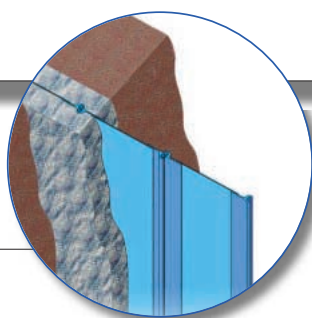


暮らしに安全と安心を ——新日鉄の建材商品とソリューション

今、建設マーケットでは、高度化するニーズに対応した先進的技術が求められており、新日鉄はニーズを先取りした技術開発を進め、新たな需要を開拓している。その第一のキーワードは「都市再生」だ。今回、優れた特性をもつ鉄鋼素材に“プラスα”の機能・商品価値を付加し、災害や事故、環境汚染などから暮らしを守る新日鉄のさまざまな建材商品とそのソリューションを紹介する。



時代のニーズを先取りし、新技術を活かしたソリューションを

完成された新技術を マーケットに提供

新日鉄は、1901年、八幡で日本初の近代製鉄所が操業を開始して以来、構内の建築物や設備の多くを自社内の技術者が設計・施工管理してきた。また、そうした実績をもとに、社会に新たなインフラを提供し、昭和30年代にはH形鋼・鋼管杭などの主要な建設材料の製造技術・利用技術を開発し、コンクリート・木材が中心だった建材分野で新たなマーケットを確立した。

建材開発技術部長の栗山実則は、「新日鉄の土木建築事業の使命は、人々の暮らしに“安全と安心”を提供できる建材商品、ソリューションを開発することです」と語る。現在新日鉄の建材事業部では、土木基礎建材、土木加工建材、橋梁建材、建築建材、住宅建材、環境建材など、土木から建築までを広くカバーした事業を推進している。

土木建築分野では、安全性・供用性・利便性などの面から実績が尊重され、新技術が適用されるハードルは高い。栗山は、新日鉄の特長を次のように説明する。

「当社では新たな技術の開発にあたり、自社内の施工現場や実験設備、さらにユーザーとの共同研究でノウハウを蓄積し、完成された技術として提供することができます。また、培った経験をもとに採用後のフォローも迅速かつ的確です。開発に対するこの姿勢により新日鉄への理解が得られ、新技術の採用につながっています」

“能動的”な技術革新で新たな需要を開拓

ここ数年、公共投資が年々減少し、建設のマーケットは縮小傾向にある。しかし、新日鉄は新たな視点で土木建築技術を見ている。

「昭和30年代に鋼材製品を開発した原点に立ち返り、新たなニーズを読むことが大切です。現在のキーワードは“都市再生”です。例えば、大深度地下利用に対しては『NMセグメント』や『鋼製薄肉トンネル補強工法』など新たな独自技術・商品を提供しています。これらの技術は、約10年前からニーズを先取りし技術開発を進めてきたものです」（栗山）。

「建材開発技術部は、優れた鉄鋼素材に“プラスα”の機能、商品価値を付加していくことを目指す」と栗山は言う。その中では、現在高まりつつあるリスクマネジメント、つまり、災害や事故、環境汚染から人々の暮らしを守るための技術開発も欠かせない。「今後、耐火性能を明確化した『FR鋼』など、リスク対策を織り込んだ商品がさらに求められていくはずです」（建材開発技術部建材技術企画グループリーダー 後藤信弘）。

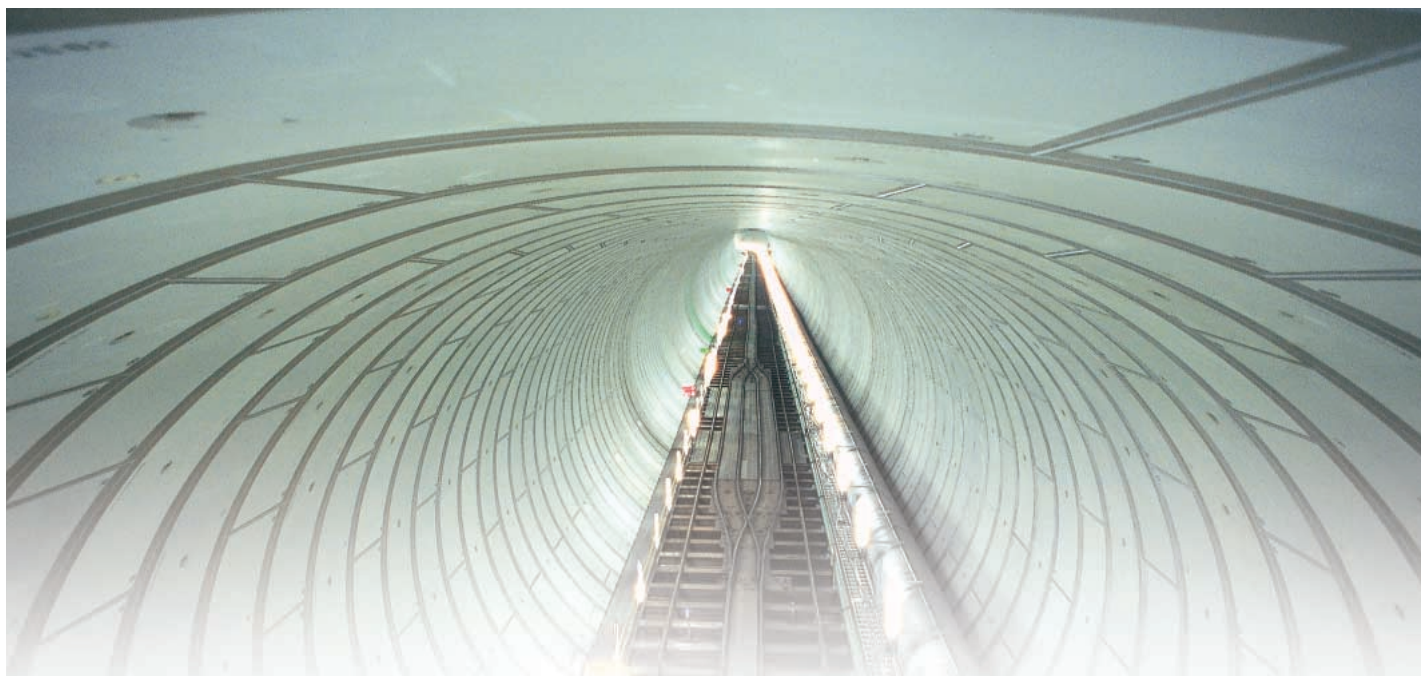
「今後の技術開発で常に技術革新していくことが大切です。例えば、これまでの建築物は、地震に対して『防振』『耐震』といういわば“受身”の技術で対応してきましたが、現在は地震の揺れをいかに制御するかという能動的な『免震』『制震』技術が求められます。免震構造はすでに橋梁でも採用されています。今後も、能動的な技術革新によって、新たな需要を開拓していきたいと思います」と栗山は語る。



