

QB(クイックブロック)セグメントの開発(その3) セグメント継手に関する数値解析結果および設計法に関する考察

鹿島 土木設計本部	正会員 中川雅由
鹿島 技術研究所	正会員 古市耕輔
鹿島 情報システム部	正会員 沖見芳秀
鹿島 情報システム部	正会員 桑原泰之
ジオスター(株)	正会員 藤野 豊

1. はじめに

筆者らは、シールドトンネルの二次覆工省略、高速施工に適した内面平滑型のRCボルトレスセグメントである『QB(クイックブロック)セグメント』を開発してきた。QBセグメントは、セグメント継手を「コンクリート同士の突合せ構造」としており、これまでに軸力導入継手曲げ試験を実施するとともに、数値解析を行って、設計へのフィードバック方法に関する検討を進めてきた。

以下、セグメント継手である「コンクリート突合せ構造」に対する数値解析結果の概要、および実験結果を考慮したセグメント設計法へのフィードバック方法に関する検討結果の概要について報告する。

2. セグメント継手の解析結果概要

表 - 1 解析ケース

No.	検討対象		解析モデル
	実験名称	導入軸力 (kN)	
ケース1	軸力導入	150/300/	構造・材料非線形解析(フレームモデル)
ケース2	継手曲げ試験	450	構造・材料非線形解析(FEMモデル)

(1)解析モデルおよび解析ケース

表 - 1 に解析ケースを示す。

構造・材料非線形解析(フレームモデル)

解析モデルは、図 - 1 に示す梁モデルとし、

一般部及び突合せ部の断面は、図 2 に示すように鉄筋とコンクリートの物性を評価したモデル化(ファイバーモデル)を行った。各物性の構成則を図 - 3 に示す。

構造・材料非線形解析(FEMモデル)

解析モデルは、図 - 4 に示すような平面応力2次元ソリッドモデルとした。鉄筋については、主筋のみを弾性トラス部材でモデル化し、帯筋については考慮していない。支承部は水平ローラーとし、突合せ部はコンタクトサーフェイスを用いた。解析に用いた各物性値を、表 - 2 に示す。

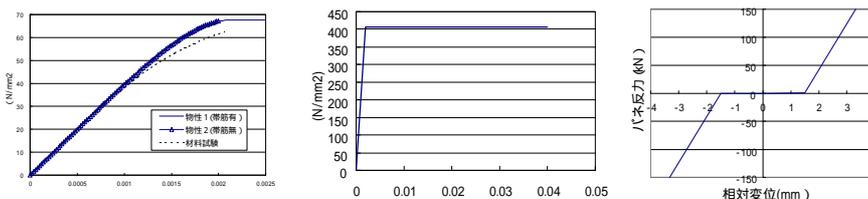


図 - 2 物性評価

図 - 1 解析モデル(フレームモデル)



図 - 4 解析モデル(FEMモデル)



<コンクリート>

<鉄筋>

<リッパ継手>

図 - 3 物性構成則

表 - 2 解析に用いた各物性値

鉄筋	$E_s = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
PCケーブル	$E_s = 2.041 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
コンクリート(弾性)	$E_c = 4.0 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
コンクリート(非線形)	$c = 67.20 \text{ N/mm}^2, c = 2000 \mu,$ $u = 63.00 \text{ N/mm}^2, u = 2300 \mu,$ $t = 6.72 \text{ N/mm}^2, t_p = 3.00 \text{ N/mm}^2$

キーワード：シールドセグメント、突合せ継手、ピン型継手、二次覆工省略、高速施工、数値解析

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 TEL 03-5561-2111 FAX 03-5561-2155

(2)解析結果と実験結果の比較

結果の一例として、軸力 150kN のケースの、突合せ部の荷重変位関係を図 5 に、回転ばね定数 - 偏心量 (= M / N) 関係を図 6 に示す。解析値と実験値の比較から、以下の事項が判明した。

- ・突合せ部の荷重 変位関係は殆ど同じ履歴を示し、実験値は解析値を上廻った。(図 5)
- ・突合せ部の圧縮側コンクリートひずみは、初期値が異なるが第 1 勾配はほぼ同じ履歴であった。
- ・実験結果は載荷初期(核内にある場合)から目開きが生じるが、解析においては、全断面圧縮時には目開きは生じない。
- ・このため、目開き値から算出する回転角・回転ばね定数は、実験値が解析値を下回る結果となった。(図 6)

