

PC 矢板 工 法

港湾PC構造物研究会

1. はじめに

矢板壁構造は古くはローマ時代にすでに使用されていたと言われており、日本でも稲作の伝わった弥生時代の遺跡に木矢板の使用が確認されている。弥生遺跡の木矢板は、稲作に必要な用排水路の築造に使用されたものと推定される。同時代の稲作が河口部の低湿地帯を中心に営まれていたことを考えれば、軟弱地盤地帯での壁体構造として矢板が使用されたことに興味深いものがある。

近代の矢板壁構造は、鋼材生産の発展および打込み技術の進歩によりもたらされたものであり、今日では構造形式の多様さと大型化を誇り、岸壁をはじめとし各種の土留構造物として主要な地位を占めるに至っている。

本文のテーマである PC 矢板工法は、矢板材としてプレキャスト PC 部材を使用する矢板構造物であり、日本における施工例は当然のことながら PC 技術導入以降のことであり、矢板工法の中では最も新しい工法である。PC 矢板は、後に述べるように昭和 30 年代より 40 年代前半にかけては比較的使用されていたようであるが、それ以後、PC 技術としてはさほど関心の持たれる工法ではなかったように思われる。昭和 50 年代後半からは施工技術の著しい進歩がみられ、比較的大型の矢板が使用されるようになってきた。使用部材の大型化は建造される構造物の大型化を意味し、構造物の大型化は重要度の増大を意味すると言える。今日の PC 矢板工法への関心は、このような構造物の大型化、重要度の増大に対する関心にほかならないと言えよう。

PC 部材が優れた構造物材であることは多くの人の認めるものであり、構造物のプレキャスト化は広い意味で社会の要請であることもまた多くの人の認めるところである。

2. PC 矢板の規格

PC 矢板は予め形状、ひび

割れモーメント（抵抗モーメント）等を決めてある規格品として製造される工場製品である。PC 矢板の公的な規格としては日本工業規格 (JIS 規格) がある。以下に PC 矢板の JIS 規格について述べる。

PC 矢板の JIS 規格は 1965 年 1 月 1 日に JIS A 5326 として制定され、以後 1983 年と 1988 年の 2 回の改正を行って今日に至っている。これら制定、改正時には、プレストレスト・コンクリート工業協会やその後身であるプレストレスト・コンクリート建設業協会による解説や設計便覧が出版されている。それぞれの時期の規格の要点（改正の要点）を表-1 に示す。

PC 矢板のような規格にあって最重要項目は、部材耐力の規格であり、またその定義であろう。PC 矢板の JIS では、この部材耐力をひび割れモーメントという表現で表している。当初（制定時）のひび割れモーメントの定義は、パーシャルプレストレスの限界値であるひび割れ抵抗モーメントとし、設計曲げモーメントをこの値までとって良いとしている。1983 年の改正ではプレストレスの種類の変更を行っている。これは後述するような当時の PC 矢板の置かれていた環境によるものであるが、この改正により PC 矢板は再生することができたと言っても過言でないほどの画期的なことであった。改正の内容は従来のパーシャルプレストレスよりひび割れを許容するⅢ種 PC への変更と種類の多様化、特に 50 cm 幅の規格の採用を主な内容としている。部材耐力に

表-1 JIS 規格改正の要点

事 項	年 度	1965	1983	1988
プレストレスの種類		パーシャルプレストレスⅡ種	Ⅲ種プレストレス 許容ひび割れ幅 0.05 mm	Ⅲ種プレストレス 許容ひび割れ幅 0.05 mm
コンクリートの強度		$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	$\sigma_{ck}=600 \text{ kgf/cm}^2$	$f_{ck}=700 \text{ kgf/cm}^2$
PC 鋼材のかぶり		25 mm 以上	15 mm 以上	15 mm 以上
鉄筋のかぶり		規定なし	10 mm 以上	12 mm 以上
矢板の種類		平形（幅 400 mm） 平形（幅 500 mm） *平形（幅 500 mm）は 中空断面	平形（幅 400 mm） 平形（幅 500 mm）	平形（幅 500 mm） 平形（幅 1 000 mm） 溝形（幅 1 000 mm） 波形（幅 1 000 mm）
断面の種類		11 種類	36 種類	59 種類 ^(注)

