

## 第2編

# 土木研究所の社会貢献



# 1. 安全・安心な社会の実現

## 1.1 阪神淡路大震災（兵庫県南部地震）の教訓を活かした技術開発

### 1.1.1 道路橋の耐震設計

#### (1) 兵庫県南部地震による地震動と道路橋の被害

平成7年（1995年）1月17日5時46分、淡路島北部を震源としたマグニチュード7.2の兵庫県南部地震が発生した。この地震では、気象庁震度階級に震度7が導入されてから初めて震度7を記録するとともに、兵庫県南部を中心として、様々な構造物に大きな被害が発生し、大正12年の関東大震災以来の最大の被害をもたらした。道路橋においても、高架橋の倒壊や橋桁の落下が発生する等、甚大な被害が発生した。

また、兵庫県南部地震では多数の強震記録が観測されたが、その観測記録によると、兵庫県南部地震による例えば神戸市周辺での地震動は、その当時までにおいて我が国ではほとんど観測されることがない極めて大きくかつ短時間に橋のような構造物に強い影響を及ぼすような地震動であった。震度7の地域に位置するJR鷹取駅では、短周期領域だけでなく周期1～2秒の比較的周期が長い領域まで大きな強度を有する地震動であり、このような地震動の特性も影響し、構造物に甚大な被害が生じた。

道路橋では、昭和55年よりも古い基準で設計された橋を中心として、橋脚の倒壊、上部構造の落橋を含む甚大な被害が生じた。特に、鉄筋コンクリート橋脚の軸方向鉄筋段落し部での損傷が多かったが、それ以外にも、鋼製橋脚の倒壊、支承部の破壊、桁間連結装置の損傷等が生じた。

#### (2) 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様の策定

兵庫県南部地震による道路橋の甚大な被害を踏まえ、地震発生から41日後の2月27日には、「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様（以下、復旧仕様）」が当時の建設省から関係機関に通知された。この復旧仕様では、橋を構成する部材の強度を向上させるとともに、じん性を高めて橋全体系として地震に耐える構造を目指すべく、地震時保有水平耐力法による照査、さらには、兵庫県南部地震で観測された強震記録を用いて動的解析により照査することが規定された。また、免震支承を用いた橋に対する免震設計も初めて基準として導入された。

復旧仕様の策定にあたって、それまでの土木研究所における研究開発が大きく役立った点がある。ここではその内の4つを例示する。

1つ目としては地震時保有水平耐力法による設計体系の研究である。地震時保有水平耐力法は、実際に生じ得る現実的な地震動に対して構造部材の耐力とねばりを考慮して耐震設計する体系であり、土木研究所における多数の動的載荷実験や振動台実験を基に開発され、平成2年道路橋示方書において鉄筋コンクリート橋脚を対象として導入されていた設計技術である。さらに、その後、帯鉄筋による横拘束効果を考慮した塑性変形能評価に関する研究までが進められていた。2つ目は、兵庫県南部地震の前から免震支承やその免震支承を適用した橋に対する設計の技術開発を土木研究所が中心となって進めており、その成果が免震設計マニュアルとしてとりまとめられ、試用実績もあったという点である。3つ目は、軸方向鉄筋の段落し部での損傷とその補強対策に関する研究が進められていた点である。軸方向鉄筋の段落し部での被害は、宮城県沖地震や浦河沖地震等でも発生している被害形

態であり、段落し鉄筋の定着長不足が要因であったことがわかっていた。このような震災経験を踏まえ、昭和55年の道路橋示方書の改定で段落しする際の定着長の規定が見直しされたところであるが、段落し部で大きな被害が発生する可能性のあるRC橋脚の判定手法や鋼板巻立て工法等による耐震補強技術が土木研究所で開発されていた。そして4つ目は、基礎の限界状態設計法の研究が進められており、これを地震時保有水平耐力法の設計体系の中に有効に組み込むことができた点である。構造部材だけでなく地盤の特性をも強く受ける基礎の大地震時の挙動は単純な線形挙動とはならない。また、軟弱地盤の多い日本では様々な基礎形式があり、その特性に応じた設計手法が研究されていた点も、橋全体系としての地震時保有水平耐力法の導入を円滑にした要因の一つであったと言える。

このように、土木研究所における様々な研究成果の蓄積が、地震発生から非常に短期間の間に復旧仕様を策定できたことに大きく貢献したと考えられる。

### (3) 平成8年の道路橋示方書の改定と土木研究所における調査研究

復旧仕様の策定後、当時の建設省が設置した「兵庫県南部地震道路橋震災対策委員会」からの提言や土木研究所における橋の耐震設計に関するそれまでの様々な調査研究の成果等を踏まえ、平成8年11月に道路橋示方書が改定された。この改定では、兵庫県南部地震のようなマグニチュード7級の内陸直下型地震による地震動を耐震設計で考慮する地震動として追加したこと、橋全体系としての耐震性を高めるため、鉄筋コンクリート橋脚だけでなく、鋼製橋脚や基礎など地震の影響が大きい部材に対しても地震時保有水平耐力法による設計の考え方を導入したことが大きなポイントである。この改定により、それ以前は現在のレベル1地震動に対する設計で断面条件が決定することが一般的であったのに対して、現実的に生じ得る地震動に対して、損傷を許容する部材を選定し、その部材の耐力やねばりを考慮しながら断面が決定されていくという方向となった。これは、我が国の橋梁の耐震設計技術を大きく向上させる重要な改定となった。

兵庫県南部地震では、橋梁の被害が非常に甚大であったことを踏まえ、土木研究所では、兵庫県南部地震以降、橋梁技術に関する研究室が協働して耐震設計に関する調査研究を緊急に進め、道路橋示方書の改定としてとりまとめた。以下に、平成8年の道路橋示方書改定に関連した当時の調査研究の例を簡潔にまとめる。

#### 1) 地震時保有水平耐力法による橋全体系の耐震設計体系の構築

兵庫県南部地震で発生したような大きな強度をもつ地震動に対して、粘り強さを高めて橋全体系として地震に耐える構造が設計されていく方向を目指すべく、土木研究所では、橋を構成する部材、特に、地震の影響を強く受ける橋脚と基礎を対象として地震時保有水平耐力や塑性変形能に関する研究が集中的に行われた。

前述したように、鉄筋コンクリート橋脚に対しては、平成2年までの研究成果によりその知見が同年道路橋示方書の改定に反映されたところであるが、多くの実験結果を基に、橋に求められる耐震性能に照らし、鉄筋コンクリート橋脚に許容できる損傷状態とその状態点を工学的指標に基づいて評価する手法について研究開発を行った。

また、兵庫県南部地震による地震動は、プレート境界型地震による地震動と比較してその継続時間が短く、橋脚に生じる地震応答の繰り返し回数が大きく異なる。そこで、鉄筋コンクリート橋脚に作用する地震応答の繰り返し回数が塑性変形能に及ぼす影響について実験的な研究を実施した。そして、この研究成果を基に、地震動の継続時間特性に応じた鉄筋コンクリート橋脚の塑性変形能評価手法を開発した。また、鉄筋コンクリート橋脚の塑性変形能には断面寸法の影響も懸念されたことから、そ



れまで実施されてきた断面寸法が0.6mの縮尺模型と、写真-1.1.1に示す断面寸法が2.4mの実大橋脚それぞれに対して同様に正負交番繰返し载荷実験を行い、その塑性変形能について比較検討を行った。その結果、断面寸法の縮尺率に応じて、軸方向鉄筋や帯鉄筋の配筋ディテールを適切に設定すれば、ほぼ同様の結果が得られることを確認した。これは、換言すれば、断面寸法が塑性変形能に及ぼす影響を小さくするためには、縮小模型実験を実施する際、その模型における軸方向鉄筋の径や帯鉄筋の径、設置間隔等、塑性ヒンジ長に影響を及ぼす配筋諸元を、縮尺率に応じて適切に設定することが重要であることを意味している。

また、コンクリートの負担するせん断耐力についても、土木研究所において有効高さ2.0mの大型梁試験体による実験を含め様々な研究を行い、寸法効果や地震動の繰返し特性の影響を考慮した独自のせん断耐力の評価手法を開発した。

部材の地震時保有水平耐力や限界状態の評価に関する研究は、鉄筋コンクリート橋脚だけでなく鋼製橋脚や基礎構造に対しても行われた。写真-1.1.2は杭基礎を対象とした正負交番载荷実験であり、実験により得られた水平力-水平変形特性と損傷状況の関係を踏まえながら、耐震設計で考慮できる基礎の限界状態の評価手法が開発された。

## 2) 動的解析技術の耐震設計への導入

地震時保有水平耐力法は、橋の地震時の挙動を静的な荷重に置き換えて設計を行うものであり、基本的には地震時の挙動が複雑ではない構造形式の橋に適用される。その一方で、特殊な形式の橋等では、地震時の挙動を評価する上で様々な振動モードの影響を考慮する必要がある場合もあり、地震時保有水平耐力法では地震時の挙動を適切に評価できないことがある。このような場合には、地震時保有水平耐力法により設計した結果を動的解析により照査するのがよいとされた。

しかしながら、動的解析は高度な解析であるため、特に部材の非線形特性を考慮した動的解析になると、適用する解析モデルの設定によっては、解析結果に有意な違いが生じることにもなる。したがって、動的解析の結果を適切に耐震設計に反映できるようにするためには、橋の構造特性に応じた適切な解析モデルを設定するための技術が必要となる。土木研究所では、主として地震時にエネルギー吸収を図る部材となる橋脚に対する振動台実験（写真-1.1.3）、さらには免震支承や制震装置等に対する振



写真-1.1.1 実大RC橋脚に対する正負交番繰返し载荷実験

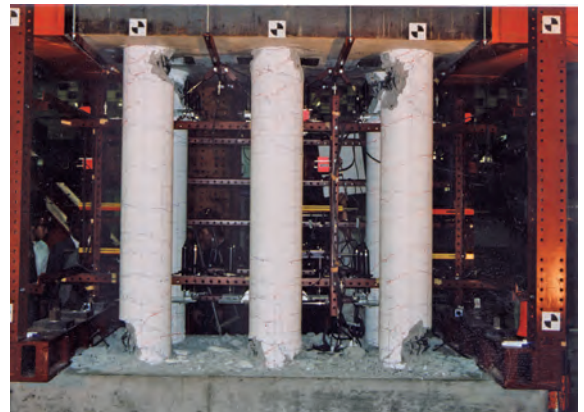


写真-1.1.2 杭基礎に対する正負交番繰返し载荷実験

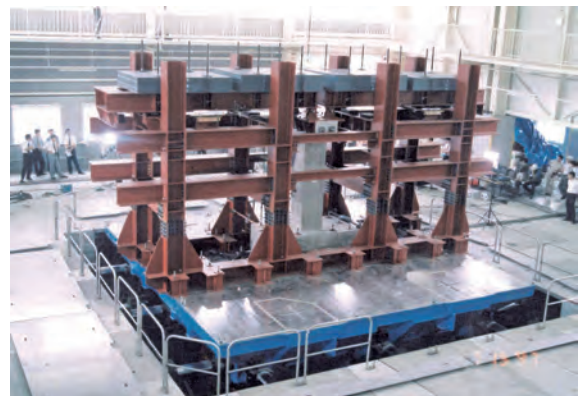


写真-1.1.3 RC橋脚に対する振動台実験

動台実験の結果を基に、動的解析を耐震設計に用いる場合の非線形履歴特性について研究を行い、動的解析の耐震設計への円滑な導入に貢献してきている。

### 3) 流動化する地盤における基礎の耐震設計法

兵庫県南部地震では、広範な地域で液状化が発生するとともに、特に臨海部においては護岸等の水際線構造物の移動に伴い、地盤の流動化が発生し、道路橋の橋脚基礎に大きな残留変位が生じる事例が生じた。このような基礎に対する解析結果によれば、地表面付近の液状化しない土層がその下部に位置する液状化する土層とともに移動し、橋のフーチングに大きな力を及ぼしたものと考えられた。土木研究所では、このような流動化の発生状況やその影響を受けた橋脚基礎の分析結果を基に、橋に影響を与える流動化が生じる地盤条件の選定手法を示すとともに、流動化の影響を具体的に橋脚基礎の設計に考慮するため流動力の算定方法を開発した。

### 4) 免震設計の本格的な導入

我が国の橋梁分野における免震技術は、橋の長周期化と高減衰化の双方によって橋に生じる地震応答を低減させる考え方である。このような橋梁に対する免震技術の開発は、土木研究所が実施した官民共同研究等により進められ、平成4年3月に「道路橋の免震設計法マニュアル（案）」としてとりまとめられた。また、平成3年3月には、静岡県の宮川橋が我が国初の免震橋として建設されたのを皮切りに、その後、免震橋として設計された橋が建設されるようになってきた。

そうした中、平成7年の兵庫県南部地震による道路橋の甚大な被害を受け、兵庫県南部地震で観測された地震動に対して耐える構造を目指すことを踏まえ、平成8年道路橋示方書では、免震支承を用いた橋の設計法が免震設計法として具体的に規定されることとなった。これにより、免震橋の採用が飛躍的に増えたが、土木研究所が主導し、官民共同で開発した技術が広く普及した代表的な例と言える。

## 1.1.2 道路橋の耐震補強

### (1) 道路橋の耐震補強に関する調査研究

道路橋では、兵庫県南部地震よりも前から、それまでの地震における落橋等の震災経験を踏まえ、古い基準で設計された橋に対して、けたかかり長、落橋防止構造、鉄筋コンクリート橋脚における軸方向鉄筋の段落し部の補強等の耐震対策が、重要度の高い道路橋を中心に、優先度を考慮しながら進められていた。そうした中、平成7年1月に兵庫県南部地震が発生し、同年2月に復旧仕様、さらに翌年11月に道路橋示方書が改定されたことは前述したとおりであるが、このような基準の改定とともに、既設橋に対する耐震補強技術に関する研究も土木研究所で精力的に行われた。

兵庫県南部地震では、特に橋脚の倒壊による落橋が多く生じたことを踏まえ、古い基準で設計された鉄筋コンクリート橋脚ならびに鋼製橋脚を対象に、その耐力とねばり強さをバランスよく向上させることができる補強工法に関する研究が求められた。そこで、土木研究所では、鋼板巻立て工法、鉄筋コンクリート巻立て工法、繊維シート巻立て工法等を対

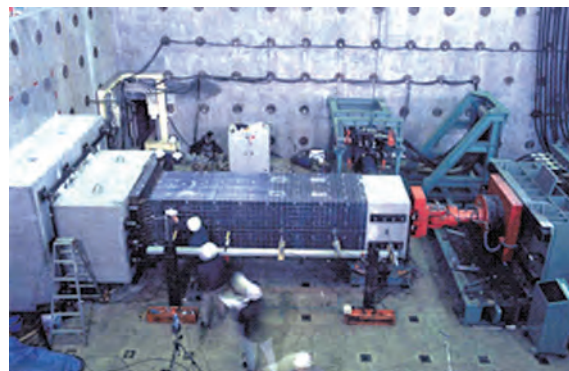


写真-1.1.4 鋼板巻立て補強されたRC橋脚の正負交番載荷実験



象として正負交番載荷実験（写真-1.1.4）を行い、その補強効果について検証するとともに、耐震補強設計に関する研究開発を行った。また、耐震補強効果は、正負交番載荷実験だけでなく振動台実験（写真-1.1.5）によっても検証された。

なお、これらの研究成果は、既設道路橋の耐震補強に関する資料等に反映され、その後の道路橋の耐震補強事業の推進に大きく貢献した。

## （2）近年の地震で実証された耐震補強効果

兵庫県南部地震以降、重要な路線から優先的に、レベル2地震動を考慮して耐震補強された橋が順次増えてきているところであるが、そうした中も、平成16年新潟県中越地震や平成23年東北地方太平洋沖地震等の規模の大きい地震が発生している。このような近年の大規模地震において、耐震補強対策が既に実施されていた橋では、その対策が有効に機能したことを示す事例が明らかとなっている。

写真-1.1.6は、平成16年新潟県中越地震において、未補橋であった下り線の鉄筋コンクリート橋脚では軸方向鉄筋の段落し部でかぶりコンクリートが剥落し、軸方向鉄筋のはらみ出しや帯鉄筋の重ね継手のはずれが生じる大きな損傷が生じたのに対し、上り線側の鉄筋コンクリート橋脚では地震の前に鋼板巻立て補強がなされており、被害は確認されなかったという事例を示したものである。この橋では、上下線の構造は同じであり、また非常に近接して立地していることから、鉄筋コンクリート橋脚には同等の地震力が作用したと考えられるが、両橋脚の耐震性能の差は明確であったと言える。

