

空洞コンクリートブロックの力学的特性

(株)リタ総合企画 正会員 ○木村 泰三
九州共立大学 正会員 前田 良刀
九州共立大学 正会員 烏野 清

1. はじめに

近年、都市のリスク管理として、多目的空間利用を前提とした雨水貯留、洪水調節、防火用水確保ならびに雨水の地下水涵養の土木施設のニーズが高まっている。一方、経済活動の基盤である道路建設に目を転じれば、軟弱地盤上及び山間地の傾斜地盤上の道路建設の要求も多い。又、経済性及び施工性の面から、コンクリート工場製品の積極的利用も現在の土木工法の大きな方向性であると言える。

上記土木施設に対し、立方体コンクリートブロックの内部を空洞とした構造体のプレキャスト部材の軽量性及び空隙率の高い特徴を活かし、それを積み上げることにより、貯水施設及び基礎や抗土圧構造物などへの多岐にわたる応用が考えられる。

本文は、軽量性及び空隙率の高さが要求される上記工法の構成素材である空洞コンクリートブロックにおいて、土圧や水圧等が作用した場合の基本的な力学特性を検討したものである。まず、三次元FEM解析により、応力分布や破壊箇所の予測を行ない、さらに、供試体載荷試験により耐力の確認を行なった。

2. 解析供試体の概要

今回使用した空洞コンクリートブロックは、図-1に示すとおり、一辺が1.2mの立方体の内部を直径0.95mにて全面くり抜いた形状のものである。又、ブロックどうしの結合は図-2に示すように、接面長0.20mの十字ブロックにて行なう。

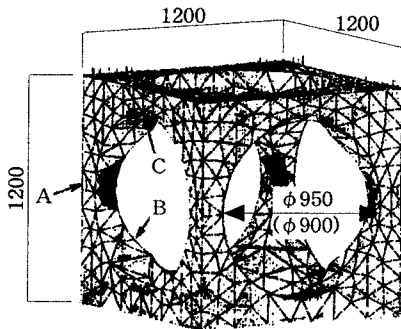


図-1 空洞コンクリートブロック (単位:mm)

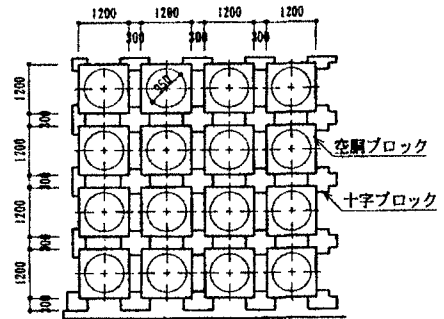


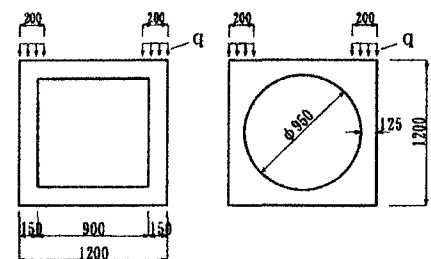
図-2 空洞ブロック接合図 (単位:mm)

3. 検討の内容と解析手法

検討の内容は、先ず、図-2に示す円筒空洞ブロック体と、それと同等の空隙率を持たせた等断面ラーメン構造体の応力値を解析し、同一荷重条件のもとでの円筒空洞ブロックの等断面ラーメン構造体に対する力学的優位性を検証する。〔比較検討〕

次に、円筒空洞ブロックの詳細応力解析を行ない、ブロックの破壊耐力を検討する。〔耐力検討〕

解析手法は、比較検討段階においては、剛性マトリックスによる平面フレーム解析を行なった後、立体フレームとしての換算を行ない比較するものとし、耐力検討段階においては、有限要素法を用いた線形解析を行なうこととする。尚、荷重は、ブロックの結合方法を考慮して構造体4隅に200mmの範囲で等分布荷重を作用させるものとする。



〔等断面ラーメン構造体〕 〔円筒空洞ブロック体〕

図-3 比較検討構造体寸法 (単位:mm)