注) 同一断面、異種配筋を含めると 70 種類

についてはひび割れモーメントの呼称を継承しているが、その定義については、規定の曲げ試験を行った場合に幅 0.05 mm を超えるひび割れを生じてはならないとしている。この改正に伴って社団法人プレストレスト・コンクリート建設業会は、PC 矢板の設計便覧を発行し、実務者の使用の便を図っている。前に述べたこの改正が画期的であるということは、技術面では従来の方法では導入可能なプレストレス量によりおおむね一意的に部材耐力（ひび割れモーメント）の上限が決まったのに対し、Ⅲ種に移行することによりこの制約からある程度解放されたことがあげられる。すなわち PC 矢板のような PC 部材に導入されるプレストレスは部材両縁でほぼ等しくする必要があり、高レベルのプレストレス導入は部材の圧縮縁にとっては好ましい結果をもたらさないからである。Ⅲ種 PC 部材はこのようなプレストレスによる圧縮縁の負担を軽減することが可能であり、PC 矢板のような部材にとっては合理的な設計方法と言えよう。

PC 矢板の設計手法に上述したようなⅢ種 PC 部材の設計手法を取り入れる試みは 1970 年代後半より行われており、その製造実績も増加傾向にあった。このような時期に PC 矢板の JIS 規格の改正がなされたことは、工業材料としての PC 矢板の位置を高めることとなり、以後の発展を裏付けるものとしてこの改正が画期的な改正であったと評価される。

1988 年度の改正はその前に実施されたコンクリート標準示方書の改正を受けて行われたもので、設計法は基本的には 1983 年度の内容を継承するものとなっている。この年の改正における特記事項は、PC 矢板のより高強度化、大型化が図られたことにある。高強度化としては、コンクリートの圧縮強度の増加があり、大型化としては、幅 1 m の規格の追加があげられる。PC 矢板の大型化は施工法の進歩を取り入れたものであり、社会の要請するプレキャスト化に応えるものと考えられる。

3. PC 矢板の概観

PC 矢板が使用された早期のものに、伊勢湾台風の港湾護岸復旧工事に使用された例が報告されている。このときの PC 矢板は、アンボンド加工の PC 鋼棒を使用したポストテンション方式の PC 部材である。また同

時期に、火力発電所の石炭場護岸に中空断面の PC 矢板が使用されている。以上は昭和 30 年代の使用例であり、昭和 40 年代初頭には浦安埋立護岸に使用された形跡が見受けられる。JIS 規格制定前後は文献にもその使用例が散見されるように、PC 矢板工法創生期の活発さがうかがわれる。以後の PC 矢板の全国的な動向については不明なため、筆者の知り得る範囲について述べるものとする。

JIS 制定前後は先に記したように創生期の活気が感じられるが、昭和 40 年代中後半については PC 矢板は低迷の時期であったようである。その要因として、一つには、列島改造による新幹線、高速道路網の拡充に対し、PC 技術の大部分の関心とエネルギーがその方面に向けたことがあげられる。さらにもう一つの要因としては、昭和 41 年に JIS 規格化された加圧コンクリート矢板の存在がある。

加圧コンクリート矢板は昭和 37 年に企業化され、前記のように JIS 制定化を行い、以後昭和 49 年には第 1 回目の改正を行っている。またその間施工法や施工機械の向上に努力を傾けるとともに、矢板の大型化（幅 1 m の矢板）に取り組むなど積極的に技術の向上と普及発展を図っている。

両者の関心と努力の差は、そのまま昭和 40 年代から 50 年代前半の加圧コンクリート矢板の隆盛と PC 矢板の低迷に連なるものと考えられる。昭和 50 年代はこのような状況より、PC 矢板の復権の時期として位置付けられる。