また、写真-1.1.7は、平成15年の宮城県北部を震源とする地震において、支承部に被災が生じた橋の例を示したものである。本橋では、耐震補強対策として、けたかかり長の確保と落橋防止構造の取り付けがなされていた。地震応答により桁に橋軸方向の変位が生じ、既設の支承部は破壊したもの

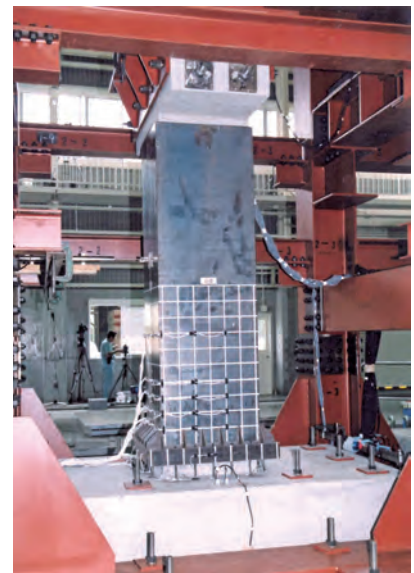


写真-1.1.5 振動台実験による耐震補強効果の検証

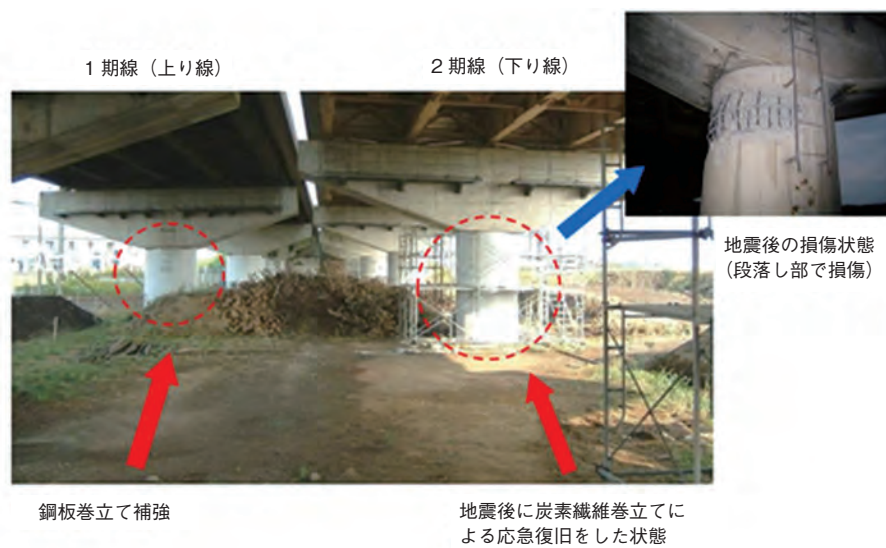


写真-1.1.6 耐震補強済みのRC橋脚と未補橋のRC橋脚における耐震性能の差（平成16年新潟県中越地震）

の、橋台と桁を結ぶ形式の落橋防止構造が作動し、これにより、支承部が破壊しても桁に過大な変位が生じることなく、落橋防止の機能を果たしていることがわかる。

平成23年東北地方太平洋沖地震でも、主要幹線道路では橋脚の耐震補強等の対策が実施されており、地震後短期間で橋としての機能回復が図られている。これは、国土交通省東北地方整備局が進めた道路啓開の「くしの歯作戦」が円滑に遂行できたことにも大きく貢献した。このように、土木研究所が研究開発した道路橋の耐震補強技術は、震災直後における円滑な救急・救援活動や緊急物資の輸送、復旧活動の支援等において重要な役割を果たしたと言える。



写真-1.1.7 支承部の破壊と作動した落橋防止構造

### 1.1.3 液状化の判定法

砂質土地盤の液状化判定法については、昭和55年の道路橋示方書において、その定量的な取扱いの方法が示されたが、平成7年兵庫県南部地震では湾岸埋立地をはじめとする広範な地域で液状化が発生し、液状化に伴う流動化による道路橋の被害や河川堤防の液状化被害等が発生した。

これを契機として、液状化判定法に関しては、強震動の下では礫を多く含む砂であっても液状化が生じること、また、比較的密な砂質土でも液状化しうること、したがってこれらの土の液状化の可能性を適切に評価する手法の開発が課題となった。

従来、液状化判定の対象とする土は、昭和39年新潟地震の事例に基づき、50% 粒径  $D_{50}$  が 0.2 ~ 2.0mm の沖積砂質土とされていたが、土木研究所では兵庫県南部地震等による液状化事例の分析に基づいてその範囲を見直した。結果として、礫質土については  $D_{50}$  が 10mm 以下かつ 10% 粒径  $D_{10}$  が 1mm 以下の範囲、細粒分を含む砂については細粒分含有率  $FC$  が 35% 以下、または、 $FC$  が 35% を超えても塑性指数が 15 以下の範囲が液状化判定の対象となった。

設計地震動のレベルが従来に比べて大幅に引き上げられることとなったため、これに対応して、土木研究所では比較的締まった砂質土および礫質土の液状化強度を把握すべく、凍結法により採取した原位置不攪乱試料の繰返し非排水三軸試験を行った。その結果、補正  $N$  値  $N_q$  が 14 を超える密な砂質土に関する液状化強度比の評価式が見直された(図-1.1.1)。これにあわせて、礫質土や細粒分を含む砂質土に関する液状化強度比の評価法についても見直しを行った。

液状化の程度に対しては、地震動の強さだけでなく、地震動の不規則性も大きな影響を及ぼす。そこで、累積損傷度法に基づき、地震動の不規則性による液状化強度比の補正について検討した。図-1.1.2 より、内陸直下型地震による地震動に対しては、液状化強度比の増加を見込むことのできる補正係数を提案した。

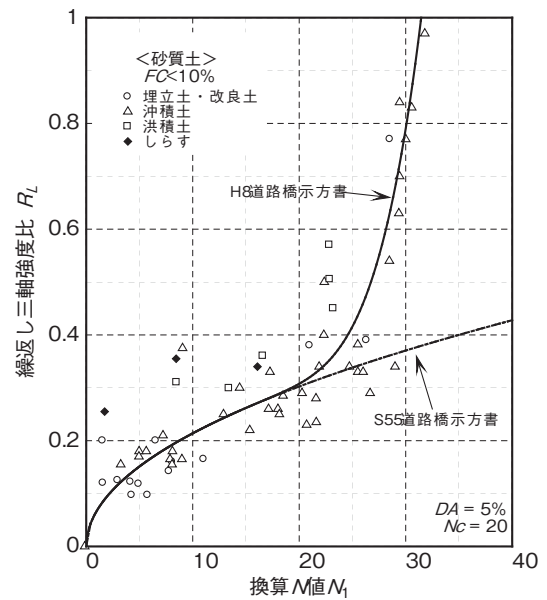


図-1.1.1 砂質土の液状化強度比  $R_L$  と換算  $N$  値  $N_1$  の関係

これらの成果を踏まえて液状化の判定法を大幅に見直し、平成8年に改定された道路橋示方書に反映させた。

### 1.1.4 土構造物の耐震対策

#### (1) 土構造物の地震時変形解析

河川堤防を例に、土構造物の地震時変形解析に基づく耐震性評価技術に関する経緯を紹介する。平成7年兵庫県南部地震を契機として、河川堤防の耐震点検が全国で緊急的に進められることとなったが、当時の耐震点検においては、慣性力や過剰間隙水圧の上昇を考慮した円弧すべり計算から得られるすべり安全率を用いて沈下量を間接的に評価し、地震後の天端高と河川水位と比較することで耐震性の評価が行われた。この手法は、平成9年に改訂された建設省河川砂防技術基準（案）に導入されている。

道路橋、鉄道構造物、港湾施設など、他の土木構造物については、構造物の供用期間中に発生する確率が低い、あるいは将来にわたって生じる最大級の地震動（いわゆるレベル2地震動）に対して、ある程度の損傷の発生を許容しつつも、構造物が保持すべき一定の性能を確保するという方針へと徐々に転換されることとなったが、河川構造物についても「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」が平成19年3月に策定されることとなった。

同指針では、地震後においても堤防が「河川の流水の河川外への越流を防止する機能」を保持するという基本方針が明示され、地震後の堤防天端高の評価にあたっては、地震時地盤変形解析が用いられる。一般的に用いられる静的照査法の一つとして、自重変形解析手法による解析結果の例を図-1.1.3に示す。同解析手法では、液状化によって低下した剛性の評価が重要となるが、河川堤防に関する既往の地震被害事例の逆解析に基づき、図-1.1.4に示すせん断剛性の低減チャートを作成した。上記指針の策定後は、多くの河川堤防の耐震性能照査がこの手法により行われている。

#### (2) 液状化対策

建設省では平成4年度より総合技術開発プロジェクト「大都市地域における地震防災技術の開発」が

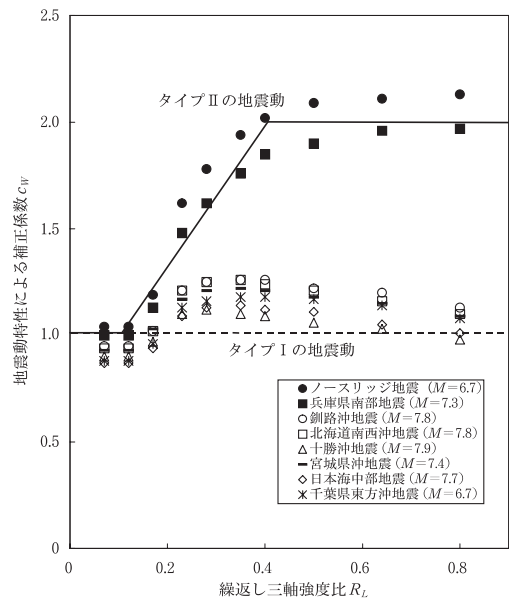


図-1.1.2 地震動特性による補正係数  $c_w$

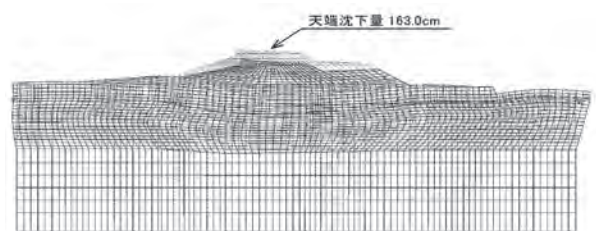


図-1.1.3 河川堤防の地震時地盤変形解析の例

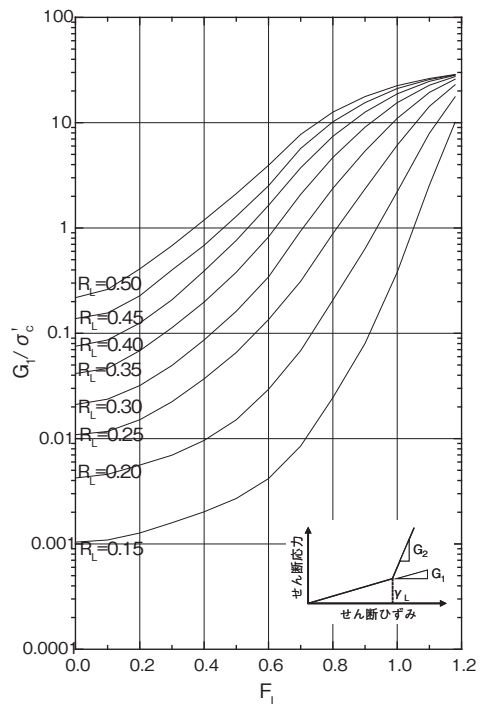


図-1.1.4 液状化層のせん断剛性の低減



開始され、その中の研究課題の一つとして液状化対策技術の開発が位置付けられた。同研究課題に取り組むにあたり、土木研究所と民間企業17社との間で官民共同研究（課題名：「液状化対策工法に関する共同研究」、平成4～8年度）を締結し、研究が推進された。

共同研究の開始後約3年が経過した平成7年1月に兵庫県南部地震が発生し、淀川をはじめとする堤防の甚大な地震被害を契機として、河川堤防の耐震対策が全国で緊急実施されることとなった。共同研究による当時の知見に基づいて「河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）」を急きよとりまとめ、これが当時の堤防の耐震対策に活用されることとなった。代表的な工法としては、図-1.1.5に示すとおり、嵩上げ・腹付け・緩勾配化などの盛土工法、地盤内に安定剤を混合させることで固化させる固結工法、充填材の挿入・拡径や振動締固めにより原地盤の密度を増大させる締固め工法、地中に挿入したドレーン材により地震時の過剰間隙水圧の消散を図るドレーン工法、液状化後の地盤の変形を構造的に抑止する鋼材を用いた工法が挙げられている。その後、盛土構造物の他に線状・面状地中構造物や広域的液状化対策工法としての地下水位低下工法についてもとりまとめた「液状化対策工法設計・施工マニュアル（案）」が平成11年3月に作成された。

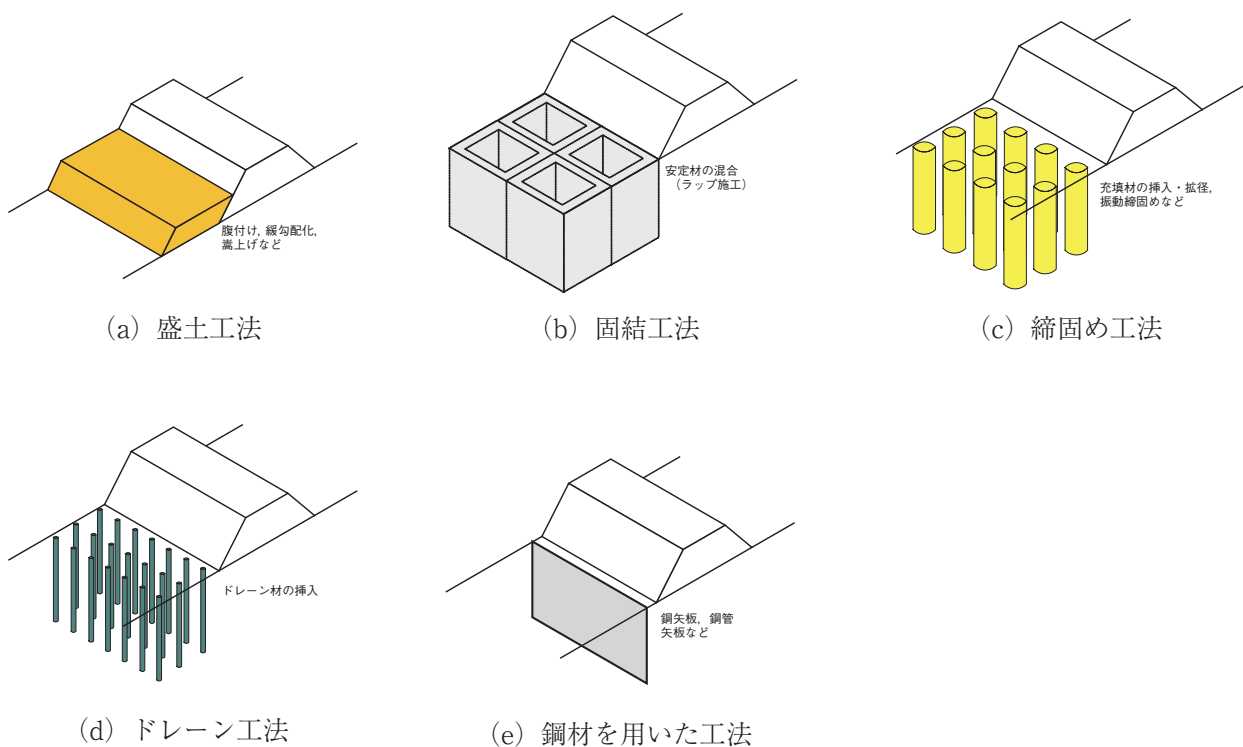


図-1.1.5 河川堤防に対する代表的な液状化対策工法



## 1.2 土砂・斜面災害の教訓を生かした技術開発

平成に入ってから（1990年代以降）の土砂災害等に対する社会的要請の主眼は「災害事例を踏まえた、よりの確な防災対策の推進」、および「大規模な災害現象への対応」といったものと考えられる。それ以前の時期までに、水系砂防、土石流対策、地すべり対策、急傾斜地崩壊対策、雪崩対策、道路法面対策といった現象毎の防災事業が出揃い、ハード対策（構造物整備による安全度の向上）が粛々と進められるようになっており、各事業の対象（規模）現象に対しては一定の成果が上がって来たと言える。しかし、土砂災害・斜面災害は決して減少しているわけではなく、対応すべき危険箇所等も膨大な数を残している。

