

6

ゴムチューブによる J E S 継手シーリング方法の開発

鈴木 唯夫^{*1}・山村 康夫^{*2}・千々岩 三夫^{*3}

概 要

HEP & JES 工法において、標準的な JES エLEMENT の桁高は 850mm であるが、最近それ以下の桁高で計画されるため、桁高 600mm への対応が要望されている。

桁高 600mm では、安全上管内での作業に対する制限があるため、従来の桁高 850mm では、坑内人力作業で行っていた JES 継手部のシーリングを、無人化とする必要に迫られた。当社は、ジェイアール東日本コンサルタンツ^(株)と共同で桁高 600mm に対応する継手部シーリング方法の開発を行ってきた。いくつかの方法を検討してきたが、最終的にシーリング鋼板と継手部の隙間にゴムチューブを挿入する方法を考案し、性能確認試験で検証を行った。

その結果、継ぎ目のない連続したシールが可能となり、JES 継手の段差部(最大 8mm)においても、追従できることを確認した。

キーワード：JES エLEMENT、シーリング方法、ゴムチューブ

DEVELOPMENT OF A JES JOINT SEALING TECHNIQUE WITH A RUBBER TUBE

Tadao Suzuki^{*1}, Yasuo Yamamura^{*2}, Mistuo Chijiwa^{*3}

Abstract

In the HEP&JES method, the standard beam height of the JES element is 850 mm. Recently, however, beams of shorter height have been used in planning. There is therefore demand for an effective technique for a beam height of 600 mm.

The beam height of 600 mm imposes safety restrictions on jobs in the JES element. Accordingly, it is imperative to develop an un-manned method for sealing JES joints, which are usually sealed manually in tunnels with the conventional beam height of 850 mm. Tekken Corporation jointly with JR East Consultants Company has been developing effective techniques of sealing joints suitable for the 600 mm beam height. Among various techniques studied, the method finally developed consists in insertion of a rubber tube into the interstice between the steel sealing plate and joint, and tests were performed to verify performance.

Consequently, the new technique allows continuous seamless sealing to be made. Moreover, the study verified that the sealing is capable of following a difference (max. 8 mm) in level at the JES joint.

Keywords: JES element, sealing method, rubber tube

*1 Construction Technology Group, Construction Technology Center, Engineering Division

*2 Manager, Construction Technology Group, Construction Technology Center, Engineering Division

*3 General Manager, Construction Technology Center, Engineering Division

ゴムチューブによるJES継手シーリング方法の開発

鈴木 唯夫*¹・山村 康夫*²・千々岩 三夫*³

1. はじめに

H E P & J E S 工法において、桁高 600mm の施工を実施するにあたり、推進工法によるずい道等の建設作業においては、労働安全衛生規則上、内径 800mm 以下の坑内人力作業には制限が課せられている。¹⁾²⁾そこで、継手部のシーリング作業を無人で行うための方法を、ジェイアール東日本コンサルタンツ㈱と共同で開発を行った。

次の3項目を開発の目的とする。

- 1) 坑内無人化施工の実現
- 2) シーリングの連続性と確実性の実現
- 3) 継手グラウトに対する耐水压性の確保

2. 開発の概要

従来の桁高 850mm のエレメントにおける J E S 継手部のシーリング作業は、坑内に人が入り、止水処理（コーキング）を行っている。

今回は、桁高 600mm に対応した坑内での無人化施工を行うために、ゴムチューブによるシーリング方法を考案した。

図-1 にエレメント内でのシーリング作業を示す。

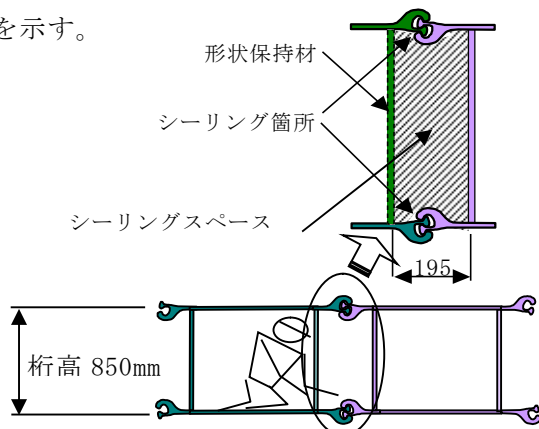


図-1 エレメント内でのシーリング作業

3. ゴムチューブによるシーリング方法

ゴムチューブによるシーリング方法は、図-2 に示す様に後行継手側にシーリング鋼板を取り付け、継手嵌合後シーリング鋼板と継手部の隙間にゴムチューブを挿入後、ゴムチューブ内に充填材を注入し、周囲に密着させ継手内グラウトを、充填する方法である。

