

コンクリート壁体におけるひびわれ進展に伴う応力の緩和性状について

岐阜大学 正会員 ○藤井康寿 岐阜大学 学生員 長谷川豊
 岐阜大学 正会員 森本博昭 (株)日本国土開発 正会員 栖原秀郎
 岐阜大学 正会員 中川建治

1. はじめに

岩盤や基礎構造物から外部拘束を受けるコンクリート壁体に発生するひびわれを制御するためには、ひびわれの発生を予測するとともに、ひびわれ発生に伴う応力の分布性状を把握することが重要である。本研究ではこの問題に対して、複素変数で構成される応力関数群を用いて外部拘束に相当する固定辺を有する2次元無限弾性板に壁体に発生する直線状ひびわれを設定して、ひびわれが進展するときの応力の緩和性状を導き得たので報告する。

2. 解析方法

本研究では、ひびわれ進展時のコンクリートの応力に着目して、一本のひびわれが進展することによって変化する応力解放範囲(影響範囲)を著者等が提案し活用しているひびわれ先端にプロセスゾーンを設定して応力集中を有限化する応力関数により解析し検討した。また、比較のために離散ひびわれモデルを用いたFEMによる解析[1]も実施した。本来、複数の本数のひびわれが発生したときの影響を検討すべきであるが、著者等の応力関数による結果の有効性を検証する目的もあって基礎的なモデルを設定した。

すなわち、解析対象は図-1に示す厚さ 0.6m、高さ 2.0m、長さ 18.0mの無筋のコンクリート壁体とした。そして、図-2に示すように、固定辺を有する半無限2次元弾性板の点線で示した部分を近似的にコンクリート壁体とみなすことにより2次元弾性問題に置き換えて解析を行った。すなわち、解析モデルは一方向(x軸上)に固定辺を有する板に $x=\pm 900(\text{cm})$ の位置において y軸上($y>0$)の無限遠方からひびわれが入って自由端相当部分を実現する解析関数(以後片側ひびわれと呼ぶ)を設定して、これをコンクリート壁体の部材端部(2カ所)と想定するものである。解析は、ひびわれが原点から高さ方向(y軸上)に直線的に1/4(25cm)ずつ進展する場合について実施した。

著者等は既に無限弾性板に直線状ひびわれが一本存在して、ひびわれ先端で滑らかな開口変位と有限な応力集中が共存するプロセスゾーンに相当する部分(コンクリート系材料では軟化領域に相当する)を構成する複素応力関数を誘導した[2]。本研究では、上述の壁体の部材端部に相当する片側ひびわれ関数の他にコンクリート壁体に多数のひびわれが生じた場合を想定して直線状ひびわれの関数を同一平面上に自由な位置に多数配置することが可能なプログラムを作成しかつ、x方向変位 u および y方向変位 v が固定辺(x軸上)で0となる境界条件を満足する関数を新たに誘導し上述の関数に重ね合わせることで、固定辺を実現する解析結果を導き出した。

3. 解析条件

図-2に示す解析モデルの材料特性は、ヤング係数 $E=250,000(\text{kgf/cm}^2)$ 、ポアソン比 $\nu=0.167$ (平面応力)として、直線状ひびわれが1/4ずつ進展する場合、漸増パラメータであるプロセスゾーン長さ b は常に15cm(b は両側にあり、片側15cmずつ)で一定として、巨視ひびわれ長さ a のみが増加することによりひびわれ進展を実現する。また、壁体にはひびわれが進展しても常に一定の面内力が生じる点が存在するものとして、ひびわれ進展による影響が及ばない座標(450, 100)に引張応力 $\sigma_x=10(\text{kgf/cm}^2)$ が作用するものとした。

4. 解析結果

ひびわれ進展による応力(σ_x)の変化を等応力線図で表したときの結果を図-3 から図-6に示す。紙面の都合上全ての解析結果を掲載することは割愛したが、代表例としてひびわれが生じない場合($a+b=0\text{cm}$)、ひび

われが高さ 2.0m の1/2進展した場合($a+b=100.0\text{cm}$)、ひびわれが全断面に進展した場合($a+b=200.0\text{cm}$)の 3 ケースを示した。図-3 の結果は仮定した面内力が一樣に分布している状態を表しているが、図-4 および図-5 に示すようにひびわれが進展するにつれて、ひびわれを中心に放物線状に面内力が緩和される傾向が確認できる。これはひびわれが進展するにつれて応力の緩和性状が高次の凹形放物線形状を呈することに一致する。これに対して、ひびわれ先端(プロセスゾーン相当部分)では応力線図が密な領域が存在して応力集中が発生している状態が見られる。また、ひびわれ中心部においては応力が解放されて 0 となる領域がひびわれ進展とともに広がっていることが確認できる。図-6 は FEM による一例として、クラックが全断面に進展した場合の解析結果である。図-5 と図-6 を比較して、ほぼ同一の応力の緩和性状が得られて著者等の解析解の有効性が検証できた。

