

ひび割れ面におけるせん断伝達挙動が 無筋コンクリート構造物の耐力に与える影響

北海道大学大学院 学生員 ○日下部 護
北海道大学大学院 フェロー 横田 弘
北海道大学大学院 学生員 上松瀬 慈

1. はじめに

無筋コンクリートは、海岸堤防の胸壁など防災上、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用いられている。無筋コンクリート構造物にひび割れが発生した場合、耐力の低下が懸念される。しかし、耐力に影響を与える無筋コンクリートひび割れ面でのせん断伝達メカニズムに着目した研究は稀であり、このような構造物の構造性能に着目した点検診断基準についても検討が進んでいない。そこで、本研究では、無筋コンクリート供試体のひび割れ面でのせん断伝達挙動を実験的に検討し、せん断挙動のモデル化を行った。また、ひび割れを有する堤防胸壁をモデル化し、ひび割れの幅を変化させることで、ひび割れが構造物の耐力低下に与える影響を考察した。

2. 実験概要

本検討では、中村ら¹⁾が実施した実験的検討から得られた結果を元に、ひび割れ面におけるせん断伝達メカニズムのモデル化を検討した。

本実験は、無筋コンクリートのひび割れ面におけるせん断伝達を明らかにすることを目的として行われた。実験で用いられた供試体を図-1に示す。

せん断載荷の前に割裂載荷を行い、図-2の破線部分にひび割れを導入した。その後、供試体上面から拘束荷重を作用させた状態でジャッキを用いて側面からせん断載荷した。ひび割れ鉛直方向の拘束荷重と、拘束の程度をゴム板の枚数によって変化させている。各供試体の実験条件を表-1に示す。

3. せん断挙動のモデル化

実験結果より、せん断応力はせん断方向の変位の平方根に比例する挙動を示す。そのため、せん断方向の変位 δ (mm) とせん断応力 τ (MPa) の関係を、せん断伝達係数 k を用いて式(1)のように表すことにした。

$$\tau = k\sqrt{\delta} \tag{1}$$

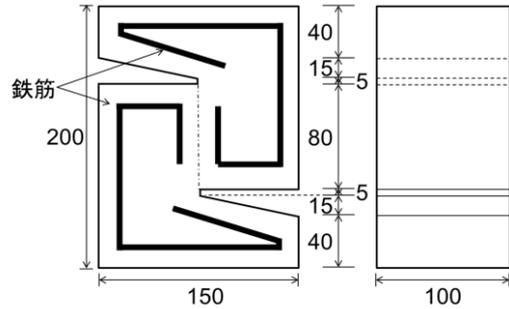


図-1 実験供試体概要 (単位は mm)

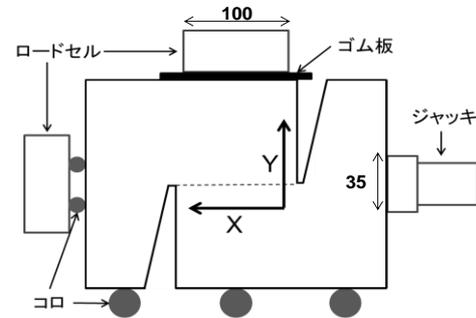


図-2 せん断試験方法 (単位は mm)

表-1 実験条件と供試体名

ゴム板	拘束荷重	5kN	10kN	10kN保持	20kN	20kN保持
1枚		No.1-1	No.2-1		No.3-1	
2枚		No.1-2	No.2-2	No.2-3	No.3-2	No.3-3

ここで、 k (単位: $N \cdot mm^{-5/2}$) は拘束条件やひび割れ幅により変化すると推定できる。図-3は、拘束条件ごとに分類したせん断応力とせん断方向の変位の関係の一例を示している。また、式(1)で表した近似曲線も示す。

表-2に、各拘束条件および各ひび割れ幅によるせん断伝達係数 k_σ および k_w を示す。このように、拘束条件によっては精度が十分でないものの実験結果をおおむね再現できており、拘束条件やひび割れ幅に基づくせん断伝達応力を定式化できた。拘束条件による k_σ については傾向を見るのが難しいが、ひび割れ幅が大きくなるにつれて k_w が小さくなる傾向が見られた。そのため、ひび割れ幅に着目して検討を進める。

