

大水深・大変形に追従する沈埋函継手に関する考察

大成建設	正会員	金子研一	正会員	平野逸雄
大成建設	正会員	土屋正彦		木村政俊
横浜ゴム	正会員	太田 亘		宮島 純

1. はじめに

わが国で沈埋トンネルが施工された深度の実績は 30m より浅いが、海外では水深 40m 程度の実績があり、今後 60m での計画もある。ゴムガasketを可撓性継手構造に組み込む従来の設計を大深度に対しても踏襲すると、ゴムガasketの寸法は大きなものになり、高い水圧による施工時の横倒れの不安が増大する。加えて、沈埋函が硬質な地盤と軟弱な地盤の層境や活断層を跨ぐケースもあり、従来の考え方では対処できない場合もでてきている。

ここでは、大水深、大変形量に耐える沈埋函の継手に関して考察した結果を報告する。

2. 大変形追従型可撓性継手

近年、大変形に追従できるように函体の中間部に特殊な継手を設ける設計が行われるようになった。那覇沈埋トンネルでは、この継手にベローズが使用されている。函体接合部のゴムガasketは水圧接合にだけ利用し、変形は別な可撓性継手で吸収するというものである。

筆者らは、この継手にシールドトンネルの可撓性セグメントを応用してみた。図-1 は厚さが 800mm の函体に幅 1500mm の部材を挿入した継手構造に、せん断変位が 150mm、縮みが 50mm 発生した状態を示す。

3. ゴムガasket

ゴムガasketを可撓性継手構造に組み入れた従来の地震時許容目開き量は式-1 のように定義される。

地震時許容目開き量=水圧接合時変形量—設計圧縮量（止水に必要な圧縮量）

—ばらつき量（鋼殻の不陸、温度変化等）—ガasketの製作誤差—永久変形量・・・・・・式-1

ここに、永久変形量とは経年劣化（100 年相当）後のセット量のことで全高さの 16.5% とする。

水深 30～60m に設置する小判型の沈埋函（幅 16.8m、高さ 8.2m）の継手を検討するのに、実験データが豊富で一般的に用いられている GINA 型ゴムガasket（図-2）を選定した。本体高さが 200mm と 148mm の 2 ケースについて、式-1 を用いて地震時許容目開き量を計算したところ、高さが 200mm のタイプで約 20mm、148mm のタイプは地震時に漏水する結果となった。

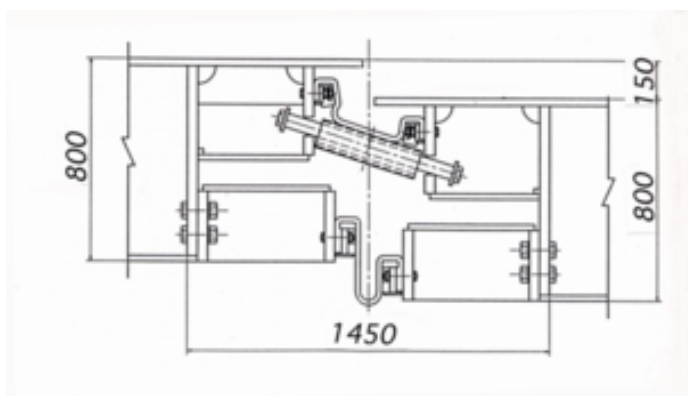


図-1 可撓性継手

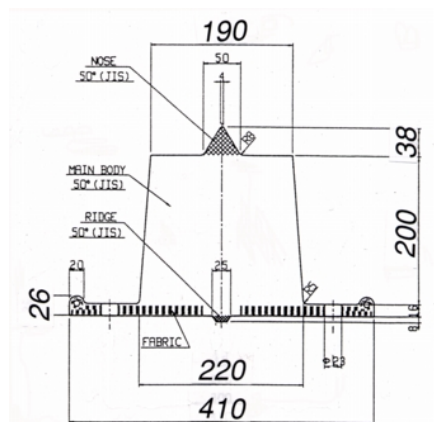


図-2 GINA 型ゴムガasket

Key Words：沈埋トンネル，可撓性継手，ゴムガasket

大成建設技術センタ土木技術開発部 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL045-814-7218 FAX045-814-7252