5. むすび

本研究では一方向に固定辺を実現する応力関数群を誘導してコンクリート壁体のひびわれ進展解析への適用を試みた。一本の直線状ひびわれが進展するときの考察ではあるが、簡単なパラメータ $a+b$ (今回は b 一定である)の漸増によりひびわれ進展を表現することが可能であり、かつ応力解放範囲(影響範囲)を簡便に図示できたことは本解析法の有効性を示す一つの成果であると考ええる。また、FEM との比較から近似的に同様な応力緩和性状が得られたことは、ひびわれ幅の制御や誘発目地の位置設定に関する算定法のパラメータ導出を与えるための解析面からの理論的な裏付けが得られたと考える。今後の検討課題として、複数のひびわれが同時に発生する場合のひびわれ幅、長さ、間隔および発生位置を実測と解析値の両面から検討を行い L/H に代表されるパラメータを導出することが必要である。

【参考文献】[1] マスコンクリートの温度応力委員会：温度ひびわれ幅算定方法についての提案，(社)日本コンクリート工学協会，1994. [2] 段樹金・児嶋弘行・中川建治：亀裂先端分で有限な応力集中を与える応力関数，土木学会論文集，No. 374，1-6，pp. 399-407(1986).

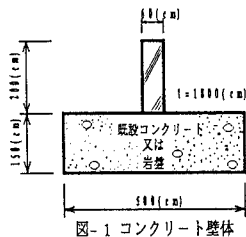


図-1 コンクリート壁体

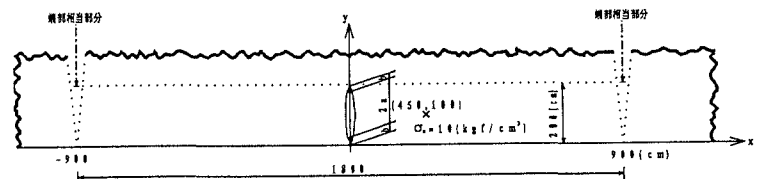


図-2 対象とする解析モデル

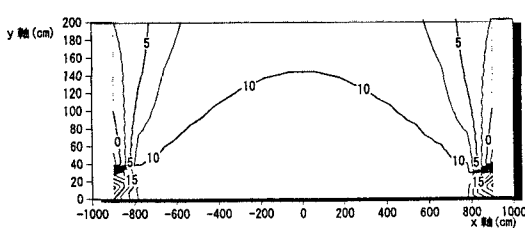


図-3 クラックが入っていない場合

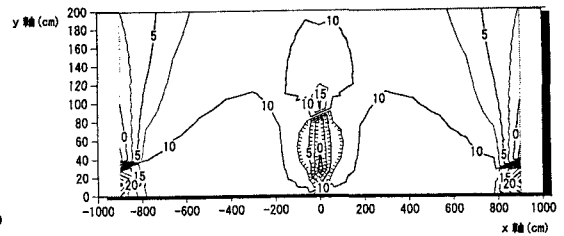


図-4 クラックが100cm(1/2)進展した場合

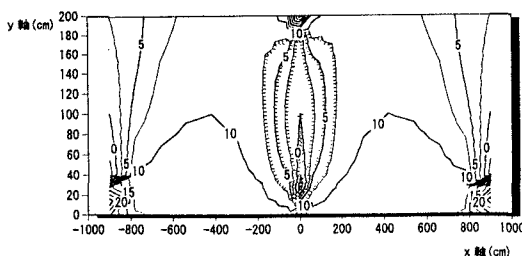


図-5 クラックが全断面に進展した場合

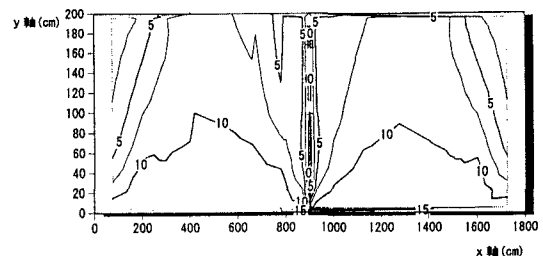


図-6 クラックが全断面に進展した場合(FEM解析の場合)