また一方では、平成3年長崎県・雲仙普賢岳噴火、平成12年北海道・有珠山噴火、平成12年東京都・三宅島雄山噴火、平成23年宮崎県・霧島山新燃岳噴火などの火山噴火に伴う土砂災害、平成7年兵庫県南部地震、平成16年新潟中越地震、平成20年岩手・宮城内陸地震、平成23年東北地方太平洋沖地震などの大規模地震や、平成17年宮崎県・台風14号、平成23年紀伊山地・台風12号などの豪雨による広域の山腹斜面崩壊、および深層崩壊とその結果形成される天然ダム（大規模河道閉塞）、あるいは平成8年北海道・豊浜トンネル岩盤崩落といった、これまで十分には対応しきれなかった大規模な災害に対しても、被害を極小化させるための事前の準備（想定）、および迅速なオペレーションが求められるようになっている。

このような社会的要請に応えるために、土木研究所で研究・開発等を行った主要な成果を以下に紹介する。

### 1.2.1 火山噴火後の土砂災害対策技術

#### (1) 自動降灰・降雨量計

降灰厚は通常現地でサンプルを採取するか、定点に設置されたドラム缶などを定期的に回収することで計測している。しかし、火山噴火後に降灰厚をリアルタイムに把握することは防災上重要である一方で実施するのが困難であった。そこで、調査員が現地に立ち入ることなく、安全に精度良く、日単位（従来は月単位）で連続して火山灰の堆積量と降雨量を同時に計測できる自動降灰・降雨量計を開発した。降灰後は少量の雨量で土石流が発生する事例が多いため、降灰厚の観測と同時に雨量も観測可能である。平成24年4月時点で、桜島、霧島等に設置され、噴火後の降灰量調査における省力化、迅速化及びコストの低減に貢献している。

#### (2) 緊急調査の手引の発行および噴火による降灰等の堆積後の降水を発生原因とする土石流に関する緊急調査用プログラム QUICK Analysis system of Debris flow induced by Volcanic ash fall (QUAD-V) の開発

火山噴火に伴う災害は複数の都道府県にまたがる範囲に及ぶ事が多い。そのため、噴火後に広範囲に土石流を発生させ得る厚さの火山灰が堆積した場合、高度な技術力を有する国が人命の保護を目的とした緊急調査を行うことが、平成23年5月に改正された土砂災害防止法で定められた。同法律に基づく緊急調査、特に初動期における調査手法・解析手法を緊急調査の手引きとして取りまとめ、それに準拠した土石流氾濫範囲推定プログラム QUAD-V を開発した。

法律の施行に先立つ平成23年1月の霧島山（新燃岳）における噴火では、国土交通省は法律に基づく緊急調査に準拠した調査を実施した。土木研究所らがまとめた緊急調査手法や QUAD-V も活用

され、国土交通省から県や市町に速やかに土砂災害緊急情報に準ずる情報が提供された。調査及びそれに基づく情報の提供は、噴火後の急迫した状況の中で行われており、地域の安全性の確保に大きく貢献した。

### 1.2.2 深層崩壊発生危険度の評価技術

深層崩壊に関する技術開発は、従来、困難とされてきた深層崩壊の発生危険度について、明治時代以降の122事例をもとに、第四紀隆起量や地質区分などから4区分に分類する評価手法を提案した。この手法に基づき、国土交通省砂防部監修のもと深層崩壊推定頻度マップを(図-1.2.1)公表し、今後の取り組みが必要な危険な地域を絞り込むとともに、関係する自治体や住民に情報提供することができた。

さらに、空中写真や地形情報(図-1.2.2)、地質図を用いて深層崩壊と関連のある指標を用いて、より詳細な溪流単位における深層崩壊発生の発生危険度を評価する「深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)」を作成し、これに基づいて国土交通省では全国で調査を進めている。

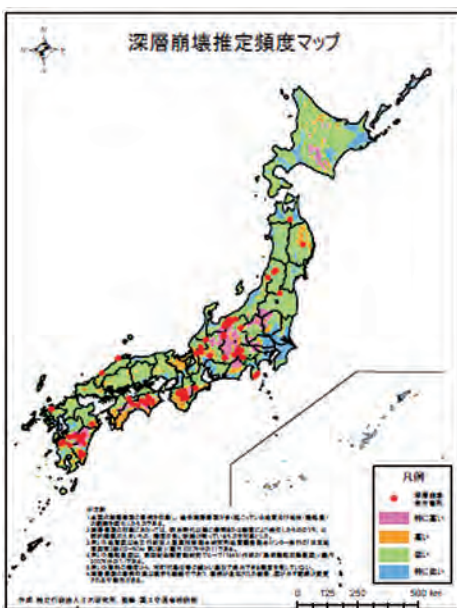


図-1.2.1 深層崩壊推定頻度マップ

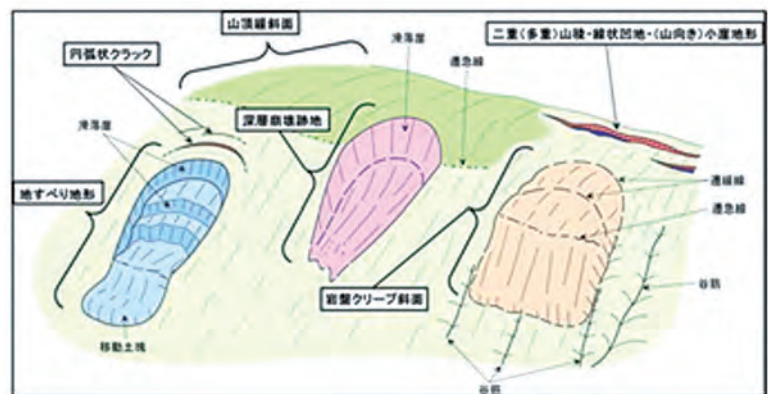


図-1.2.2 深層崩壊の恐れのある溪流抽出に有効な微地形

### 1.2.3 天然ダム対応技術

#### (1) 土研式水位観測ブイ(投下型)

平成16年に発生した岩手・宮城内陸地震では、陸路からのアクセスが困難で通信環境が悪い山地に多数の天然ダムが形成した。天然ダム決壊に伴う大規模な土石流の発生の恐れのある時期を推定するために、湛水状況を監視する水位観測が必要であった。国土交通省からの要望を受け、海洋等の分野の技術を応用した水位観測ブイの試作品を短時間で開発した。山地における通信環境の困難さを衛星通信によって解決



写真-1.2.1 土研式水位観測ブイ(投下型)の外観と設置の様子(平成23年9月9日撮影)



し、また、空路からでも設置可能な投下型である特徴を有する観測機器である。この観測機器を設置したことで、湛水位をリアルタイムで監視することが可能になり、対策を行っていた行政機関や地域住民の安全の確保に大きく貢献した。その後、試作品は改良され製品化されている。

平成 24 年 9 月の台風 12 号で発生した天然ダムの湛水位観測においても、平成 16 年と同様に天然ダムへの陸路のアクセスが困難で通信環境手段の確保が困難な状況であったが、速やかに観測を開始できたことで、行政機関の活動や地域住民への安全に大きな役割を果たした（写真-1.2.1）。

## (2) 緊急調査の手引の発行および河道閉塞による湛水を発生原因とする土石流に関する緊急調査用プログラム QUick Analysis system of Debris flow induced by Landslide dam (QUAD-L) の開発

平成 16 年新潟県中越地震、平成 20 年岩手・宮城内陸地震で河道閉塞に伴い天然ダムが発生した。天然ダムによる土砂災害が再認識されることになり、対策の体系化、組織の在り方など種々の課題が明らかになった。その後、国土交通省は、「特殊な土砂災害等に対する警戒避難に関する法制度検討委員会」を設置し、天然ダムによる湛水および決壊を原因とする土石流に伴う土砂災害について法整備に関する提言をうけ、平成 23 年 5 月に土砂災害防止法を一部改正した。土木研究所は国土交通省と協力して同法律に基づく緊急調査の特に初動期における調査・解析に関する手法を整理して、緊急調査の手引として取りまとめた。また、同手引に準拠した土石流の氾濫範囲を推定するための数値解析プログラム QUAD-L を開発し、同時に国土交通省北海道開発局、各地方整備局、内閣府沖縄総合事務局に配布した。

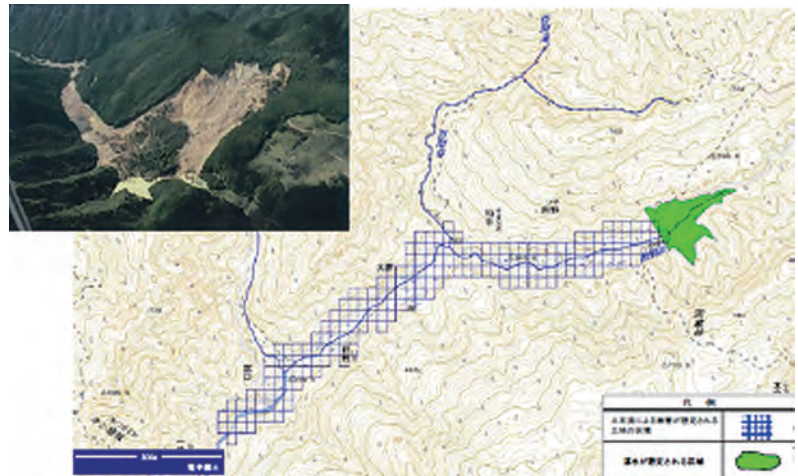


図-1.2.3 土砂災害緊急情報（国土交通省 2011 年 9 月 11 日記者発表資料に土木研究所撮影写真を追加）

法施行から 4 カ月後の平成 24 年 9 月に紀伊半島に大型の台風が来襲し、大規模な天然ダムが 5 箇所発生した。緊急調査の手引と QUAD-L が活用され、国土交通省は法に基づいた緊急調査を行い、土砂災害緊急情報を速やかに公表した。これらの情報は、地域住民の避難等に活用され、住民の安全確保に大きく貢献した（図-1.2.3）。

法施行から 4 カ月後の平成 24 年 9 月に紀伊半島に大型の台風が来襲し、大規模な天然ダムが 5 箇所発生した。緊急調査の手引と QUAD-L が活用され、国土交通省は法に基づいた緊急調査を行い、土砂災害緊急情報を速やかに公表した。これらの情報は、地域住民の避難等に活用され、住民の安全確保に大きく貢献した（図-1.2.3）。

### 1.2.4 地すべり地での計測技術

地すべりによる被害を軽減するためには、極力早い段階での地すべりブロックの挙動実態を把握する必要があると指摘されてきたものの、立ち入りの制限や、地中の情報を入手しなければならない等の困難性がある。そのため、安全に精度の高いデータを取得するために開発された、地すべり地内での計測技術の高度化事例を以下に紹介する。

#### (1) 崩壊斜面の緊急計測手法 (RE・MO・TE2)

崩壊斜面の緊急計測手法 (RE・MO・TE2) は、地すべりや崩壊が発生した災害現場において、危険な場所に立ち入らずに計測用の標的を設置できる技術である。

この技術は、クロスボウ、矢、ペイントカップセル、発射台及び計測用トータルステーションで構成され、数百 m 離れた目的地点(岩盤斜面)に精度よく命中させることができる。矢の先端に取り付けるガラスカップセルには水性ペイントおよび反射ビーズが混入されており、岩盤に付着する計測用ターゲットは、トータルステーションによる計測で、遠距離でも夜間でも視認性が確保され、精緻なモニタリング計測が可能である(写真-1.2.2)。

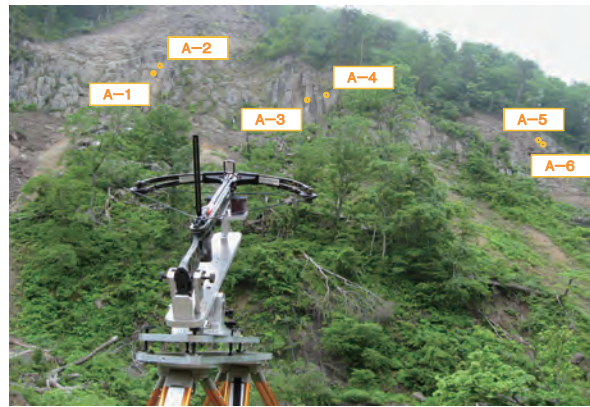


写真-1.2.2 RE・MO・TE2 による標的の位置

この技術は、平成 17～18 年の地すべり地末端の崩落斜面における地盤変位の計測手法に関する共同研究により開発され、その後、平成 19 年から台湾や北陸、東北など多数の現場に適用されるなど国内外の安全管理のツールとして活用されている。

### (2) 挿入式孔内傾斜計計測技術の標準化

挿入式孔内傾斜計は、地中内部の動きを計る技術の 1 つとして昭和 50 年(1975 年)に日本に導入されてから今日に至るまで多くの現場で使用され、計測器の改良が重ねられてきた。しかし、地盤の動きとは考えられない不良データが発生することも多く、今までの対処は個々の現場ごとでの工夫に留まっていた。

そのような背景を踏まえて、土木研究所と民間企業 3 社との間で平成 19～21 年に共同研究を行い、不良データの全国一斉アンケート調査や、60 人を越える計測熟練者へのアンケート、および不良データ発生の変因ごとに分けた計 24 項目の室内・現場実験を行い、それらの成果をもとにして地すべり地における挿入式孔内傾斜計計測マニュアルが出版された。現在、数多くの地すべり現場に活用され、調査技術の向上ならびにより適切な地すべり対策の設計に役立っている。

### (3) 既設アンカー緊張力計測システム (Aki-Mos)

「既設アンカー緊張力モニタリングシステム (Aki-Mos)」は、地すべり対策や斜面对策として施工されたグラウンドアンカーに対して、特殊な緊張治具と専用のアンカー荷重計を用いることで、任意の時期にアンカー荷重計の取付け・交換を可能とし、アンカー荷重計で計測したデータを簡易な計測装置によって連続的に蓄積し、無線通信により遠隔から取得できる一連のアンカー緊張力計測技術である(図-1.2.4)。

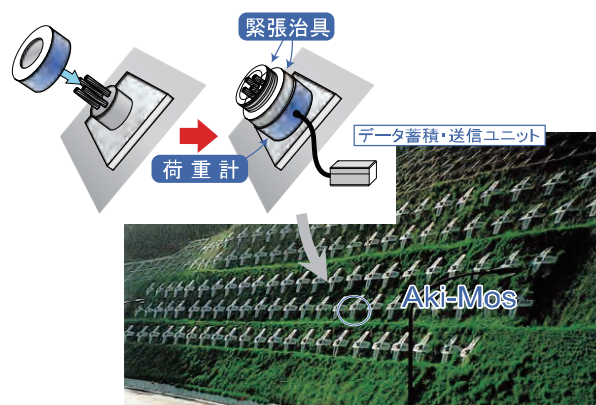


図-1.2.4 Aki-Mos の概要

この技術は平成 18～21 年にかけて実施された共同研究「アンカーへの取付け・交換が容易な新型アンカー荷重計の開発」によって構築され平成 22 年から維持管理可能な斜面計測技術として現場に活用され安全管理に役立っている。



## 1.2.5 岩盤崩壊等の道路斜面災害の危険度評価技術

道路沿いでは、道路防災点検の契機となった昭和43年の飛騨川バス転落事故以降も越前海岸（平成元年）、豊浜トンネル（平成8年）などの岩盤崩壊が相次いで発生し、岩盤崩壊に対する危険箇所・危険度評価の精度向上が求められた。また、鹿児島竜ヶ水（平成5年）の表層崩壊などの発生も相次ぎ、それらの斜面のモニタリングの必要性が求められた。さらにこれらの災害を受けて道路斜面の点検自体の体系化・高度化の必要性も高まってきた。このため、例えば以下に挙げるような技術開発のほか、道路災害事例を収集・分析し、得られた知見や教訓について、例えば道路防災点検講習会（平成8年・18年度の点検要領改訂時のほか、現在でも毎年実施中）など国や民間の講習会で技術普及を行っている。



写真-1.2.3 エアトレーサー試験例

### (1) エアトレーサー試験法

岩盤崩壊の危険箇所の評価においては、岩盤中の開口亀裂の分布と連続性を確認する必要があるが、これまで技術的に困難であった。そこで、岩盤中に煙などの空気を媒体とするトレーサーを注入し、その流出状況を観測するエアトレーサー試験法を開発した（特許権第34332251号「岩盤中の亀裂探査方法」）。写真-1.2.3は実岩盤斜面での試験例であり、ゆるみの範囲を取り囲むように煙の流出が生じている。

