

シールドとう道と立坑の取付部における耐震継手に関する検討

NTT アクセスサービスシステム研究所	正会員	奥津 大
同上	正会員	藤橋 一彦
アイレック技建(株)	正会員	山口 裕三
(株)ブリヂストン		亀岡 均

1. はじめに

シールドとう道は、一般に設置深度が深く地震による影響が小さいが、従来より立坑との取付部等構造系の変化部が弱点ヶ所と考えられてきた。本報告では、シールドとう道と立坑の取付部における耐震性及び止水性を考慮した継手に関する検討及び実験について報告する。

2. 兵庫県南部地震による坑口部の被災状況

兵庫県南部地震は、一部で震度7と判定された地域があり、NTTとう道もひび割れ、漏水等が発生した。図-1は、同地震によるシールドとう道と立坑取付部の損傷状況の一例である。立坑取付部における損傷の特徴は、1)円周方向クラック、2)コンクリートの剥離又は浮き上がり、3)前記2項に伴う漏水、4)とう道と立坑の相対変位、であった。4)については三宮でとう道が立坑内に最大約20mm突き出した事例があった。

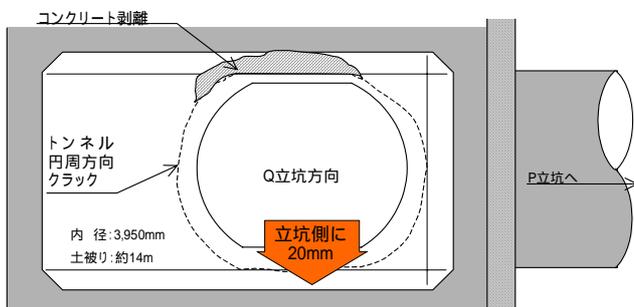


図-1 兵庫県南部地震による坑口部被災事例

3. 耐震解析

兵庫県南部地震以降、内陸直下で稀に発生する大地震(L2地震動)に対する設計の必要性が提案されている。そこで、立坑取付部の部分的な剛性変化を考慮したL2地震動に対する耐震解析を実施した。

解析には「TDAP」を用い、等価剛性を用いたはりモデルによる解析を行った。なお、大変形時の材料非線形特性は考慮しなかった。また、立坑は周辺地盤に追従して動き、立坑コンクリートとセグメント外周の付着力以上の軸力が作用するとすべりを生じるものとした。解析に用いる諸数値を表-1

に、解析モデルを図-2にそれぞれ示す。なお、解析対象はやや浅いシールドとう道とし(GL-15m) L2地震動によるとう道重心位置での軸方向変位は148mmで解析した。

表-1 解析条件

項目	単位	0号	3号
セグメント外径	mm	2750	4550
覆工内径	mm	2200	3950
主桁高さ	mm	125	150
一次覆工等価剛性(引張)	N	1.09×10^{10}	1.93×10^{10}
一次覆工等価剛性(圧縮)	N	1.97×10^{10}	3.40×10^{10}
二次覆工軸剛性	N	5.45×10^{10}	1.02×10^{11}
耐震鉄筋軸剛性	N	2.13×10^9	3.66×10^9
立坑取付部軸剛性(引張)	N	1.30×10^{10}	2.30×10^{10}
立坑取付部軸剛性(圧縮)	N	7.42×10^{10}	1.36×10^{11}
限界軸力(押し/引き)	N	3.46×10^6	5.72×10^6

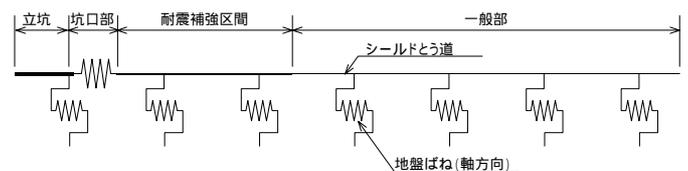


図-2 解析モデル概要

シールドとう道坑口部の非線形ばねを考慮した解析結果を表-2に示す。一定軸力で坑口部にすべりが生じる条件により、セグメントやボルトに生じるひずみは抑えられており、コンクリートや鉄筋の一般的な降伏ひずみ0.1~0.2%に対して十分小さい。坑口部における伸縮量(すべり量)は数cmのオーダーで、地盤変位の10~20%程度である。これらの解析値は、前述した神戸での損傷事例と概ね対応している。

表-2 坑口部の耐震解析結果

項目	引張			圧縮		
	軸力($\times 10^6$ N)	ひずみ(%)	伸縮量(mm)	軸力($\times 10^6$ N)	ひずみ(%)	伸縮量(mm)
0号 とう道	4.92	0.021		5.27	0.007	
0号 坑口部	3.46		24.9	3.46		40.2
3号 とう道	7.33	0.018		7.56	0.006	
3号 坑口部	5.72		11.8	5.72		20.4