PC 矢板復権の第一歩は、加圧コンクリート矢板に対

表-2 高強度コンクリート矢板年表

年 度	出 来 事	規 格, 団 体
1951 (昭和 26 年)	日本最初の PC 橋建設	
1958 (" 33 年)	圧力養生コンクリート製造技術の企業化	
1960 (" 35 年)	伊勢湾台風 (災害復旧で PC 矢板使用)	
1962 (" 37 年)	加圧コンクリート矢板企業化に成功	
1965 (" 40 年)	浦安海岸埋立護岸で PC 矢板使用	PC 矢板 JIS A 5326 制定
1966 (" 41 年)		加圧矢板 JIS A 5329 制定
1970 (" 45 年)	加圧矢板広幅矢板 (幅 1.0 m) 開発開始	
1974 (" 49 年)		加圧矢板 JIS A 5329 改正
1976 (" 51 年)	加圧コンクリート矢板設計・施工ハンドブック 刊行	九州コンクリート矢板工業会発足
1980 (" 55 年)	長崎県、島原にてⅢ種 PC 矢板施工	
1981 (" 56 年)	博多湾埋立工事にⅢ種 PC 矢板施工 (現 JIS A 5326 F 500 タイプ原型)	
1982 (" 57 年)	熊本県にて広幅 PC 矢板施工 (現 JIS A 5326 C 1000 タイプ原型)	
1983 (" 58 年)		PC 矢板 JIS A 5326 改正 加圧矢板 JIS A 5329 改正
1986 (" 61 年)	加圧コンクリート矢板設計・施工ハンドブック改定版刊行	
1988 (" 63 年)	長崎にて隣層 (N 値 50 以上) に PC 矢板の施工実施	JIS A 5326 改正 日本コンクリート矢板工業会発足 九州コンクリート矢板工業会解散
1989 (平成 1 年)	高強度コンクリート矢板設計・施工ハンドブック刊行 高強度コンクリート矢板水平載荷試験実施	
1991 (平成 3 年)		加圧矢板 JIS A 5329 改正

して見劣りする規格の向上を行うことにあった。この場合の規格とは矢板の抵抗モーメントと適度な種類ということであり、PC 矢板の JIC 規格はいずれも加圧コンクリート矢板に見劣りするものであり、実用面で完全に立ち後れた状態にあった。この努力は当時の状況より一部の企業、技術者に限られざるを得なかった。抵抗モーメント向上の試みとして、前述した PC 矢板の弱点である圧縮側プレストレスを矢板打設後に開放するなどのことが考えられている。実用的には、当時ようやく認識の深まりつつあったⅢ種 PC 部材を矢板設計に採用したものが昭和 55 年、同 56 年に大量に採用されるに至り、今日の PC 矢板の基礎を築いたものと言えよう(表-2 参照)。特に昭和 56 年度の博多湾埋立工事に使用された PC 矢板は、その設計思想において今日の PC 矢板 JIS A 5326 と同様の内容を持つとともに、施工的には N 値 20~30 の細礫層に高圧ジェットとバイプロハンマを使用して打ち込み、以後の硬質地盤への PC 矢板打込み工法の確立に多大な教訓を残すものであった。博多湾埋立工事の標準断面と使用された矢板の配筋断面図を図-1 に示す。一方、矢板の大型化については加圧矢板に遅れること 10 年にして取り組まれ、昭和 57 年に第 1 号の施工が行われるに至っている。このタイプは以後「九州コンクリート矢板工業会規格」を経て「JIS A 5326, C 1000 タイプ」に受け継がれていったものである。また広幅矢板は施工性、経済性の良さより、使用実績は昭和 58 年の PC 矢板 JIS 改正時には九州における全 PC 矢板生産量の半数を占める勢いであった。

先に述べた第 1 回目の JIS 改正が画期的な内容を持つというのは、昭和 50 年代の PC 矢板復権の努力に対

して、公的規格にてその品質を確立させたことと以後の PC 矢板工法の基礎を固めたことにある。これ以後 JIS 規格の PC 矢板は本格的に生産されるようになり、併せて広幅矢板の生産も本格化し、次の改正時には一挙に 3 タイプの広幅矢板が規格に採用される基礎となった。

このように昭和 58 年度の JIS 改正を転機に、工法としての基礎を固めつつある PC 矢板工法であるが、まだ矢板工法中に占める割合は鋼矢板工法とは比すべきもなく、同じ高強度コンクリートを素材とする加圧コンクリート矢板に対しても決して高いものとは言えない状況である。加圧コンクリート矢板に対する劣勢は前述した両者の関心と努力の差として理解され、鋼矢板との圧倒的な差は、加圧コンクリート矢板も含めてコンクリート系矢板に携わる技術者の解決していかなければならない問題であろう。

コンクリート系矢板のより一層の技術向上、普及発展の努力は、組織的には「日本コンクリート矢板工業会」の発足(昭和 63 年)という形で実行されている。「日本コンクリート矢板工業会」は旧「日本加圧コンクリート矢板工業会」と PC 矢板グループの統一組織であり、両矢板を「高強度コンクリート矢板」と総称し、その技術向上、普及発展を目的とするものである。ちなみに、このような組織の例として昭和 51 年発足の「九州コンクリート矢板工業会」があり、昭和 63 年「日本コンクリート矢板工業会」の発足に伴い同九州支部として発展解散している。

