土木関連シール材

鈴木 秀 一*

Seal Materials for Civil Engineering

Hideichi SUZUKI (Hayakawa Rubber Corporation, Technical and Development Department, 5351 Minamigaoka, Minoshima, Fukuyama, Hiroshima 721-8540, Japan)

Many joints exist in the huge concrete structures. These joints tend to be a weak point of the concrete structures. Especially the leakage of water from the joints in an underground structure and a water processing structure causes the decrease of durability of the structures. Many running costs are needed to prevent the leakage of water and to maintain the durability of the structure. Therefore, seal of the joints is very important.

This paper describes seal materials in a construction joint and an expansion joint to the concrete structures.

Key Words : Seal materials, Waterstops, Construction joint, Expansion joint, Hydrophilic rubber

1. は じ め に

一体化されているかに見える巨大なコンクリート構造物にも、実は多くの継目が存在する。これらの継目はコンクリート構造物の弱点となりやすく、特に地下構造物、水処理構造物における漏水は耐久性の低下だけでなく、ランニングコストが増えるため継目の止水対策は重要な課題である。そこで、目的に応じて各種ゴム・エラストマー製品が止水材として用いられている。

本稿では、それらのゴム・エラストマー製品について紹介する。

2. 止水材の種類

2.1 施工継目(Construction Joint)

コンクリート躯体を現場で築造する時、底版・壁・頂版のような部位ごとにコンクリートを打設するため水平・垂直面に継目が生じる。また運搬可能な大きさに分割されたコンクリート部材を工場で製作し、現場にてボルト等で連結し組み立てる場合にも継目が生じる。

これらを施工継目と呼び、継目の目開きは数mm程度以下であるが、水圧が高い地下構造物や水処理構造物では止水対策が必要である。

図1は半地下式の現場打ちコンクリート水槽の断面図に継目位置を示したものであり、底版コンクリートを2回に分け打設し、壁も各部位ごと同じく2回打設した場合の施工継目の例である。この場合の止水工法としては、埋め込

図1 継目位置

み工法と挿入工法に大別される。

先打ちコンクリートと後打ちコンクリートの打継部の中央に不透水性の板を設置して水路を遮断する方法が埋め込み工法であり、塩化ビニル止水板が多く用いられる。非加硫ブチル止水板(鉄板入り)は同じく埋め込み工法であるが、コンクリートとブチルゴムが化学反応により接着するためコンクリートと止水板の界面にすき間が生じず、高度な止水が可能である。

図2に埋め込み工法例を示す。左上図と右写真は壁コンクリートを打設する前に底版コンクリートに塩化ビニル止水板を埋め込んだ状態、左下図は製品断面を示したもので

*早川ゴム(株)技術部(〒721-8540 福山市箕島町南丘5351番地)課長。昭和52年、東京都立大学工学部土木科卒業。平成2年、早川ゴム(株)入社、現在に至る。専門は土木工学。

ある。

挿入工法は先打ちコンクリートの硬化後に打継部中央に水膨張ゴム止水材をくぎ止め又は接着剤により固定し、そののち後打ちコンクリートを打設するもので、侵入水による水膨張ゴム止水材の吸水膨張圧で止水する工法である。

図3に挿入工法の施工例を示す。図左は先打ちコンクリートに水膨張ゴム止水材を接着剤とくぎ止めにより固定した状態の側面図と断面図、図右は標準的な水膨張ゴムの製品断面寸法図である。

また工場で製作され現場で組み立てるプレキャストコンクリート製品の場合、スポンジゴム単体又はスポンジゴムの外側に粘着性ブチルゴムを被覆したものや水膨張性ゴム、加硫ゴムガasketの圧縮復元力で止水する工法が用いられる。

道路等の地下に埋設される矩形のコンクリート水路および通路として用いられるボックスカルバートは個々の製品を鋼材等で締結し一体化させる。各継目にはスポンジゴム単体又はスポンジゴムの外側に粘着性ブチルゴムを被覆したシール材を圧縮することですき間を充てんし止水する。図4にボックスカルバートの施工例と止水部詳細、止水材の断面形状を示す¹⁾。

