

ひび割れの発生状況が無筋コンクリート構造物の耐力に与える影響

Effect of cracks on load-carrying capacity of un-reinforced concrete structure

北海道大学大学院工学院 ○学生員 日下部 護 (Mamoru Kusakabe)
 北海道大学大学院工学研究院 フェロー 横田 弘 (Hiroshi Yokota)

1. はじめに

無筋コンクリートは、海岸堤防など防災上、国土保全上、非常に重要な機能を担っているような構造物にも用いられている。しかしながら、無筋コンクリート構造物のひび割れ発生状況に応じた構造物の健全度診断手法や保有性能の評価については、検討が進んでいない。そこで、上述のような重要な機能を担っている無筋コンクリート構造物についても保有性能の評価などを検討し、残存保有性能等を評価することが重要である。一例として、現在の海岸堤防の健全度評価基準¹⁾のひび割れの項目では、目視で確認できるひび割れ幅と本数によって評価されているが、その根拠は十分でない。本研究では、無筋コンクリート構造物である海岸堤防の胸壁を対象に劣化指標となる鉛直ひび割れの発生状況（ひび割れ幅と本数）と構造物の耐力との関係を得ることを目的とした。

2. 先行研究

本検討を進めるうえで、ひび割れ幅とひび割れ深さの関係、およびせん断応力とせん断方向の変位の関係の2点については先行研究を参考として設定した。

2.1 ひび割れ幅とひび割れ深さの関係

古谷ら²⁾が実施した海岸堤防の調査から得られたひび割れ幅 w (mm) とひび割れ深さ D (mm) の関係を表した式(1)を用いた。なお、式(1)において A は回帰係数 (0.0938 1/mm)、 B は胸壁平均厚さ(mm)である。

$$D = A(B \cdot w) \quad (1)$$

2.2 せん断応力とせん断方向の変位の関係

中村ら³⁾が実施した無筋コンクリート供試体を用いた実験的検討から得られたひび割れ面でのせん断方向の変位 δ (mm) とせん断応力 τ (MPa) の関係を表した式(2)を参考とした。なお、せん断伝達係数 k ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-(5/2)}$) はひび割れ幅によって変化し、その値を表—1に示す。

$$\tau = k\sqrt{\delta} \quad (2)$$

3. 鉛直ひび割れを有する胸壁の構造解析

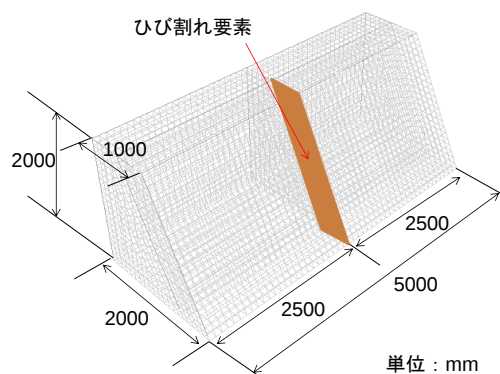
初期状態として鉛直ひび割れを有する胸壁の構造解析モデルを作成し、非線形有限要素解析を行った。モデルパターンとして、ひび割れ深さおよび本数を変化させた。また、外力は波力を模して設定した。

3.1 胸壁の構造解析モデル

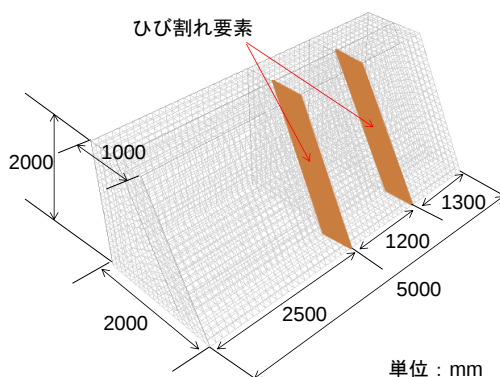
鉛直ひび割れ 1 本を有する胸壁の構造解析モデル (Model 1)を図—1に示す。また、ひび割れ本数の影響を検討するために設定した、ひび割れ 2 本を有する胸壁の

表—1 せん断伝達係数 k

ひび割れ幅(mm)	0~1.0	1.0~2.0	2.0以上
k	3.16	2.39	1.70



図—1 胸壁の構造解析モデル(Model 1)



図—2 胸壁の構造解析モデル(Model 2)

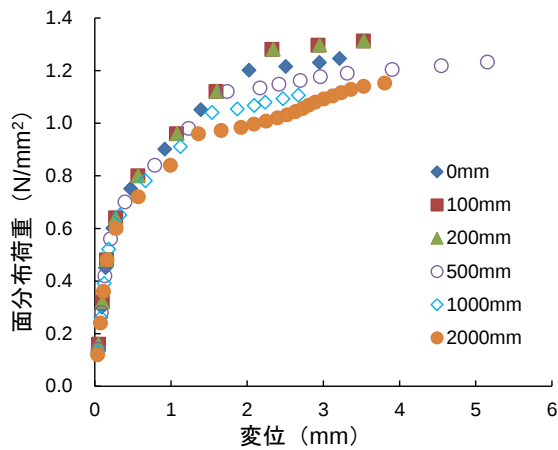
表—2 コンクリート部材の材料特性

ヤング係数(N/mm ²)	28000
ポアソン比	0.2
終局ひずみ	0.000311
せん断保有係数	0.2
圧縮強度(N/mm ²)	18
引張強度(N/mm ²)	1.8