「高強度コンクリート矢板」の技術向上、普及発展のための努力としては、旧「加圧コンクリート矢板工業会」所有の「加圧コンクリート矢板ハンドブック」を PC

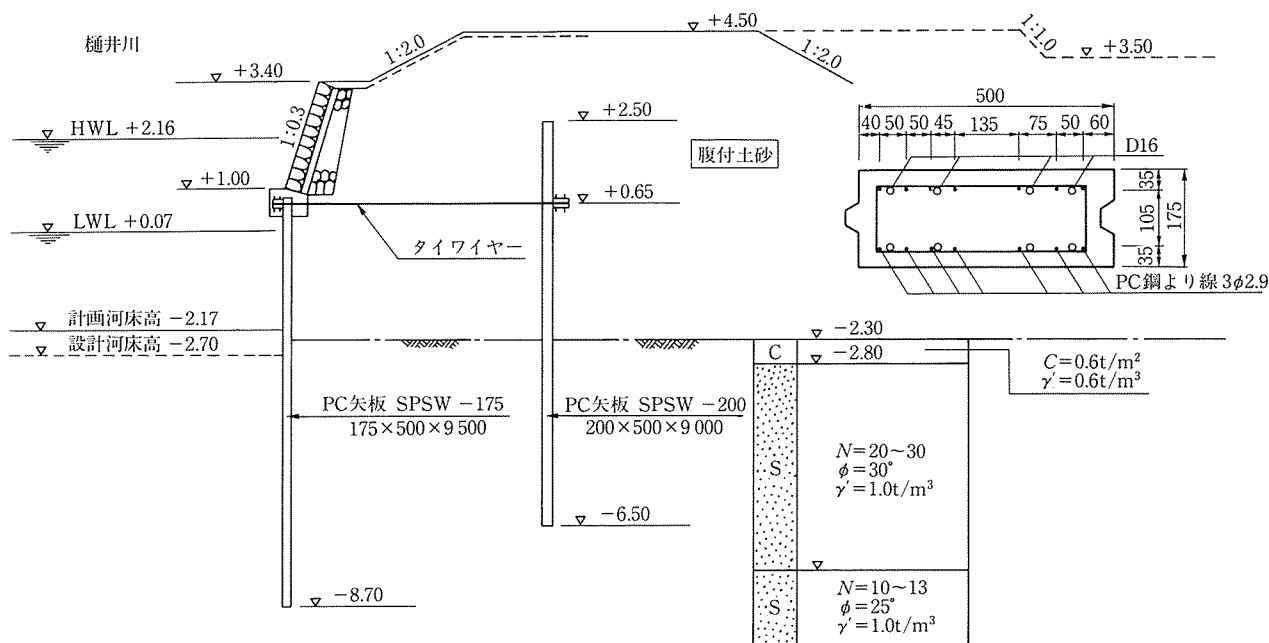


図-1 地行、百道地区埋立造成工事(福岡市港湾局)

矢板に関する項目の追加とその他の補足等を大幅に行って新装「高強度コンクリート矢板設計・施工ハンドブック」として刊行したり、土中に打ち込まれた矢板の挙動について実物水平載荷試験を実施したりしている。施工面では、従来「高強度コンクリート矢板」の施工は不可能と思われていた硬質地盤での施工に成功するなど、先に述べた問題の解決のための行動は「日本コンクリート矢板工業会」発足以後特に著しいものがある。

以上 PC 矢板について概観したが、後半部で述べたように今日では「高強度コンクリート矢板」という新しい範疇になろうとしている。ともあれ今日土木材料のプレキャスト化は時代の要求であり、数々の利点を有する PC 矢板は良き先輩でありライバルである加圧コンクリート矢板と切磋琢磨し合い、「高強度コンクリート矢板」工法として要求に応じていく必要がある。

4. PC 矢板の施工

矢板壁は矢板材を連続して地中に打ち込み、壁背面の土圧、残留水圧を根入れ部の受働抵抗で受ける土留壁である。したがって施工上は所定の深さに確実に打ち込むことと、矢板間の連続性（継手部）、壁体の鉛直性等の必要精度の確保が不可欠の条件となる。ここでは第1の条件である打ち込みについて述べる。