継目幅の施工誤差を5 mm程度考慮しシール材を50～70 %圧縮するようシール材と溝寸法を設計し、一般的には水圧0.1 MPa以下の条件で使用する。

シールド工法は近年の地下鉄、下水道トンネルなどに多

く採用されている工法である。トンネルはシールドマシンによって掘削され円形の断面をもち、トンネル本体が分割されたセグメント(ブロック)を組み上げることによって構築される。

シールドセグメントも個々のセグメントをボルトにより

図3 挿入工法例

シール材の材質・形状

図4 ボックスカルバートの施工例と止水部詳細

図2 埋め込み工法例

塩ビ板の施工状況

図5 シールドセグメントの施工例と止水部詳細

締結するが、シールドマシンはシールドセグメントを組み立てたトンネル自体を反力として油圧ジャッキにて押しながら推進していく。そのためシール材には大きな圧縮力が働くが、スポンジゴム単体又はスポンジゴムの外側に粘着性ブチルゴムを被覆したシール材等ではジャッキを戻した時にすき間が生じるので適さない。そこで若干のすき間が生じても膨張圧で止水できる水膨張性ゴムシール材が用いられることが多い。シールドセグメントの施工例と止水部詳細、止水材の断面形状を図5に示す²⁾。

水膨張性ゴムシール材に要求される性能条件として以下の項目を挙げることができる。

- 吸水膨張後も適度な膨張圧を保持していること。
- 長期間の浸し及び吸水・乾燥の繰り返し後も膨張倍率が低下しないこと。
- コンクリートアルカリ水、塩水等の接触溶液に対しても膨張倍率が確保されること。
- セグメント組み立て時、シールドジャッキによる圧縮圧に耐えること。

図6は目開きごとの浸し日数と止水圧力の関係を示したものである。目開きがゴム厚以上の場合すき間が生じ当初漏水する、しかし水膨張性ゴムシール材が吸水膨張するこ

表1 水膨張性ゴムの物性値例

測定項目	試験方法	物性値	
		水膨張前	水膨張後
引張強さ	JIS K 6251	0.4 MPa以上	1.0 MPa以上
切断時伸び	JIS K 6251	800 %以上	800 %以上
硬さ	JIS K 6253	A 44	A 32
比重	JIS K 7112	0.9	—
体積膨張倍率	—	—	2 ~ 5 倍

図6 目開きと浸し日数による止水性能例

とで止水し、浸し日数ともに止水圧力は高くなる。ちなみに目開き7 mmですき間が2 mmの場合、浸し日数8日目より漏水が止まり、15日目には耐水圧0.2 MPaに達する。

また水膨張性ゴム物性値の例を表1に示す。

2.2 伸縮継目(Expansion Joint)

コンクリートの膨張収縮を吸収するため、また構造変化点の応力集中を避けるために設けられるのが伸縮継目であり、軟弱地盤上に構築される構造物や耐震対策が必要な構造物にも用いられる。

継目変位量は300 mm程度まで対応でき、代表的なものには加硫ゴム製止水板である。

図7は日本道路協会の共同溝設計指針³⁾に示されているゴム止水板である。軟弱な地盤、地盤急変部や他の構造物と一体となるような共同溝に用いられ、コンクリート壁中に埋め込むゴム止水板であり、水圧0.15 MPa下で伸び量60 mm沈下量100 mmの継目変位量に対応する。

図8に各変位に対する止水板の変形状況の写真を示し、図9に施工例を示す。

またゴム系止水板を用いる理由として以下の利点を挙げ

図7 ゴム止水板断面図

図8 ゴム止水板の変形状況

ている。

- ①引張，せん断強度が高い。
- ②伸長率大きい。
- ③耐寒温度が低い。
- ④コンクリートとの付着力が高い。
- ⑤施工性が良い。

建物の構造上また地盤条件や地震など設計計算上100 mmを超える大きな継目変位量が想定される場合は，図10のような角型可とう継手が用いられる⁴⁾。

伸縮ゴム端部を取付枠材・押え板(鋼板)にて挟みボルト・ナットで締結し止水するとともに伸縮ゴムのΩ型形状

表2 ゴム止水板の物性規格値例

測定項目	物性規格値		試験方法
	NR・SBR系	CR・EPDM系	
硬 さ	65 ± 5	63 ± 5	JIS K 6253
引張強さ	19.6 MPa 以上	14.7 MPa 以上	JIS K 6251
伸 び	400 % 以上	350 % 以上	JIS K 6251
老化試験	引張強さ変化率	- 20 % 以内	JIS K 625 7 70℃ × 144時間
	伸 び変化率	- 20 % 以内