4. ゴムジョイント実験

前記2章の被災事例及び3章の解析結果を踏まえ、シールド

Keywords シールド、L2地震動、耐震解析、耐震継手

〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 TEL.0298-68-6240 FAX.0298-68-6259

とう道の耐震上の弱点対策として立坑取付部に耐震継手を設置することを検討した。耐震継手としては、とう道とマンホールをつなぐシャフト状の構造物で既に実績のあるゴムジョイント(A)を基本とし、シールドとう道が建設されている深度での水圧を考慮したゴムジョイント(B)それぞれについて要求条件は以下の通り設定した。

(1)軸方向の許容変位量:100mm

被災事例、解析結果に加え、立坑のロッキングの影響及び安全率を考慮して決定した。

(2)耐水圧性能

既設とう道の大部分が GL-30m 程度の深さまでの範囲に建設されていることを考慮して設定した(表-3)

表-3 耐水圧性能の要求条件

ゴムジョイント	基本性能	安全率を考慮した 要求性能	
		平常時(変位0)	大地震時(変位100mm)
A	0.20Mpa	0.30Mpa	0.22Mpa
B	0.30Mpa	0.45Mpa	0.33Mpa

実験は、単体引張試験、耐水圧実験の順で実施した。

4.1 供試体概要

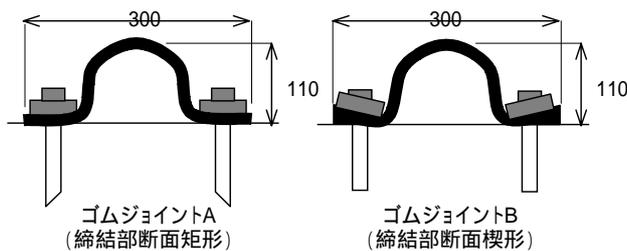


図-3 ゴムジョイント概要

ゴムジョイントの概要を図-3に示す。ゴムジョイントAは既存のもので締結部の断面が矩形である。一方、Bは締結部断面が楔形になっている。これは高水圧が掛かったときに締結部が引張込まれるのを妨げる効果がある。

4.2 単体引張試験

単体引張試験は、ゴムジョイントの基本特性及びボルト締付けトルクの影響を把握することを目的として実施した。締付けトルク5.0、7.6、10.0、12.6kN・cmの場合それぞれについて、両端をボルト締めした供試体の一端をジャッキで引張り、変位量と引張力を測定した。

ゴムジョイントAの場合、締付けトルクの大小による引張耐力の差が小さく、18~19kN程度であった。一方、Bでは若干違いが見られるものの、10kN以上では差がない。引張耐力はAと比較して30~40%程度向上している。

4.3 耐水圧実験

4.3.1 実験方法

実験には径1200mmの供試体を使用した。実験手順は以下の通りである(図-4)。

供試体を試験装置にトルク10kN・cmで取り付ける。

変位0の状態です定の水圧をかけて止水性を確認する。

水圧をもとに戻す。

軸方向に100mm変位させる。

所定の水圧をかけて24時間放置し、止水性を確認する。

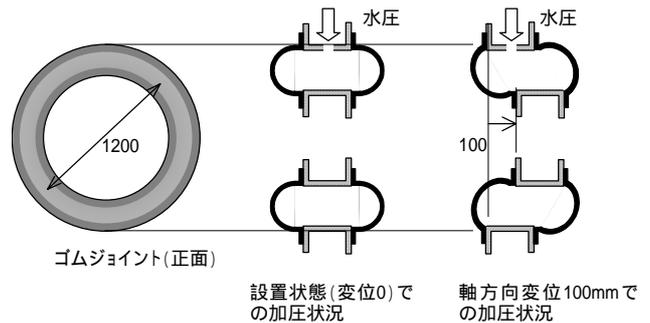


図-4 実験方法概要

4.3.2 実験結果

(1)ゴムジョイントA

変位0、100mmの状態ですそれぞれ安全率を考慮した要求性能である0.30Mpa、0.22Mpaまで水圧をかけたが、漏水は確認されなかった。

(2)ゴムジョイントB

変位0、100mmの状態ですそれぞれ安全率を考慮した要求性能である0.45Mpa、0.33Mpaまで水圧をかけたが、漏水は確認されなかった。

5. まとめ

シールドとう道と立坑の取付部について、兵庫県南部地震での被災状況、L2地震動を考慮した耐震解析の結果を踏まえて耐震対策としてゴムジョイントを設置することを検討した。シールドとう道の設置深度、坑口部での相対変位からゴムジョイントの要求条件(耐水圧、変位量)を設定し、実験を行った結果、所期の性能を満足していることを確認した。

謝辞

本検討に多大なご指導、ご意見、ご協力をいただいた早稲田大学理工学部小泉淳教授、東洋大学工学部鈴木崇伸助教並びに関係者各位に深く感謝する。