

# 根入れ式鋼板セル工法の開発

## Development of Embedded Steel Plate Cellular Method

野田節男\*・大隈正登\*\*・中山種清\*\*\*・姫路昭夫\*\*\*\*・荻野秀雄\*\*\*\*\*  
By Setsuo NODA, Masato OOKUMA, Tanekiyo NAKAYAMA, Akio HIMEJI and Hideo OGINO

### 1. はじめに

根入れ式鋼板セル工法は、鋼板でできた円筒状のセル殻を複数のパイプロハンマを同期運動して一気に海底地盤に打ち込み、セル殻の内部に中詰めて、海中に安定した構造物を作る工法である(写真—1)。

数多くの模型実験<sup>1),2)</sup>や実物大の施工実験を行い実用化された。第一番目の工事として、住友金属工業(株)和歌山製鉄所の埋立て護岸に採用され、急速施工性や安全性、確実性、経済性などが実証された。

昭和59年度には、この工法に対して、土木学会技術開発賞を頂いた。

受賞後、お陰をもって名古屋港第2ポートアイランド護岸、小松島港沖ノ洲地区廃棄物処理場外周護岸、関西国際空港C護岸の実績を残し、現在では、本工法による



写真—1 鋼板セルの施工

- \* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所構造部  
\*\* 正会員 (財)神戸港埠頭公社  
\*\*\* 正会員 住友金属工業(株)エンジニアリング事業本部  
\*\*\*\* 正会員 清水建設(株)東京湾横断道路プロジェクト室  
\*\*\*\*\* 正会員 東亜建設工業(株)技術開発部

護岸の総延長は約3900mとなっている(表—1)。

その間、運輸省第五港湾建設局や第三港湾建設局、港湾技術研究所等によって実用に供せられた鋼板セルの振動試験や静的載荷試験、地震観測が行われ、また(財)沿岸開発技術研究センターによる設計指針の作成など、設計法の合理化のための努力が積み重ねられ、運輸省港湾局長通達「港湾の施設の技術上の規準について」に設計法が示されるところとなった。施工技術についても、セル殻の加工や運搬、ウォータージェットを併用したセル殻の打ち込みなどに新しい方法を試み、成功を収めている。

### 2. 名古屋港第2ポートアイランド護岸工事

名古屋港第2ポートアイランドは港口部の高潮防波堤の港内側に建設されたもので、埋立て護岸の総延長は2250mである。全景を写真—2に示す。根入れ式鋼板セル工法はこのうち220m区間に採用された。

港底地盤の表層は厚さ約11mの軟弱な粘性土層であり、その下はN値10~20程度の砂質土層である。

根入れ式鋼板セル護岸は、セル殻が表層の粘性土層を打ち抜き、下の砂質土層に約2m根入れする構造となっている。中詰め時の早期沈下と粘性土の強度増加を図るため、鋼板セルの内部にあたる場所に、サンドドレーンを施工した。セル殻の直径は20mで、高さは19.5mである。護岸の構造を図—1に示す。

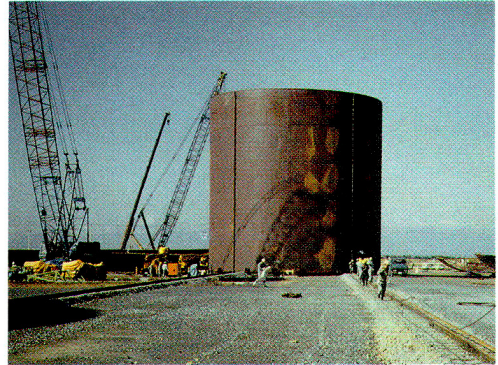
セル殻は水際線の間口が狭い奥まった細長い空き地で

表—1 施工実績一覧表

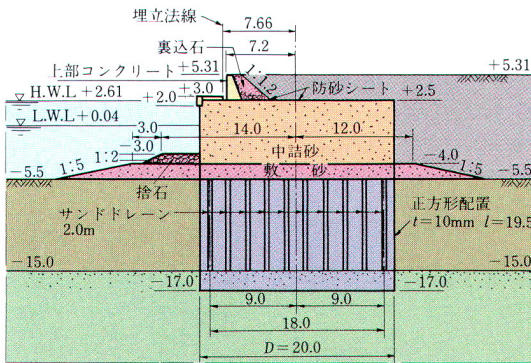
施主・場所	年度	セル殻の仕様(m)	函数	延長(m)
住友金属工業(株) 和歌山製鉄所西防沖埋立I期護岸	昭和55年	18.0×18.0×0.009	3	53
住友金属工業(株) 和歌山製鉄所西防沖埋立II期護岸	昭和58年	19.5×20.0×0.012	57	1245
運輸省第五港湾建設局 名古屋港第2ポートアイランド	昭和60年	20.0×19.5×0.010	10	220
運輸省第三港湾建設局 沖ノ洲地区廃棄物処理場外周護岸	昭和62年	9.45×10.5×0.008	52	545
関西国際空港(株) 関西国際空港C護岸	昭和62年 ~63年	23.0×23.0×0.013	69	1790



