

複雑な形状のプレキャストブロックを使用した構造物の簡易設計法について

平和コンクリート工業（株） 正会員 ○柳澤 あすか 松原 伸之
名古屋大学大学院 正会員 中村 光 学生会員 玉野 慶吾

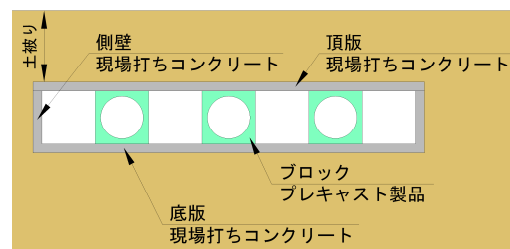
1. はじめに

近年、熟練技術者の減少や労働力の慢性的な不足等により構造物のプレキャスト化が進み、このような現状を背景に多種多様な製品が日々開発されている。これらの製品の中には従来の簡略モデル化しやすい形状とは異なり複雑な形状を持つものもある。こうした複雑化した形状のプレキャスト製品は形状的な利点があると同時に構造解析を行う際にはモデル化が難しく多くの労力と時間を必要とする。

そこで、本研究では応答変位法による解析が必要となる地中構造物¹⁾を取り上げ、一般の土木設計業務で使用される3次元フレーム計算用の汎用ソフト(以下 FRAME と呼ぶ)による構造計算と3次元 FEM(以下 FEM と呼ぶ)による形状が複雑化したプレキャストコンクリート製品の挙動解析を組み合わせた簡易な設計法について検討した。

2. 対象構造物

検討では図-1 に示すような地中構造物を想定し、現場打ちコンクリートで造られる底版、側壁、頂版とその中に柱部材としてプレキャストコンクリートブロック(以下ブロックと呼ぶ)を配置した構造物とした。また使用されるブロックは図-2 に示すような曲線部を有する形状を採用した。なお想定した地中構造物は、一般には多くのブロックが配置されて大空間を有する構造物であるが、本検討では簡単のため3つのブロックが置かれた場合を主な検討対象とした。



構造物諸元		単位:mm		
	頂版	底版	側壁	離隔
厚み	350	300	300	1500

図-1 対象構造物

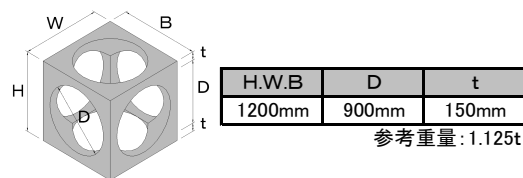


図-2 プレキャストコンクリートブロック

3. 簡易解析法の概略

対象とする構造物は、RC 部材である底版、側壁、頂版については FRAME で容易にモデル化できるが、ブロック単体を FRAME でモデル化するには部材数が多く、断面形状も常に変化するため、モデル化が難しく、図-3(a)に示すように線要素でモデル化するためには、多数の要素が必要となる。そこで簡易解析法は、図-3(b)に示すように平面内に対し2本の線要素でブロックをモデル化し、FRAME モデルによる構造計算を簡略化する。そのようなモデル化をする場合、ブロックの部材をモデル化した線要素の力学特性(軸剛性 EA, 曲げ剛性 EI)をどのように与えるかが問題となる。本検討では、図-4 に示すように対象とする構造物を FEM でモデル化し、FEM と FRAME の結果が等しくなるような線要素の等価剛性(EA, EI)を決定することとした。

決定した等価剛性を用いることで FRAME モデルにより、複雑化した形状のプレキャスト製品が配置された構造物の応答値を簡易に求めることが可能になる。FRAME モデルにより得られた結果に対し、底版、頂版、側壁は RC

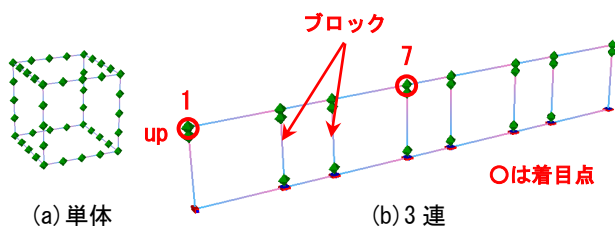


図-3 FRAME モデル

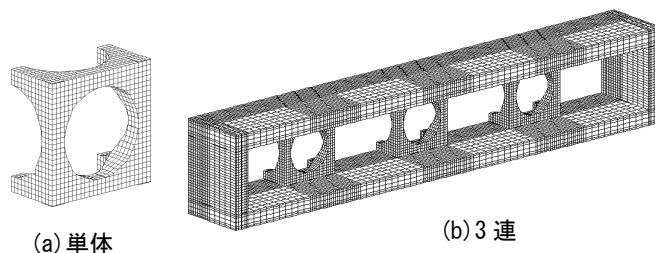


図-4 FEM モデル

キーワード 簡易設計法, プレキャスト, 構造性能, FEM, 汎用ソフト

連絡先 〒454-0911 愛知県名古屋市中川区高畑 5-34-7 平和コンクリート工業株式会社 TEL052-362-1922

部材であるため、一般的な方法で照査をすることができる。一方、ブロックの照査は、FRAME で得られたブロック部の節点変位を利用し、ブロック単体をモデル化した FEM モデルにより照査する。

