

QBセグメントの開発（その8） ～東西連係ガス導管新設工事（富津工区）への適用～

鹿島建設株式会社 正会員○盛岡 義郎， 正会員 中川 雅由
東京電力株式会社 正会員 富所 達哉， 正会員 権守 英樹

1. はじめに

1999 年以來開発を進めてきた¹⁾ QBセグメントⅡを，長距離海底シールドである東西連係ガス導管新設工事（富津工区）（内径φ3.0m，延長9,030m，最大水圧0.6MPa）に本格適用したので，その設計概要および適用性評価について報告する。

2. 地盤条件

本工事では，ルート上の海上ボーリング調査が困難であったため，東京湾アクアラインなど周辺の既往地質調査資料²⁾および東京湾内の既往音波探査記録の評価を基に地質を想定した（図-1）。このような間接調査では，ボーリングによる直接的な探査に比較して，地層境界，土質区分，地盤物性などの不確実性の幅を広く考える必要があるため，荷重条件の設定においては，出現の可能性があるすべての範囲の地盤条件を考慮することとした（表-1）。

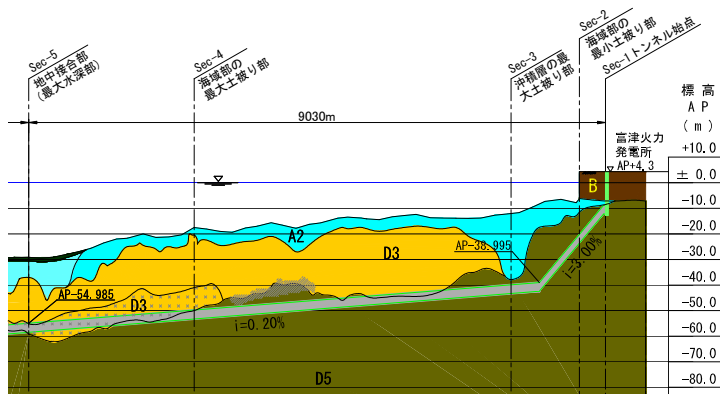


図-1 縦断線形図

3. 設計概要

(1) トンネル線形

平面線形は，R=4,000m の曲線区間（富津立坑から約1.5km 付近）を1箇所とし，その他は全線直線とした。縦断線形は，沖積層である埋没谷（A2層）を避ける線形とした。

(2) セグメントの形状

リング分割：6等分割

セグメント幅：1,350mm（QBセグメントⅡの実績では最大幅）

セグメント桁高：220mm

シール材：低膨潤の水膨張性シール材（2重シール）

(3) 継手構造

QBセグメントⅡ¹⁾は，海域部の約8,600m 区間に適用し，継手の構造は次のとおりである（写真-1 参照）。

セグメント継手：締結部材のないコンクリート面の突合せ構造（ボルトレス継手）であり，セグメント継手面には，セグメント組立時の位置合せ用のエレクトロニクスガイド（可動鋼球），および，半径方向の目違いを低減する目的で，切羽側に仮設ワンパス金物を装備している（写真-2 参照）。

リング継手：ワンパス組立てが可能なピン式のDS（Locked Disk Spring）継手である。

(4) セグメント組立て補助工法

本工事では，締結機構がないセグメント継手に対し，シール材を圧縮，封入するための補助工法として，マシントール内周部に，エアジャッキによるリングサポート機構を装備した³⁾。

