

I-524

多摩川・川崎航路沈埋トンネルの可撓性継手

首都高速道路公団 正会員 大塚 敬三

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 橋 義規

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 松本 修一

1 まえがき

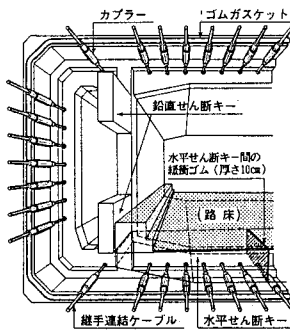
沈埋トンネルの函体間には継手によって連結されるが、この継手には函体部より剛性を大幅に低下させた可撓性継手と、函体とほぼ同等な剛性をもった剛継手とがある。一般に可撓性継手を配置した場合は、地盤の圧密沈下などで生じる不等沈下、温度変化の影響、あるいは地震により生じる変位および変形に対して、トンネルに発生する断面力を大幅に低減させることが可能であり、トンネル断面を経済的に設計することができる。ここでは、首都高速道路高速湾岸線の多摩川および川崎航路トンネルで採用した可撓性継手の、剛性の評価方法について報告する。

2 可撓性継手の構造

図-1に多摩川および川崎航路トンネルで採用した可撓性継手の構造を示す。この可撓性継手は①ゴムガasket②継手連結ケーブル③水平および鉛直せん断キー④二次止水ゴムの4つの部材で構成されている。

ゴムガasketは継手部の止水を図るとともに沈埋トンネルの軸方向力に対する圧縮、引張のばね作用をする。継手連結ケーブルは継手部がトンネル軸方向に開こうとする変位に抵抗する引張抵抗部材であり、ゴムガasketとともに引張に対して合成ばねを形成する。継手連結ケーブルがばねとして関与する部分をケーブル

自由長と呼ぶ。水平および鉛直せん断キーは、機械的なかみ合わせにより水平および鉛直方向の函体相互のずれを防止するもので、かみ合わせの間に緩衝ゴムをはさむことでばね作用をさせている。二次止水ゴムは、継手部の止水に対する安全性を高める目的でゴムガasketの内側に配置するものである。



ゴムガasketの断面図

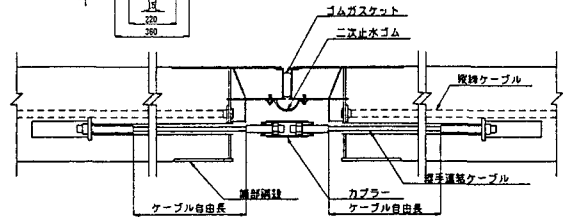
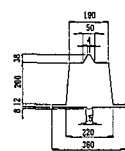


図-1 可撓性継手の構造

自由長と呼ぶ。水平および鉛直せん断キーは、機械的なかみ合わせにより水平および鉛直方向の函体相互のずれを防止するもので、かみ合わせの間に緩衝ゴムをはさむことでばね作用をさせている。二次止水ゴムは、継手部の止水に対する安全性を高める目的でゴムガasketの内側に配置するものである。

3 可撓性継手の剛性評価

表-1に継手を構成する部材とばねの評価の関係を示す。

表-1 継手を構成する部材とばねの評価

ばねの作用方向	トンネル軸方向 圧縮ばね	トンネル軸方向 引張ばね	せん断ばね	回転ばね
ゴムガasket	○	○	×	○
継手連結ケーブル	-	○	-	○
せん断キー（緩衝ゴム）	×	-	○	-

○：影響を考慮するもの
×：影響を無視するもの
-：ほとんど影響が無いもの

(1) トンネル軸方向ばね

トンネル軸方向の圧縮力に対してはゴムガasketがばね作用をする。ゴムガasketの動的な圧縮ばね定数は除荷曲線の割線勾配を

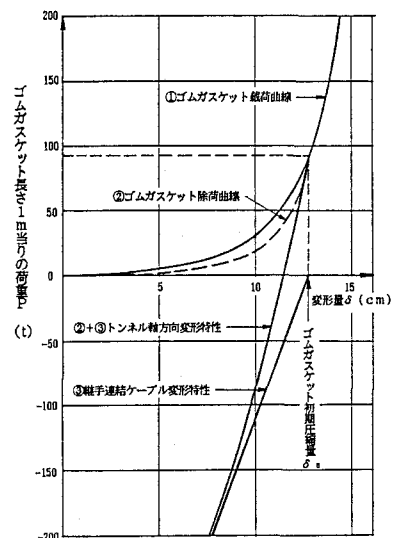


図-2 トンネル軸方向のばね

用いて算出する¹⁾。引張力に対してはゴムガスケットのばねと継手連結ケーブルのばねを加算した合成ばねとして算出する。したがって、トンネル軸方向のばね定数は圧縮と引張とでは異なった値となるが、一般には継手部は引張力が作用したときの止水性が問題となるので、引張ばねで代表させている。図-2に本沈埋トンネルで設定したトンネル軸方向のばね特性を示す。ゴムガスケットは函体どうしを水圧により接合したときの圧縮変形が初期状態になる。継手連結ケーブルはこの状態で連結されるが張力は導入しない。したがって、初期状態から