4. 解析結果

〈比較検討〉図-3, 4に各構造体の引張応力分布図を示す。尚、図中の値は円筒空洞ブロック体の柱部引張応力を1.0とした場合の各位置での応力係数値である。等断面ラーメン構造体は、接点部で断面及び応力方向が急変し、応力の集中をもたらすため、ハンチがない場合、相当大的な応力値となる。又、柱断面には引張応力が発生せず、応力的にアンバランスな構造となっている。これに対し、円筒空洞ブロックの応力分布は、柱梁部に引張応力が分布するものの、その値は等断面ラーメン構造体の最大応力より小さい。

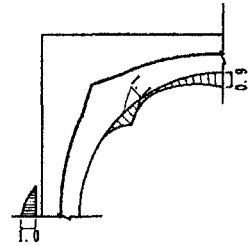
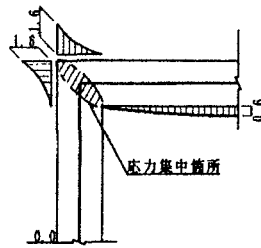


図-4 等断面ラーメン構造体の応力分布 図-5 円筒空洞ブロック体の応力分布

このように、応力の集中箇所を極力なくし、応力伝達をスムーズとした円筒空洞ブロックは、力学的に有利な形状であることが判る。

〈耐力検討〉図-1に示した図は、FEM（線形解析、要素数3088）三次元解析のモデル図である。解析結果より、柱（A部）、接点（B部）及び梁（C部）に引張応力のポイントが発生しており、その値はA：B：Cの比として、1.0：1.1：0.6である。梁の応力値が他に比較し若干小さいものの、応力発生アンバランスが少なく、構造的に有利であることが判る。

図-5は、FEM解析による最大引張主応力の値を解析した結果をもとに、円筒空洞ブロックの破壊耐力線を求めたものである。尚、使用コンクリートは、設計基準強度 500kgf/cm^2 (49N/mm^2)、ヤング係数 $3.3 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ 、ポアソン比1/6の物性値とし、破壊耐力に用いる曲げ引張強度は、 $f_{bk} = 0.9 f'_{ck}{}^{2/3} = 57\text{kgf/cm}^2$ とする。図中、横軸は載荷鉛直荷重を、縦軸は載荷水平荷重を示し、実線及び破線は、空洞内部の直径の違いによる破壊耐力を示す。

解析結果より、 $\phi 900$ の空洞ブロックは、鉛直荷重作用時に173tfの破壊耐力が、 $\phi 950$ においては、92tfの破壊耐力が推定される。又、写真-1は、 $\phi 900$ ブロックの例であるが、載荷試験装置の最大荷重80tfの荷重に対しても何らの異常も認められなかった。

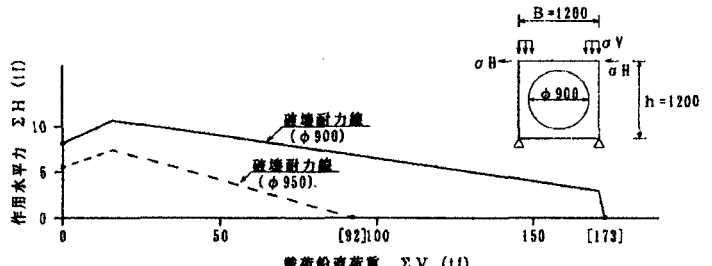


図-6 破壊耐力予測図

5. 考察

以上の解析結果をとりまとめて評価すると、以下のとおりである。

(1) コンクリートブロックの内部を円筒形にくり抜くことで、応力の集中を防ぎ、力学的に有利な断面となる。耐力的には、水圧や土圧などの荷重に対し、十分な強度を有して抵抗できる構造となり得る。

(2) 内部を円筒にくり抜いた空洞ブロックは、軽量性 (0.4tf/m^3)、空隙率の高さ (約84%) の特性を活かし、各種の土木構造物への適用においてきわめて有利であると考えられる。

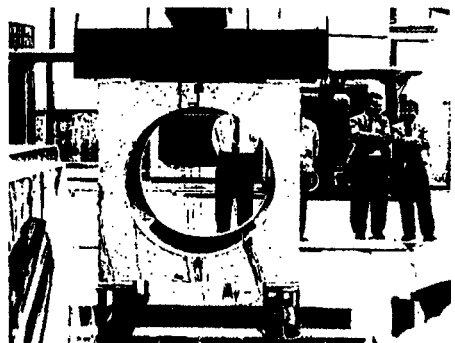


写真-1 供試体載荷試験状況