### (2) オーバーハングを有する岩盤斜面の安定度評価技術

危険度が高いオーバーハングを有する岩盤斜面を対象として、背面亀裂の深さ、オーバーハングの奥行き、岩体の引張り強さを指標に、大型遠心载荷実験に基づく極限平衡解析により安定度を評価する方法を開発した（特許権第4887532号「岩盤斜面の安定度評価法」）。さらに同成果をもとに、岩盤斜面の安定度を簡便、定量的に評価する2次元評価法と、より精度の高い3次元評価法を開発した（3次元評価法は研究所のホームページに解析ソフトを公開中）。これらの方法は、急崖斜面を有する北海道の現場で利用されている。

### (3) デジタルカメラを用いた道路斜面点検方法

近年、急速に普及している市販のデジタルカメラを用いて道路斜面の点検を行う方法を開発した（「写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル（案）」として公表）。同方法は、背景差分法と変動量計測法を用いて斜面変状箇所を客観的に抽出し変動量を定量的に評価する方法であり、道路斜面点検の精度向上に役立っている。

### (4) 微小電位計測による地盤の破壊・崩壊予測方法

地盤が破壊・崩壊する際には、微小電位が発生することが知られている。そこでこのような微小電

位の発生メカニズムを解明し、変動パターンを計測・分析するシステムを検討し、地盤の破壊・崩壊を予測する方法を開発した（特許権第4900615号「地盤の破壊・崩壊予測方法」）。

(5) 表層崩壊モニタリング手法

光ファイバセンサを用いて全国6箇所の斜面で面的な試験モニタリングを行い（写真-1.2.4）、これまで困難であった表層崩壊を捕捉することに成功した。複数の計測結果から、日常的な地盤挙動分析による崩壊しやすい範囲の推定手法と、降雨時の地盤挙動から崩壊数時間前に崩壊を予測する手法を提案し、「光ファイバセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル」（土木研究所共同研究報告書第352号）として取りまとめた。



写真-1.2.4 光ファイバセンサ及び表層崩壊跡

(6) 道路防災点検手法の高度化

昭和43年の土石流による飛騨川バス転落事故を契機として、国土交通省では道路防災点検による危険箇所抽出に基づく防災対策を進めてきた。この道路防災点検手法の改善にも土木研究所の研究成果が反映されている。たとえば道路から離れた箇所を発生源とする災害等に対して、航空レーザー測量等を活用した面的かつ効率的な地形・地質調査による危険箇所の抽出・評価体系やそれらの調査結果を総覧・管理するための「道路防災マップ」（土木研究所共同研究報告書第350号、図-1.2.5）を提案し、平成18年度の点検要領に反映させた。これらの改良された点検要領は全国の国道等の防災点検に活用されている。

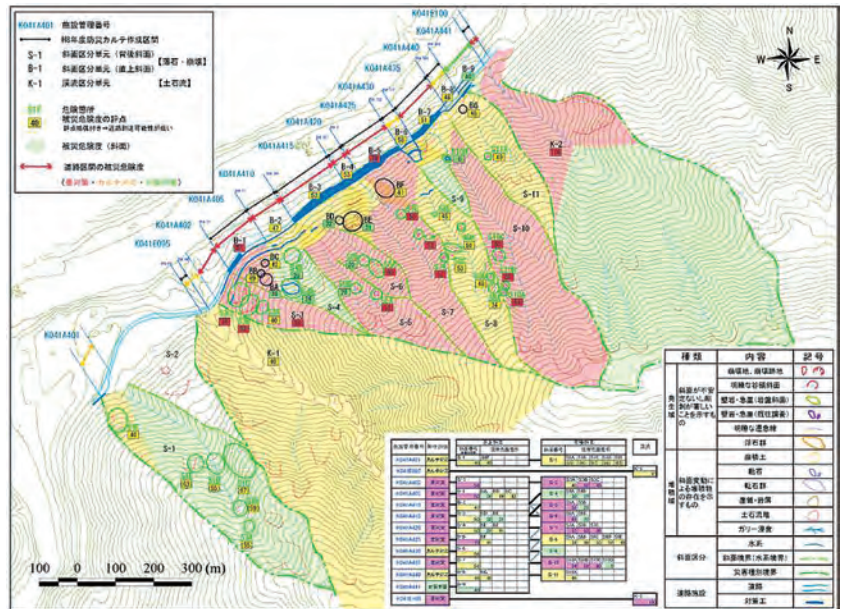


図-1.2.5 道路防災マップの例

を提案し、平成18年度の点検要領に反映させた。これらの改良された点検要領は全国の国道等の防災点検に活用されている。



## 1.3 交通事故半減に向けた技術開発

### 1.3.1 高強度型車両用防護柵

昭和41年に「交通安全施設等整備事業に関する緊急措置法」が制定され、緊急に必要とされる交通安全施設を効果的に整備することが要請された。交通安全施設の一つである防護柵については、「防護柵の設置基準」が昭和40年に初めて通達され、その後、昭和42年と昭和47年に改訂がなされている。これに合わせて、車両用防護柵は車両の路外逸脱防止を目的に開発が進められ、昭和40年代前半には、ガードレール、ガードケーブル、ガードパイプなどの形式の防護柵が開発されていた。

これに対して、昭和62年には「高規格幹線道路網計画」が策定され、また平成6年には「道路運送車両法」の改正により、大型貨物車の車両総重量が緩和された。これらを受けて、重大な交通事故を防止する観点から、従来よりも高強度の性能を持つ車両用防護柵が必要となっていた。

当時の「防護柵の設置基準」(昭和47年12月1日付道路局長通達、道企発第68号)では、最も強度性能の高い防護柵の種別は

S種であり、設計条件は230kJ<sup>※1</sup>であった。重大な交通事故を防止する観点からは、S種を上回る防護柵が必要とされ、従来よりも高強度の性能要件について検討し、また共同研究により高強度型車両用防護柵の開発に取り組んだ。共同研究では、鋼製防護柵の開発とコンクリート製壁型防護柵の開発をそれぞれ行っており、鋼製防護柵は、平成2年～7年にかけて日本道路公団、鋼製防護柵協会と開発を行い、コンクリート製壁型防護柵は、平成5年～6年にかけて日本道路公団、(社)セメント協会、民間企業20社と開発を行った。写真-1.3.1に開発の過程で行った実車による衝突実験の状況を示す。

「防護柵の設置基準」(平成10年11月5日付道路局長通達、道環発第29号)は、26年ぶりに大幅に改定され、性能要件についても見直された。これにより、表-1.3.1に示すように、従来の高強度型車両用防護柵はS種のみであったのに対し、SC種、SB種、SA種、SS種の4種が採用された。

共同研究では、高強度型のガードレールとコンクリート製壁型防護柵(フロリダ型、単スロープ型、直壁型)が開発された。開発された高強度型の強度性能は、従来の230kJを大きく上回る650kJ<sup>※2</sup>まで対応しており、650kJの強度性能は最高種別のSS種として位置づけられた。また、共同研究によって開発された高強度型車両用防護柵は、「車両用防護柵標準仕様」(平成11年2月16日付道路環境課長通達、道環発第4号)に採用された。



写真-1.3.1 実車衝突実験

表-1.3.1 防護柵種別の適用比較

道路の区分	設計速度 (km/h)	昭和47年に通達された基準				平成10年に通達された基準					
		一般区間		新幹線などの 交差・近接区間		一般区間		重大な被害が 発生するおそれ のある区間		新幹線などの 交差・近接区間	
		種別	衝撃度 (kJ)	種別	衝撃度 (kJ)	種別	衝撃度 (kJ)	種別	衝撃度 (kJ)	種別	衝撃度 (kJ)
高速自動車専用道路	100以上										
	80	A	130	S	230	A	130	SB	280	SS	650
	60以下							SC	160	SA	420
その他道路	60以上	B	60	S	230	B	60	A	130	SB	280
	50以下	C	45			C	45	B	60		

平成10年の基準改定を受けて、新たに設定された高強度型車両用防護柵(SC種、SB種、SA種、SS種)は、「重大な被害が発生するおそれのある区間」や「新幹線などと交差または近接する区間」に採用することとされている(表-1.3.1)。特に、新幹線などと交差または近接する区間では、昭和47年の基準のS種から平成10年の基準改定以降はSB種、SA種、SS種が採用されるようになり、車両の路外などへの逸脱による第三者への人的被害の防止という観点で大きく貢献していると考えられる。

※1 230kJは、車両重量14t、衝突速度80km/h、衝突角度15°の衝突条件を意味している。

※2 650kJは、車両重量25t、衝突速度100km/h、衝突角度15°の衝突条件を意味している。

### 1.3.2 ランブルストリップス

交通死亡事故の原因の一つに、車両同士の正面衝突事故が挙げられる。交通事故者数で長年ワースト上位を占めてきた北海道では、特に正面衝突事故による死亡事故件数の割合が全国値(北海道除く)の2倍と高く、その対策が関係者から強く要請されていた。

土木研究所寒地土木研究所では、効果的・効率的な正面衝突事故対策を検討するために、諸外国での事故対策を調査研究した結果、我が国で活用するための条件を考慮しながら、ランブルストリップスの研究開発に取り組むこととした。

我が国での車線逸脱事故防止対策としては、これまでセンターポール等の車線区分施設が採用され効果を上げてきた。しかしながら、積雪寒冷地における事故対策の場合は、凸型施設は冬期除雪作業の支障となるために設置は控えられていた。そのため、舗装路面を切削する凹型の車線区分施設の開発が求められていた。

ランブルストリップス(ランブル(rumble)はゴロゴロ音が鳴る、ストリップス(strips)は、細長い溝の意)の技術は米国生まれで『舗装路面を凹型に切削し、その路面上を車両が通過した際に発生する音と振動により、車線を逸脱したことを運転者に警告する技術』である。米国では、主に高速道路の路肩に設置され普及してきた。

一方、我が国での導入目的は、一般道路での正面衝突事故の防止が主であったため、舗装面の切削による自動車への注意喚起効果と同時に、一般道路を通行する自転車や2輪車への走行性・安全性に配慮する必要があった。そのため、当研究所では、試験道路において、切削深・幅・ピッチが異なるランブルストリップスを試験施工し、延べ160名を超える道路利用者による自転車・バイク走行実験を行うなどの結果を踏まえて、実道に設置する規格を決定した。



写真-1.3.2 ランブルストリップス

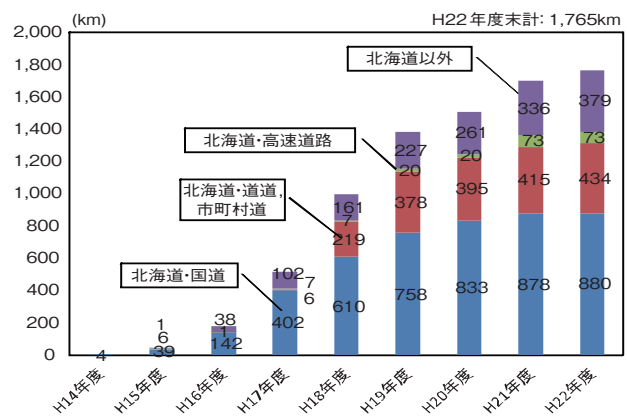


図-1.3.1 ランブルストリップスの整備延長の推移

ランブルストリップスは、既存の車線区分施設に比較して、①設置費用が安価であること、②施工速度が速く施工性に優れること、③維持管理が殆ど不要であること等、多くの利点を有するため、現在では、北海道内のみならず全国に導入が進んでいる。

平成14年度に北海道内の国道に初めて設置されて以来、その施工延長は、道内の国道で46路線、総延長880km、道内の高速道路及び地方道を合わせた施工延長は1,386km、また、全国合計では約1,765kmに達するなど、急速に普及した（平成22年度末）。

ランブルストリップスの整備効果について、平成14年から19年までに施工された43路線、総延長641kmにおける、整備前2年間と整備後2年間の正面衝突事故件数及び死者数を比較したところ、事故件数では54%減少、死者数では68%減少するなど、大きな削減効果が確認された。

このように、ランブルストリップスは、効果的・効率的な正面衝突事故対策の手法として、今後とも全国の様々な道路で導入・普及が進められ、交通死亡事故の削減に引き続き寄与することが期待される。

### 1.3.3 カウンタービーム照明

道路トンネルの坑口部は、昼間、明るさが急変するため自動車の走行速度が低下することが知られており、追突事故等の発生可能性がある。そのため、道路トンネルの入口部の照明は、明かり部とトンネル内の明るさの急変に対する運転者の眼の順応を和らげるために、トンネル内部の路面の明るさに比較して高い路面の明るさを必要としている。近年、道路トンネルの供用本数・総延長の急増に伴い維持管理費の増加の傾向にあり、道路交通の安全性の確保、経済性の面から、さらなる照明施設の合理化を図る必要がある。

土木研究所では、利用者の安全性と快適性および円滑な交通を確保するとともに、公共工事のコスト削減を図るための一方策として、落下物等の視認性、視線誘導効果が向上し、必要な路面の明るさが低減可能なカウンタービーム照明技術の開発を行った。

従来一般的なトンネル照明は、図-1.3.3(a)に示すようにトンネル縦断方向に対称に光を照射する対称照明に対して、カウンタービーム照明は、同図(b)に示すようにドライバーに対し、走行方向とは逆方向に光を照射することによって、効率よく路面と障害物のコントラスト（輝度対比）を高めることができ、落下物等の視認性を向上させる照明方式である。

カウンタービーム照明は、スイス等の道路トンネルの入口照明として実用化され、その基本的原理・照明効果等が確認されてきた。しかし、我が国にカウンタービーム照明を適

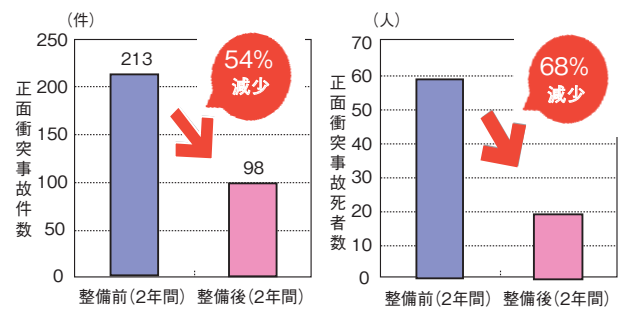


図-1.3.2 整備前後における正面衝突事故・死者数の変化

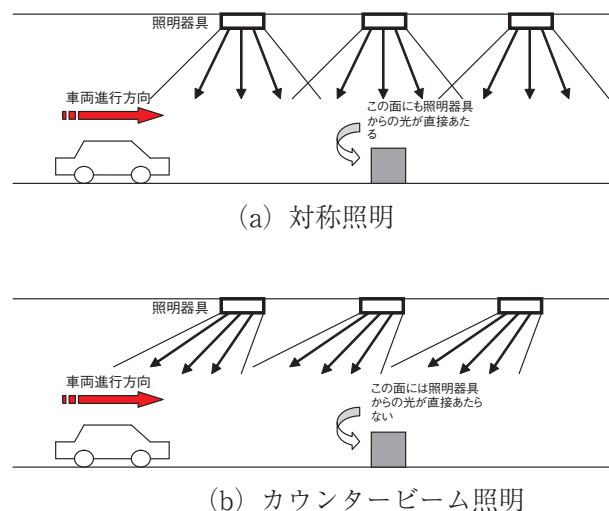


図-1.3.3 照明方式の概要図



用するためには、日本とスイス等の照明施設の設置基準の相違、路面状態、交通形態・交通量などを考慮し、幾つかの検証・検討を行ったうえで我が国の諸条件に適合した安全で合理的な照明方式としていく必要がある。このため、土木研究所では、平成5年度～平成7年度に高速道路2機関・民間5社との共同研究により、新たにカウンタービーム照明用器具の開発を行うとともに、実大トンネル実験施設(2車線道路断面、延長700m)を用いたカウンタービーム照明の特性把握、落下物および先行車の視認性に関する光学測定や走行実験等による効果の検証を行った。また、道路トンネルにおけるカウンタービーム照明の適用性の確認とともに設計方法の提案を行い、実トンネルへの適用を図り、効果の検証を行った。

カウンタービーム照明の適用事例を写真-1.3.3に示す。カウンタービーム照明は、表-1.3.2に示すようにこれまで国内の12

本の道路トンネルの採用に至っている。本研究成果として、「道路トンネルのカウンタービーム照明設計ガイドライン(案)」(土木研究所共同研究報告書第177号、平成9年3月)を作成するとともに、これらの成果を「道路照明施設設置基準・同解説」((社)日本道路協会、平成19年10月)にトンネルの入口照明方式としてとして反映されている。

カウンタービーム照明は、落下物等の視認性が向上することから、同等の視認性を確保するために必要な路面輝度が従来の対称照明方式に比べて約20%低減できることを本研究により明らかにするとともに、対称照明方式に比べて照明器具からの光束が小さい値で同等の路面輝度が得られるなど、コスト縮減、省エネルギー化が期待できることを示した。カウンタービーム照明は、トンネル内の走行安全性が期待できるだけでなく、コスト試算ではアスファルト舗装路面の条件で、対称照明に比べて初期設備費用は同等で維持管理費が約15%程度安くなり、トータルコストで見れば約10%のコスト減ができる照明方式として社会的効果が期待できる。