継手が開く引張側の変形に対してゴムガスケットと継手連結ケーブルとの合成ばねが形成される。

(2) せん断ばね

継手部における鉛直、水平方向のせん断ずれに対しては、せん断キーの間隔に

(3) 回転ばね

継手部における鉛直軸回りおよびトンネル軸方向の水平軸回りのモーメントに対してはゴムガスケットと継手連結ケーブルで抵抗するものとし、図-3に示すように、変形と力の釣合条件から回転ばね定数を算出する。

(4) 継手のばね定数

本沈埋トンネルの可撓性継手について上記の方法で算出したばね定数を表-2に示す。

表-2 可撓性継手のばね定数

		ばね定数
引	張 (t/m)	5.7×10^5
回	鉛直軸まわり	9.5×10^7
	水平軸まわり	2.4×10^7
せん断	水平方向	4.7×10^4
	鉛直方向	5.5×10^4

3 トンネル軸方向の地震応答解析

図-4に多摩川トンネルの動的解析の結果を示す。継手が剛の場合は、換気塔付近の函体にかかなりの大きな軸力、曲げモーメント、せん断力が発生するが、可撓性継手とした場合には継手部の断面力だけでなく、トンネル全体の断面力が低減する傾向となる。特に換気塔付近の断面力の低減が著しく、最大値と比較すると、軸力曲げモーメント、せん断力とも約1/4となる。これらは可撓性継手を配置する効果が大きいことを示している。

4 あとがき

本沈埋トンネルでは、地震時のトンネルの挙動を観測する目的で各種計測器の設置を計画している。将来、大規模地震の観測記録が得られれば、可撓性継手の耐震性によぼす効果の確認も含め、沈埋トンネルの耐震設計手法の確立に大いに役立つものと期待している。

参考文献

- 建設省土木研究所、沈埋トンネルの可撓性継手の動的剛性の評価方法、土研資料No.1859、昭和57年8月

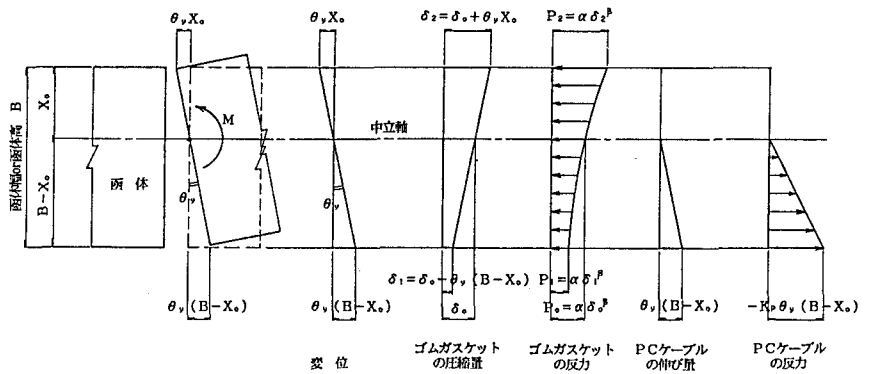


図-3 回転変形におけるゴムガスケットと継手連結ケーブルの力の釣合

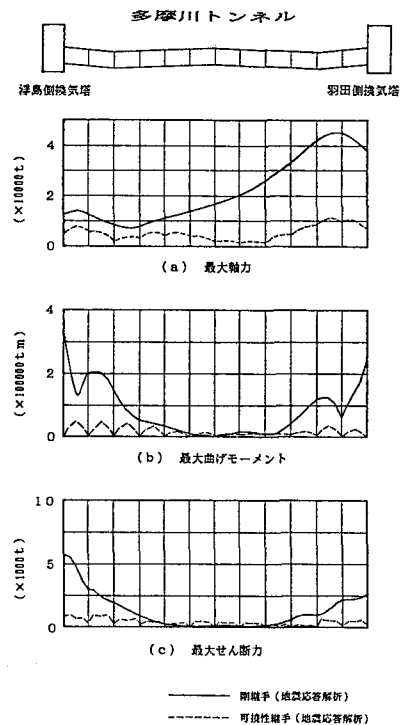


図-4 トンネル軸方向の地震応答解析結果