写真—2 名古屋港第2ポートアイランド護岸全景



写真—3 セル殻の横移動



図—1 護岸構造図



写真—4 載荷試験

製作されたので、製作場所から水際線までレールを敷き、セル殻をウインチで引張って横移動させ、起重機船で吊り取った。セル殻の横移動の状況を写真—3に示す。パイロハンマを7台用いたが、奇数台に対する同調性や打ち込み能力、施工精度等については、特に問題はなかった。

中詰め後、引船でセル本体を引張り、自由振動試験を行った。振動はセル本体の下方を回転中心とする一次モードのロッキング振動が卓越し、固有振動数は約2 Hzであった。補強コンクリートを施工した後、セル本体2基の間に500tf油圧ジャッキ4台を挿入し、静的載荷試験を行った。

頭部の変位が約10cmになるまで載荷したが、この範囲では、変位は水平荷重に比例した。セル本体底面の土圧は台形ないし三角形分布で、根入れ部前面の土圧の鉛直分布はほぼ中央で最大を示した。載荷試験の状況を写真—4に示す。試験結果から地盤をばね評価する設計法は妥当である<sup>3),4)</sup>ことが明らかになった。

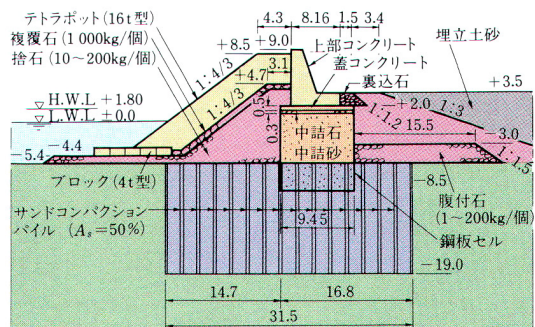
### 3. 小松島港沖ノ洲地区廃棄物処理場外周護岸工事

小松島港沖ノ洲地区に廃棄物処理場が計画され、根入

れ式鋼板セル工法が、その外周護岸の延長546mに、採用された。

建設地点は外海から直接大きな波が襲来する所で、海底の表層には軟弱な粘性土が厚く堆積している。このため、海底地盤をサンドコンパクションパイル (SCP) 工法で地盤改良し、護岸の海側を捨石と消波ブロックで固めた構造となっている。セル殻は直径9.45m、高さ10.5mである。護岸の構造を図—2に示す。

セル殻は、大型の場合円周方向に4分割して製作されるが、この工事では小型であるので、曲げ加工を容易にするため、3分割して製作した。



図—2 護岸構造図



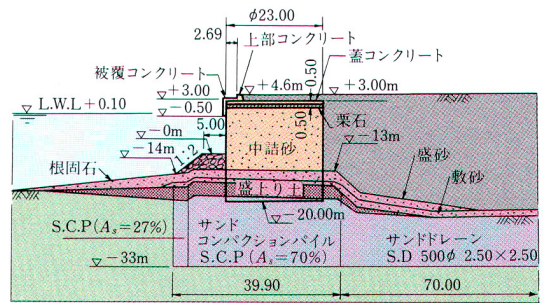
写真一五 外海での施工状況



写真一七 護岸全景



写真一六 載荷試験



施工中の護岸は波に弱い構造のため急速で確実な施工が要求されたが、優れた技術力と適切な施工管理のもとに予定された工程や施工精度を確保することができた。

粘性土層を SCP 工法で改良した複合地盤における根入れ式鋼板セル護岸の設計法には地盤反力係数の評価方法などに未解明の点があった。現地では、セル本体 2 基の間に油圧ジャッキを挿入して静的載荷試験を行い、セル本体の変位、底面や側面の土圧、セル殻のひずみなどを測定した。載荷試験の状況を写真一六に示す。この結果、セル殻前趾の鉛直方向に圧縮力が生じ、後趾側には引張力が生じていることが判明するとともに、SCP 工法で改良された複合地盤の設計定数評価方法について、これまで得られていなかった知見<sup>5)</sup>を得ることができた。

#### 4. 関西国際空港護岸工事

関西国際空港は、泉州沖 5 km の海上に人工島を設けて造られる。人工島の護岸延長は約 11 km で、その一部 1 790 m に根入れ式鋼板セル工法が採用された。護岸の全体を写真一七に示す。

建設地点は水深約 17 m で、軟弱な粘性土が厚く堆積した地盤である。SCP 工法で盛り上がり部分も含め、地盤改良が行われた。改良率は 70 % で、盛砂には山砂

