

仮設用鋼製函体を用いた NDR 工法



中国土木施工管理技士会連合会
五洋建設株式会社
佐々木 広輝

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降、既設構造物の耐震補強が盛んに行われている。

その中で、河川や港湾内といった水中部にある構造物の補強・補修は、その多くが鋼矢板や鋼管矢板を用いた仮締切りによるドライ施工か、潜土工による水中施工で行われてきている。しかし、鋼矢板等の仮締切りは、上部工により水面上の空間が制限されるため、鋼矢板打設、引抜きに多大な期間と費用がかかるといった問題があり、水中施工は品質の確保、確認が難しいといった問題がある。

NDR工法（Neo-Dry Repair Method）は、工場等で製作した鋼製函体を用いた仮締切り工法である。鋼製の締切り函体を現地へ運搬・曳航して据付けるだけでドライな空間を提供できる工法であるため、仮締切りに要する期間が非常に短い。通常は河川内の仮締切りの施工は非出水期（渇水期）に限定されるため、速く確実にドライな空間を提供できることは大きな利点となっている。

本稿では、短期間でドライな環境を提供できる NDR 工法における技術開発および施工事例に関して報告するものである。

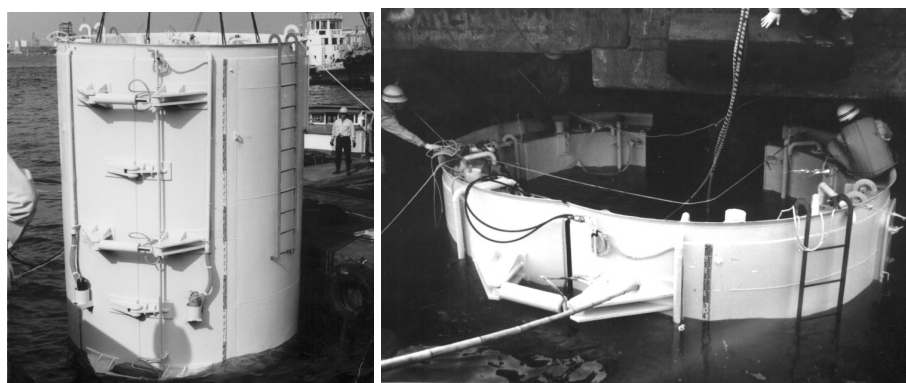
2. 開発の経緯および事例

NDR工法は、1984年に護岸ケーソンの補修のための仮締切り工法として開発されたのが最初である。鋼材を使用した締切り壁を対象構造物に接合するように設置し、ドライな作業空間を確保できるようにした。最初の工事では大きな問題も無く終了したが、本工法の普及には構造物に接合する箇所止水性確保等解決・確認すべき課題がいくつかあった。そのため、1985年から2年間にわたり、NDR函体の実物大模型実験を行い、施工性、止水の確実性、安全性に関しての確認を行った。

実物大模型実験は上部空間が制限されており、水位変動のみでなく、波浪、流れの影響も確認するため、直杭式栈橋の杭補修を対象として行った。

実験状況を写真-1に示す。上空制限により函体設置時にクレーンが使用できないことから、船舶のように浮遊可能な構造となるように、二重壁で内部にバラスト調整できるようにした。

本実験により、浮遊可能な構造体として短期間で確実な施工ができ、ドライな作業空間を提供できることが確認された。



(a) 函体全景

(b) 函体設置状況

写真-1 NDR工法実物大模型実験状況

本工法の施工実績を表-1に示す。2000年より以前は、主に構造物の補修のためのドライな環境を作り出すために使用されていた。2000年に水中部にある橋脚耐震補強のために初めてNDR工法が採用になり、その後は耐震補強の仮締切りの実績がほとんどである。2000年以降の約6年で橋脚耐震補強を目的とした工事件数は28件で、施工橋脚数は64基に及んでいる。これは、本工法の確実性、経済性、施工性に対するの評価が認められ、広く採用された結果となっているものと判断される。