建材開発技術部長
栗山 実則



建材開発技術部 建材技術企画グループリーダー
後藤 信弘



都市再生

洪水から大都市を救う——合成セグメント「NMセグメント」

都市型水害を防ぐ 新たな地下利用——地下河川

近年、都市部の市街化が進むにつれ、建築物は密集し、地表の舗装化により地盤の保水機能が失われ、都市型洪水が起きている。この治水対策として注目を浴びているのが、既存の道路等の地下深部に敷設するトンネル構造の「地下河川」だ。現時点では海まで通じていないため「地下貯水池」として活用され、大雨で増加した水位上昇分の水を地下河川に流して洪水を回避する。洪水が多発する地域から優先的に敷設し、最終的には全ての区間をつなげて海に流す計画だ。

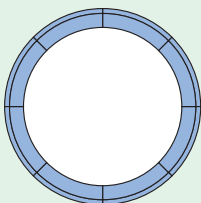
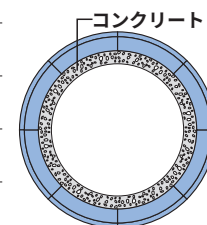
地下河川建設が本格的に開始されたのは、大阪府寝屋川南部地下河川「平野川調節池」（1981年建設開始）だ。

当時は、外荷重に耐える一次覆工（※注1）と内水圧に対応する二次覆工の二重構造だった。しかし、二次覆工のコンクリート壁に亀裂や剥離が生じるなどの問題が指摘されるようになった。そこで、1997年の寝屋川北部地下河川「古川調節池」建設の際には、地下河川技術検討委員会（（財）先端建設技術センター）にて一次覆工方式が審議され、新日鉄が開発・提案した高強度の薄肉合成セグメント「NMセグメント」による覆工が採用された（図1）。

地下河川のベストソリューション NMセグメント

新日鉄では、1990年からNMセグメントの開発に着手していた。そのきっかけは、口径14m級という最大規模のシールドトンネル（※注2）、東京湾横断道路の建設だ。同

図1-a NMセグメントと従来工法との比較〔二次覆工省略型セグメント：NMセグメント（New Mechanically-jointed Segment）〕

NMセグメント			従来セグメント（二次覆工方式）		
本体部材	●合成部材(鋼殻とコンクリート)		本体部材	●鉄筋コンクリート ●ダグタイル（鑄鉄）	
継手構造	●ボルトを有しない構造継手 ●鋼殻嵌合方式		継手構造	●ボルト孔	
締結法	●ワンパス挿入方式		締結法	●ボルト締結方式	
止水法	●水膨張性止水材 ●継手部への充填補助		止水法	●水膨張性止水材	

（※注1） 覆工：トンネル外部の地山からの水圧、土圧に耐え、トンネル内空を確保するための構造体。

（※注2） シールド工法：発進立坑から掘進機（シールド機）で地中に横穴を掘削し、掘進機の後部にセグメントによる支保工（覆工）を順次組み立て、管路を形成する工法。19世紀にイギリスで登場し、日本では1936年に着工の関門鉄道トンネルの建設に初採用された。

工事ではRC（鉄筋コンクリート）構造の各セグメントをボルトで締結する自動組み立て装置が必要だった。

「このときに“ボルトレス”の発想が生まれました。その後、構造の合理性を追求していくうちに、五重塔からヒントを得ました。五重塔は釘を一本も使わず、木材同士をかみ合わせ楔（くさび）を挿入してかしめる仕口構造が適用され、幾度の地震にも耐えた歴史的建造物です。この“匠の技術”を利用し、隣り合うセグメントどうしを強固に接合するために二段のせん断機構を有する嵌合（カンゴウ=はまり合う）構造が生まれました」と、建材開発技術部マネジャー中村稔は誕生の経緯を説明する。

NMセグメントの特長は、まずこの「嵌合構造」にある。ボルトレス継手を一方向から一動作で固定する「ワンパス挿入方式」で連結するため、従来工法に比べ施工効率が格段に高い（図2）。また、覆工の外周と内周にシール材を施し、嵌合後は4層の止水構造によって地下水の漏水を防止している。また内空の鋼面はエポキシ系樹脂の防食塗装を施している。

もうひとつの特長が、H形状の鋼殻の内部にコンクリートを充填した「合成構造」だ。鉄の優れた特性（高強度で引っ張りにも圧縮にも強い）は、地下水圧や土圧はも

ちろん、貯留時の内水圧にも耐え内部のコンクリートの剥離や崩落を防止する。鉄はコンクリートの約10分の1の体積で同じ圧縮力に耐えるため、RCセグメントの約6割の覆工厚で同じ内径を確保できる。セグメントの薄肉化や広幅化により軽量化が可能になり、現場への運搬も効率化できる。

「鉄の耐久性がライフサイクルコストの削減にも寄与する上、トンネルの美観にも高い評価を得ています。横浜のみなとみらい線のみなとみらいトンネルや高島トンネルでも使用されています」と、建材営業部加工製品グループマネジャーの小林巖も自信を覗かせる。



