

## RCS 合成壁の適用範囲拡大に向けた研究

野畑 茂雄\*1・尻無濱 昭三\*2・石渡 康弘\*3・阪井 真人\*4・藤原 達夫\*1

## 概 要

我々はこれまでソイルセメント壁の有効利用を目的に、H形鋼とRC地下壁をシアコネクタによって一体化して合成壁を構築する工法（RCS合成壁）を開発し、2005年には一般評定を取得した。ところで、最近の大深度掘削を行う工事では、H形鋼を建込む際に鉛直方向の精度を確保してもシアコネクタ（スタッド等）が壁筋によって拘束されない場合があり、また、地下外壁では外防水工法が採用される事例も見受けられる。このような場合、これまでに取得した一般評定では対応が困難であることから、今回、このような条件下でも対応できるRCS合成壁を開発してこれまでに取得した一般評定の適用範囲の拡大を目的に曲げせん断実験を行った。

本報では、一般評定の適用範囲の拡大を目的に実施した曲げせん断実験の概要を報告する。  
キーワード：山留め壁，地下躯体，合成壁，シアコネクタ，防水

## A STUDY FOR EXPANDING THE APPLICATION SCOPE OF RCS COMPOSITE WALLS

Shigeo NOBATA\*1, Shozo SHIRINASHIHAMA\*2, Yasuhiro ISHIWATA\*3

Masato SAKAI\*4, Tatsuo FUJIWARA\*1

## Abstract

In order to effectively use soil cement walls, we have developed a method (RCS composite wall) to build a monolithic composite wall by integrating H-shaped steel and RC underground wall using shear connectors, and in 2005, obtained a BCJ General Evaluation Certificate. However, recently at some construction sites where excavation was at great depths, sheer connectors (studs, etc.) could not be adequately constrained even where sufficient vertical accuracy was obtained in positioning the H-shaped steel, and in other cases, external underground walls have been constructed with exterior water proofing. In such cases, since it is difficult to cope with such conditions using the technology certification level based on a general evaluation license we previously acquired, an RCS composite wall able to adapt to such conditions has been developed. We conducted a bending shear experiment with this product in order to grade up the extent to which the certified general evaluation can be applied.

In this paper, we give an overview of the bending shear experiment to expand further the scope of the technology beyond the general evaluation certificate level.

Keywords: retaining wall, underground structure, composite wall, shear connector, waterproof

\*1 Architectural Technology Department, Architectural Division

\*2 Planning /Development Director, Architectural Technology Department, Architectural Division

\*3 Manager, Environmental Group, Research &amp; Development Center, Construction Technology General Center

\*4 Architectural Department, Tokyo Branch

## RCS 合成壁の適用範囲拡大に向けた研究

野畑 茂雄\*1・尻無濱 昭三\*2・石渡 康弘\*3・阪井 真人\*4・藤原 達夫\*1

## 1. はじめに

地下水位が高い軟弱地盤における大規模地下工事では、遮水性を考慮して山留め壁にソイルセメント壁が採用されることがある。ソイルセメント壁内部に配置される芯材（H形鋼）は、建物完成後に残置され構造的に寄与しないことが一般的であった。そこで我々はソイルセメント壁の芯材の有効利用を目的に、図-1に示すようにH形鋼とRC地下壁をシアコネクタ（スタッド等）によって一体化させて合成壁を構築する工法（RCS合成壁）を開発し<sup>1)</sup>、2005年に一般評定を取得した。RCS合成壁を採用することで、建物本設に利用する場合はRC地下壁の厚さを低減できる他、仮設時に利用する場合は支保工解体時に切梁の盛替を省略することが可能となる。一方、大深度掘削を行う工事ではH形鋼（芯材）を建込む際に鉛直方向の精度を確保しても施工誤差によってシアコネクタが壁筋によって拘束されない場合があり、そのようなときには個別に補強をして対応している。また、文献2)に示されるように地下外壁では外防水工法が採用される事例も見受けられる。このような状況を鑑み、本研究では、図-2に示す条件下に対応できるRCS合成壁を開発し、適用範囲を拡大した一般評定を取得することを目的に、曲げせん断実験を行った。