表-1 NDR工法実績(2006年3月末現在)

工事件数	51件
橋脚耐震補強	28件(64橋脚)
橋脚補修	9件
岸壁、護岸等補修	10件
栈橋等杭補修	4件

3. 工法の特徴および適用条件

NDR工法は、鋼製の函体が対象構造物に着底あるいは抱き付くように密着し、内部を排水することにより締切るもので、その構造形式は対象構造物と函体の形状により表-2のように分類できる。橋脚や杭のような独立した構造物から岸壁等の壁状構造物まで、水中部にある構造物のほとんどに適用することが可能となっている。

表-2 NDR函体構造形式

構造形式	着低型上部開放式	抱付型上部開放式		抱付型密閉式	張付型上部開放式
施工部位	基部、全体		飛沫帯	水中部	飛沫帯
対象構造物	橋脚		鋼管杭, RC杭, 橋脚	鋼管杭, RC杭, 橋脚	岸壁、護岸
模式図					

本工法は、対象とする構造物の形状と耐震補強等の本体工の施工を基に平面形状を設定し、設置水深等に応じた外力による構造計算を行い函体の構造、止水機構を設定する。NDR函体は、構造計算の結果に従い、形鋼等を用いて工場等で製作し、現地へ運搬・設置する仮締切り工法であるので、任意の形状・構造にすることが可能である。実績では締切り水深が約17m、平面形状が30m×15m程度であるが、構造、止水、施工性から判断してより水深の深い場所、大断面構造物における適用も可能である。

水中部にある橋脚耐震補強を対象としたNDR工法の一般的な施工フローを図-1に示す。

河川内等水中部にある橋脚基礎(フーチング)上には土砂が堆積している場合がほとんどであるので、函体の着底面あるいは抱付面を水中に露出させるための事前の掘削を行う。

鋼製函体は、トラック運搬可能な大きさのユニット(函体ピース)を工場等で製作し、進水ヤードまで運搬する。ヤードにて所定の状態まで組み立て、クレーンにて進水する。函体は船舶のように浮遊することが可能なため、現地までは浮遊した状態で引船により曳航する。設置時は函体の安定性確保および正確な位置決め等のためにクレーン付き台船を使用する。函体内部に注水し、沈設して所定の位置に設置する。切梁固定等の作業を水中で行い、水中ポンプに