ゴムチューブの選定にあたり、耐久性・形状・肉厚を考慮し、材質は天然ゴム、寸法は内径15mm×外径20mm×厚み2.5mmのゴムチューブを採用した。表-1 にゴムの仕様を示す。

シーリング鋼板はゴムチューブの充填圧と継手グラウト充填圧に耐える強度が必要であり、現状のグラウト鋼板（厚み 1.2mm）と同等の物を使用し、性能確認試験で強度確認を行った。

表-1 ゴムチューブの仕様

材 質	天然ゴム
寸 法	内径 15mm× 外径 20mm
耐熱温度	80℃
耐寒（脆化）温度	- 50℃～ - 70℃
無拘束での耐圧	0.1～0.2MPa（1～2kg/cm ² ）

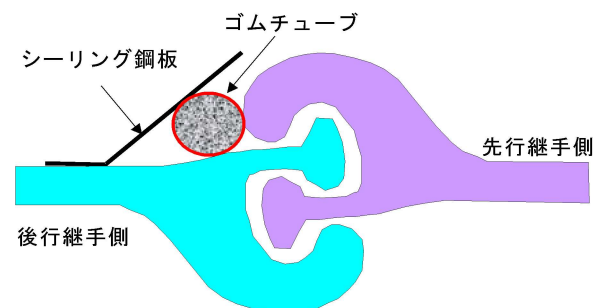


図-2 ゴムチューブによるシーリング

*1 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 研究開発部 施工技術グループ

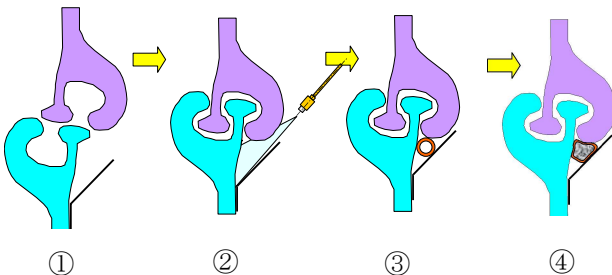
*2 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 研究開発部 施工技術グループ・リーダー

*3 エンジニアリング本部 建設技術総合センター 研究開発部 部長

3. 1 施工手順

ゴムチューブによるシーリング方法の手順を以下に示す（図－3 参照）。

- ①後行エレメントにシーリング鋼板を取付ける。
- ②嵌合後、専用の台車を使用し、シーリング鋼板と継手部の隙間の洗浄を行う。
- ③洗浄と同時にゴムチューブを挿入する。
- ④ゴムチューブ内に充填材を注入し周囲に密着させる。



図－3 ゴムチューブによるシーリング手順

4. 性能確認試験

性能確認試験は、前頁図－1 に示したシーリングスペースを模擬し、実物大の試験体で実施した。内容は、以下の5項目について性能確認試験で検証を行った。事前確認として、ゴムチューブの耐圧性能を確認した。

- 1) ゴムチューブの耐圧性能確認
- 2) シーリング部の洗浄確認
- 3) ゴムチューブの挿入確認
- 4) ゴムチューブの充填性確認
- 5) J E S 継手内充填確認

4. 1 ゴムチューブの耐圧性能確認試験

使用するゴムチューブの耐圧性能を確認するために、チューブ内に水压をかけ、ゴムチューブの外径変化と耐圧を確認した。

試験結果を表－2 に示す。

表－2 ゴムチューブの耐圧性能試験結果

圧力 (MPa)	ゴムチューブの 外径変化	状況
0.10	23mm(+3.0mm)	外観に異常は無し
0.15	24.3mm(+4.3mm)	外観に異常は無し
0.18	82mm(+62.0mm)	一部分で 82mm であったが連鎖的にチューブ全体に広がり破裂した

