土圧を採用し、震度増分法により部材が終局状態になるまで载荷を行った。

また、各断面 (□500~□900)、プレストレス量 (A~C 種)、荷重状態 (常時・地震時)、地盤条件、地下水位をパラメーターとしたパラメトリックスタディを行った。

3. 解析結果

(1) 自立山留め式擁壁解析結果

まず、現行の耐震設計 (線形解析) で適用となる □800C における天端水平変位 δ と水平震度 k_h の関係を図-3、各損傷時の水平変位と曲げモーメントを図-4 に示す。図-3 より、L2 地震時での設計水平震度 ($k_h=0.20$) では損傷は起こらず、天端変位量も $\delta=48.1\text{mm}$ と現行の耐震設計で用いている許容値 ($\delta_a=50\text{mm}$) 以内となった。また、ひび割れが発生した水平震度は L2 地震時の水平震度 ($k_h=0.20$) より大きい水平震度 ($k_h=0.22$) であり、天端変位量は $\delta=54.7\text{mm}$ であった。



写真-1 適用事例 (千葉県)

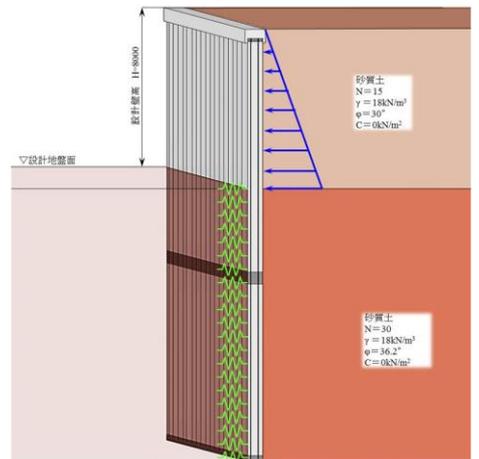


図-1 擁壁断面モデル

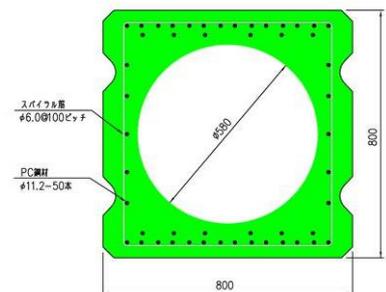


図-2 部材断面モデル (□800-C 種)

表-1 材料設計定数

コンクリート			PC鋼材		
項目	設計定数		項目	設計定数	
圧縮強度	f_{ck}	N/mm^2	鋼材径	ϕ	mm
引張強度	f_{td}	N/mm^2	断面積	a_p	mm^2
ヤング率	E_c	N/mm^2	降伏強度	f_{py}	N/mm^2
終局圧縮ひずみ	ϵ_{cu}		引張強度	f_{pu}	N/mm^2
クリープ係数	ϕ		ヤング係数	E_p	N/mm^2
圧縮ひずみ	ϵ'_{cs}	200×10^{-6}	リラクゼーション	r	7

キーワード PCaPC 部材, PC-壁体, 自立式擁壁, 耐震性能, プッシュオーバー解析, ファイバーモデル

連絡先 〒108-8560 東京都港区芝浦 4-6-14 日本コンクリート工業(株) 都市基盤製品開発部 TEL03-3452-1037

次に、同一解析モデルでの断面サイズによる影響を把握するため□500Cについて解析を行った。

□500Cにおける天端水平変位 δ と水平震度 k_h の関係を□800Cと同様に図-3に示す。図-3より、□500CにおいてはL2地震時での水平震度 ($k_h=0.20$) より小さな震度 ($k_h=0.06$) でひび割れが発生し、天端変位量は $\delta=54.6\text{mm}$ となった。□800Cと□500Cの各損傷時の解析結果を比較すると、

- ・天端変位量 δ の比 ($\delta_{\square 800} / \delta_{\square 500}$)
ひび割れ:1.00, 降伏: 0.96, 終局:1.03
- ・水平震度 k_h の比 : ($k_{h\square 800} / k_{h\square 500}$)
ひび割れ:3.45, 降伏: 3.27, 終局:3.33

となり、天端変位量 δ の比は、全ての損傷時においてほぼ同等の値であったが、水平震度 k_h の比は全ての損傷時において3倍以上の値となった。この各損傷時の水平震度の影響については、曲げ剛性の差 (EI比: 4.08) が大きく影響しており、今回対象とした擁壁の規模では、水平震度 $k_h=0.14$ において□500Cは終局状態となり、L2地震時の設計水平震度 ($k_h=0.20$) は適用外であることが分かった。

(2) パラメトリックスタディ結果

前記の解析結果より、L2地震時の耐震性能2を「コンクリートの引張縁応力 \leq ひび割れ発生応力度」と定義し、断面(5)並びにプレストレス量(3)、荷重状態(2)、地盤条件(1)、地下水位条件(2)をパラメーターとした計60ケースの解析を行った。