図9 ゴム止水板の施工例

図10 角型可とう継手断面及び変位状況

で変位に追従する止水板であり，高水圧下では伸縮ゴムに繊維を積層したものが使用される．このタイプは止水板をコンクリートに埋め込むのではなく，コンクリート表面に露出するためメンテナンスが可能である．

コンクリート壁中に埋め込まれるため温度，紫外線等の劣化要因が少ない環境で使用されるゴム止水板はNR・SBR系が用いられ，使用環境の厳しさが想定される角型可とう継手はCR又はEPDMが一般的であり，物性規格値の例を表2に示す．

下水道施設のコンクリートマンホールと管きょ等の異種材料の接合部も地震時の弱点になりやすいため，図11のようなゴム性可とうジョイントが用いられている．

要求性能としては0.1 MPa水圧下で管長の1.5 % (塩化ビニル管1本の長さが4 mの場合は6 cm)の伸び変位に追従できることが求められる．

3. ゴム止水板の設計

ゴム止水板の役割は地震や地盤の不同沈下でコンクリート構造物の継目に目開きが発生した場合でも漏水しないことであるが，コンクリート構造物の耐用年数は一般的には

ジョイント部断面図

図11 マンホール用可とうジョイント

40～60年といわれており、ゴム止水板はコンクリート構造物と同等以上の耐久年数を有することが望ましい。

ゆえに短期的な耐圧性能のみにとどまらず長期のクリープ性能が重要であり、長期水圧試験における収束時の発生ひずみの結果を基にゴム止水板の伸び率40%以下で使用するよう設計している⁵⁾。

またゴム止水板の最大変位量はセンターバルブ部の形状による余裕で決まるが、許容変位量と耐水圧は想定最大水圧と目地幅で決まり、図12の薄型円筒理論式を用いゴムの伸び率40%を超えない張力の範囲で使用する。

$$\sigma = P \cdot R / t$$

σ ; ゴムに働く張力

R ; 圧力を受ける半径

t ; ゴムの厚さ

P ; 水圧

4. お わ り に

今回は地下及び水処理構造物など漏水対策が必要な土木コンクリート構造物の継目に使用される止水材について述べたが、近年の都市集中化による地下空間利用の増加、上下水道処理施設の大型化等により需要は確実に増えるとともに、耐震対策として高機能な製品が求められている。

今後とも更なる改良、新材料及び工法の開発が望まれる。

図12 薄型円筒理論式のパラメータ

References

- 1) "Reinforced Concrete Box Culvert Douro Maisetu Sisin", Zenkoku Box Culvert Kyokai, Tokyo, p.35 (1991)
- 2) "Segument Seal Zai ni Yoru Sisui Sekkei Tebiki", Nippon Tunnel Gijyutu Kyokai, Tokyo, p.31 (1997)
- 3) "Kyoudoukou Sekkei Sisin", Nippon Douro Kyokai, Tokyo, p.48 (1986)
- 4) "Kakugata Katoutugite Gijyutu Siryou", Kakugata Katoutugite Kenkyukai, Tokyo, p.3 (1999)
- 5) "Gomu Sisuiban Gijyutu Siryou", Gomu Sisuiban Kenkyukai, Tokyo, p.7 (1998)

日本語表記参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート製プレキャストボックスカルバート道路埋設指針, 全国ボックスカルバート協会, 東京, p.35 (1991)
- 2) セグメントシール材による止水設計手引き, 日本トンネル技術協会, 東京, p.31 (1997)
- 3) 共同溝設計指針, 日本道路協会, 東京, p.48 (1986)
- 4) 角型可とう継手技術資料, 角型可とう継手研究会, 東京, p.3 (1999)
- 5) ゴム止水板技術資料, ゴム止水板研究会, 東京, p.7 (1998)

*

*

*

*

*