キーワード せん断伝達, ひび割れ, 無筋コンクリート, 有限要素解析,

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院 A4-05号室 TEL 011-706-6204

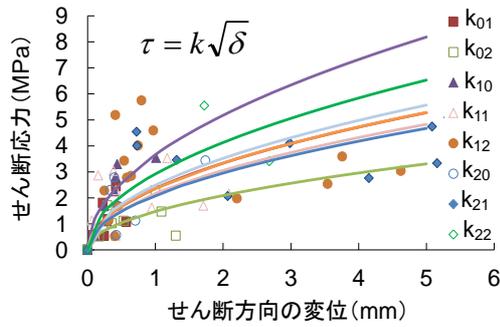


図-3 せん断伝達モデル

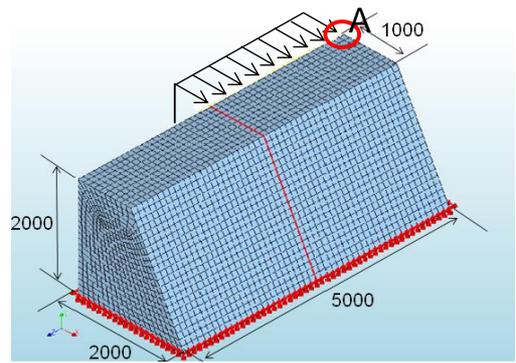


図-4 胸壁の構造解析モデル (単位: mm)

表-2 k_G および k_w

	k_{01}	k_{02}	k_{10}	k_{11}	k_{12}	k_{20}	k_{21}	k_{22}
拘束荷重 (kN)	0~10	10~20	20~30					
ゴム板の枚数	1	2	2	1	2	2	1	2
k_G	2.36	1.48	3.66	2.16	2.36	2.49	2.09	2.92

	k_{w1}	k_{w2}	k_{w3}	k_{w4}
ひび割れ幅 (mm)	0~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0以上
k_w	3.20	3.16	2.39	1.70

4. 非線形有限要素解析

本解析では、ひび割れ幅と構造物の耐力との関係を明らかにするため、図-4に示すような堤防胸壁の中央にひび割れを有する構造解析モデルを作成し、非線形有限要素解析を行った。ひび割れは界面要素を挿入することで表現し、この界面要素の構成則には式(1)のせん断伝達モデルを用いている。

5. 結果および考察

図-5に、中央にひび割れを有した胸壁に波力を模した水平荷重を作用させた場合の荷重と、胸壁隅角部(図中 A)での水平変位の関係を示す。ひび割れ幅が大きくなるにつれ、同一荷重下での構造物の変位が大きくなる傾向が得られた。

ひび割れのない場合の変位量 0.5mm に対応する荷重値を 1 とした場合の各ひび割れ幅における荷重比を図-6に示す。ひび割れ幅が大きくなるにしたがって、荷重比が低下する結果が得られた。ただ、図-5に示すように、多くの場合で最大荷重がほぼ同等となった。これは、ひび割れ幅が小さい場合は胸壁本体の破壊が進行したため、耐力に大きな差が生じなかったためであると考えられる。

6. まとめ

実験から無筋コンクリートのひび割れ面におけるせん断伝達モデルを構築した。そして、堤防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。その結果、ひび割れ幅が大きくなるにつれ、耐荷性能

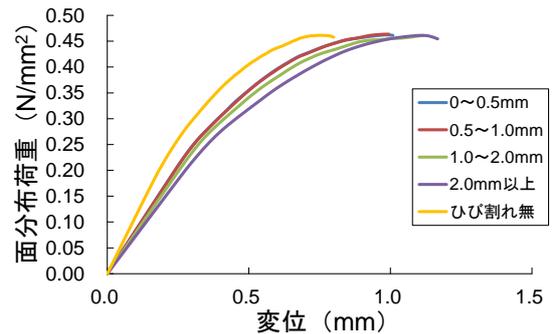
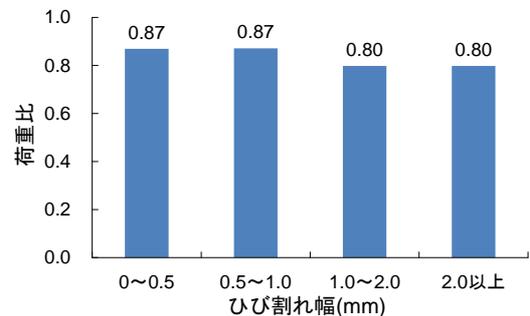


図-5 荷重-変位曲線



が失われていく傾向が見られたが、ひび割れ深さを一定と考えた場合には、その程度は小さかった。

今後の研究においては、耐力に影響を及ぼすと推察されるひび割れ深さや寸法をひび割れ幅と関連させることで、無筋コンクリートの劣化度判定基準を提案する予定である²⁾。

参考文献

- 1) 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)
- 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 B3, Vol.68, No.2, pp.360-365 (2012)