## 2. 実験概要

## 2.1 試験体概要

試験体諸元を表-1に、試験体の形状例を図-3に示す。試験体は実大スケールとし、芯

材（H-400×200×8×13）を450mmピッチで配置した合成壁の一部を抜き出した形状の計4体とした。実験パラメータは、頭付きスタッドと壁筋の離隔距離、合成度、防水材の有無とし、RC壁は離隔距離に応じた厚さとした。防水材には厚さ4mmのゴムアスファルト系の塗膜材を使用し、試験体No.4のみを対象にRC壁と芯材の界面に吹き付けた。シアコネクタは、長さ120mmの頭付きスタッドを150mmピッチで均等に配置し、試験体No.3のみ合成度を1.0にするため2列とした。試験体に使用した鋼材およびコンクリートの材料試験結果を表-2に示す。

## 2.2 載荷計画

載荷計画図を図-4に示す。加力は一方方向の

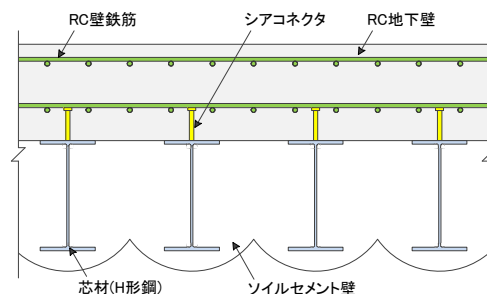


図-1 RCS合成壁の平面形状

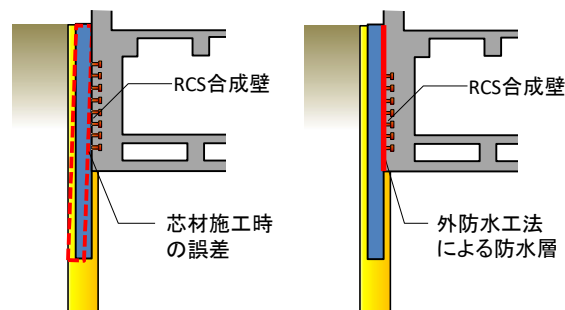


図-2 本研究で想定する条件

\*1 建築本部 建築技術部

\*2 建築本部 建築技術部 企画・開発部長

\*3 建設技術総合センター 研究開発センター 環境グループ グループリーダー

\*4 東京支店 建築部

単調載荷とし、ジャッキの変位が 60mm に到達するまで行った。試験体は 4m スパンの両端ピンローラーによって支持する計画とし、RC 壁が圧縮側、H 形鋼が引張側となるよう配置した。

進展と載荷点近傍での圧壊が見られた。最大耐力到達後の RC 壁は、試験体 No.1~No.3 では

表-1 試験体諸元

| 試験体  | RC壁                     |                          |         | 頭付きスタッドφ16    |                                    |          |           | 防水材 |
|------|-------------------------|--------------------------|---------|---------------|------------------------------------|----------|-----------|-----|
|      | Fc (N/mm <sup>2</sup> ) | 配筋                       | 厚さ (mm) | 本数            | 合成度 n <sub>p</sub> /n <sub>f</sub> | ピッチ (mm) | 離隔距離 (mm) |     |
| No.1 | 24                      | 3-D16<br>ダブル<br>(SD295A) | 400     | 26            | 0.5<br>(0.46)                      | 150      | 50        | 無   |
| No.2 |                         |                          | 450     |               | 0.5<br>(0.47)                      |          |           |     |
| No.3 |                         |                          | 450     | 1.0<br>(0.93) |                                    |          |           |     |
| No.4 |                         |                          | 400     | 26            | 0.5<br>(0.48)                      |          | 50        |     |