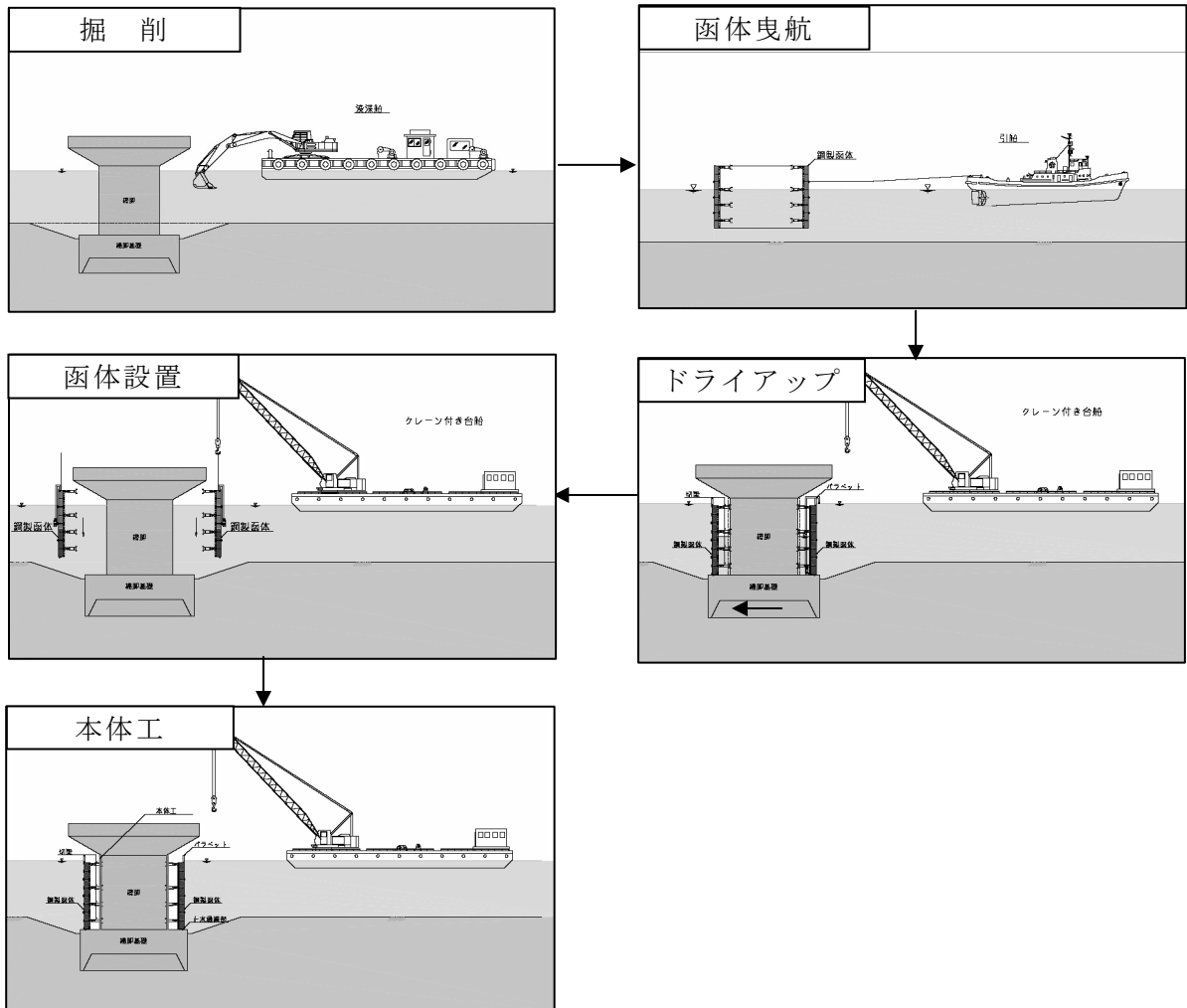


図-1 施工フロー図

より水替えを行い、本体工作業スペースをドライにする。本体工等所定の作業終了後の撤去作業は、設置時と逆の順序で行う。

函体を転用する際は次の施工箇所へ曳航して同じ作業順序で据付ける。施工終了後は組立て・進水ヤードまで曳航して陸揚げする。

NDR 工法の特徴をまとめると以下のとおりである。

- ・ 本体工（調査、補修、補強等）をドライ状態で施工できるため、作業環境や安全性が改善され、施工の品質が向上する。
- ・ 浮力を利用して運搬、据付が可能のため、桁下空間や作業機械などの制約条件が無い。
- ・ 函体が工場製作のため、現地での工程が大幅に短縮できる。
- ・ 水域占有面積が小さくて済み、航路や河積への影響を最小限にできる。
- ・ 円形、小判形、矩形などの柱状構造物のみならず、鋼矢板のような壁状構造物やフーチングを有する構造物など、様々な構造形式と形状に対応できる。
- ・ 函体製作のための初期コストが発生するが、多くの構造物への転用回数を増やすことにより、製作費を配分することができるため、経済性に優れる。

4. 中国地方での実績

(1) 道路橋基礎杭補修工事

① 工事名、場所、時期：玉江橋補修工事、山口県萩市、1993年10月～1994年3月

② 概要：河川を横断する道路橋下部工（鋼管杭φ762mm、18本）の補修工事において、工期（非出水期間内施工）、環境（ハツリガラ等の河川内への落下、拡散防止）、確実性（ドラ