図-5に解析結果をまとめたノモグラムを示す。図-5より、PC-壁体の各断面・種別による限界壁高が明確になり、設計条件により適用可能となるPC-壁体を迅速に選定できることから、パラメーターを増やし、様々な設計条件に対応できる設計ノモグラムを作成することを今後の課題とする。

4. まとめ

- ① PC-壁体・地盤の塑性化を考慮した非線形解析により、現実的かつ合理的な設計が可能となることが確認できた。
- ② パラメトリックスタディ結果により、設計ノモグラムの作成が可能であることが確認できた。
- ③ この設計ノモグラムを活用することにより、現在懸念されている大地震等の災害時に迅速な設計計画を提案することが可能となる。

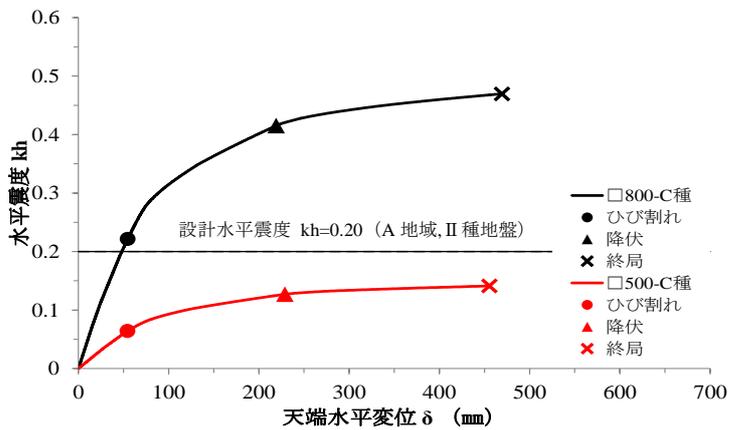


図-3 解析結果1 (水平震度 k_h - 天端水平変位 δ)

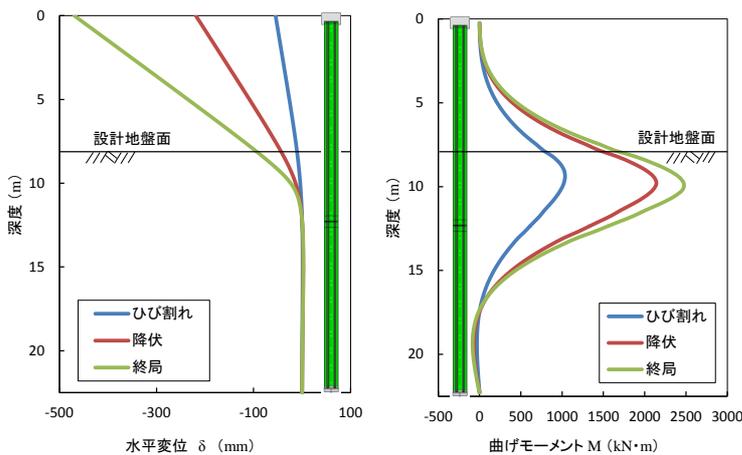
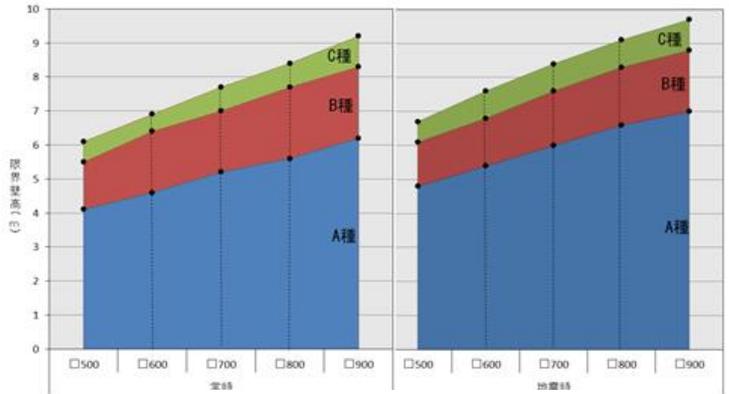


図-4 解析結果2 (□800-C種)



砂質土・背面水位なしの場合

図-5 設計ノモグラム (一例)

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路土工構造物技術基準 2015
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編, IV下部構造編, V耐震設計編 丸善出版 2012
- 3) 日本道路協会：道路土工一擁壁工指針, 丸善出版 2012
- 4) PC-壁体工業会：PC-壁体設計・施工マニュアル, PC-壁体工業会 2005
- 5) NCTCU 研究会：PC壁体曲げ試験結果報告書, NCTCU 研究会 2015
- 6) 土木学会：PCaPC部材の実大実験と非線形プッシュオーバー解析による適用性の検討, 土木学会全国大会 2016