建材開発技術部マネジャー
中村 稔



建材営業部加工製品グループマネジャー
小林 巖

図1-b NMセグメント構造概要図

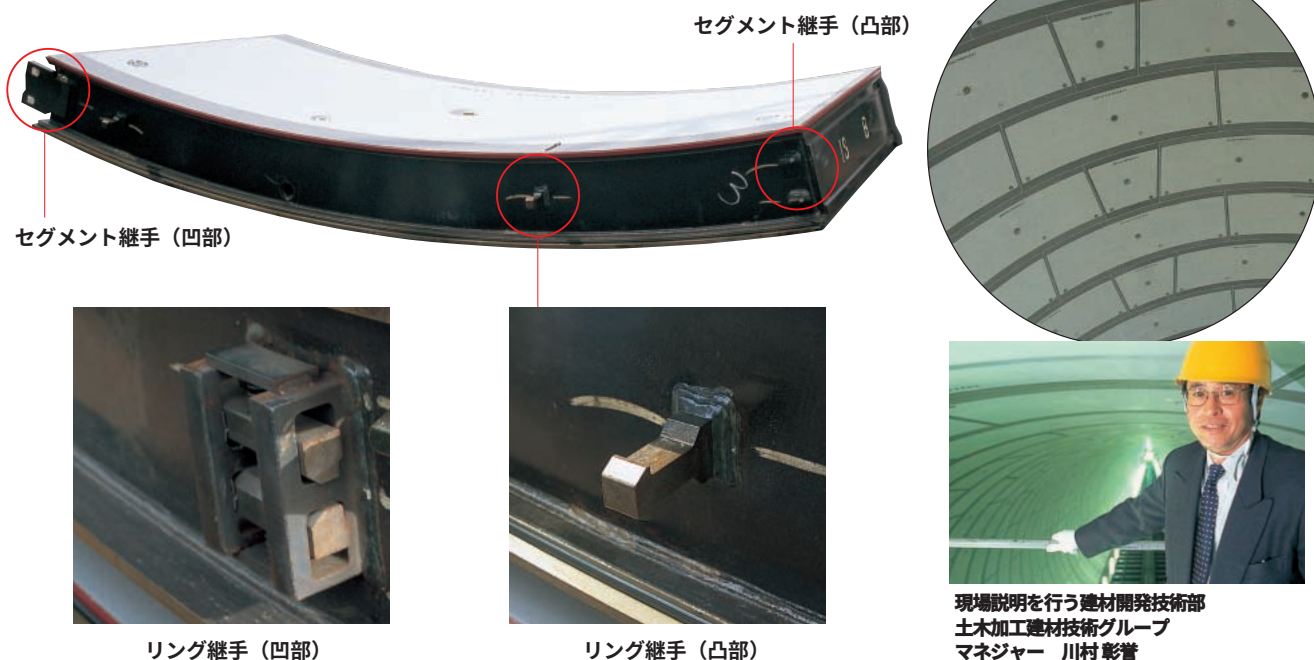
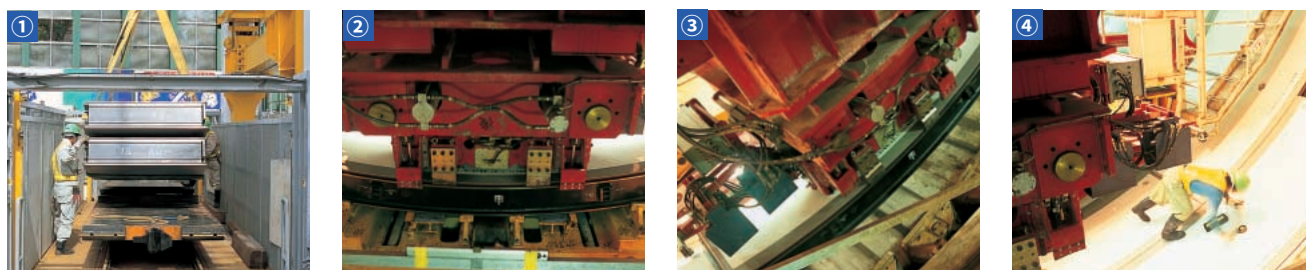


図2 NMセグメントの組立作業



ストックヤードから施工現場に運ばれるNMセグメント（写真①）。施工現場では、エレクトアによる位置合わせと推進ジャッキの一押しで組立が完了する（ワンパス挿入方式：写真②～④）。省人化による組立の効率化とエレクトア回転域外での安全作業を実現。

都民に大きな安心を提供 ——「神田川環状七号線地下調節池」

東京都第三建設事務所 工事第二課長
清水 孝之氏



1987年、「東京都地下河川構想検討委員会」は、隅田川以西の4水系（白子川、石神井川、神田川、目黒川）から東京湾に至る約30kmに、地下約40m、内径10mを超える地下河川構想（「環七地下河川」）を打ち出した。すでに「神田川環状七号線地下調節池」の建設が始まっており、第1期工事は完了し、97年4月から地下調節池の供用がスタートした（杉並区和泉～梅里間、延長2km、貯留能力約24万 m^3 ）。NMセグメントは、延長工事の第2期工事に採用されている（妙正寺川～梅里間、延長2.5キロ、貯留能力約30万 m^3 、内径12.5m）（図3）。今年11月の完工を目指す。

これにより、1時間に50mmの大雨が降っても中野・杉並地域の神田川水系はあふれないことになる（第1・2期で合計約54万 m^3 の貯水が可能）。この事業に携わる東京都第三建設事務所工事第二課長の清水孝之氏は、同治水事業の意義を次のように説明する。