矢板の打ち込みに当たっては、対象地盤より抵抗力を受け所定の深さに打ち込むためにはこの抵抗力を上回る力を加えるか、何らかの形で抵抗力の低減を図らねばなら

ない。

初期の打ち込み工法は、PC 矢板もさほど大型のものは用いられていず抵抗力も小さかったことより重鐘（モンケン）による施工が一般的であった。この方法は重さ数トンのモンケンを自由落下させ、そのエネルギーにより地盤に矢板を打ち込む工法で、矢板の大きさ、打ち込み対象地盤ともに限られた工法である。これに対してソ連より技術導入されたバイプロハンマは杭体を振動させることにより杭体と地盤の周面摩擦抵抗力を大幅に減少させる効果と、振動衝撃による杭先端抵抗の破壊機能に優れていることより、昭和40年代から各種鋼杭や鋼矢板の打ち込み工法として本格的に使用されるようになった。同工法は PC 矢板施工においても有効な工法であり、矢板を掴む機構（キャック）の改良を経て今日 PC 矢板施工の主流となっている。バイプロハンマは導入以後様々な技術向上が行われ、出力、振動数を初め低公害型（低振動、低騒音）と豊富な機種を誇り、今後とも PC 矢板施工には欠かせない工法である。しかしながら PC 矢板はもともと断面積が大きいことより鋼矢板等に比べて先端抵抗は比較にならないものがあり、PC 矢板の大型化、対象地盤の拡大（硬質地盤への施工の要求）についてはバイプロハンマ単独工法では対応できない状況となった。PC 矢板のような断面積の大きい（容積が大）杭体を地中に打ち込むためには、打ち込まれた矢板容積分の土の圧密か、排除、またはその中間的な作用が必要である。このような作用を促す方法として、高圧水を噴射さ

表-3 各種打ち込み機械の一般的特徴

工 法		バイプロハンマ	ジ ェ ッ ト	バイプロハンマ+ジェット
工 法 の 概 要		振動体の上下振動によって矢板を打ち込む	ノズルより高圧ジェット水を噴射させ、地盤をせん孔し矢板を沈降させる	ジェットにより地盤をせん孔したのち、バイプロハンマによって打ち込む
矢 板	種 別 別 長 さ	すべての種別に適用 長いものに適用	すべての種別に適用 長いものに適用	すべての種別に適用 長いものにも適用
	地盤条件	打込み可能N値	砂質土 10程度以下	30以上でも可能
粘性土		15程度以下	15程度以下	15程度以下
粘性土層 砂層 土丹層		適している 可 能 不 可能	可 能 適している 不 適	可 能 適している 不 適
施工条件	発 生 音 振 動	小さい 大きい	ほとんどない ない	小さい やや大きい
	施 工 速 度	非常に速い	速い	非常に速い
	施 工 精 度	良い	普通	良い
	施 工 規 模	大規模な工事に適	大規模な工事に適	大規模な工事に適
そ の 他	設 備	・打込みの修正が容易 ・機動性がある ・電気設備など仮設備が大型となる	・騒音、振動が少ない ・砂層の打込みが容易 ・給水、排水施設が必要 ・機動性に欠ける	・振動時間の短縮がはかれる ・砂層の打込みが容易 ・打込みの修正が容易 ・給水、排水施設が必要 ・機動性に欠ける
	地 盤 の 緩 み	地盤の締め固め効果が期待できる	土質によっては地盤を緩める可能性がある	地盤の緩みの再締め固め効果が期待できる

せるジェット工法が有効な手段として用いられるようになった。現在 PC 矢板打込み方法として一般的に用いられている工法の一般的特徴を表-3 に示す。

ジェット工法は単独で使用されることは希であり、一般にバイプロハンマとの併用工法として使用される。使用されるジェットには比較的低下なタービンポンプ（噴出圧最大 10 kgf/cm² 程度）と高圧ジェット（噴出圧最大 150 kgf/cm²）がある。低下ジェットは早い時期より使用されていたものであり、相対的に緩い砂地盤への矢板打込みに効果を現している。高圧ジェットの PC 矢板打込みの本格使用は昭和 56 年の博多湾埋立工事が最初であり、相対的に締まった砂質地盤や礫質地盤に有効である。低下ジェットと高圧ジェットはその打込みのメカニズムを基本的に異なるものであり、従来のジェット工法については地盤を飽和状態としその力学的性質を変化させることに主眼が置かれていた。この方法では、硬質地盤や礫質地盤では PC 矢板の施工が困難であり、施工対象範囲が限定されることとなる。高圧ジェットは後述するような打込みメカニズムと考えられ、矢板の大型化に伴って増加するであろう硬質地盤等への打込み工法として有効な手段と考えられる。またより打込み困難な地盤については、疑似矢板（ダミー杭と呼称）を用いた先行削孔を行えばより有効である。以下に高圧ジェットとバイプロハンマ併用工法での高圧ジェットの機能について詳述する。