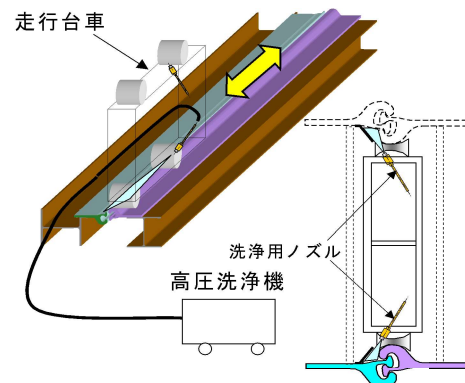
無拘束でのゴムチューブの耐圧は、0.18MPa で、外径寸法 82mm(+62mm) まで膨張し、ゴムチューブ全体が膨張してから破裂した（写真－1 参照）。



写真－1 ゴムチューブ外径 82.0mm

4. 2 シーリング部の洗浄確認試験

走行台車（写真－2 参照）に、シーリング鋼板の隙間に当たるように、洗浄ノズルを取付け、台車をウインチでけん引しながらシーリングスペースを洗浄する方法で実施した（図－4 参照）。結果は、継手長 7 m を約 30 秒で洗浄でき、洗浄状態は、土砂等がなく良好な結果であった。洗浄状況に応じ台車を往復させ、繰り返し洗浄を行う。



図－4 シーリング部の洗浄試験



写真－2 走行台車

4. 3 ゴムチューブの挿入確認試験

ゴムチューブの挿入は、本来は洗浄とゴムチューブの挿入を同時に行うが、性能確認試験では、洗浄状態を確認するために個々に検証を行った。

試験概要を図-5に示す。写真-3にゴムチューブけん引用持具を示す。試験結果は、ゴムが挿入された延長分、ゴムと周辺の接触面が増加し、摩擦抵抗も増加するため、送り出すゴムチューブの表面に摩擦防止材（中性洗剤等）を塗布して挿入した。

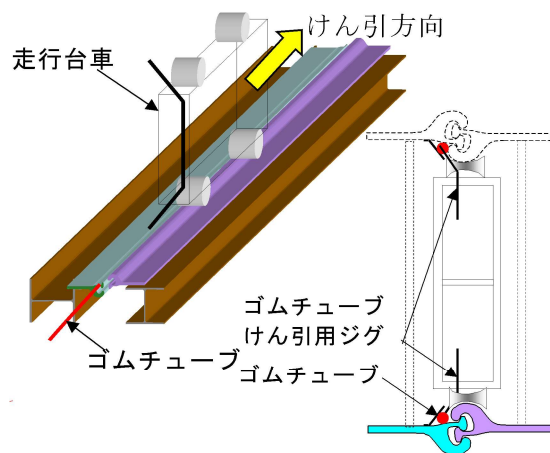


図-5 ゴムチューブの挿入確認試験

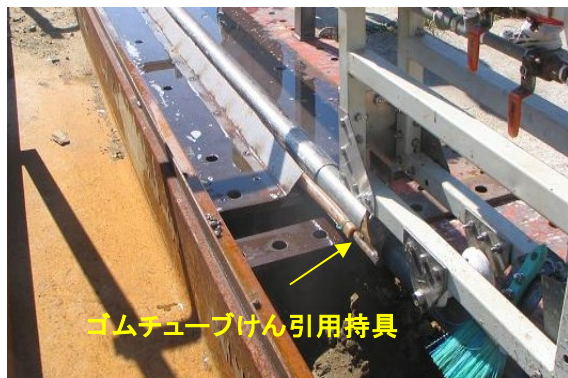


写真-3 ゴムチューブけん引用持具

4. 4 ゴムチューブの充填性確認試験

図-6に示すように、挿入したゴムチューブ内にグラウト材を充填し、ゴムチューブの充填膨張により、継手に密着することを確認した（写真-4参照）。

J E S継手内充填を、ゴムチューブ充填後、時間が経過した後に行うことができるかを確認するために、ゴムチューブとJ E S継手との密着性を日々確認した。また、事前確認として、ゴムチューブ内グラウト硬化後、粘土溶液をJ E S継手内に注入し漏れを確認した。