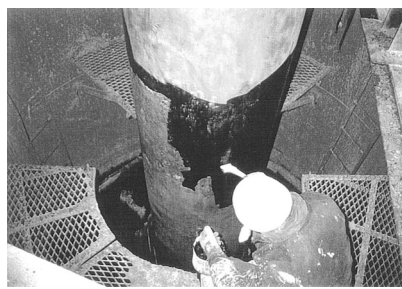
イ施工) でNDR工法が採用された。施工状況写真を写真-2に示す。



橋梁全景



函体設置状況



本体工(補修)状況

写真-2 玉江橋補修工事写真

(2) 道路橋橋脚耐震補強

①工事名、場所、時期：広島港五日市地区道路(橋梁)(改良)耐震補強工事、広島市、2005年8月～2006年6月

②概要：河川を横断する道路橋下部工(RC橋脚)の耐震補強工事において、工期(非出水期間内施工)、確実性(ドライ施工)、最小限の河積への影響でNDR工法が採用された。施工箇所は瀬戸内海の潮位の影響を受け、満潮時には水深が3m程になり、干潮時は河床が完全に露出する状況であった。満潮時における桁下の余裕高さは2.5m程しかなく、函体設置・撤去の作業時間が潮位に大きく影響されたが、予定どおり行うことができ、施工期間内に耐震補強を終了した。施工状況写真を写真-3に示す。



対象橋脚(干潮時)



函体設置状況



函体設置完了

写真-3 五日市地区道路耐震補強工事写真

5. 今後の課題と取組み内容

ここ数年、NDR工法は橋脚耐震補強を中心として広く採用されてきているが、本工法の適用範囲を更に広げるための開発も行っている。それらの内容を以下に示す。

(1) Super NDR工法(橋脚基礎補強を可能にしたNDR工法)

橋脚耐震補強の大部分は脚部より上部であるため、上記に述べているNDR工法により対応できる。しかし、基礎部までの補強が必要な橋脚が水中部にあると、その施工の困難さからなかなか実施されていなかった。

本工法は、橋脚基礎の補強においても、早期にしかも確実な締切り体を提供するものである。

Super NDR工法の概念を図-2に示す。函体は基礎補強用コンクリート打設箇所までドライにできるような大きさとし、その仮締切り内で基礎補強のためのマイクロパイルを打設できるようにしている。締切り函体に底版を有するため、内部の水替えにより締切り体に浮力が発生するが、マイクロパイルを利用して浮上り防止を行うようにしているため、大掛かりな浮上り防止装置を必要としないのが大きな特徴である。試算では、本工法での1橋脚の仮締切りおよび基礎補強の施工期間は5ヶ月程度であるため、河川内に建設されている橋脚の基礎補

強は非出水期間内での施工が十分可能である。基礎補強用コンクリートの底型枠となる締切り函体底版以外は次橋脚への転用が可能である。

なお、「Super NDR 工法」は五洋建設(株)と極東工業(株)の共同研究により開発した。

(2) 貫入設置型NDR工法
(事前掘削を省略し、汚濁拡散を無くしたNDR工法)

NDR 工法による橋脚の耐震補強では、ほとんどの場合函体設置前に掘削が必要となる。その際はオープン掘削となるため現地の状況によっては扱ひ土量が多くなる、汚濁拡散防止膜が必要になるといった課題がある。それらを解決するために開発されたのが「貫入設置型 NDR 工法」である。概念を図-3 に示す。函体の貫入時に締切り内部の土砂をサンドポンプにより掘削するものである。これにより掘削土量低減と汚濁が周囲に拡がるのを防止することが可能となる。

本工法は室内模型実験を行い、施工性（確実に貫入・掘削ができること）の確認、所定の施工精度を確保するための施工管理方法の確認、ポンプによる掘削速度の確認、周辺へ汚濁が拡散しないことの環境性を確認し、実用化が可能であることが結果として得られた。