横浜ゴム平塚製造所工業資材技術部 平塚市追分 2 番 1 号 TEL0463-35-9686 FAX0463-35-9771

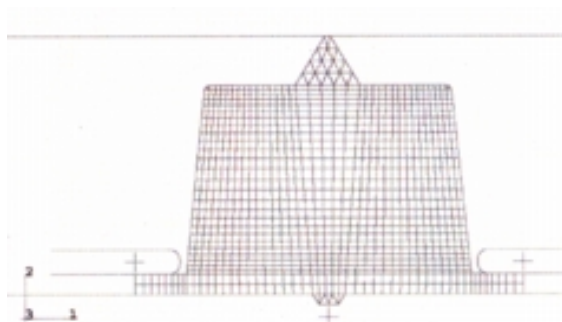


図-3 解析モデル（148mm）

表-1 位置修正時の許容目開き量（高さ148mm）

ガスケットの総高さ	206				
設置水深（m）	30	40	50	60	
水圧接合荷重（tf/m）	81.8	109.1	136.4	163.7	
水圧接合時圧縮量(mm)	92	99	104	107	実験値
止水圧(MPa)	3.4	4.4	5.4	6.4	沈埋函底部
止水に必要な圧縮量(mm)	27	37	49	62	実験値
ガスケットの製作誤差(mm)	2.4	2.4	2.4	2.4	
施工上の誤差(mm)	10	10	10	10	
残留ひずみ(mm)	15.5	15.5	15.5	15.5	全高の7.5%
位置修正時の許容目開き量	37.1	34.1	27.1	17.1	(mm)

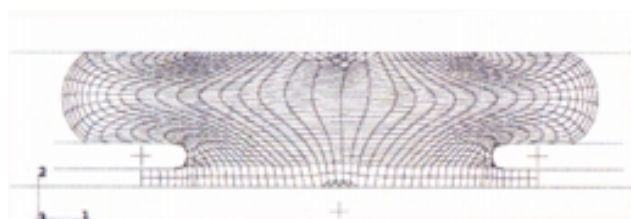


図-4 水圧接合時（圧縮量 106.3mm）

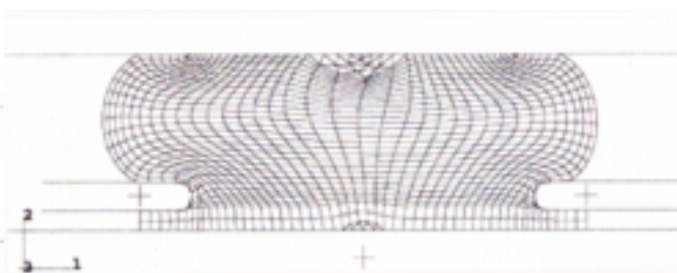


図-5 位置修正時（圧縮量 17.1mm）

函体間のゴムガスケットは水圧接合を目的とし、変位は函体の中間にあらかじめ設ける継手構造で対応することにすれば、永久変形量を見積もる必要がないためガスケットの高さは低いタイプで設計できる。要約すると、ガスケットは水圧接合後、最終的に剛結合にすれば、横倒れの心配のない高さの低いタイプが良い。本体高さが 148mm のガスケットに関して、地震時許容目開き量を位置修正時の許容目開き量と読み換えて計算した結果を表-1 に示す。残留ひずみ量は、水圧接合から位置修正までに要する期間を考慮して 11 日後の値（今回、実験で求めた）とした。許容目開き量 17.1mm は函尾の位置修正量 100mm に相当し、問題ない値と考える。なお、高さが 200mm の場合、接合時許容目開き量は 42mm であった。

さらに、水深 60m における水圧接合および位置修正工程におけるゴムガスケットの挙動を FEM による数値解析で求めた。図-3 は本体高さ 148mm のガスケットの解析モデルであり、クランプ金具を含めてモデル化している。ゴムは硬さ 50 度の天然ゴムであり、大水深対応ということでフランジ先端部をビード構造にし、ナイロン平織り布を補強材として使用している。ゴムの物性は実際の圧縮特性が表現できるように調整してあり、ガスケット側面の水圧差も考慮している。

図-4 は水圧接合時のガスケットの変形図であり、図-5 は接合した函体の位置修正時の変形図である。内外の圧力差により変形量に差があるが、ガスケットが倒れる状態ではない。最大圧縮時の主ひずみは 187% であったが、材料の破断は伸び量が 500% 以上なので問題はない。肩部の接触圧は 1.8MPa あり、水圧が 0.6MPa に対して 3 倍あるため、止水性も良好である。これに対し、本体高さ 200mm のガスケットの接触圧は 0.7MPa であり、高さが高くなると止水性が厳しくなることを確認した。

4. まとめ

沈埋函の函体内に大変形に追従できる継手を設けると、函体の水圧接合時に高さの低いガスケットで対応でき、横倒れの不安も少ない。その上、計算によると止水性から好ましい結果となった。また、函体の端部に図-1 に示す止水ゴムやタイバーを組込むことも可能であり、函体の内部に大変形追従型の継手を設けなくても良い場合もある。今後の課題としたい。最後に、図-1 は西部ポリマ化成の設計であり、感謝の意を表します。