### 1.3.4 排水性舗装

舗装の面で特筆すべきは、排水性舗装(ポーラスアスファルト舗装)の普及である。この技術は、空隙率の高い多孔質なアスファルト混合物を用いて路面の雨水を速やかに排水する機能を有しており、雨天時のすべり抵抗性の向上、走行車両による水はね、水しぶきの緩和による視認性の向上等の面から、車両の走行安全性の向上という機能を有している。舗装の耐久性を確保するため雨水の舗装体内への浸入を防ぐという舗装の従前の考え方を大きく転換したものである。また、表面から内部まで多くの空隙が存在することから、騒音低減機能も併せて有している。

土木研究所では、平成3年(1991年)～平成9年(1997年)に排水性舗装用混合物の性状に影響を及ぼす要因分析、粗骨材性状や細骨材性状に関する検討、バインダーに求められる性状に関する検



写真-1.3.3 カウンタービーム照明の適用例(新与那トンネル 国道58号)

表-1.3.2 カウンタービーム照明の適用

新与那トンネル(国道58号)、上尾トンネル(上り・下り)(国道10号)、田結トンネル(国道8号)、新野花南トンネル(国道38号)、奔茂尻トンネル(国道38号)、西陵トンネル・山田トンネル(九州自動車道指宿有料道路)、身延トンネル(国道52号)、村岡トンネル(国道9号)、田老トンネル(国道45号)、新潟みなとトンネル(臨港道路入舟1号線～国道113号)
--

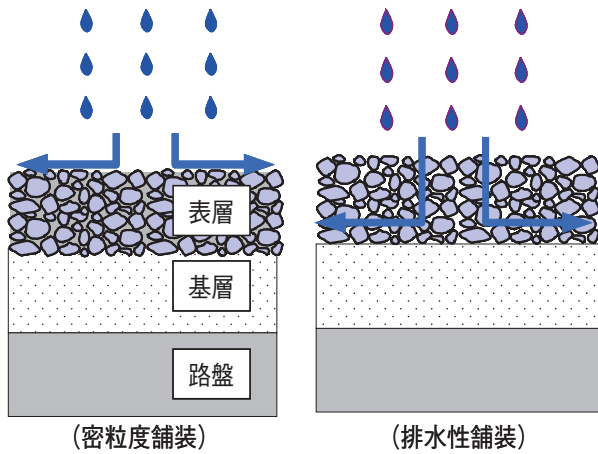


図-1.3.4 排水機能の違い



写真-1.3.4 密粒度舗装（左側）と排水性舗装（右側）



写真-1.3.5 機能回復器の例

討等を行ってきた。これと並行して、平成4年（1992年）～平成6年（1994年）には建設省技術研究会の指定課題として「排水性舗装の車道への適用性に関する調査研究」が取り上げられ、土木研究所を中心として各地方建設局においても試験舗装等を通じて検討が進められた。これらの成果は、平成8年（1996年）に発刊された「排水性舗装技術指針（案）」（（社）日本道路協会）（現在は、「舗装設計施工指針」以下の技術図書に再編）に反映され、その後の排水性舗装の普及に大きく役立っている。

また、排水性舗装は排水機能の他騒音低減機能を有するが、これら機能は交通荷重による混合物の変形や塵あい等の浸入により供用中に低下する傾向がある。建設省では平成6～7年（1996～1997年）の建設技術評価制度の課題として「排水性舗装の機能回復器の開発」を取り上げ、4グループ（5社）が開発を行った。

## 1.4 洪水予測に関する技術開発

洪水予測手法としては、広い意味では、古くは、物部による合理式の紹介・適用や、竹内による三軸相関法の研究があるが、最も大きな成果は、貯留関数法の研究開発であろう。これは、1961年に木村によって提案された手法であり、流出現象の非線型特性を表すために、降雨から流出への変換過程を導入し、貯留量と流出量との間に一義的な関数関係を仮定して、貯留量を媒介変数として降雨量から流出量を求めるものである。貯留量～流出量関係を定める  $k, p$  に加えて、洪水到達時間  $T_1$ 、飽和雨量  $R_s$  および流入係数(もしくは有効降雨モデルにおける1次流出率) $f$ の5つの最小限のパラメータにより洪水波形を極めて効率的かつ良好に再現することが可能であり、今でも山地流域を主体とした大～中規模河川における河川計画の基盤となっている。洪水予測においても最近まで長らく中心的役割を果たしてきており、文字通り、我が国における最も代表的な洪水流出解析手法として国内外において広く認知されていることは周知の通りである。

昭和40年代後半に入ると、流域の都市化が洪水流出に与える影響の解明とモデル化が大きな課題となってきた。この流れから、橋本ら(1977)による準線形貯留型モデルが生まれた。準線形貯留型モデルは、流出の非線形性をもたらす有効降雨モデル(1次流出率～飽和雨量～飽和流出率による方法)、線形貯水池モデルによる斜面モデル、および、河道モデル(貯留関数法等)の3つの組み合わせより構成されている。これらは、各々全体の流出モデルを構成するサブモデルと位置づけられており、土地利用毎に異なるより適切な有効降雨モデル・斜面モデルが準備されるとともに、個々のモデルの精度向上や総合化が図られた時点で、順次交換すればよいという考え方を提案していた。この考え方は、その後ここで十分に理解され実践されたわけではないと考えられるが、現在のCommonMP等の水理水文モデリング共通基盤プラットフォーム開発の考え方の基本となっているモジュール指向・構造化志向の一部の萌芽が見られる点は興味深い。この都市河川における洪水流出解析手法の研究は、その後、下水道管路ネットワークを含む都市域での雨水排水流出解析手法として下水道分野においてさらに発展・分化が進むとともに、洪水のみならず長期流出・地下水流出を含めての都市河川流域における健全な水循環系を確保する観点から、流域規模での水循環システムの解析技術の開発研究につながっていった。

上で具体的に紹介した土木研究所の開発による洪水流出解析モデルは、全て、いわゆる集中定数型流出解析モデル(集中モデル)であり、マクロな降雨～流出の応答関係に基礎を置いた、概念的なモデルである。しかし、マクロな仮定に基づくモデルである以上、簡便で使いやすいという長所の一方で技術的課題も存在する。例えば、貯留関数法は、同じ河川でも、上記の5つのパラメータ、特に、1次流出率が洪水イベントにより異なり得るという問題があった。シナリオベースの解析では問題となりにくい、洪水予測といったリアルタイムでの解析では、その変動が誤差要因となり得る。リアルタイムの雨量・流量観測値を用いたフィードバック手法の導入も行われ、ある程度の対策はとられているものの、様々な誤差要因が複雑に絡み合う中で根本的な解決が難しい状況にあった。そのような中で、欧米では、斜面単位での水理学・水文学的知見、すなわち、物理的な方程式系に基礎をおいた分布定数型流出解析モデル(分布モデル)の開発研究が1970年代から盛んとなり、1980年代に入って、SHEモデルやIHDMモデルといった水文素過程の物理機構に基づく分布モデルが相次いで開発された。当時はモデル化の手間や計算時間の制約から流域面積  $10\text{km}^2$  程度までの適用が限界とされていたことから、主要な流出の物理機構を考慮しつつもある程度簡略化し、大流域にも適用できる国内でも最初期の実用的なメッシュ型の分布モデルとして土研分布モデル Ver.1 が吉野ら(1990)によ



り昭和 60 年代初頭に開発された。流出率という概念的なパラメータが不要であるとともに、降雨の空間分布の詳細をレーダ雨量等から直接入力することで、その集水過程を適切に計算できる。土研分布モデルは、長期・短期流出解析両用の Ver.1 に加えて、短期流出解析（洪水予測）専用として、不飽和層タンクを省略した簡略化した鈴木ら（1996）による Ver.2、長期流出解析用に植生被覆や蒸発散による地表面付近の水文過程を高度化した深見ら（2000）による Ver.3 の 3 種類がその後開発された。洪水流出解析を主眼とした Ver.1 や Ver.2 は、分布モデルとしては非常に安定性が高い特長を持っており、国内の中小河川における洪水予測において適用事例が多い。その実績もふまえ、国土技術政策総合研究所が推進する CommonMP においても、代表的な分布モデルの一つとして実装された。また、国土交通省の河川管理の現場における洪水予測の高度化の近年の動きの中で、土研分布モデルを含む様々な分布モデルの試験的運用が始まっており、今後、洪水予測対象地点の増加や予測精度の改善が図られるものと期待される。さらに、土木研究所が（社）国際建設技術協会及び建設コンサルタント会社 9 社と平成 17 年度から 19 年度にかけて共同研究開発を行った、発展途上国における洪水予警報システムの整備基盤としての総合洪水解析システム（IFAS）では、土研分布モデルの海外の複数流域での柔軟かつ安定した高い適合性と実用性が評価され、その標準搭載モデルとして採用されるに至っている。

土研分布モデルは、大河川から中小河川に至るまで幅広く利用可能であるが、実際の中小河川では、より低コストで簡便に洪水予測システムを構築したいとするニーズも存在する。そこで、人工知能技術を活用しながら、レーダ雨量も活用できる中小河川向けの迅速かつ効率的な洪水予測システム構築手法についても、平成 18～19 年度に JFE エンジニアリング（株）等との共同研究により実施した。

長いリードタイムを確保した洪水予測を行うためには、雨量予測も必要である。土木研究所では、地球温暖化影響予測の河川流域スケールへのダウンスケーリングを目的として 1990 年代に米国カリフォルニア大学デービス校（UCD）と共同開発していた地表面過程を考慮したメソスケール大気モデルを基盤とした降雨予測を含めた洪水予測技術の UCD との共同研究を土木研究所独法化の前後の頃に実施した。初期条件の違いの影響を考慮するアンサンブル予測の概念は当時は不十分であったが、条件によっては 24 時間先のハイエトグラフを的確に予測するなど、近年のメソスケール大気モデル（WRF モデル）を活用した本格的な短時間降雨予測研究につながる重要な成果を得ている。また、その共同研究において、分布モデルにおけるサブグリッド（メッシュ）スケールにおける不均質性の影響を直接考慮できる確率的な空間積分偏微分方程式を基礎として構成する物理的な分布モデル：WEHY モデルの共同開発を行い、2004 年の米国土木学会水工学論文集における年間最優秀論文賞を受賞している。

## 1.5 東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）への対応と技術開発

### 1.5.1 土木研究所の対応

平成23年3月11日、三陸沖を震源とするモーメントマグニチュード9.0の地震が発生し、宮城県栗原市では最大震度7を観測したほか、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の複数で震度6強を観測した。また、直後に北海道、東北、関東の太平洋沿岸等々に津波が観測され、特に東北地方では、10m以上の津波が観測され甚大な被害をもたらした。この震災による人的被害は警察庁の平成24年9月5日発表資料によると死者15,870人、行方不明者2,846人となっており、物的被害も多数発生する未曾有の災害となった。

災害時の技術指導は、従来から土木研究所の重要な使命と位置づけられ、土木研究所緊急災害対策派遣隊(土研 TEC-FORCE)を派遣する等、迅速に対応することとなっている。今回の震災に対しても、TEC-FORCEを含め国、地方自治体からの要請を受け、被災翌日から述べ227人を派遣した。このほか、研究課題や業務に関連する事例収集等を目的とした調査を含めると、述べ700人が現地で災害調査や技術指導を行った。

図-1.5.1、表-1.5.1で示すように、橋梁、道路斜面、河川堤防、ダムなど派遣分野は多岐にわたり、活動は被害状況調査、二次災害の防止、供用性の判断、応急復旧工法の検討など広範囲に及んだ。例えば、下水道施設の被害が甚大であった宮城県では、未処理水の市街地等への溢水による公衆衛生面の問題が懸念されたため、国土交通省の要請により土木研究所の研究員を3名（3日間）派遣し、未処理水による影響把握とその対応について技術指導を行った。道路橋関係では、地震動の影響や津波の影響を受けた道路橋を対象として調査、診断を行い、その結果を道路管理者に助言することにより、救助活動や物資輸送のため欠かせない道路橋の早期機能回復に貢献した。ダム関係では、東北地方に位置する直轄ダムについて、地震直後の臨時点検の結果、変状や漏水量、加速度記録が大きかったダム等を対象とし現地調査を行い、変状の詳細調査、計測地に基づく安全性評価などの指導を実施した。なお、これらの活動に対し、平成24年7月26日には、国土交通大臣より「東日本大震災の発生に際し、諸施設の応急復旧活動等に尽力し、被災地域の社会基盤の安定等のために顕著な成果を挙げた」として、感謝状が授与された。

このほか、短期間の技術指導のみではなく、東

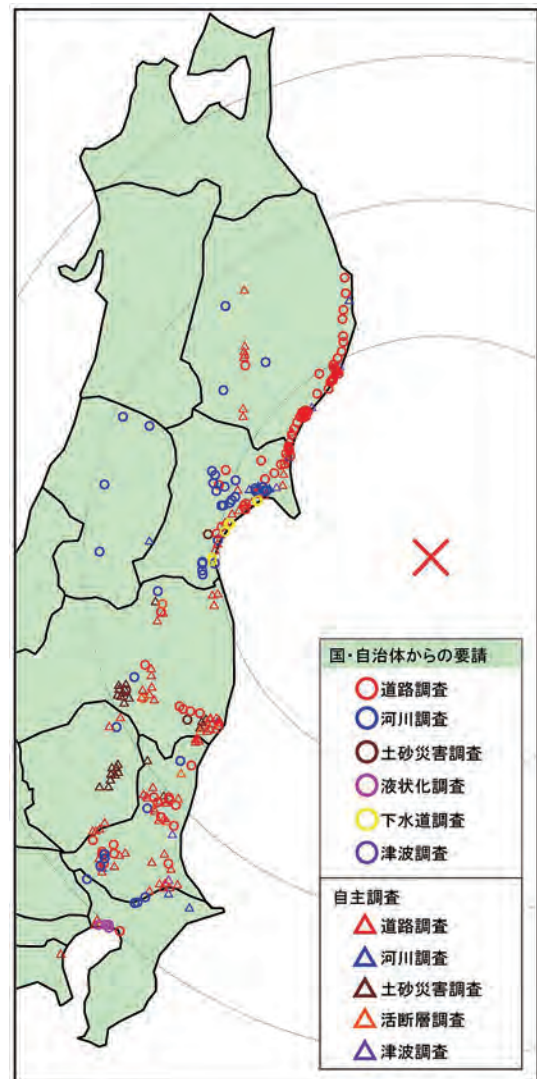


図-1.5.1 東日本大震災における土木研究所の活動箇所

日本大震災に係る委員会にも積極的に参画し、長期的な被災地の復興、復旧の支援も実施している。これらの活動により、地域の技術者では判断の難しい諸問題の早期解決に大きく貢献した。

また、東日本大震災での現地調査結果等を「平成 23 年度東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報」として国土技術政策総合研究所とともにとりまとめ公表するとともに、震災直後の 4 月と震災から 1 年後の 3 月に「東日本大震災報告会」を開催し、現地調査等で得られた知見や今後の課題等を広く一般に周知する活動も実施した。