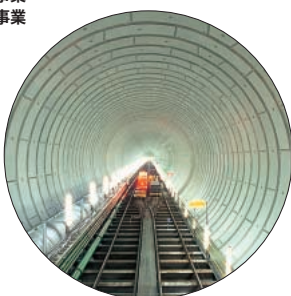
「かつて神田川は“暴れ川”と呼ばれ、2年に1回は洪水が起こっていました。流域住民の方は洪水が心配で、夏休みも長期の旅行ができなかったほどです。しかし第1期の地下調節池の供用を開始した1997年以来、15回に及ぶ実際の貯水が行われ、神田川で洪水は発生していません。流域住民の方々へ、大きな安心を提供している治水事業です」

図3 神田川環状七号線地下調節池位置図



■ 神田川・環状七号線調節池第一期事業
■ 神田川・環状七号線調節池第二期事業
● 1982年の台風で浸水した場所

現在、NMセグメントを使用した第二期事業が推進されている。完工後は合計約54万 m^3 の貯水能力を持つ。



排出土を大幅に削減し、 飛躍的な高速施工も可能に

大成・熊谷・清水・東急・白石建設共同事業体
神田川シールド作業所所長 今石 尚氏



第2期工事へのNMセグメントの採用は、第1期と比較して大きな“コスト削減”と“省力化”をもたらした。外径は約0.5m縮小し、掘削距離1m当たり11 m^3 の排出土を削減した。「全延長で排出土の搬出用トラック5,300台分の減量となり、処理費用も大幅に節約できます」（清水氏）

広幅のNMセグメントの採用でセグメント数が減り、運搬も効率化した。また「ワンパス挿入方式」のため、円周11個のセグメントをスピーディにリング状に組み立てることが可能だ（図2）。同じ内径で、トンネルが0.5km長いにもかかわらず、事業費は、第1期工事の530億円から490億円に削減できる予定だと言う。

第2期工事の工事責任者である大成・熊谷・清水・東急・白石建設共同事業体神田川シールド作業所所長の今石尚氏は、「NMセグメント採用の最大の理由は、鉄が持つ強度に加えて、他の追随を許さない止水性にある」と言う。連結部分に貼る『セグメントシール』は、水と触れると体積が2.5倍に膨らみ、密閉度を高めて水の侵入を防ぎ、止水性が飛躍的に向上する（図4）。

また、第2期工事は、1カ月平均で200mを掘り進む「高速施工」が業界の注目を集めている。

「東京湾横断道路の平均月進量は約160mでした。土壌の硬さなどが違うので単純な比較はできませんが、200mという平均月進量は、内径12mを超えるシールドトンネルでは最高速だと思います」（今石氏）。

現在、第2期工事には、学識者や有識者、専門技術者、地域住民など年間約3,000人の見学者がある。清水氏はNMセグメントのさらなる進化に期待を寄せる。

「NMセグメントの納入や技術サービスのレスポンスの良さはもちろん、品質についても、製作誤差がわずか0.5mmという高精度を誇り、止水性も進化し続けています。今後、新日鉄の優れた技術開発力をベースに、NMセグメントの機能をさらに高めてほしいと思っています」

図4 シール材と溝



覆工の外周部と内周部の2層に施されたシール材による止水機構。漏水による覆工劣化を徹底的に防止している。

老朽化したトンネルを新工法で補強

トンネルでは定期的にメンテナンスを行っても、老朽化は避けられない。老朽化したトンネルは補強施工によって改修する。しかし、従来工法には、耐久性、強度、建築限界対応性、施工性など多くの課題があった。それを解決したのが、新日鉄が開発した「鋼製薄肉トンネル補強工法」だ（図5）。建材開発技術部土木加工建材技術グループマネジャーの広沢規行は開発経緯を振り返る。

「1999年に起きた山陽新幹線のトンネル覆工内面のコンクリート剥落事故が、本格的な取り組みのきっかけとなりました。鉄を用いて、コンクリートでは困難な薄肉高強度のトンネル内面補強工法を開発しました」

旧運輸省の外郭団体である運輸施設整備事業団が、「コンクリート構造物の安全性・信頼性の向上に関する研究」を公募し、「高速鉄道用薄肉トンネル補強工法の基本性能に関する研究」（筑波大学の西岡隆教授、長岡技術科学大学の杉本光

隆教授、JR東海、新日鉄の共同プロジェクト）が採用された。

短期間での開発を実現したのは、建材事業部や鉄構海洋・エネルギー事業部における数多くの施工・構造技術の蓄積だ。水路トンネルを対象とした鋼板を内巻きする『STM工法』や『NMセグメント』の嵌合構造などの技術がベースとなった。

同工法は2001年、JR東海飯田線での試験工事を皮切りに、鉄道や道路で実績をあげている。

「社会資本は、メンテナンスを行わなければ初期の機能を維持できません。トンネルは建設から50年以上経過したものも多く、地方にも多くあります。この技術は、地方都市の再生にも大いに貢献できと思っています」（広沢）。

建材開発技術部 土木加工建材技術グループマネジャー
広沢 規行



図5 施工手順と施工例

坑内測量・調査 → 受け部材設置 → ケージリング設置 写真1 → 補強板組立 写真2 → 根固め・裏込め打設 → 完了 写真3

写真1
ゲージリング
設置状況



写真2
補強板組立
作業状況



写真3
組立完了



地下高速道路を支える新日鉄のソリューション

都市部の高速道路では、慢性的な渋滞と沿道の騒音公害などを緩和するため、「地下トンネル構造」を採用する動きが出ている。トンネルから地上出口に向かって徐々に上に向かう分岐合流部は構造が複雑なため、設計・施工の難度が高い。建材開発技術部土木加工建材技術グループマネジャーの三宅正人は、技術開発のポイントを次のように述べる。

「設計段階での綿密なシミュレーションが必要で、鋼殻の構造から設計・施工までの総括的なソリューションの構築を目指しました。地中連続壁の施工時やトンネル掘削時にどのような力が生じるか、また、施工開始から施工後までの地盤の応力やコンクリートのひび割れなど、あらゆる角