( )はコンクリートの材料試験結果で再計算した合成度

### 3. 実験結果

#### 3.1 破壊状況

各試験体の破壊状況を写真-1 に示す。載荷に伴い、試験体 No.1~No.4 のいずれも H 形鋼の下フランジが降伏し、RC 壁ではひび割れの

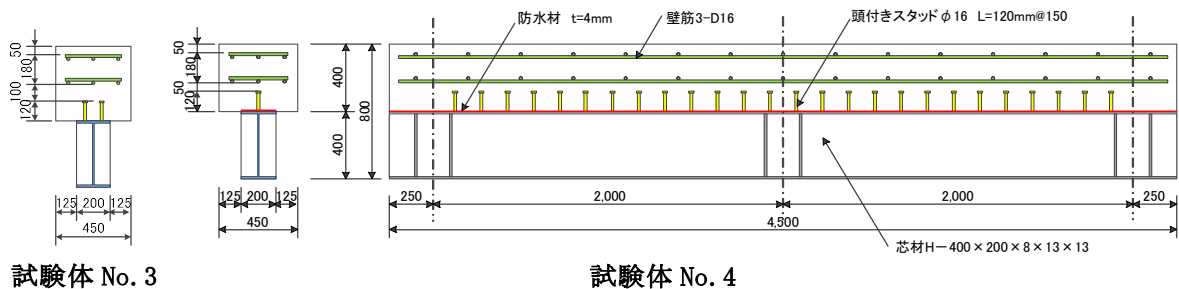


図-3 試験体の形状例

表-2 材料試験結果

| 部材      | 材質     | 降伏応力 (N/mm <sup>2</sup> ) | 降伏歪み (μ) | ヤング係数 (×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> ) | 破断伸び (%) |
|---------|--------|---------------------------|----------|---|---------------------------|----------|
| 壁筋      | SD295A | 357.1                     | 2099     | 1.75  | 502.2                     | 18.6     |
| H形鋼ウェブ  | SS400  | 346.4                     | 1737     | 1.96  | 478.5                     | 33.9     |
| H形鋼フランジ | SS400  | 269.5                     | 1374     | 2.09  | 454.6                     | 41.4     |

| 試験体  | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> ) | 割裂引張強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|---------------------------|---|-----------------------------|
| No.1 | 24.2                      | 2.58  | 2.46                        |
| No.2 | 24.8                      | 2.61  | -                           |
| No.3 | 24.8                      | 2.56  | -                           |
| No.4 | 25.2                      | 2.69  | 2.31                        |

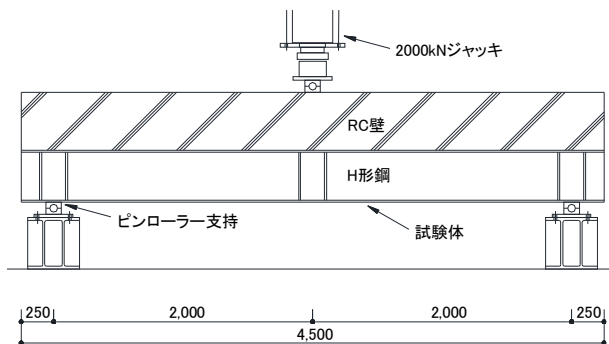


図-4 載荷計画図

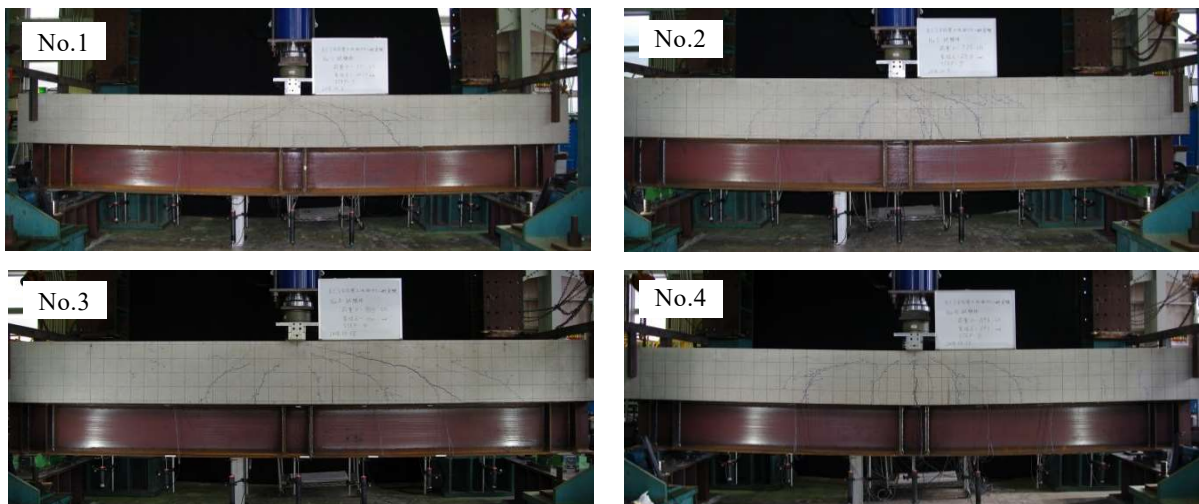


写真-1 破壊状況(最大耐力時)