4. 等価剛性モデルの決定と FRAME モデルの適用性

図-3、図-4 の FRAME モデルおよび FEM モデルにおいて、底板下端の鉛直方向を固定し、水平方向は左端のみを固定した境界条件に対し、土被りが 2.0m を仮定し、頂版に上載土圧を側壁に静止土圧を作用させた後、左端上部（図-3 の点 1）に水平荷重を作用させていった。両者の結果が等しくなるように求めた線要素の等価剛性を用いた場合の、FRAME モデルおよび FEM モデル比較を図-5 に示す。図-5 は図-3 中の水平荷重作用点 1 と構造物中央部付近の点 7 での水平方向の変位の比較を示している。FEM モデルと応答がおおむね等しくなるような、等価剛性を求められることが分かる。

対象とした構造物の設計をする場合土被りは、様々である。そこで決定した等価剛性を用い、土被りを 0.1m, 4.0m に変化させた解析を行った。図-6 に土被りを変化させた場合の荷重－変位関係を示す。土被りが変わった場合でも、FRAME モデルの結果は FEM モデルとおおむね一致しており、同一の等価剛性を用いて土被りが異なる場合にも適用できることが分かる。

3 個のブロックを用いた場合の検討結果を示したが、対象とする構造物は一般には多くのブロックが配置される。そこで、土被り 2.0m の場合で、ブロック間隔は同様にしてブロックが 6 個配置されたモデルを作成し、FRAME モデルと FEM モデルの比較を行った。図-7 に FEM と FRAME の 3 連モデルと 6 連モデルの荷重－変位関係を示す。図より 6 連モデルの場合でも FEM と FRAME の結果はほぼ等しいことが分かり、これにより一般の大きな構造物規模でも決定した等価剛性を用いて本解析法が利用可能であることを確認した。

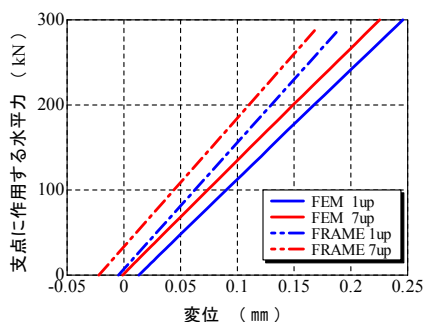


図-5 着目点別の水平方向荷重－変位関係

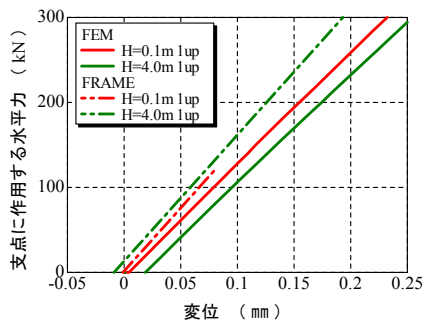


図-6 土被り別の水平方向荷重－変位関係

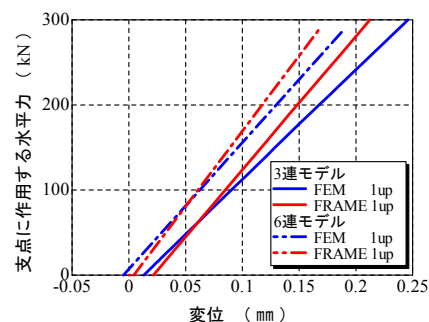
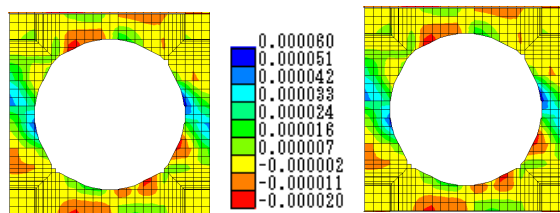


図-7 モデル別の水平方向荷重－変位関係

5. ブロックの照査

FRAME では底板、側壁、頂版は RC 部材であるため性能照査が可能であるが、ブロック単体の応力・ひずみ状態を評価できない。そこで、ブロック単体を FEM でモデル化し、FRAME 解析から得られたブロック位置の節点変位をブロック単体モデルに与えて、ブロックを照査することとした。図-8 に FRAME 解析の結果を用いたブロック単体および構造全体を FEM でモデル化した場合に得られたブロックの主引張ひずみのコンター図を示す。両者はおおむね一致しており、ブロック単体の FEM モデルを作っておけば、本方法によりブロックの局所挙動を精度良く評価できる。



(a) ブロック単体

(b) 構造中のブロック

図-8 FEM 解析でのコンター図

6. まとめ

形状が複雑化したブロックを使用した構造物の構造解析における設計の合理化を図る目的で FEM と土木一般の汎用ソフトを使用した簡易設計法を検討した。その結果、ブロックを 2 本の矩形断面に置き換えて構造全体の挙動を評価し、かつ FEM 解析により全体構造の中のブロック単体の挙動を評価する手法を確立できた。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ 駐車場設計施工指針・同解説