度から構造を検証しました」。この多リング梁ばね逐次構造解析プログラムは国内で唯一の設計ツールだ。

「さまざまな負荷がかかる地下開発では、プロジェクトの検討時から施工に至るまで、特に設計・解析などのソフト技術が重視されます。新日鉄の材料の知識と、長年蓄積したトップレベルの設計・開発技術でソリューションを提案していきます」（三宅）。

建材開発技術部 土木加工建材技術グループマネジャー
三宅 正人



図6

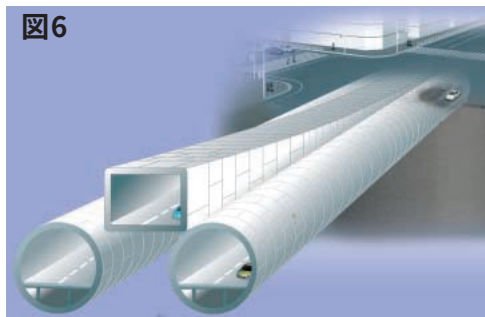
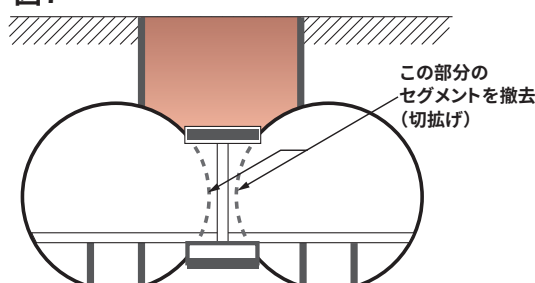


図7



通常の円形トンネルとは異なる強度が求められると同時に、狭い空間に複雑な構造を構築しなければならない（図6）。また、分岐合流部を施工するために新たに提唱された、切抜工法に対応する部材も必要だ（図7）。新日鉄では同工法に対して、強度・延性を持ち、軽量かつ加工性に優れたトンネル鋼殻を提案した。

環境建材

新たな環境規制に 대응する 鋼製鉛直遮水壁

「遮水パネル工法」



遮水特性を高め処分場の適正化に貢献

環境問題は3つのタイプに大別できる。“公害型環境問題”“地球環境問題”、そして“生活環境問題”だ。中でも、ごみ問題をはじめとする“生活環境問題”は「循環型社会形成推進基本法」の制定（2000年）以降、クローズアップされるようになった。

環境省（旧厚生省）は、1998年538カ所の不適正処分場を公表した。また同年「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準」が一部改正され、有害物質を含んだ浸出水を処分場の外に漏らさない徹底した「遮水工の要件の強化・明確化」が図られた。

さらに、顕在化する土壤汚染の対策として2003年「土壤汚染対策法」が、投棄産廃の撤去を目的に「不法投棄などによる産廃不法投棄原状回復特別措置法」が施行された。

「公共工事全般は縮小傾向にありますが、新たな環境規制によって、新技術を必要とする市場が顕在化しています」と、建材営業部土木建材グループマネジャーの弘中隆義は語る。不適正処分場については、国が定める最終処分場の適正化への対応が求められる。建材開発技術部マネジャーの川人健二は、その対応策を次のように説明する。

「土壤汚染対策と同様、“原位置封じ込め（図1）”という共通技術が取られます。新日鉄では遮水工の要件の強化に対応して、遮水機能を高めた『鋼製鉛直遮水壁（遮水パネル）』を開発しました」

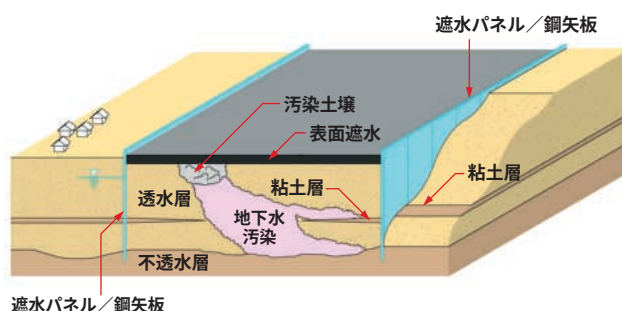
広幅化、薄肉化、独自の継手で機能を追求

新日鉄は、鋼矢板、鋼管矢板といった土留部材を販売して70年以上の歴史と実績を持つ。近年その技術力を基盤に環境対応型の鉛直遮水壁をメニュー化した。

「鋼矢板や鋼管矢板の機能は保持しながら、遮水機能に特化した新たな商品開発の必要性を感じました。その結果誕生したのが『遮水パネル』です」と、技術開発本部鉄鋼研究所鋼構造研究開発センター主幹研究員の木下雅敬は開発経緯を説明する。

新日鉄の遮水パネルには、次の特徴がある。まず、遮水パネルは従来の継手式遮水壁の2倍（2m～2.4m）と超広幅だ。広幅になるほど継手延長が減り、水が漏れるリスクを低減できる。また遮水機能に特化することで6

図1 汚染土壌からの有害物質流出防止（原位置封じ込め）



原位置封じ込め：汚染土壌・物質が地下水に拡散することを防ぐため、透水層部分に遮水性能のある壁を不透水層に到達するまで根入れし、汚染物や汚染土壌を巨大な箱の状態に封じ込める方法。

図2 遮水パネルと打設フレーム



打設時には高剛性の打設フレームと遮水パネルを一体化し、地面に打設する。打設後は打設フレームを引き抜き、地中に遮水パネルが残る仕組みだ（特許出願中）。

mmの薄肉化を実現。地盤の変形にもフレキシブルに対応する。さらに、継手充填材にアスファルトやモルタルなどさまざまな材料を組み合わせユーザーニーズにきめ細かく対応できる。

コスト面では、遮水パネルの広幅化・薄肉化は、材料・輸送費ばかりでなく、工期短縮や施工費の削減につながる。当然、施工に用いる打設フレームは、引き抜いた後で何度もリユースできる（図2）。