載荷点から斜め方向に発生したせん断ひび割れの進展が、試験体 No.4 では載荷点直下の曲げひび割れの進展が顕著であった。試験体 No.4 のみ載荷点直下の曲げひび割れ幅が拡大したのは、図-5 (a) の断面内歪み分布が示すように、他の試験体に比べて RC 壁と H 形鋼が平面保持を維持できず、RC 壁に作用する引張応力が大きくなったことが要因と考えられる。また、図-5 (b) の断面内の歪み分布から、試験体 No.2 では短期許容応力、試験体 No.3 では最大耐力到達時まで、RC 壁と H 形鋼の平面保持が概ね成立しており、頭付きスタッドと鉄筋の離隔距離が 100mm であっても、合成壁として機能していることを確認した（許容応力および最大耐力は表-3 参照）。なお、壁筋は試験体 No.4

の下端筋のみ最大耐力到達前に降伏歪みに達したが、下端筋が降伏したのは H 形鋼の下フランジが降伏した後であった。

### 3.2 荷重-変形関係

試験体の荷重-変形関係を図-6 に示す。防水材を吹き付けた試験体 No.4 は防水材の無い試験体 No.1 と比べて、最大耐力、剛性共にやや小さくなった。合成度の異なる試験体 No.2 と試験体 No.3 を比較すると、合成度の低い試験体 No.2 の最大耐力は試験体 No.3 に比べて小さくなったが、初期剛性に大きな違いは生じなかった。

### 4. 計算値との比較

実験値と計算値の比較を表-3 に示す。表-

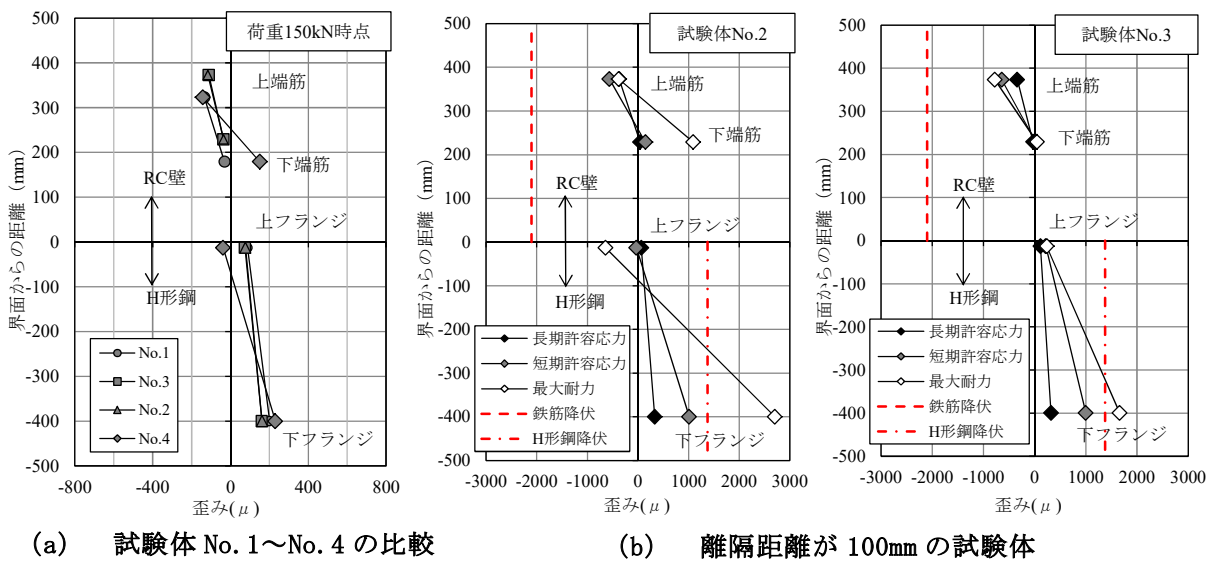


図-5 断面内の歪み分布(載荷点直下)