充填試験（1回目）にて発生した問題点と対策を表-4に示す。

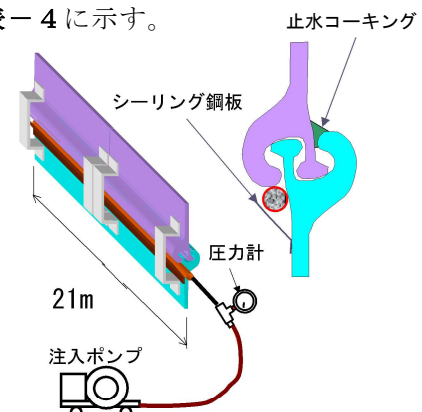


図-6 ゴムチューブの充填性確認試験



写真-4 ゴムチューブの充填状況

表-4 ゴムチューブ充填試験(1回目)で発生した問題点と対策

問題点	原因	対策
継手との密着不足による部分的な隙間	ゴムチューブの充填膨張により、継手に密着する方向に膨らまず、シーリング鋼板を押し広げる方向に作用してしまう（図-7参照）。	シーリング鋼板の形状変更（図-8参照）
グラウト充填後のゴムチューブの経時収縮	充填時にゴムチューブ内にエアが混入した。	エアチューブ内に気泡等が残留しないように、出口側の注入口の位置を高くし、グラウト材をしばらく流出させてから閉塞する。
ゴムチューブ充填硬化後の継手内注入	継手内注入圧力の影響により、継手部自体の挙動に伴い隙間が発生した。	ゴムチューブ内充填後、硬化する前にチューブ内の圧力を確保しながら継手部のグラウト充填を行う。

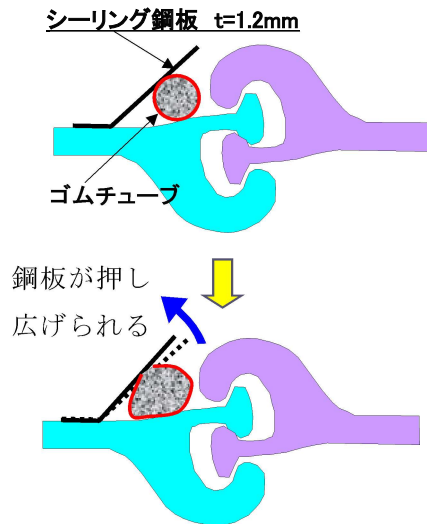


図-7 ゴムチューブの膨張による影響

前頁表-4に示した対策を施し、図-8に示すようにシーリング鋼板の形状を改良して、再度ゴムチューブの充填試験(2回目)を実施した。試験結果を表-5に示す。

表-5 ゴムチューブの充填試験(2回目)結果

確認項目	確認内容	試験結果
グラウト材	比重	1.83
	粘性	32.1sec
	練り上がり温度	12℃
	漏れ	漏れ無し
シーリングの耐圧性	注入圧	0.24MPa
	保持時間	3分間
	注入量	8.5リットル(0.4リットル/分)

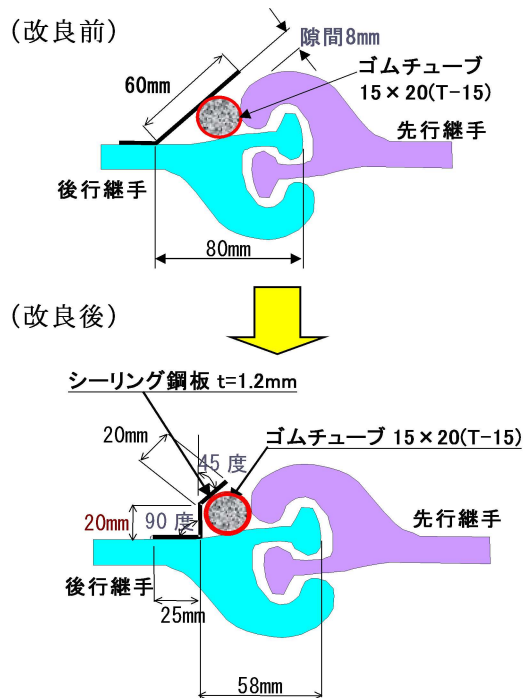


図-8 シーリング鋼板の形状改良

4.5 JES継手内充填試験

改良したシーリング鋼板の継手を用いて、JES継手内の充填試験を行った。

試験の概要を図-9に示す。両端にエア抜きチューブを設置し、エア溜まりを防止する。

グラウト材が継手内の隅々まで行き渡るように、注入孔には切り欠きを設けた。

また、チューブ内の圧力を確保(0.24MPa)しながら、継手部のグラウト充填を注入圧力0.15MPaで行ったが、ゴムチューブとJES継手との接触面からの漏れも無く、良好な結果を得た。JES継手内充填試験結果を、表-6に示す。