建材営業部
土木建材グループ
マネジャー
弘中 隆義



建材開発技術部
マネジャー
川人 健二



技術開発本部 鉄鋼研究所
鋼構造研究開発センター
主幹研究員
木下 雅敬

地域住民の信頼に応える 環境ソリューション

かつては土中の構築物は壊れないという認識があったが、阪神淡路大震災の際に、地上部分にまだ建物が無い土中の鉄筋コンクリート杭にひび割れが発生している事例が見つかった。地震によって土中の杭が損傷するという事実を物語っている。

そこで新日鉄では、全社の土木技術を担う環境・プロセス研究開発センターで土中壁体の地震時挙動と損傷評価手法を開発し、ソイルセメント壁の耐震性を検証した(図3)。

「TRD工法(注)で築造されたソイルセメント壁は、品質の高い遮水壁を作ることができます。しかし、レベル1地震動(構造物の耐用期間内に数回発生する地震)で性能を照査した結果、地盤条件によってはソイルセメント壁にひび割れが発生し遮水性能が低下する箇所があること

が分かりました。そこで、地震によって壁にひび割れが発生しても、壁中に遮水パネルを芯材として挿入することで、遮水性能を確保する構造を提案しました」(川人)(図4)。

地震を想定した対策が評価され、新日鉄の遮水パネルは八千代市一般廃棄物最終処分場遮水施設に採用された。

施工を担当する(株)奥村組東京支社八千代処分場工事所長の服部末彦氏は次のように語る。

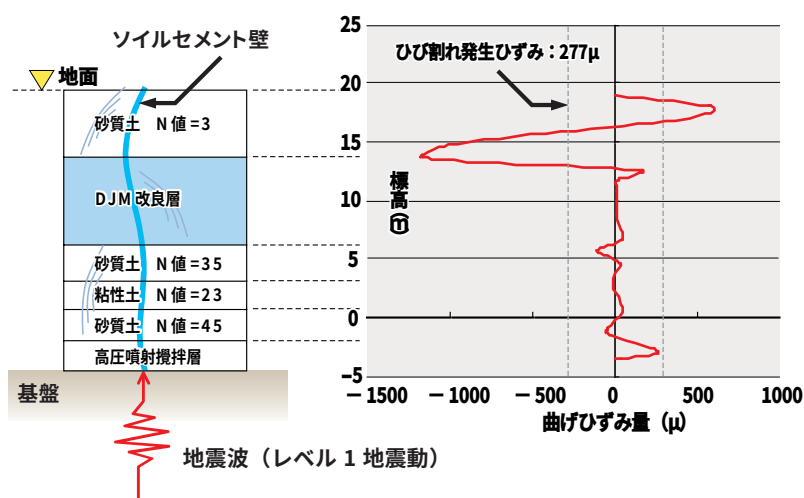
「新日鉄が正確な解析によって地震時の遮水性能を検証し、対策案を含めて提案したソリューションが、遮水パネル採用のポイントになりました。また、同パネルは2mという広幅で継手が最も少なく、実験データで継手の耐震性能も確保しており、部材そのものの信頼性が高いと言えます」

今後は、最終処分場の再生案件が増



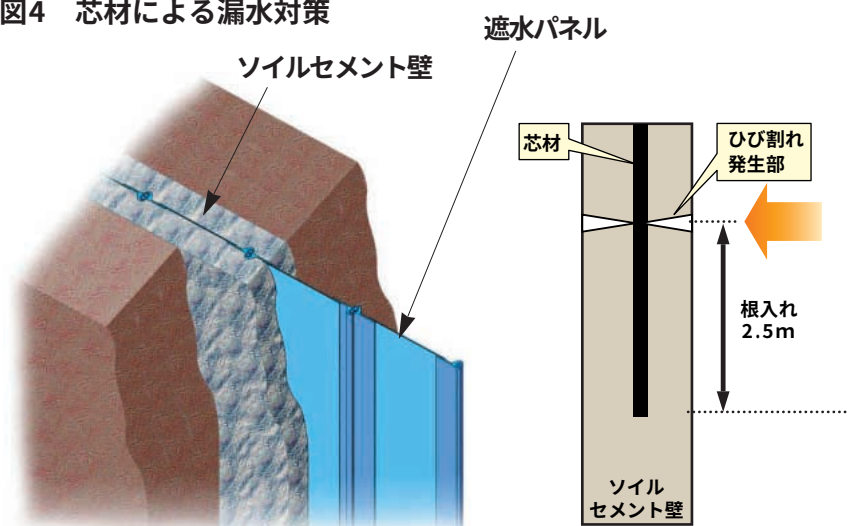
(株)奥村組 東京支社八千代処分場工事所
所長 服部 末彦氏

図3 ソイルセメント壁の地震時安定性の検討



ソイルセメント壁：原位置の地盤にセメントミルクを混合して築造した低強度の壁で、仮設土留や遮水壁として使用されている。

図4 芯材による漏水対策



(注) TRD工法：地盤に挿入したチェーンソー型のカッターをベースマシンと接続して横方向に移動させ、地盤切削と切削土と固化液の攪拌を同時に行い、地中に等厚で連続したソイルセメント壁をつくる。

図5 遮水パネルの施工

① 遮水パネルと打設フレームの一体化



② ソイルセメントの造成、定規の設置



③ 遮水パネル+打設フレームの自沈打設開始



④ 打設フレームを引き抜き打設完了



⑤ 固化後の遮水壁(中央が遮水パネル)。継手にはモルタルを充填し、遮水性と耐震性を確保



加することが期待される。超広幅な鋼製部材である遮水パネルは、耐震性をはじめとする新たな機能開拓によって市場を拡大できると、弘中は意気込みを語る。

「耐震性など必要な市場ニーズをつかむことができました。新規市場に対して、今後も技術・営業・開発の三位一体で、優れたソリューションを提案していきます」

また、服部氏は遮水パネルの施工性のさらなる向上に期待を寄せている。

「施工第一号ということで、(株)テクノックスには、あらゆるリスクを視野に入れ、施工準備をしていただきました。

今回、自沈で埋没する遮水パネル工法のメリットが実証されましたが、今後、さらに施工技術が高まっていくものと期待しています(図5)」

川人は次のように締めくくった。

「今回の八千代市の実績が今後の処分場再生案件の先駆けとなることを期待しています。原位置封じ込めという共通技術に対して、地域の方々が安心して共存できる環境を作ることが最終の目標です。そのためにさらに信頼性を高めた継手も開発中です。ソイルセメント壁との複合法だけでなく、単独壁による実現も目指しています」