表-15.1 東日本大震災における要請に基づく派遣

期間	場所	派遣人数	内容
3.12	茨城県水戸市他	CAESAR5 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.12～15	岩手県釜石市他	CAESAR3 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.13	茨城県下妻市	土質・振動 2 名	【TEC-FORCE】道路擁壁の被害状況
3.13～16	岩手県宮古市他	CAESAR2 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.14	福島県白河市他	地すべり 1 名	【東北地整】土砂災害の状況・危険箇所
3.15～17	岩手県大船渡市他	CAESAR3 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.15	茨城県行方市他	CAESAR3 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.15	茨城県筑西市他	CAESAR3 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.15～18	宮城県	土質・振動 3 名	【東北地整】河川堤防の被害状況
3.16	福島県阿武隈高原	施工技術 2 名	【TEC-FORCE】盛土被災状況
3.18	山形・岩手・宮城	地すべり 1 名	【東北地整】土砂災害の状況・危険箇所
3.18	茨城県・千葉県	地質 2 名, 土質・振動 5 名	【関東地整】堤防被災箇所復旧工事支援
3.23	福島県福島市	地質 3 名, 土質・振動 1 名	【TEC-FORCE】斜面・盛土の被害状況
3.25	茨城県日立市	土質・振動 2 名, 施工技術 3 名	【茨城県】道路盛土の被災箇所
3.29	福島県白河市他	地すべり 1 名	【東北地整】土砂災害の状況・危険箇所
3.29	福島県福島市	CAESAR2 名	【TEC-FORCE】道路橋の被害状況
3.31	千葉県浦安市	土質・振動 2 名	【TEC-FORCE】液状化の被害状況
4.5～8	宮城県	リサイクル 3 名	【TEC-FORCE】下水道施設の被害状況
4.5～7	岩手県	CAESAR4 名	【岩手県】道路橋の被災状況
4.8	千葉県浦安市	土質・振動 1 名	【関東地整】液状化による被災状況
4.7～10	宮城県他	水工構造物 1 名	【TEC-FORCE】ダムの被災状況
4.13～15	岩手県・宮城県	CAESAR4 名	【TEC-FORCE】道路橋の被災状況
4.13	福島県	火山・土石流 2 名	【TEC-FORCE】土砂災害
4.13～15	宮城県	土質・振動 1 名, CAESAR1 名	【東北地整】堤防の被害状況、復旧支援
4.19	千葉県・茨城県	土質・振動 1 名, CAESAR1 名	【東北地整】堤防の被害状況、復旧支援
4.19	福島県	地質 3 名, 地すべり 2 名	【TEC-FORCE】斜面災害
4.18～19	宮城県	地質 3 名, 土質・振動 1 名 施工技術 2 名	【東北地整】斜面災害、地盤災害
4.2	千葉県	CAESAR7 名	【千葉市】道路橋の被災状況
4.23～24	山形県	水工構造物 4 名	【山形県】ダムの被災状況
4.26～27	山形県	水工構造物 3 名	【東北地整】ダムの被災状況
4.26～27	宮城県	水理 2 名	【東北地整】河川構造物の機能確認
5.6	茨城県	水工構造物 4 名	【茨城県】ダムの被災状況
5.6	宮城県	地すべり 3 名	【宮城県】土砂災害
5.11～12	栃木県	水工構造物 2 名	【関東地整】ダムの被災状況
5.22	山形県	水工構造物 1 名	【東北地整】ダムの被災状況
7.3	山形県	水工構造物 1 名	【東北地整】ダムの被災状況
7.21	茨城県	CAESAR1 名	【茨城県】道路橋の被災状況
11.24	岩手県・宮城県	CAESAR6 名	【東北地整】道路橋の被災状況



## 1.5.2 土木研究所の取り組み

今回の東北太平洋沖地震は M9.0 という地震の規模として記録に残るものでは最大級であったばかりでなく、土木研究所をはじめとする各研究機関、各学会等の被害調査で明らかとなってきたように、地震被害の形態としても巨大津波や広範囲におよぶ液状化といった、これまで近代的な土木構造物が経験したことの無いものであった。

土木研究所は、今回の地震被害に関する調査と分析を進めるとともに、継続時間の長い揺れ、津波や液状化といった新たな課題に対応することと、これまで取り組んできた土木構造物や地盤・斜面等の耐震性や安全性に関して検証することが必要となったことから、研究テーマの追加や内容の変更などを行った。

土木研究所の研究については、平成 23 年度から開始した中期計画のもと 16 のプロジェクト研究を進めている。今回の地震を受けて、震災に関連したプロジェクト研究を含め、個別課題の内容変更を行うとともに、新規に個別課題の追加を行った。平成 24 年度より追加した個別課題は「河川津波に対する河川堤防等の被災軽減に関する研究」「津波の影響を受ける橋の挙動と抵抗特性に関する研究」、「液状化判定法の高精度化に関する研究」等であり、平成 25 年度以降も追加を予定している。また、耐震性能や安全性評価などの基準にかかわるものについては、国土交通省および国土技術政策総合研究所とともに改定や見直しにかかわる検討を進めている。

表-1.5.2 プロジェクト研究一覧

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>①気候変化等により激甚化する水災害を防止、軽減するための技術開発</li> <li>②大規模土砂災害等に対する減災、早期復旧技術の開発</li> <li>③耐震性能を基盤とした多様な構造物の機能確保に関する研究</li> <li>④雪氷災害の減災技術に関する研究</li> <li>⑤防災・災害情報の効率的活用技術に関する研究</li> <li>⑥再生可能エネルギーや廃棄物系バイオマス由来肥料の利活用技術・地域への導入技術の研究</li> <li>⑦リサイクル資材等による低炭素・低環境負荷型の建設材料・建設技術の開発</li> <li>⑧河川生態系の保全・再生のための効果的な河道設計・河道管理技術の開発</li> <li>⑨河川の土砂動態特性の把握と河川環境への影響及び保全技術に関する研究</li> <li>⑩流域スケールで見た物質の動態把握と水質管理技術</li> <li>⑪地域環境に対応した生態系の保全技術に関する研究</li> <li>⑫環境変化に適合する食料生産基盤への機能強化と持続性のあるシステムの構築</li> <li>⑬社会資本ストックをより長く使うための維持・管理技術の開発と体系化に関する研究</li> <li>⑭寒冷な自然環境下における構造物の機能維持のための技術開発</li> <li>⑮社会資本の機能を増進し、耐久性を向上させる技術の開発</li> <li>⑯寒冷地域における冬期道路のパフォーマンス向上技術に関する研究</li> </ul> |
|--|

### 1.5.3 新たな課題への取り組み

ここでは、東日本大震災で明らかとなった新たな課題に対する取り組みの代表的なものを紹介する。

#### (1) 津波の影響を受ける橋の挙動と抵抗特性に関する研究

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災による橋梁の被害の特徴の一つとして、津波によって橋桁が流出する被害があったことが挙げられる。

橋梁の設計では地震による揺れに対する設計はなされているが、津波に対しては、その影響は具体的には考慮されていないところである。津波により生じた橋梁の被害の甚大さとその影響を踏まえ、構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）では、今回の津波による橋梁の被害状況を詳細に調査・分析を行うとともに、津波の影響を受ける橋梁の挙動解明とそのメカニズムに応じた対策についての具体的な研究を平成 23 年度から緊急的に開始した。

被害調査の結果からは、流出した橋梁がある一方で、津波を受けても流出しなかった橋梁も多く見られた。津波の影響を受けた時の橋梁の挙動は複雑であり、津波自身の特性の他、橋桁の構造形式、橋桁と橋脚を接合している支承部の構造特性等によっても、影響度合いが変わってくる考えられる。

平成 23 年度は、約 1/20 相当の橋梁縮小模型に対する水路実験（写真-1.5.1、写真-1.5.2）、約 1/2 相当の大型模型を用いた支承部の載荷実験（写真-1.5.3）を実施した。これらの実験結果と津波による実際の被災事例とを分析しながら、津波に対する橋梁の挙動メカニズムを解明していくことにしている。

なお、本研究については、平成 24 年度からプロジェクト研究の個別課題「津波の影響を受ける橋の挙動と抵抗特性に関する研究」として位置づけを明確にして本格的に研究を進めており、その最終的な成果は、道路橋示方書を補完する参考資料や道路震災便覧等へ反映していく予定である。



写真-1.5.1 橋梁模型の水路実験の状況



写真-1.5.2 津波の作用と橋の挙動の観測



写真-1.5.3 津波の影響に対する支承部の抵抗特性に関する実験の状況



(2) 液状化判定法の高精度化に関する研究

東北地方太平洋沖地震では広域的かつ甚大な液状化被害が発生したことから、国土交通省は液状化対策技術検討会議で、液状化判定法の検証を行った。その結果図-1.5.3のように、液状化が発生すると判定した箇所で液状化が発生する「見のがし」はなかった一方で、液状化が発生しなかった「空振り」が多くみられたことから、現行の液状化判定法を直ちに見直す必要性は低いものの、液状化判定法の高精度化を目指し研究を実施することとなった。

土木研究所ではこれを受け、液状化の発生に及ぼす各種の影響要因を解明し、液状化判定法を合理化・高度化することで、道路・河川の地震時の機能の確保に貢献することを目的として、液状化判定法の高精度化に平成24年度からの4カ年で取り組んでいる。

液状化発生に及ぼす影響要因としては、地震動の継続時間の長さや繰返し回数、細粒分、堆積（造成）年代、特殊土（火山灰質土）、地震動特性・地盤の応答特性などについて、原位置試験や室内試験などを実施し、その解明を目指すこととしている。また、液状化判定の基礎的なデータとなるボーリングの情報や地盤のモデル化に関して、その調査やモデル化の精度を検証するため、ボーリング調査の実施やボーリングデータの収集・整理を行う予定である。

研究成果は液状化判定法として取りまとめ、道路橋示方書、道路土工指針、河川構造物の耐震性能照査指針等の各種技術基準の改訂時に反映することを予定している。

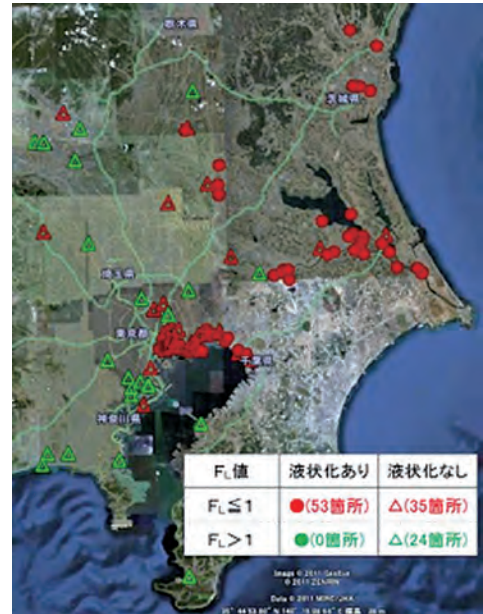


図-1.5.3 液状化判定と液状化の発生状況

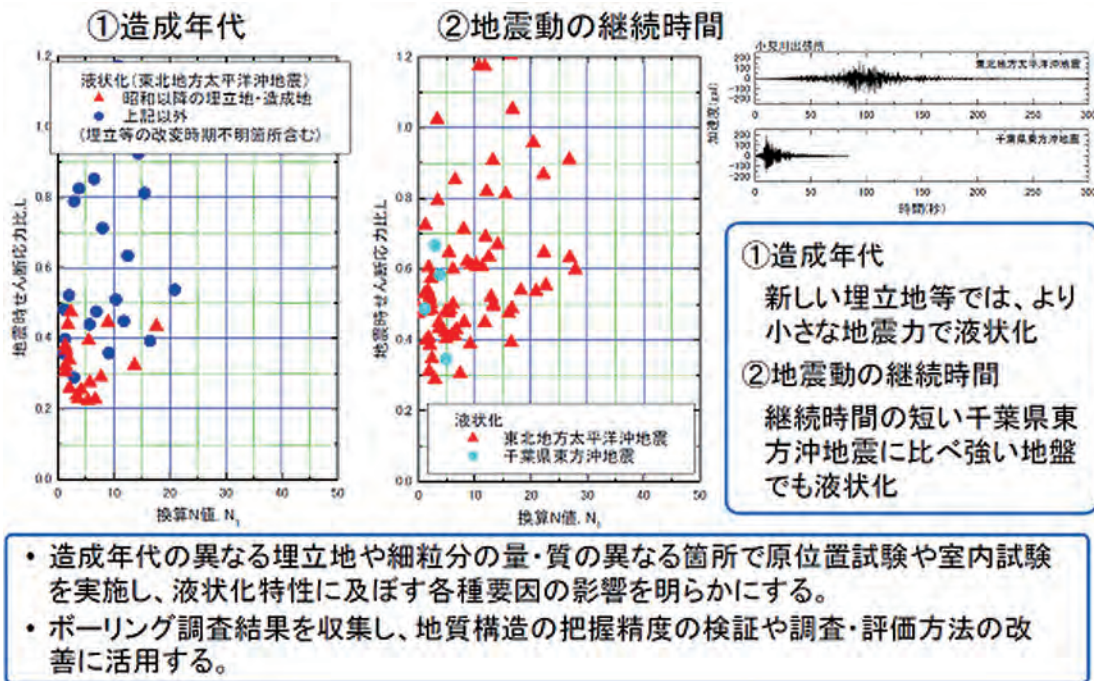


図-1.5.4 既往のボーリング結果と液状化発生状況の分析例



## 2. 持続可能な社会の実現

### 2.1 環境の保全・再生の技術開発

#### 2.1.1 道路環境影響評価の技術手法

我が国における環境影響評価は、昭和47年の「各種公共事業に係る環境保全対策について」の閣議了解を契機とし、大規模な公共事業について個別に実施されてきた。その後昭和59年には「環境影響評価の実施について」の閣議決定が行われ、統一ルールである「環境影響評価実施要綱」による環境影響評価の実施を経て、平成11年の「環境影響評価法」の全面施行に伴い、法令に基づき実施されるに至った。土木研究所では、環境影響評価法の制定段階から旧建設省本省と連携を取り、特に道路事業に関しては技術指針省令の制定段階から土木研究所が中心となり環境影響評価の技術的事項を検討した。

法に基づく環境影響評価の実施にあたり、参考となる技術的図書が現場の実務者より強く望まれていたことから、旧建設省土木研究所では、土木研究所資料「道路環境影響評価の技術手法（その1～4）」をとりまとめた（表-2.1.1）。関係する内容が多岐にわたることから、地質、交通環境、緑化生態、機械、施工、土質、構造の各研究室が関わり、交通環境研究室が全体のとりまとめを行った。

その後、環境影響評価法の改定に伴い、平成19年に改訂版を出版し、現在、平成24年10月の改正法施行に合わせて、国土政策技術総合研究所とともに再改定版の作成を行っている。

表-2.1.1 土木研究所資料「道路環境影響評価の技術手法（その1～4）」の目次（大項目）

その1	1. 標準項目及び本資料で取り扱う標準外項目
	2. 大気質
	3. 強風による風害
その2	4. 騒音
	5. 低周波音
	6. 振動
その3	7. 水質
	8. 底質
	9. 地形及び地質
	10. 地盤
	11. 土壌
	12. 日照阻害
その4	13. 動物、植物、生態系
	14. 景観
	15. 人と自然とのふれあいの活動の場
	16. 廃棄物等

#### 2.1.2 建設発生土利用技術マニュアル

平成初頭の時期には、公共事業の増大にともなう建設発生土の不法投棄や処理が大きな社会問題となっていた。平成3年10月に「再生資源の利用促進に関する法律」及び建設省令が制定され、公共工事において建設発生土をリサイクルしていくための、国としての本格的な取り組みが始まった。そして、省令を具体的に運用するための土質区分基準や利用用途別の品質基準の整備を行うため、建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」（平成4～8年度）が立ち上がった。その成果として、平成6年7月に建設省より「発生土利用基準（案）について」（建設省技調発第173号）が関係機関に通知された。また、同プロジェクトのもとで、土木研究所が民間会社との共同研究を実施し、同基準（案）の技術的解説書である「建設発生土利用技術マニュアル（初版）」（図-2.1.1）をとりまとめた。マニュアルでは良質土の適用用途や適用のための方法、泥土や高

含水比粘性土などの低品質土を、各用途で使うための改良工法などを示した。

建設発生土の不適正処理などの状況は、その後も容易には改善せず、平成15年10月に国土交通省により「建設発生土等の有効利用に関する行動計画」が策定された。これを受け、平成6年の利用基準（案）が「発生土利用基準について」（平成16年3月、国官技第341号、国官総第669号）に見直され、対象とする工事も旧運輸省所管関係まで拡大し、新たに都道府県及び政令指定市にも参考送付されることとなった。

建設発生土利用技術マニュアルについても、利用基準（案）の見直し、社会動向や技術の進展、例えば、循環型社会形成推進基本法の制定、建設汚泥リサイクルの条件整備、土壤汚染対策法の施行、新工法の普及などをふまえ、第3版への改訂が行われ、平成16年9月に土木研究所法人著作物として発刊された。



図-2.1.1 建設発生土利用技術マニュアル

### 2.1.3 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル

公共工事における建設発生土の問題のなかで、有害物質による土壤汚染、産業廃棄物等の不法投棄、自然に由来する有害重金属を含有する地盤などと遭遇するケースが頻発していた。こうした状況に因應するため、土木研究所では建設省官民連帯共同研究「地盤環境保全型建設技術の開発」（平成9～11年度）、独立行政法人土木研究所の重点プロジェクト研究「地盤環境の保全技術に関する研究」（平成13年～17年）に取り組み、汚染土壤を用地内で封じ込め管理しながら有効利用を図る対策の検討を行った。その間、平成15年2月に土壤汚染対策法が施行されるなどの環境行政の進展があったが、当時はまだ、建設工事で発生する汚染土壤や自然由来の有害物質を含む土壤等は、法の対象外とされていた。そして、研究成果をもとに、建設工事で地盤汚染に遭遇した場合の調査、影響検討手法、対策技術、モニタリングの考え方、関係法令対応などを検討し、その成果を平成16年4月に土木研究所法人著作物「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル（暫定版）」にとりまとめ、発刊した。