図-2 に一般的なジェット・バイプロ併用工法の施工工程フロー（ダミー杭削孔工程を含む）を、図-3 に打込みの概念を示す。

高圧ジェットによる杭打ち補助機能は、杭先端削孔に

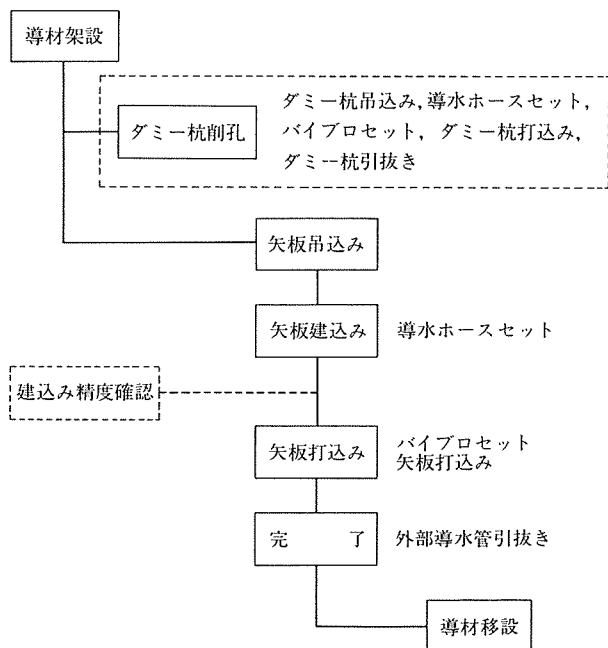
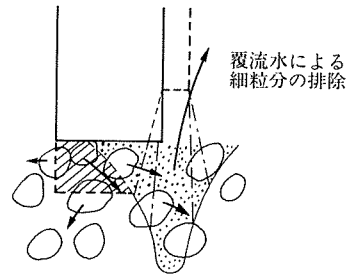
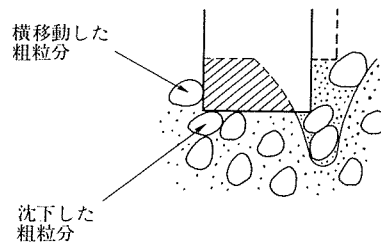


図-2 施工工程フロー



- ① 細粒分の排除された空間内の粗粒分は移動が容易になり、一部は削孔底方向に、一部は矢板周辺に移動する。
- ② 矢板先端斜線部は、バイプロハンマの振動衝撃により破碎され移動し、ジェットの影響範囲に入り①と同様の挙動をとる。
- ③ ジェット方向と逆方向の土粒子の移動は地盤を固める作用がある。



- ① ジェット、および破碎作用により排除された空間に PC 矢板が沈下する（引き込まれる）。
- ② 矢板周辺は粗粒分が多くなり振動により配列が変わり、一般に好ましい（締め固め）効果を得る。
- ③ ジェットを停止すれば粗粒分間の空隙は、沈降する細粒分にて、充填される。

図-3 矢板打込みのメカニズム

よる先端抵抗の低減、および削孔した土砂の排除機能にある。排除される土砂量および土砂の粒径は、杭周辺に沿う覆流水の流速、流量に左右されるものであり、杭の打込みの補助としての役割をジェットが果たすためには、必要な削孔、土砂の排除が行われる必要がある。模式図で説明すれば、高圧ジェットによる削孔は、ジェット噴射部近くは広く急激に細くなる形状をなすものと考えられ、この空隙は杭先端の衝撃により破碎された土砂で充填され、破碎され圧密された土量のみだけ杭は沈下（打ち込まれる）するものと理解される。この場合、現地盤の状態に構造物を構築するのにふさわしくない変化（影響）を与えることが考えられる。第一に杭体に置きかえられる空間以上の土砂量を排除して、現地盤を緩めてしまうことと、第二に土中の水の飽和度を高め土の性質を変化させてしまうことである。