なお、一般に用いられる「Betongelenke 式」と今回の解析(フレーム解析、FEM 解析)は、圧縮応力の影響範囲を同じとすれば、ほぼ同等となる結果(回転ばね定数 - 偏心量関係)を得た。

3. セグメント継手性能の評価方法に関する考察

実験で得られた回転ばね定数が解析値(あるいは Betongelenke 式)を下回る理由は、実験における突合せ部の接触状況(表面粗度や面精度)が部分的となり、解析のように理想的に仮定された断面として評価できていないことに起因しているものと思われる。

突合せ部の接触状況は、導入される軸力のレベルにより異なり、その結果、実験値の理論値に対する回転ばね定数の低減率(実現象を模擬する為に導入した補正係数:一例を図-6 に図示)も変化している。図 7 に軸圧縮応力を考慮した回転ばね定数の低減率と導入軸力の関係を示す。n 数は少ないものの、高い相関性を示している。

設計においては、回転ばね定数が小さいと、一般にセグメント本体の発生断面力は大きくなることから、設計で用いる回転ばね定数は、軸力レベルに応じて Betongelenke 式より得られる回転ばね定数を低減させて、実際の突合せ部の状況と同等の評価することが妥当であると思われる。

4. おわりに

本報告では、設計で用いる回転ばね定数(k)の値を、「軸圧縮応力レベルに応じて Betongelenke 式より得られる回転ばね定数を低減した値とする」ことを提案した。本手法によると、梁ばねモデルを用いた突合せ継手を有するセグメントの合理的な設計(非線形回転ばね定数を用いた収束計算)が可能となる。

また、構造・材料の非線形特性を考慮したフレーム及び FEM 解析は、実験とよく一致し、セグメントの耐力および破壊モードに関しても評価できる有効な手段である事が検証できた。

なお今後、軸力導入添接曲げ試験を実施し、今回提案の解析手法の妥当性について検証を行う予定である。

参考文献

- 1)QB(クイックブロック)セグメントの開発(その1)土木学会第54回年次学術講演会、1999.10
- 2)QB(クイックブロック)セグメントの開発(その2)土木学会第55回年次学術講演会、2000.9

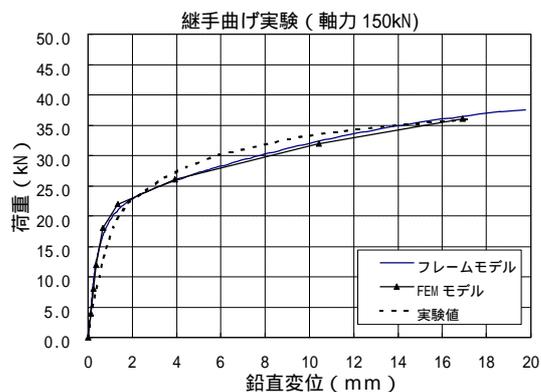


図 - 5 荷重 - 変位関係図

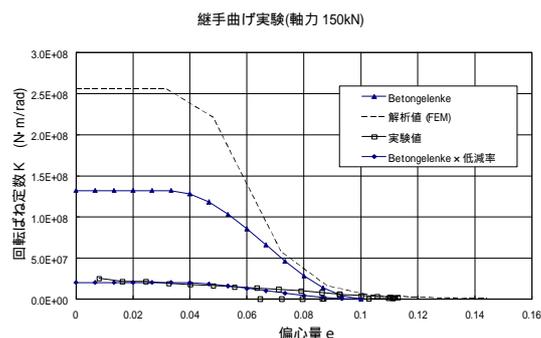


図 - 6 回転ばね定数 - 偏心量関係図

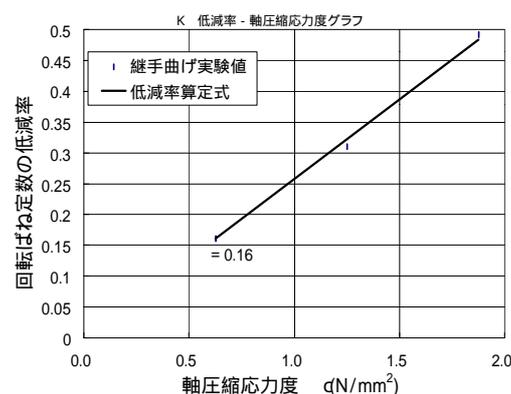


図 - 7 回転ばね定数の低減率