その後、平成22年4月に土壤汚染対策法が改正され、3,000m<sup>2</sup>以上の土地の形質変更を行う場合や、自然的原因により重金属等が基準を超えて含有する地盤での公共工事が、土壤汚染対策法の対象に入ることとなった。これを受け「建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル」の改訂版（図-2.1.2）を発刊した。改訂版のなかでは、土壤汚染対策法のガイドラインや、平成16年以降整備された、自然由来重金属、油汚染、ダイオキ

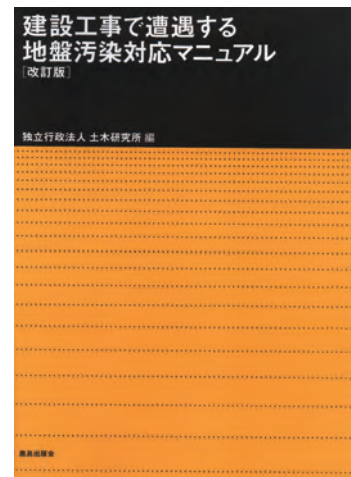


図-2.1.2 建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル

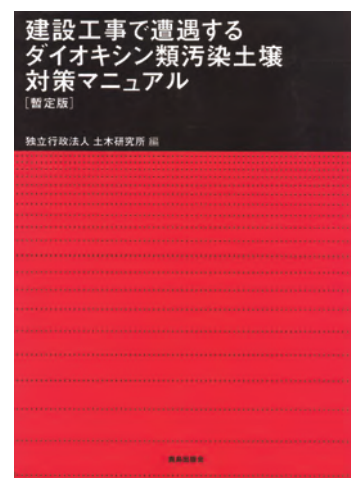


図-2.1.3 建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル

シン類汚染、廃棄物混じり土などの各種技術マニュアルに対する位置づけを示しながら、公共建設工事遂行上必要となる対応について整理した。

### 2.1.4 建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染対応マニュアル

平成12年1月に、ダイオキシン類対策特別措置法が施行され、公共工事における建設発生土の問題のなかで、焼却灰や不法投棄廃棄物に由来するダイオキシン類汚染との遭遇が、公共土木工事を進めるうえで深刻な課題となっていた。土木研究所では建設省総合技術開発プロジェクト「建設分野におけるダイオキシン類汚染土壌対策技術の開発」（平成12～14年度）、独立行政法人土木研究所の重点プロジェクト研究「地盤環境の保全技術に関する研究」（平成13年～17年）に取り組んだ。国土交通省及び土木研究所では、検討委員会を発足させ、上記研究成果をもとに検討を行い、平成17年11月に「建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染土壌対策マニュアル（暫定版）」（図-2.1.3）を土木研究所法人著作として発刊した。

ダイオキシン類は重金属などと比べて、①公定法の分析に長時間と多額の費用を要する、②大気や作業環境の基準が設定されている、③現地内で実施する封じ込め等の汚染防止措置が具体化していないなど難しい課題を抱えていた。本書ではこのような課題をふまえ、陸域の公共工事でダイオキシン類に遭遇した場合の対応策を示した。

### 2.1.5 水環境対策

近年、土木研究所において水環境対策として開発に係った代表的な技術に、水質監視システム、高濃度酸素水を用いた底層水質改善技術及び野生動物自動行動追跡システムがある。

水利用の複雑化により、公共用水域が油や有害化学物質によって汚染される事故が多発していたことから、水質事故の常時監視体制の整備が求められていた。水質監視システムは、硝化細菌が様々な化学物質に対して極めて感受性が高い性質を用いて、水中にある毒性物質を短時間にかつ連続的に測定し、警報を発することが可能なもので、全国約50箇所を導入されている。このシステムを用いることにより、水質事故が早期に発見され、下流の利水者への通報が行われることで、河川管理者は水

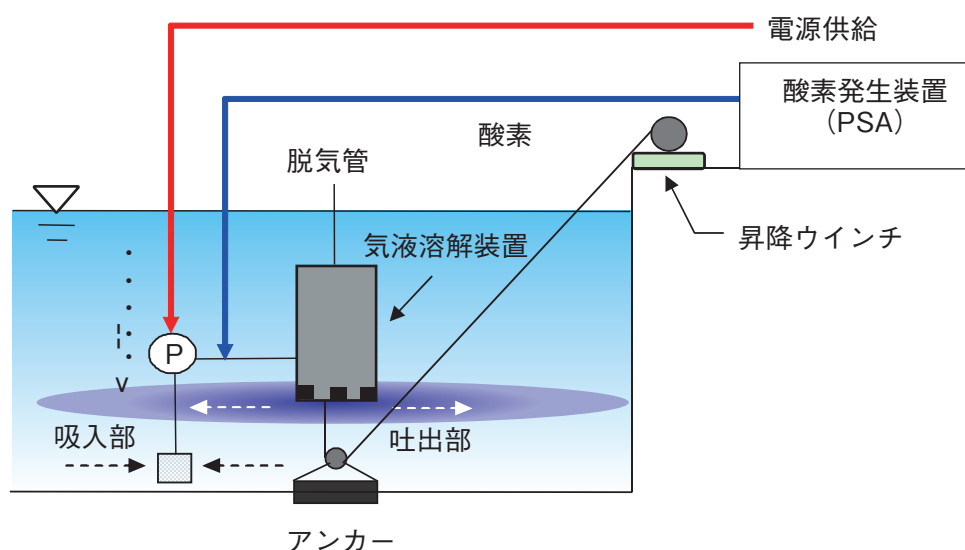


図-2.1.4 高濃度酸素水を用いた底層水質改善技術の概要



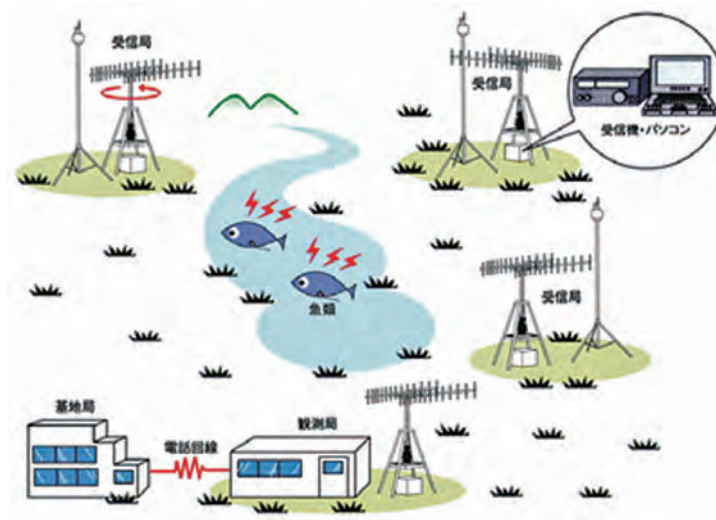


図-2.1.5 野生動物自動行動追跡システムの概要

質事故体制を早期に組むことが可能であり、利水者は油や有害化学物質に汚染された原水の取水を回避することができ、特に利水者が水道事業者であれば、飲料水の安全確保に資する。

多くの湖沼やダムでは、有機物の分解により水中の酸素が消費されて底層部が貧酸素状態になり、栄養塩・金属類の溶出が起きて水質悪化の一因となっていた。高濃度酸素水を用いた底層水質改善技術は、酸素発生装置を用い、酸素を供給したい水深へ気液溶解装置を設置、高濃度酸素水を供給し貧酸素状態を解消するシステムである。このシステムの気液溶解装置は、水中に効率よく酸素を溶解させる装置であり、湖沼の汚濁底質を巻き上げることなく溶存酸素濃度の高い水を広範囲に送り出せることから、溶存酸素濃度回復・底質からの溶出抑制（例えば、栄養塩類）といった水質環境改善を図ることができる。この技術は、これまで島地川ダム、灰塚ダム等に数多く導入されている。平成24年度においても、より効率的な運転方法の確立を目指したフィールド実験を三瓶ダムにおいて実施している。

応用生態工学の分野において、野生生物の個体を追跡することは従来極めて困難であった。野生動物自動行動追跡システム（Advanced Telemetry System; ATS）は、野生動物に電波発信機を装着し、魚類・陸上哺乳類の行動を自動的に追跡できるシステムである。ATSは、電波発信機、複数の電波受信局と制御局で構成される。各受信局は指向性アンテナを回転させ、電波計測を行い、電波到来角を算出する。各受信局は、計測した電波到来角を制御局に送信し、三角測量の原理で野生動物の行動を5分に1回、誤差20m程度で特定する。ATSは、信濃川水系千曲川、信濃川水系信濃川、石狩川水系石狩川、五ヶ瀬川水系北川での研究に適用され、中型哺乳類、魚類の定量的な行動特性の観測を実現した。ATSは、その有用性から普及を望む声が多く寄せられ、平成20年度～平成22年度に「野生動物自動行動追跡システムの実用性向上に関する共同研究」を民間2社と実施し、ATSの導入コストの削減や信頼性向上等の技術的改良を行い、技術普及に向けた活動を継続している。

この他、水環境における病原微生物リスクの管理という新しい課題が生じ、これへの取り組みについても大きな進展があった。

平成8年の夏に、埼玉県越生町で約9,000人が激しい腹痛・下痢を訴えるクリプトスポリジウム症の集団感染が発生したが、この原因の一つとして、水道取水源の上流に排水処理施設が位置することにより水のサイクルが形成され、その中でクリプトスポリジウムが適切に除去されることなく増殖したことが挙げられた。このため、水利用におけるクリプトスポリジウムのリスクを低減することを目的として、(社)日本下水道協会内に「下水道におけるクリプトスポリジウム検討委員会（委員長：

金子光美・摂南大学教授)」が設置され、土木研究所による調査・実験結果をもとに種々の観点から検討が行われた。最終報告では、下水道におけるクリプトスポリジウムの実態や集団感染時の特徴が明らかにされるとともに、平常時と異常時に分けたリスク管理方法が提示され、また、具体的なリスク管理のための下水・汚泥処理プロセスのクリプトスポリジウム除去効果が示された。

### 2.1.6 バイオガスプラントによる積雪寒冷地における地域資源の循環利用技術

北海道の北部・東部では、大規模な土地利用型の酪農経営が行われているが、この地域からは膨大な家畜ふん尿が排出され、さらに、乳業工場等からの有機性廃製品や生活系からも有機性廃棄物が排出されている。その処理と有効利用が大きな課題となっているが、この解決策の一つとして、共同型バイオガスプラントにおいて、家畜ふん尿を主原料、他の有機性廃棄物を副資材とする嫌気発酵処理により生成した消化液を肥料として還元利用し、さらに、バイオガスをエネルギーとして利用する技術の開発が求められていた。

このことから、平成12年から平成23年に「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト研究」を行い、北海道のような積雪寒冷地においても大規模集中型バイオガスプラントの運用が技術的にも経済的にも可能であることを実証するとともに、バイオマス起源の生成物を地域で効率的に利用する革新技术の開発を行った(図-2.1.6)。

これら一連の研究により、大規模集中型バイオガスプラントのエネルギー収支や経営評価からの自立的運転条件およびメタンガスの効率的な産出方法を確認した。また、乳牛糞尿を主原料、地域バイオマス(廃乳製品、合併浄化槽汚泥、水産加工残滓等)を副原料として効率的に共発酵する技術を開発し、バイオガスとともに

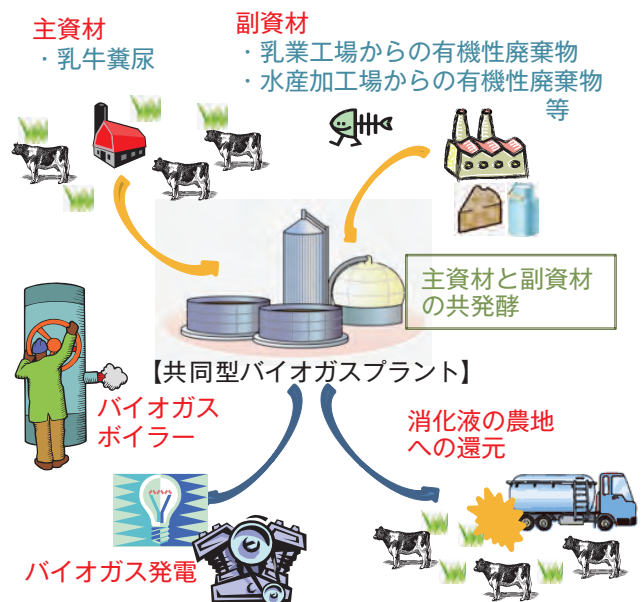


図-2.1.6 地域資源循環の概要

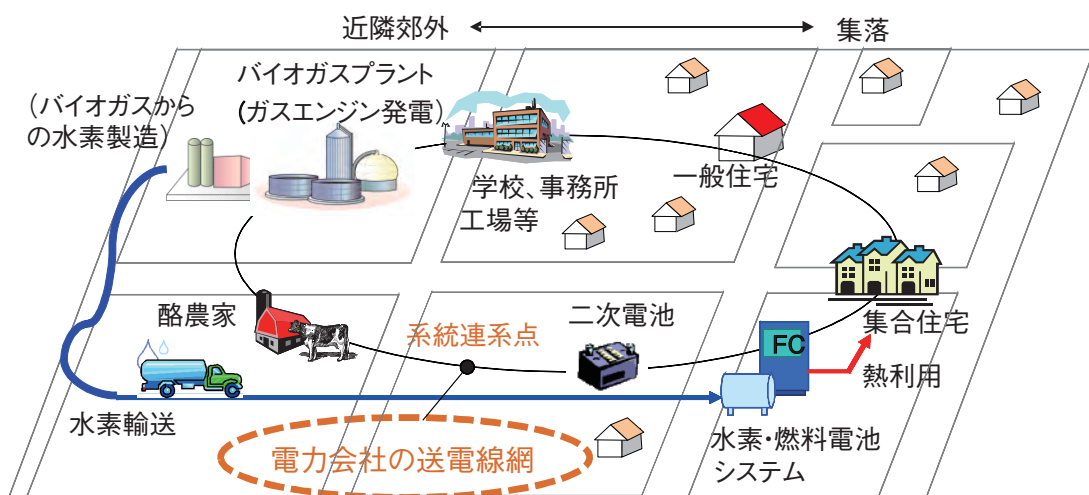


図-2.1.7 酪農村地域におけるマイクログリッドモデル

生成するメタン発酵消化液の性状と液肥としての肥効、圃場施用法を明らかにした。

これら研究成果は、北海道農業試験会議成績会議において普及推進事項や行政参考事項などとして全道に普及されるとともに、日本における先駆的で本格的な実証プラントとして高い評価を受けている。

プロジェクト研究が23年に終了したことから、バイオガスプラントは、別海町に譲渡し、引き続き稼働している。

また、平成15年から平成20年に別海町にあるバイオガスプラントに併設したエネルギー地域自立型実証研究施設において、バイオガスから水素とベンゼン等の芳香族化合物を生成し、この水素を有機ハイドライドとして貯蔵し、さらに有機ハイドライドから水素を再生して燃料電池発電を行う一連のプロセス技術及び水素エネルギーの地域利用のための技術的課題の研究を行い、マイクログリッドシステムモデルを提示した（図-2.1.7）。



## 2.2 社会インフラのグリーン化のための技術開発

### 2.2.1 グリーン化関連技術への貢献

ここに取り上げるグリーン化技術は、環境負荷低減技術といった意味合いの技術である。ひとくちに環境負荷低減技術といってもその対象範囲は極めて広い。何らかの形で環境負荷低減に貢献する技術といった視点でみると、この20年間における土木研究所の研究成果中にもいくつかの技術を見出すことができる。

各種建設発生材の再利用技術、下水道における温室効果ガス排出量削減技術、都市ごみ等を建設材料に利用する技術（エコセメント）、現地材料を有効利用するダム建設技術（台形CSGダム）がある。また、工事で遭遇する汚染土壌の対策技術、環境負荷を低減する塗装や道路の凍結防止技術などもこの範疇に入るとして差し支えないだろう。

グリーン化に関する研究成果はいくつかあるが、ここでは、代表的なトピックとして、台形CSGダムの設計・施工技術、エコセメントの利用技術、再利用技術のひとつである舗装の再生技術を取り上げ、以下に紹介する。

### 2.2.2 台形CSGダムの設計・施工技術

巨大な水圧に耐えるダム堤体の形式は、それほどバリエーションがある訳ではない。コンクリートダムである重力式ダム、アーチ式ダム、フィルダムであるロックフィルダム、アースダムなどが主な形式であり、従来、これら形式を前提に設計や材料、施工の合理化が図られてきた。コンクリートダムの施工にフィルダムの締め固め方式を導入したRCD施工はその代表的なものである。