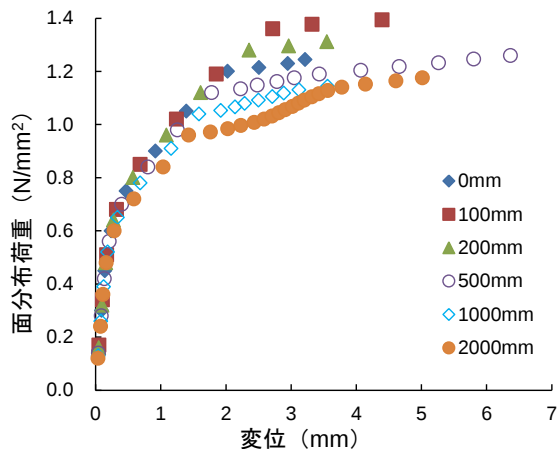
表—3 各ひび割れ深さでの k の値

ひび割れ深さ(mm)	100	200	500	1000	2000
k	3.16	2.39	1.70	1.70	1.70

構造解析モデル (Model 2)を図—2に示す。コンクリート部材を 6 面体ソリッド要素、要素サイズ 100mm でモデ



図—3 荷重—変位曲線(Model 1)



図—4 荷重—変位曲線(Model 2)

ル化した。コンクリート部材要素の材料特性を表—2に示す。载荷中に新たに発生するコンクリートのひび割れの進展については、分散ひび割れモデルにより表現した。引張軟化挙動には、線形応力カットモデル⁴⁾を採用した。ひび割れ発生に伴うひび割れ幅と引張応力の関係については線形引張軟化曲線を採用した。

ひび割れは界面要素を挿入することで表現し、要素挿入深さを変化させることでひび割れ深さの変化を再現した。ひび割れ深さは、0mm（ひび割れなし）、100mm、200mm、500mm、1000mm、2000mm（貫通）とした。また、ひび割れのせん断方向の挙動は式(2)に従うものとし、各ひび割れ深さに対応するひび割れ幅を式(1)より算出し、表—1よりせん断伝達係数 k を決定した。各ひび割れ深さの k の値を表—3に示す。

外力としては、胸壁モデル前面の半面に面分布荷重を与えた。境界条件としては、胸壁モデル底面を完全に固定した。

3.2 解析結果

前述の条件で非線形有限要素解析を破壊に至るまで行った。Model 1での荷重と胸壁隅角部の変位の関係を図—3に示す。ひび割れ深さが0mm、100mm、200mmの場合、荷重—変位曲線は概ね同等だった。破壊に至るまでの変位量にばらつきがみられたので、変位量2.7mmのときの荷重値を比較した。ひび割れ深さが0mmと

500mm、1000mm、2000mmのそれぞれの荷重値を比較すると、5%、9%、14%程度の低下がみられた。

Model 2の面分布荷重と胸壁隅角部の変位の関係を図—4に示す。ひび割れ深さが0mm、100mm、200mmの場合、荷重—変位曲線は概ね同等だった。破壊に至るまでの変位量にばらつきがみられたので、変位量3.2mmのときの荷重値を比較した。ひび割れ深さが0mmと500mm、1000mm、2000mmのそれぞれの荷重値を比較すると、5%、9%、12%程度の低下がみられた。

Model 1とModel 2を比較すると、破壊に至るまでの変位量がModel 2の方が大きくなった。一方、最大荷重に変化はみられなかった。

4. 考察

解析結果より、ひび割れ深さが200mm以下のひび割れは、幅も小さく、ひび割れ面での骨材のかみ合わせもよいために耐力に大きな影響を与えないと考えられる。同じ変位量での荷重値の比から、ひび割れ深さが大きくなるほど耐力に与える影響が大きいことがわかった。ひび割れの本数により最大荷重に変化がみられなかったのは胸壁前面の半面のみに载荷したためであると考えられる。無筋コンクリート構造物は载荷に対して脆性破壊を起こすことが一般的であるが、今回の荷重—変位曲線は非線形挙動を示した。荷重ステップや計算繰り返し回数など解析条件を変化させ、検討を続ける予定である。

5. まとめ

- 1) ひび割れを有した海岸堤防の有限要素解析を行い、耐力や変形状態を定量化した。
- 2) ひび割れ深さが深くなるにつれて耐力は小さくなり、500mmの場合に5%、1000mmの場合に9%、2000mmの場合に13%程度減少した。

今後は粗骨材最大寸法を考慮したひび割れ面でのせん断伝達挙動を実験により明らかにすることで、解析モデルの緻密化を図り、精度の高い構造性能評価を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 農林水産省水産庁漁港漁場整備部防災漁村課：漁港海岸保全施設の老朽化調査及び老朽化対策計画策定のための実務版マニュアル平成21年度版、2010。
- 2) 古谷宏一、横田弘、橋本勝文：無筋コンクリート海岸構造物のひび割れ幅に基づく新しい劣化度判定基準の提案、土木学会論文集、Vol.28、No.68、pp.360-365、2012。
- 3) 中村美沙子、横田弘、橋本勝文：無筋コンクリートのひび割れ面におけるせん断伝達に関する基礎研究、土木学会北海道支部論文報告集、No.71、2015。
- 4) JIPテクノサイエンス株式会社：DIANA9ユーザーマニュアル日本語参考資料（材料ライブラリー）、2005。