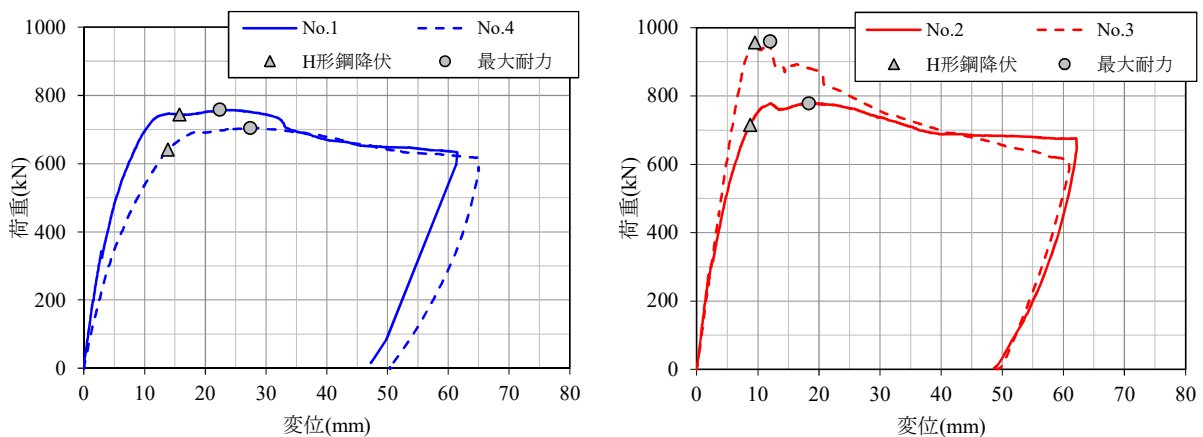


図-6 荷重-変形関係

3の計算値は材料試験結果を使用し、文献3)に基づき算出した。また、表-3には頭付きスタッドの壁筋へのかかり代が50mmでRC壁の厚さを300mmとした施工誤差が無い状態を想定したときの計算値を併せて示している。試験体No.1~No.4のいずれも、降伏耐力 $P_y$ が短期許容応力 $P_s$ を上回った。初期剛性は、試験体No.1を除いて実験値が計算値を下回ったが、RC壁の厚さを300mmとした施工誤差が無い状態を想定すると、試験体No.2では実験値が計算値を上回り、試験体No.3~No.4においても実験値と計算値が概ね一致する結果が得られた。

## 5. まとめ

シアコネクタと壁筋に離隔距離がある場合と防水材を吹き付けた場合を想定したRCS合成壁の曲げせん断実験を行い、その構造性能を把握した。また、これら一連の曲げせん断実験の結果を用いて、2019年に評定項目の適用範囲を拡大した一般評定を新たに取得することができた。

## 謝辞

RCS合成壁は五洋建設、戸田建設との共同研究によって開発した工法であり、本研究においてご協力いただいた皆様に深く感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 例えば山浦一郎ほか：ソイルセメント柱列壁の有効利用に関する研究 その1，日本建築学会大会学術講演梗概集(中国)，pp.607-608，1999.9
- 2) 日本建築学会：建築地下外防水の設計と施工の考え方，2018.9
- 3) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説，2010.11
- 4) 平野道勝ほか：負曲げ区間を有する不完全合成梁の挙動にスタッドコネクタの配置が及ぼす影響に関する実験的研究，日本建築学会論文報告集，第314号，pp.71-81，1982.4

表-3 実験値と計算値の比較

| 試験体  | 実験値                      |                       |                           | 計算値                      |                          |                          | $k_c/k_c$      | $P_y/P_s$      |
|------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------|
|      | 初期剛性<br>$k_c$<br>(kN/mm) | 降伏耐力<br>$P_y$<br>(kN) | 最大耐力<br>$P_{max}$<br>(kN) | 初期剛性<br>$k_c$<br>(kN/mm) | 長期許容<br>応力 $P_L$<br>(kN) | 短期許容<br>応力 $P_s$<br>(kN) |                |                |
| No.1 | 147.9                    | 743.5                 | 758.3                     | 134.7<br>(98.4)          | 393.6<br>(316.6)         | 595.6<br>(499.9)         | 1.10<br>(1.50) | 1.25<br>(1.49) |
| No.2 | 139.2                    | 714.7                 | 778.7                     | 157.7<br>(98.9)          | 433.6<br>(324.4)         | 650.5<br>(501.6)         | 0.88<br>(1.41) | 1.10<br>(1.42) |
| No.3 | 123.6                    | 956.7                 | 959.4                     | 207.3<br>(124.6)         | 449.2<br>(324.9)         | 787.0<br>(577.3)         | 0.60<br>(0.99) | 1.22<br>(1.66) |
| No.4 | 93.0                     | 640.6                 | 704.5                     | 136.8<br>(99.7)          | 401.1<br>(330.1)         | 601.6<br>(503.9)         | 0.68<br>(0.93) | 1.06<br>(1.27) |

初期剛性は文献4)を参考に、長期許容応力の1/3の点からその点をさらに3等分した割線剛性の平均値を採用  
( )はRC壁の厚さを300mmとした計算値