「丈夫でしなやかな鉄」から生まれた遮水パネルに期待

名古屋工業大学教授 工学博士 中井 照夫氏(都市社会工学科)

処分場の遮水壁で重要なことは、ある程度の変形が起きても遮水機能が保持されることです。地震時には固い所に応力が集中します。阪神淡路大震災で基礎杭が折れたのも杭が地盤の変形に追従できなかったからです。

その点、地盤の変形にフレキシブルに対応できる“しなやかさと強度を持つ鉄”を使った新日鉄の遮水パネルは非常に適しています。鉄は硬いというイメージ

がありますが、“しなやかさ”という機能に着目した発想がユニークです。

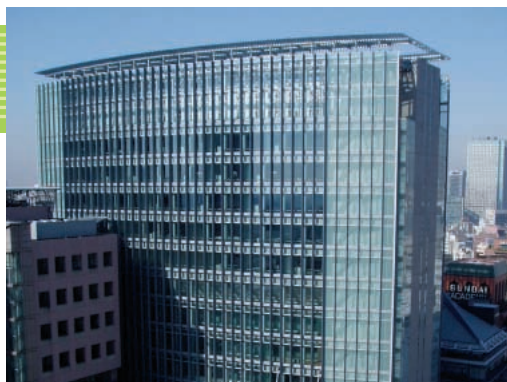
今後、モデル実験と数値解析を重ね、さらに防食性も高めることで、複雑な地盤構造を持つ日本に適した工法として需要が高まるでしょう。



建築耐火

先進的耐火ソリューションで安全性とデザイン性を高める

写真提供：(株)久米設計



的確な耐火性能を導く耐火設計

オフィスなどでは、火災時に爆発的な燃焼(フラッシュオーバー)が起こり、鉄骨建築の場合、鋼材が1,000℃以上の高温に包まれることがある。このような火熱にさらされると、鋼材の強度が下がり、骨組が大きく変形して、最悪の場合は建物が倒壊する。鉄骨を耐火被覆で保護することが必要になり、火災時間が長くなるほど厚い耐火被覆が必要だ。

従来の建物では、最上階から数えて4以内の階は1時間、5以上14以内の階は2時間、15以上の階は3時間の火災に耐えるように耐火被覆を施すことが義務付けられていた(図1)。そして耐火被覆の厚さも、被覆材の種別ごとに必要時間に応じた値が定められていた。

この耐火の基準は、40年以上前に、当時の技術レベルや社会要請をもとに設定されたものだ。現実の火災は、高層階ほど短時間化するわけではなく、高温強度が低い鋼材で

は、同一の被覆でも、短時間の火災にしか耐えることはできない。

それにも関わらず、建物の安全性と経済性を両立させなければならないため、従来の耐火規定は、総じて過剰な設定となり部分的には過少な設定になっていた。その課題を克服するのが「耐火設計」だ。建材開発技術部建築建材技術グループマネジャーの雑喉(ざこう)良介は、耐火設計を次のように説明する。

「現在では、室の用途や開口寸法、建築部材の荷重条件や熱特性、耐火被覆の仕様などを考慮して建物の火災時間や建築部材の耐火時間を精度良くシミュレーションする技術が開発されています。また、FR鋼や、鋼管内部にコンクリートを充填したCFT造など、耐火性能に優れた部材も開発されており、穏やかな火災しか起きない個

建材開発技術部 建築建材技術グループマネジャー 雑喉 良介



所では、耐火被覆を施さなくても必要な耐火時間を確保することができます。これらの技術を駆使して安全かつ無駄のない耐火仕様を算定し、ユーザーに提案するのが“耐火ソリューション”です」

耐火設計の扉を開いた「FR鋼」の開発

旧建設省では、従来規定の課題を克服する突破口として、1982年から、建築物の火災条件や使用材料の高温特性を基に建築物の防災安全性を総合的に評価する「建築物の総合防火設計法の開発（5カ年計画）」に取り組んでいた。新日鉄が1989年に世界に先駆けて開発した「FR鋼」は、この新しい設計概念を初めて実用化した“鋼材とその利用技術”からなる総合技術だ。

使用材料の高温特性を考慮して耐火被覆の必要な厚さを決定するためには、その材料が、ある温度でどのように変形し、いくら荷重に耐えるかが保証値レベルで明確にされていなければならない。また、この現象を個々の建物の火災条件に応じてシミュレーションできる解析技術を備えていなければならない。

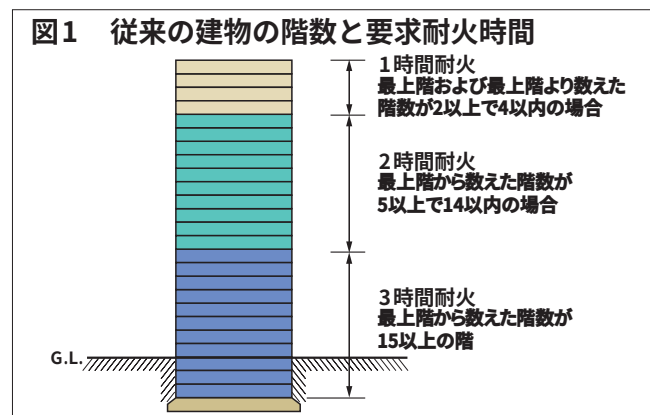
FR鋼は、高温特性の保証値を明確化し、この値を満足するよう造り込みを行った世界初の建築構造用鋼材だ。火災時のシミュレーション技術も開発した上、合金を添加して一般的な鋼材よりもさらに耐熱性能を高めた。現在では、年間100棟超の建物にFR鋼が採用されている。

