

Ⅲ－B92

シールドセグメントの耐力算定法に関する研究

東京都立大学	正	今田	徹
西松建設（株）	正	山田	明生
東京都立大学	正	土門	剛
東京都立大学	正	西村	和夫

1. はじめに

シールドセグメントによるライニングは、セグメントどうしをボルトでつなぎ合わせたものであるから継手があり、セグメントはこの継手における応力の伝達機構が複雑である。また、シールドセグメントによるライニングの合理的な設計には終局状態に至る過程を考慮する必要がある。従来、セグメントに発生する断面力の算定には「剛性一様リングモデル」「多ヒンジ系モデル」「梁－ばねモデル」などが使用されてきた。前二者のモデルでは、セグメントの継手部の挙動を忠実に表現できず、また後者のモデルでは、継手部の回転ばね定数の算出に実験が必要であるという問題点があった。また、これらのモデルに共通して終局状態に至る全課程を解析することが難しかった。本研究では継手部の挙動を考慮に入れつつ、シールドセグメントの使用状態から終局状態に至る全課程を表現できるセグメントの解析理論について検討した。

2. 剛体－ばねモデルを用いたセグメントの解析理論

本解析理論では、セグメントリングのモデル化に剛体－ばねモデルを採用した。剛体－ばねモデルを採用することにより次の二点のことが可能となる。

- セグメントを剛体要素で分割することにより、継手部の目開きを考慮することができる。
- セグメントを構成する鉄筋の降伏やコンクリートのひび割れといった材料の状態変化を考慮することができる。

剛体要素間ばねの剛性は、セグメントがリングを構成することから曲がりばりとして評価し計算を行う。コンクリートに発生するひび割れは、ひび割れが中立軸まで進展すると仮定し、引張弾性係数を0とすることにより要素間ばねの剛性計算に反映させる。また、鉄筋やコンクリートの降伏については、各材料の応力－歪曲線をバイリニアと仮定し等価弾性係数を導入することによって塑性を疑似非線形で考慮している。この様にして継手部の挙動およびセグメントを構成する材料の状態変化を考慮に入れ、使用状態から終局状態に至る過程を表現しようというものになっている。

3. 本解析理論のアルゴリズム

本解析理論では次のようなステップを踏み、プログラムを組んで解析を進める。

1. インプットデータの読み込み
2. 剛体要素間ばねの剛性計算
3. 全体剛性マトリックスの作成
4. 節点変位の算出
5. 変位から各要素の歪を計算
6. 発生した歪に対して、中立軸位置の算定、材料のひび割れと降伏の判定
7. 材料の状態が変化していれば状態に応じて弾性係数を修正
8. 変位について収束判定、収束していれば次の荷重ステップへすすんで2へ。収束していなければ、荷重ステップを進めずに2に戻って再計算
9. 荷重ステップが最後までいけば結果を出力して終了

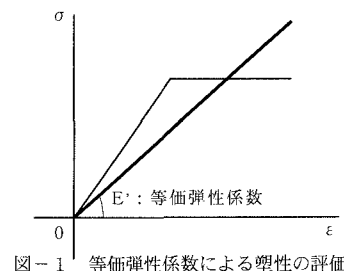


図-1 等価弾性係数による塑性の評価

キーワード：セグメントの耐力、剛体－ばねモデル

連絡先：東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学大学院工学研究科 TEL: 0426-77-1111(代) 内線 4567

4. 本理論によるセグメントの解析

ここで、実際に行われたセグメントの性能試験について本解析理論を用いて解析を行った結果を示す。解析対象としては、平板の試験用のウィングセグメントをボルトによって組み合わせ、二点集中荷重を加えセグメントに破壊が生じるまで載荷した試験を選んだ。ウィングセグメントは、右図のように凸形をしたセグメントであり、従来型のセグメントとは一風変わった形状になっている。このため、継手部における力の伝達機構は特に複雑であるため、従来の解析モデルでは継手部の表現に難がある構造になっている。

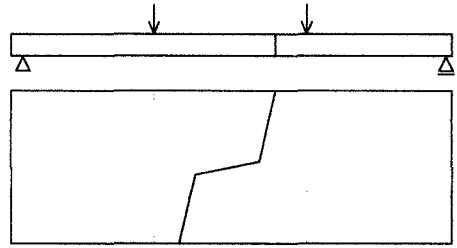


図-2 ウィングセグメントの性能試験概要

この解析において用いたデータは、大部分が材料実験から用いたデータをそのまま用いている。材料実験が行われていないデータ、つまり、コンクリートの引張強度や引張弾性係数などについては適切推定して解析を行った。

5. 解析結果

代表として、中央部の引張鉄筋の歪と中央部のコンクリートの歪により試験の結果と解析による結果を比較する。

試験では、5 tでコンクリートにひびが入り、その後徐々にひび割れが進展し、16 tで継手部接触面のコンクリートが圧壊する事により試験が終了した。解析では、6 tでコンクリートにひびが入り、13 tで急激に歪が増加したため、破壊が生じたものとして解析を終了している。ここで、大きな違いがみられるのは、ひび割れが入ったときの挙動である。実験では、徐々にひび割れが進展し、緩やかなカーブを描いている様子が見られるが、解析ではひび割れと同時に急激な歪の増加がみられる(6 t~7 t)。これは、現在、ひび割れは中立軸位置まで進展すると仮定しており、このことが実際にコンクリートにひび割れが入る様子と異なっており、ひび割れを過剰に考えすぎているためこの様な食い違いがみられると考えられる。このことを除けば、セグメントにひび割れが入るまでと、ひび割れが入ったあと、そしてコンクリートが圧壊して鉄筋が降伏に至るというセグメントの状態変化が表現できていることが確認できたといえる。

6. まとめ

本研究で検討した「剛体-ばねモデル」を用いた解析理論により、ウィングセグメントのような複雑な継手形状を持つセグメントでも、材料実験から得られたデータをそのまま用いるだけで、継手部を評価することができ、セグメントに生じるコンクリートのひび割れ-鉄筋の降伏-コンクリートの圧壊といった、シールドセグメントの使用状態から終局状態に至る過程を表現できることがいえた。課題としては、ひび割れに関する仮定を実際にひび割れが進展する様子に適するように行う必要があるということが挙げられる。

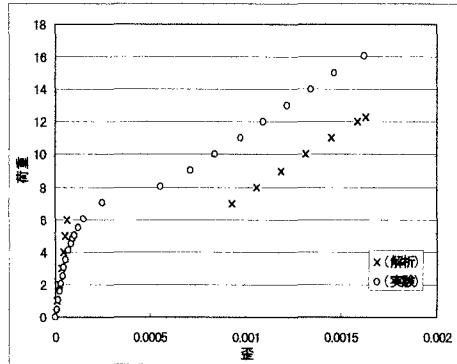


図-3 中央部引張鉄筋の歪

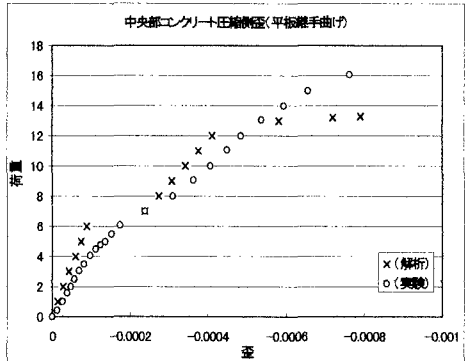


図-4 中央部コンクリートのひずみ