充填状況の確認は、グラウト硬化後試験体の断面を切断し、ゴムチューブおよびJES継手内の充填状況を確認した。充填状況は、段差部を含めた切断箇所全て、グラウトが充填されていた(写真-5、写真-6参照)。

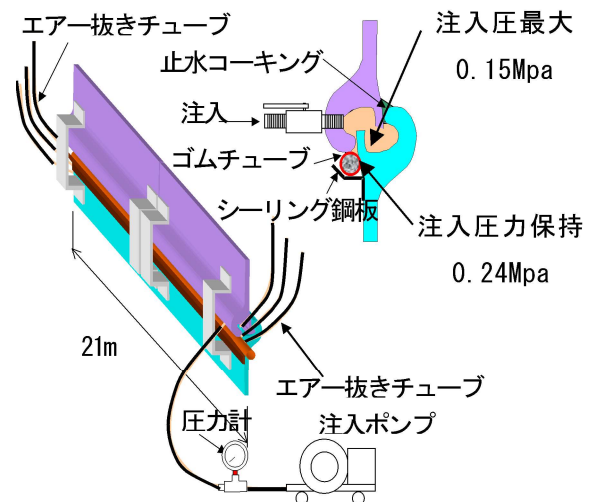


図-9 JES継手内充填試験

表-6 JES継手内の充填試験結果

確認項目	確認内容	試験結果
グラウト材	圧縮強度	平均 31.2N/mm ² (材令 7 日) 平均 45.1N/mm ² (材令 15 日)
	比重	1.83
	粘性	32.1sec
	練り上がり温度	12℃
	漏れ	ゴムチューブ側の漏れ無し
	注入圧	0.03~0.15MPa
シーリングの耐圧性	注入時間	14分経過で下側エア抜きより漏出 20分経過で上側エア抜きより漏出 40分経過まで漏出側グラウト比重確認
	注入量	18.8リットル(0.895リットル/分)



写真-5 充填確認



写真-6 充填確認（段差部）

5. まとめ

性能確認試験より、以下の3項目について検証結果を述べる。

1) 坑内無人化施工の実現について

専用の台車を使用することで、シーリング箇所の洗浄とゴムチューブの挿入を無人で行うことができることが確認できた。

2) シーリングの連続性と確実性の確保

継ぎ目のない長尺のゴムチューブをエレメント敷設後シーリング部に引き込むため、継ぎ目のない連続したシールが可能となることが確認できた。また、シーリング鋼板は、厚さ1.2mmで、最大8mmのJES継手段差部に

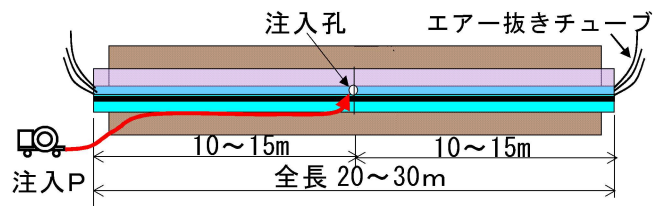


図-10 継手内グラウト充填要領(20~30m 対応)

においても、ゴムチューブの膨張により追従できることが確認できた。

3) 継手内グラウトに対する耐水压性の確保

ゴムチューブ内の圧力を保持(0.24MPa)しながら、継手内のグラウト充填を行ったが、ゴムチューブの接触面からのグラウトの漏れもなく、継手内のグラウト充填圧力0.15MPaまでの耐水压性を、有することを確認できた。

通常の継手内グラウト充填においては、最大注入圧力0.1MPa以下で管理している。今回の検証結果より、考案したゴムチューブ方式は、桁高600mmのJESエレメントにおける継手シーリング方法として有効な方策であることが確認できた。

実状に応じた全長20~30mの継手グラウト充填では、図-10に示すとおり、事前にセットした中間部の注入孔から充填することで、坑内無人による施工が可能であると考え。今後は、現場で試験施工を行い、性能を実証し実用化を目指したいと考える。

参考文献

- 1) 労働省安全衛生部：労働安全衛生規則実務便覧，1996.10
- 2) (社)日本下水道管渠推進技術協会：推進工事施工条件明示マニュアル，pp160, 1999.8