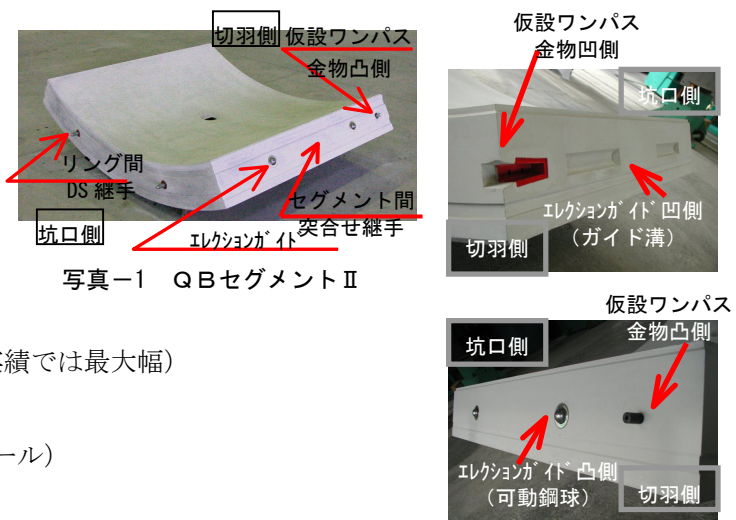


写真-2 セグメント継手面

キーワード：シールド工法，長距離，高水圧，高速施工，突合せ継手，ピン継手，回転ばね定数

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株)土木設計本部 TEL03-6229-6749

（5）構造計算

セグメントの設計は、常時荷重、地震時荷重および施工時荷重に対して行った。本論文では、常時荷重に対する検討手法のみを示す。セグメントの断面力は「はりばねモデル」により算定した。通常、突合せ継手の回転ばね定数には、セグメント桁高やセグメント幅などの構造寸法、および、継手面の作用軸力と曲げモーメントに依存する Leonhardt の Betongelenke に関する理論式がよく用いられるが、この理論値は実験値に対して過大であるとの報告⁴⁾もあるため、本設計では、Betongelenke に関する理論式による方法と、セグメント継手をヒンジと評価する（回転ばね定数=0）方法の2通りで部材の安全性を確認した。

（6）荷重条件

検討断面は図－1 に示す5断面としたが、最大断面力を与える Sec-4 の荷重条件を表－1 に示す。

4．セグメント設計結果

表－2～表－4 に Sec-4 の本体部および継手部の照査結果を示す。

		Betongelenke		ヒンジ	
		正曲げ	負曲げ	正曲げ	負曲げ
断面力	M (kN・m)	104.0	-97.4	39.5	-35.8
	N (kN)	1457.4	1768.4	1604.9	1725.6
	S (kN)	138.5	138.5	90.8	90.8
応力度	σ_c (N/mm ²)	16.5	14.9	8.4	8.6
	τ_c (N/mm ²)	0.92	0.70	0.46	0.46
	σ_s (N/mm ²)	56.2	全圧縮	全圧縮	全圧縮
許容応力度	σ_{ca} (N/mm ²)	17	17	17	17
	τ_{ca} (N/mm ²)	1.24	1.24	1.24	1.24
	σ_{sa} (N/mm ²)	200	200	200	200
ひび割れ幅	w (mm)	0.100	生じない	生じない	生じない
許容ひび割れ幅	w _a (mm)	0.200	0.200	0.200	0.200

		Sec-4			
検討断面の位置付け		海域部の最大土被り			
土被り		32.31m			
水位		49.81m			
トンネル通過土質		D8s	D8c	D5s	D5c
N値		58	18	136	18
荷重条件	土被り条件 (土水の取扱い)	全土被り (土水分離)			
	地盤反力係数 k (MN/m ³)	50	20	50	20
	側方土圧係数λ	0.35	0.50	0.35	0.50

		Betongelenke		ヒンジ
		正曲げ	負曲げ	
断面力	M (kN・m)	85.7	-85.7	0.00
	N (kN)	1485.0	1748.9	1770.8
応力度	σ_R (N/mm ²)	14.0	14.2	7.9
許容応力度	σ_{Ra} (N/mm ²)	16	16	16

表－3 セグメント継手部照査結果

表－4 セグメント継手部目開き量照査結果

回転ばね定数を Betongelenke に関する理論式とヒンジの2通りで設計した結果、セグメント本体部の応力度、ひび割れ幅、および継手部の応力度、目開き量は許容値以内に収まる結果となり、部材の安全性を確認した。

5．適用性評価

今回の設計では、地盤条件やセグメント継手の回転ばねの不現実性を幅広く考慮した結果、Betongelenke に関する理論式によりセグメント継手の回転ばね定数を評価した場合に、継手曲げが発生する結果となったが、施工実績では、突合せ継手の目開きはほとんど認められず、曲げが作用する荷重状態での適用性については直接確認できなかった。

一方、組立品質については、エレクションガイド及び仮設ワンパス金物により、組立精度の向上を図り、さらにセグメントリングサポートによりテール内でシール材を封入することが出来たため、問題となるようなクラックや漏水は発生しなかった。したがって、ボルトレス継手であっても、十分な組立品質が確保でき、高品質のシールドトンネルを構築することが出来ることが確認された。

参考文献 1) 中川他：QB セグメントの開発（その1）～（その7），土木学会第 54・55・58 回年次学術講演会
2) 飯野他：東京湾横断道路の地質、地盤，基礎工 1993 年 1 月
3) 斉藤他：長距離・高水圧・高速施工シールドの施工実績，土木学会第 60 回年次学術講演会
4) 例えば、藤沼他：軸力と曲げを受けるセグメント継手の回転ばね定数に関する実験的研究，土木学会第 54 回年次講演会