火災安全に関係する基準について研究し、建築基準法防火関連規定全般のメンテナンスに関して技術的サポートを行う国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部防火基準研究室室長の河野守氏は、次のように評価する。

「鉄はもともと安定した性能を持ち、構造的影響や火災時の材質変化などを予測しやすい、他の材料にはない優れた性質を備えています。1989年に発売された新日鉄の『FR鋼』はその代表的な建築材料です」

シカゴ大火以来の100年間の流れを変える

1988年に完了した「建築物の総合防火設計法の開発」に基づく耐火設計は、FR鋼やその後に開発されたCFT造など、耐熱特性が明確化された特殊な材料を用いた部分のみに限定して適用が認められてきたが、その成果に触発された新たな研究も踏まえ、2000年6月には「建築基準法」が改正され、一般的な材料を用いた部分にも耐火設計が利用できるようになった。



「1871年に発生したシカゴ大火以来、“耐火被覆の種別と厚さを直接的に規定して建築物を守る”という考え方が脈々と受け継がれてきた中で、これは画期的な変化でした。しかし、現在の性能規定はまだ完全なものではありません。ようやく“動き出した”というのが実感です」（河野氏）。

法律の規定では、従来規定との連続性や、専門家でない人々に対しても単純で分かりやすいことが求められる。例えば、骨組を構成する柱と梁は、互いに独立した構造体とみなして個別に検討する。温度による荷重や剛性の変化には触れずに、鋼材強度の温度変化のみに着目して評価する等の簡略化が行われている。そのため耐震規定では考慮されているが、耐火規定では考慮されていない事項も多数存在する。

「本来、建築物は連続した構造です。法律の基準を作る立場にある私たちは、そのような法律のくいちがいを是正しながら、国民に提供すべき建築物の安全性と産業界ニーズの整合性をとる、パイプ役としての機能を果たしていきたいと考えています」（河野氏）。

国土交通省 国土技術政策総合研究所
建築研究部 防火基準研究室室長 河野 守氏



無被覆鋼材がストレートなデザインを実現 —— 明治大学アカデミーコモン

2004年3月に竣工した明治大学アカデミーコモン（東京都千代田区）で、新日鉄の耐火設計が採用された。「社会に開かれた、人に優しい生涯教育の拠点として、多くの人々が出会い、交流し、知を発信する舞台」というコンセプトのもと設計されたアカデミーコモンは、同大学の新たなシンボリック施設だ。

アカデミーコモンは、ガラスのカーテンウォールで囲われた構造だ。同施設を設計した(株)久米設計設計部主管の上田克行氏は、耐火設計の採用経緯を次のように説明する。

「神田駿河台に建つ21世紀の新しい都心型大学に対し、我々が提起した“開放性と透明性”というテーマの完成度を高めるためには、ガラスのカーテンウォールだけでなく、構造を支える鋼管柱をできる限りスリム化する必要がありました。そこで鋼管柱の耐火被覆を最少化できる耐火設計に着目し、新日鉄のコンサルティングのもと、ほとんどすべての柱を無耐火被覆の構造とすることができました。大学側には火災時の安全性と設計の考え方を説明する必要性がありましたが、理論的な検証を踏まえた耐火設計は、非常に説得力を持ちました」

無被覆で鋼材を使用することで、“鉄骨の質感”を活かし、教育施設にふさわしい清楚な空間デザインを実現した。その効果を最大化するために、通常、施工効率上フロアの上に出てしまう溶接ジョイント部を、室内からは見えないOAフロアの下に持っていくなどの工夫が凝らされた。今回の設計では、スリムな柱が並ぶ開放的な空間を意識して、上階から下階へ鋼管柱が11m貫通したエントランスホールが設置されている。

「無駄なものが削ぎ落とされたストレートさが、無被覆鉄骨の最大の特徴です。この柱は大変目につく存在なので、

建築関係の方々から、『どうやって仕上げたのか』という質問をよく受けます。耐火設計によるものだと言明すると、皆さん驚かれます」(上田氏)。

デザインと耐火ソリューションの コラボレーション

アカデミーコモンは、社会に開かれた大学施設であると同時に、建築物のあり方を“社会に発信する拠点”でもある。

「コストを抑えながら、高い安全性と画期的なデザインを実現しました。耐火設計の導入により、我々が望んだ効果を設計上最大限に反映することができたのではないのでしょうか」(上田氏)。

新日鉄に対して、設計者は、材料使用における一歩踏み込んだ“コンサル

(株)久米設計設計部主管
上田 克行氏



ティング”を期待している。使用環境に合わせて鋼材特性に応じた最良の提案することによって、アカデミーコモンのような画期的設計を具現化できるチャンスが生まれる。

「アカデミーコモンでは、実施設計に入る少し前から、新日鉄より耐火設計のコンサルティングを受けました。この実績を今後さらに発展させ、美しく、長く使っていただける“本質に近い建物”を実現していきたいと思います」(上田氏)。

現在、新日鉄では、羽田空港ターミナルビル、東京競馬場などの耐火設計も行っている。最後に雑喉は今後の抱負を次のように語った。

「鉄鋼材料は、ニーズに応じた性能を造り込むことができ、その性能を明確に示す優れた素材です。FR鋼は耐熱性能を明確化し、耐火分野の性能規定化を牽引する役割を果たしてきました。耐震分野においても、素材の性能をより明確にすることが設計技術や施工技術の高度化につながります。今後も、一歩踏み込んだ設計提案型のソリューション活動に尽力していきます」

明治大学アカデミーコモン



構造を支える鋼管柱 (内部)



教室内部



11mの鋼管柱が貫通するエントランス

写真提供：(株)久米設計

用途：学校
規模：地上11階、地下2階、2万6,000㎡
建設場所：東京都千代田区神田駿河台1丁目
施主：明治大学、設計：(株)久米設計、施工：鹿島建設(株)



ファサード Photo：大野 繁 (写真家)