6. おわりに

中国地方においても既設構造物の耐震補強は盛んに行われており、河川や港湾等の水中にあり補強、補修が必要な構造物も多数あるものと思われる。NDR 工法は現地での仮設に要する期間を大幅に短縮でき、函体を転用することにより経済的になる工法である。

今後はより施工条件の厳しい場所での施工が多くなるものと思われるので、その対応が可能ないように開発を進めていきたいと思っている。

本稿により NDR 工法に少しでも興味を持っていただければ幸いである。

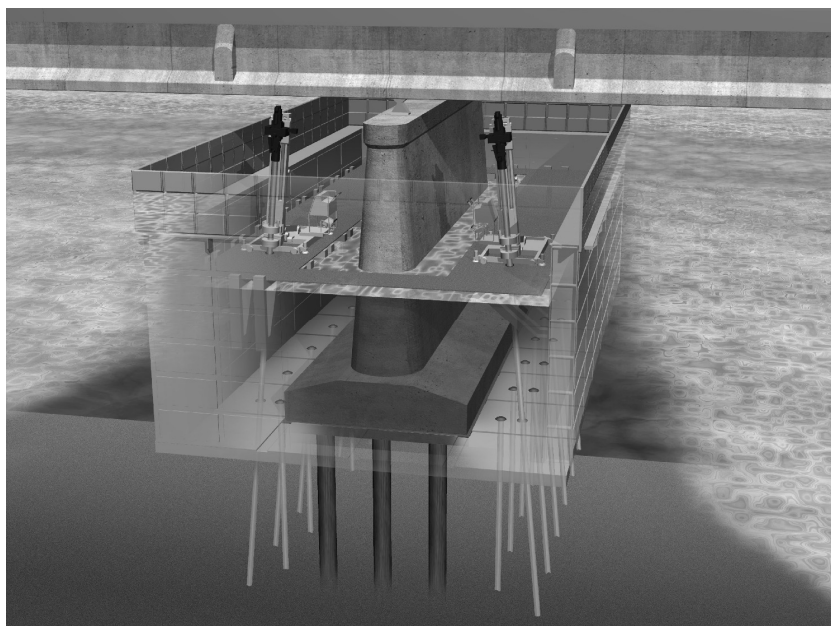


図-2 Super NDR 工法概念図

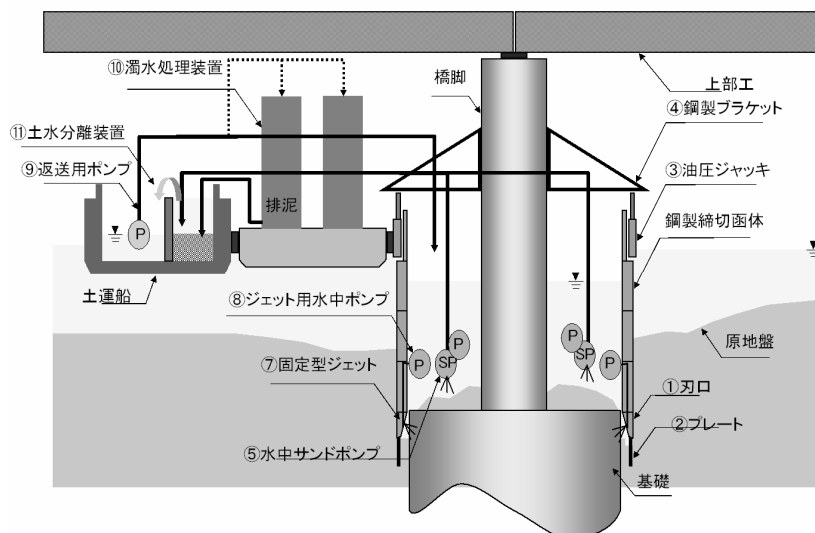


図-3 貫入設置型 NDR 工法概念図