第一の問題点に関しては、高圧ジェットは削孔機能に優れていることにより先端地盤を削孔し、主機械であるバイプロの先端地盤の破碎機能の補助としての役割をよく果たし、必要以上の土砂を排除する恐れのない優れた工法で、砂礫層においては、細粒分の排除、粗粒分の振動による締め固め効果もあり、ケースによっては地盤の改

良効果も期待できるものである。第二の問題点に関しては、ジェット水が周辺地盤に浸透することが少ないことが望ましく、ジェット水が杭周辺に沿って地表に戻ることが理想的である。ジェット水が土砂の排除機能を持つということは、その大部分が、杭周辺に沿った水流となって地表に戻るといった性質によるものであり、広い範囲に渡って地盤を緩めることはないものである。また海底面下での杭打込みに対して、地盤はすでに飽和状態であり、ジェット水の杭周辺地盤への浸透は拡散状態であり、陸上の不飽和土中の使用よりさらに安全なものである。

大断面の矢板の施工では、矢板容積に見合った土の排除が不可欠の要因であり、今後より有効な工法の開発が待たれるものである。

5. 今後の課題

PC 矢板の JIS 規格は、一般的な環境を対象としたものである。このような PC 矢板は大半が河川改修の護岸や根固めとして使用されている。第 2 次世界大戦で廃墟となった日本は、戦後目ざましい勢いで復興を遂げ今日の豊かさを築きあげた。経済基盤を守る治水事業の主たる内容である河川改修も、日本の復興に足並みをそろえるようにして進められてきた。それは多くが堤防をコンクリートで固め河道を掘削するという方法が採られており、今日では生態系や景観に対する配慮に欠けていたものとして反省がなされる内容となっている。PC 矢板もこれまでの使用状況について振り返ってみる必要がある。その中で今日幾つかの河川で試みられているような真に自然と人間を豊かにする方法としての試行錯誤を行う必要がある。

一方、大型の矢板構造物は圧倒的に海洋、もしくは港湾構造物として築造されている。海水に接して築造される構造物は一般の環境より高い耐久性（耐海水性）が要求されるものである。PC 矢板の海洋、港湾構造物への使用は端緒についたばかりであり、供給する製品について耐久性（耐海水性）は個々の判断で決定しているのが

実情である。また、矢板の大型化についても施工面、経済面で未知の内容を多く含んでいる。

海洋、港湾構造物への適用ということでは我々は幸いにも昭和 30 年代の構造物を先人達より遺されているし、錆びない引張材の開発が進んでいるなどの明るい材料を有している。耐久性を要求される構造物に対する PC 矢板の適用について製品仕様、施工面で解決していく必要がある。

6. おわりに

1983 年に PC 矢板の JIS 規格が改正されて以来 PC 矢板工法を取り巻く環境は大きく変化してきた。PC 技術は 1950 年の技術導入以来、40 年余りの間に長大橋などに対して高度な技術を駆使するようになってきている。PC 矢板工法は、このように華やかな橋梁技術に比べてあまり関心の持たれなかった分野であるが、本文でも述べたように、PC 技術の一分野として、また「高強度コンクリート矢板」分野のプレキャスト製品としてその使命を大きくしつつある。

このような時に当たって PC 矢板について概観してみることが、今後の進歩のためにも無意味なことではなからうとの思いである。

〔文責：龍野 梅吉（(株)富士ピー・エス）〕

参 考 文 献

- 1) プレストレストコンクリート矢板 JIS A 5326-1988, 日本規格協会, 1986
- 2) JIS 解説 プレストレストコンクリート矢板, プレストレスト・コンクリート工業会, 1965
- 3) プレストレストコンクリート矢板設計便覧, 社団法人プレレストレストコンクリート建設業協会, 1983, 1988
- 4) 高強度コンクリート矢板設計, 施工マニュアル, 日本コンクリート矢板工業会, 1989
- 5) 鋼矢板マニュアル・設計編, 新日本製鐵, 1975 版
- 6) プレストレスト鉄筋コンクリート構造設計・施工指針, 同解説, 日本建築学会, 1986
- 7) 現場の為の海岸工学 高潮編, 森北出版, 1969
- 8) 大型 PC 矢板を用いた護岸補強工事, 土木施工, 1988 年, Vol. 29, No.9

【1991 年 4 月 15 日受付】