が使用された。セル殻の直径は 23 m、高さ 23 m で 69 函使用された。護岸構造を図一三に示す。

SCP 工法による締め固めや盛砂の影響などにより打ち込み抵抗が増加したため、セル殻の打ち込みには 8 台のバイプロハンマのほかにウォータージェットが併用された。セル殻の打ち込み状況を写真一八に示す。

セル殻打ち込み時の貫入量や振動数、消費電力などから、出力と打ち込み抵抗の関係やウォータージェットによる打ち込み抵抗低減効果などについて、新たな知見<sup>6)</sup>が得られた。



写真一八 ウォータージェット併用による打ち込み状況

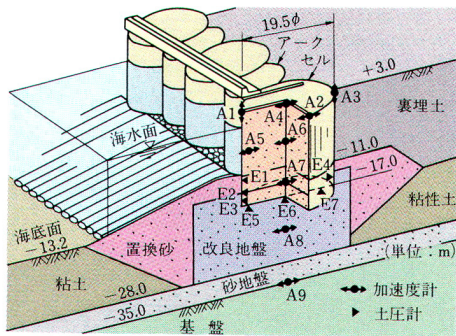


図-4 観測計器の配置

出力と打ち込み抵抗の関係式は、ショックアブソーバや地盤ばねを考慮したもので、打ち込み装置に関する詳細な検討やセル殻打ち込み時の施工管理などにも活用できる。

## 5. 地震観測

設計においては、海底地盤をばね評価し鋼板セルを重力壁体として安定計算する。この方法は模型実験結果に基づいているが、実物の地震に対する挙動を検証する必要がある。そこで、住友金属工業(株)和歌山製鉄所の埋立て護岸のセル本体に加速度計や土圧計などを取り付け、昭和59年から4年間地震観測が行われた。観測計器の配置を図-4に示す。基礎は海底面から約-28mまで砂で置き換えられた改良地盤である。セル殻の直径は19.5mで、高さは20mである。

調査結果は次のとおりである。

固有振動数は約2Hzで、1次モードのロッキング振動が卓越する。

前壁土圧や底面反力はセル本体のロッキング振動に基づく分布を示し、模型振動実験の結果とも対応している。

有限要素法による応答計算結果は観測波形と比較的良好一致しており、この構造物の振動時の挙動を推定することができる。

地盤をばね評価する提案設計法は、観測結果との比較により、合理的である<sup>7)</sup>ことが明らかになった。

なお、名古屋港第2ポートアイランド護岸では昭和

61年に地震観測を開始し、これまでに震度Ⅲ程度の地震を含め数例のデータが取得できているが、現在も継続中である。

## 6. おわりに

根入れ式鋼板セル工法が各地で採用され、またさらに、実物による現地観測がなされるに従って、本工法により安全で経済的な護岸が急速かつ確実に施工できる自信を深めている。関西国際空港の第Ⅱ期計画をはじめとして、ウォーターフロント開発や大水深の沖合い人工島建設などの計画があるが、本工法はこれらの厳しい自然条件の所でもその効果を十分に発揮できるものと考えている。

本工法の開発および実用化にあたり運輸省をはじめ多くの方々にご指導、ご鞭撻を賜わった。ここに、厚くお礼申し上げたい。本工法が、さらに改良開発され、その特徴を十分に発揮して社会の発展のためいささかでもお役に立てば幸甚である。

## 参考文献

- 1) 北高昭一・野田節男・中山種清：根入れ鋼板セルの静的挙動，港湾技研資料，No. 375，運輸省港湾技術研究所，1981.6.
- 2) 野田節男・北沢社介・飯田毅・森信夫・田淵博：根入れ鋼板セルの耐震性に関する実験的研究，港湾技術研究所報告，第21巻，第3号，運輸省港湾技術研究所，1982.9.
- 3) 新妻弘：名古屋港第2ポートアイランド建設工事，第4回港湾技術報告会報告概要集，(財)沿岸開発技術研究センター。
- 4) 岩田邦彦・新妻弘・高瀬幸紀・石田英行：粘性土地盤における根入れ式鋼板セル護岸の現場実験，土木学会構造工学論文集，Vol. 35A，1989.3.
- 5) 柳生忠彦・八尋明彦・岡貞行：SCP改良地盤における根入れ式鋼板セルの挙動解析について，港湾，1989.5.
- 6) 高井俊郎・今野建太郎・荻野秀雄・中村正邦：セル体の振動貫入に関する研究，土木学会論文集，第415号/VI-12，1990.3.
- 7) 野田節男・倉田栄一・飯田毅・武藤裕之・吉田洋二郎・荻野秀雄：根入れ鋼板セル護岸の地震観測，港湾技研資料，No. 648，運輸省港湾技術研究所，1989.6.

(1990.8.7・受付)