台形CSGダムは、従来形式のダムに対し、設計、材料、施工の合理化を目指して開発された新しい形式のダムである。

CSGはCemented Sand and Gravel（セメントで固められた砂と砂利）の略であり、直訳するとコンクリートと何も変わらない。コンクリートとの違いは、砂と砂利の材料範囲がかなり広いことにある。ダムサイト近傍で容易に得られる河床砂礫や掘削ズリなどの現地発生材をそのまま用いようというものである（ただし、大玉は取り除くものとしている）。これがグリーン化に直結する。

これまでのダム建設では、原石山を大規模に改変し、かつ多くの廃棄材を生じてきた。台形CSGダムは原石山を省略、もしくは大幅に縮小することが期待できる画期的なダム形式である。原石山を省略することで、ダムによってはコスト縮減も期待される。

以上は、台形CSGダムによる「材料」の合理化を表したものである。台形CSGダムの開発意義といってもいい。

「材料」の合理化はよいが、現地発生材料をそのまま用いることは、当然品質の問題を引き起こす。コンクリートと比較して強度は小さい。材料のばらつきが大きい。かといってフィルダムのような断面を持つのでは、堤体積が大きくなり過ぎグリーン化にならない。「材料」の合理化を果たすためには「設計」の合理化を果たす必要がある。

材料の特性を考慮して、「設計」の合理化として「堤体内に発生する引張応力を最小限に抑制すること」、および「堤体内に発生する応力の変動を最小限に抑制する」ことが目標に掲げられている。こうすることでCSGに要求される必要強度を最小とすることができる。また、CSGへの要求性能も

低く抑えることができ、結果としてCSGの製造方法、施工方法を簡素化する「施工」の合理化も果たすことができる。

台形CSGダムでは、「堤体内に発生する引張応力を最小限に抑制」し、「堤体内に発生する応力の変動を最小限に抑制」するため、堤体断面として台形断面を用いている。これは、重力式コンクリートダムで用いられている三角形断面と台形断面での堤体内応力分布の解析結果に基づき決定されたものである。すなわち、両者の比較の結果、台形断面（ただし、上下流面勾配がある程度以下の小さいものを対象）において、①最大引張応力、最大圧縮応力とも小さくできるなど堤体内全体にわたり発生応力をかなり小さくできる、②地震や洪水に伴う急激な荷重変動に対する堤体、基礎地盤に発生する応力の変動幅を小さくできるなど、先のCSGの設計目標に合致する結果が得られている。ダム形式を「台形CSGダム」と称するのはこのことによる。

また、材料のバラツキが避けられない台形CSGダムでは、設計上の材料物性値の設定および施工時の品質管理にバラツキを考慮した手法を導入し、安全性を確実なものとしている。

なお、台形CSGダムは弾性体として仮定できる範囲で設計するものとされ、フィルダムでは許容されていない放流設備や監査廊などの構造物を堤体内（あるいは堤体上）に設置することが可能となっている。

台形CSGダムの設計、施工の基本的な考え方は以上の通りであるが、設計・施工手法を確立させるためには、細部の技術も含め、様々な具体的技術課題が存在する。土木研究所では、台形CSGダムに関して、先の三角断面と台形断面の応力比較をはじめとする様々な堤体応力解析や材料試験を実施してきており、その設計・施工方法の確立に貢献してきている。

CSGが仮設構造物に初めて適用されたのは平成4年である。このCSGをダム堤体に用いることができればダム建設における堤体材料費を抑えることができる、という想いは長い間ダム関係者の胸にくすぶり続けてきた。コスト縮減や周辺環境の保全是ダムの建設技術開発における恒久的な目的であり、土木研究所における取組も1990年代前半からなされてきた。貯砂ダムや減勢工副ダムなどのダム関連施設での試験施工を含め、20年近い調査・研究が行われてきた。

その成果として、初めての台形CSGダムとなる2つのダムが、土木研究所90周年の本年において概成している（写真-2.2.1）。



写真-2.2.1 完成間近な億首ダム

### 2.2.3 エコセメント（環境負荷低減型セメント）の利用技術

都市ごみ等の処理における処分場の確保やダイオキシン類・重金属類による環境汚染が大きな社会問題となったのは平成初頭ごろからである。これらの問題改善に資するため、旧建設省において総合技術開発プロジェクト「省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発」（平成3～7年度）が実施されている。ここに取り上げるエコセメント（環境負荷低減型セメント）はこのプロジェクトの一環として取り上げられた課題、「省エネルギー型セメントの利用技術の開発」における検討を土木研究所の技術開発の端緒とし今日に至っているものである。ちなみに、同プロジェクトでは、ここに述べる

エコセメントを含む3種類のセメントが検討されている。

土木建築用のセメントとして多く用いられている普通ポルトランドセメントは、石灰石や粘土、ケイ石などを原材料とし、これを焼成して製造される。エコセメントの主な原材料は都市ごみ焼却灰などの生活廃棄物であり、これに石灰石を加えて破碎し、焼成する。従来、生活廃棄物は埋め立て処理するしかなかった。エコセメントは、これを建設資材として蘇らせる画期的なものである（写真-2.2.2）。



写真-2.2.2 エコセメントの利用例

エコセメントの製造過程では、1300℃以上の高温での焼成が行われ、これにより焼却灰に含まれるダイオキシン類が分解される。また、重金属類の一部が塩化物として揮散、回収されるが、塩化物の回収には程度の問題があり、開発当初のエコセメントは塩化物を0.5～1.5%程度含む速硬形のセメントであった。大量の塩化物イオンの存在は鋼材である鉄筋を腐食させる。エコセメントの用途は当初、無筋コンクリートに限られた。

無筋コンクリートへの使用のみでは、エコセメントの用途に限られる。それゆえ、製造工程でより多くの塩化物を除去すべく更なる製造技術の向上が図られた。結果、普通ポルトランドセメントに近い性状を有する「普通エコセメント」の製造が可能となり、鉄筋コンクリートへの適用が視野に入るようになった。

上述の情勢のもと、土木研究所では「普通エコセメント」を鉄筋コンクリートに利用するための共同研究を立ち上げ、平成15年3月に成果物として「エコセメントコンクリート利用技術マニュアル」をとりまとめ出版した。共同研究者は、東京都土木技術研究所、千葉県、埼玉県、麻生セメント（株）、住友大阪セメント（株）、太平洋セメント（株）、日立セメント（株）であり、共同研究期間は平成11年度から平成13年度までである。

利用技術マニュアルでは、以下の各項目について、利用にあたっての留意点を整理している。すなわち、エコセメントコンクリートの性質、材料、配合、製造、レディーミクストコンクリート、施工、品質管理および検査、設計に関する一般事項、寒中コンクリート、暑中コンクリート、工場製品の各項目である。

エコセメントコンクリートの性状は、例えばワーカビリティについて同一スランプ値を得るための単位水量が若干大きくなる、粘性が若干高くなる、スランプロスが若干大きくなるなどの違いはみられるが、基本的には普通ポルトランドセメントのコンクリート性状と同様である。共同研究では、このことを文献調査、試験などで確認しつつ検討を進めており、マニュアルは、利用方法が体系づけられている普通ポルトランドセメントコンクリートとの比較の体裁を主にとりまとめた。

先に述べたようにエコセメントを鉄筋コンクリートに用いるには塩化物の除去が課題となった。塩化物は除去されるようになったが、エコセメントでは塩化物イオンについて別の問題があることが示された。

すなわち、フレッシュコンクリート中の水に含まれる塩化物イオン量とセメントに含まれるイオン量を計測した結果、エコセメントでは多くの塩化物イオンがセメント内に残留し、一部しか水中に溶出しないことが明らかとなった（溶出率は30～70%）。

普通ポルトランドセメントのフレッシュコンクリートの塩化物イオンは水中の塩化物イオン量試験



により塩化物イオン量が評価されるが、エコセメントコンクリートで同様の評価を行うと、コンクリート内のイオン量を過小評価することになる。このことを考慮し、マニュアルでは水中とセメント内の両者の塩化物イオン量を評価する方法を提案している。

## 2.2.4 アスファルト舗装の再生利用技術

アスファルト舗装発生材の有効利用の必要性は、増大する舗装発生材と処分地の不足から昭和時代より指摘されてきた。そのための技術開発も進められ、昭和59年には「舗装廃材再生利用技術指針（案）」がまとめられ昭和年代に何回かの改訂をみている。

再生利用は平成初頭にはあまり実施されていない状態であったが、こうした技術的な整備が進められるなか急速な進行をみており、平成12年度にはアスファルトコンクリート塊の再資源率は98%に達している。この間、技術基準類の改訂もあわせて実施されてきており、現在の最新の舗装廃材の再生利用に関する技術的な留意点等は、(社)日本道路協会発行の「舗装再生便覧」(平成16年刊行、平成22年改訂)にまとめられている。近年の舗装再生技術に関する土木研究所の主な研究成果は両便覧に反映されているが、ここでは、平成22年度の改訂に際し実施した研究を対象に紹介する。

研究の背景は便覧改訂の説明書きと重複するものであり、適当と思うので意識引用させてもらうと次の通りである。

「アスファルトコンクリート塊の再資源率は平成12年度には98%に達しているが、その約40%は再生路盤材に活用されており、今後は①再生加熱アスファルト混合物への利用率も高めていくことが求められている。また、②他産業の再生資材を積極的に舗装用材料として活用していくことが望まれている。」

①に対応するため、便覧では、再生アスファルトの劣化評価に、従来用いられてきた針入度の他、圧裂係数による評価を加えており、改訂の最も大きなポイントとしている。

従来のアスファルト再生材の劣化評価は針の貫入状況を評価する針入度により評価されてきた。この、針入度による評価は主に原油から直接的に製造されるストレートアスファルトを対象に検討、確立されたものである。ポリマーやゴムを加えて舗装性状を向上させた改質アスファルトについては、規格値以下の針入度でも再生利用可能な場合があることが知られていた。

知られてはいたが、その試験方法や評価方法が確立されておらず、改質アスファルトの再生利用の制約になっていた。改質アスファルトの劣化を適切に評価できる指標ができれば、改質アスファルト

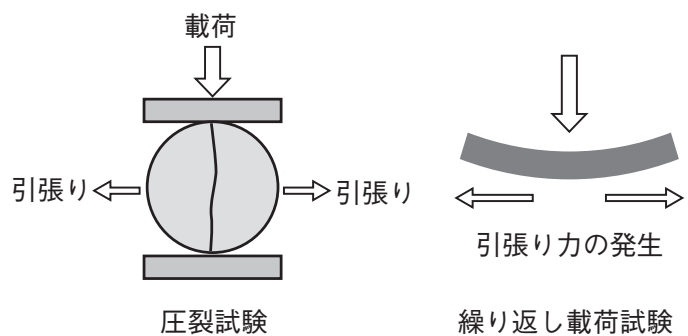


図-2.2.1 圧裂試験と繰返し荷重試験



写真-2.2.3 圧裂試験装置

の再生加熱アスファルト混合物への利用を増加させ、利用率を大きくすることができる。

上記をふまえ、土木研究所では（社）日本アスファルト合材協会の共同研究（平成17年度～21年度）を立ち上げ、新たな評価指標の検討を実施した。

検討では圧裂試験に着目し（図-2.2.1、写真-2.2.3）、圧裂試験で得られる圧裂強度等の各種パラメータと、劣化状況を直接的に評価する繰り返し載荷試験結果を比較し、両者間に良好な相関関係が得られる圧裂係数（圧裂強度を最大荷重時の変位量で除したもの）をパラメータに選定するとともに、試験方法、評価方法および圧裂係数に基づく配合設計手法を求めている。研究の成果はそのまま便覧に用いられており、改訂内容は先の共同研究の成果が大半を占めている。

②の他産業の再生資材の利用に対する便覧の改訂内容は次の2点である。

- ・他産業の再生資材の安全性は、製造者が責任を負うことが基本であることを明記したこと。
- ・利用に際しての考え方や留意すべき項目と今までの利用状況を示したこと。

土木研究所は、後者について、六価クロムの溶出に関する試験方法を開発・提案し、便覧で紹介されている。また、再生路盤材量に木片などの異物が混入した場合の支持力の影響に関する検討を行っており、同様に便覧で紹介されている。

以上のほか、再生利用のCO<sub>2</sub>排出量について試算を行い、プラント再生舗装工法、現位置での舗装再生工法ともにCO<sub>2</sub>排出量削減に効果があることを示しており、これら研究成果により、アスファルトの再生利用が更に進展されるものと期待している。

## 3. 活力ある国土の構築

### 3.1 明石海峡大橋などの海峡横断道路技術開発

海峡など海上部の厳しい自然条件を克服して道路網を整備していく上で、橋梁などの大規模構造物の建設技術の開発は重要な役割を果たしてきた。特に大規模構造物の場合、従来の建設技術では適用範囲・条件を超える部分が多々あり、土木研究所では本州四国連絡橋や東京湾横断道路などの建設に関する総合的な研究開発に、研究所発足当時より取り組んできた。

これらの研究成果の大部分は土木研究所 70 年史に既に紹介されているところである。振り返ると、本州四国連絡橋に関しては、昭和 34 年に基礎調査に取り組み始め、空中写真による地質調査、海底地形の音波調査や海中ボーリングなど、新技術を駆使するとともに、平行線ケーブル等の研究や現地試験を実施してきた。本州四国連絡橋に関する調査研究は、事業の進捗に合わせてその内容を変化させつつ進められ、これまでに基礎の耐震設計、施工、耐風設計、防食技術等に関する調査研究を実施してきた。これらの成果は技術的課題を検討していた土木学会委員会の報告や各種指針にまとめられ、本州四国連絡橋の建設技術を全面的に支えてきた。なお、昭和 48 年に完成した関門橋の設計施工の際には、利用予定の最新技術が試験的に適用され、その成功は本州四国連絡橋の建設に大きな自信をもたらすものであった。また、東京湾横断道路に関しては、日本道路公団からの受託研究（昭和 50～63 年度）等を通じて各種の調査研究を実施してきた。具体的には、トンネル換気システム、シールドトンネルの設計法、人工島地盤改良、多柱式基礎、橋梁部箱桁橋の耐風性、地震動及び地盤の動的特性、沈埋トンネル及びシールドトンネルの耐震性等に関する検討が行われ、東京湾横断道路設計基準（案）（昭和 62 年）等への成果の反映を始め建設に大きく貢献した。

この 20 年間ににおいても、長大橋の設計・施工に関する諸課題の解決に向けて、耐風設計、耐震設計、新材料・新構造、防食技術等各種の調査研究が行われ、その研究成果は、明石海峡大橋、多々羅大橋などの本州四国連絡橋の建設に反映されるとともに、その後の長大橋や一般の中小橋の建設技術の発展にも貢献してきている。本州四国連絡橋に代表される長大橋は、極めて柔な構造であるため変形しやすく、風荷重強度や風によって引き起こされる振動現象への対応が設計上の重要課題である。特に



写真-3.1.1 明石海峡大橋  
(写真提供：本州四国連絡高速道路（株）)



写真-3.1.2 東京湾横断道路  
(写真提供：東日本高速道路（株）)



明石海峡大橋は、それまで世界最大の吊橋であったイギリスのハンバー橋（中央支間長 1,410m）の約 1.4 倍の中央支間長（1,991m）となるうえ、我が国のような台風常襲地域では、耐風性の確保はこれまで以上に慎重に検討する必要がある。そのため、縮尺 1/100 の全橋模型を収容可能な大型風洞実験施設を用いた耐風性の検討が行われてきた。また、長大橋の場合には鋼材を主体に構成されるが、海上部では飛来塩分等により極めて厳しい腐食環境に曝される。そのため、耐久性の観点から、海上部の長大橋に用いる塗装材料の適用性に関する検討が行われ、各種塗装材料の長期暴露試験により、重防食塗装技術の開発や飛沫帯・干渉帯に適用する防食技術の開発が行われてきた。これらの調査研究の成果は、長大橋への適用にとどまらず、その後、一般橋の建設技術の開発にも展開されている。

### 3.1.1 耐風設計技術

橋梁において長大化が進むほど重要性を増す課題の一つに、耐風性の確保が挙げられる。耐風性の確保とは、橋の設計供用期間中に考えられる風に対して、損傷や振動等の使用性に関して支障が生じないように設計を行うものである。風が招いた事故としては、古くなるが、昭和 15 年に当時世界第 3 位の吊橋であった米国のタコマ・ナロウズ橋（中央支間長 853m）が、わずか毎秒 19m の風でフラッター（風速がある値を超えると振幅が急激に大きくなる振動のうち、ねじれあるいはねじれと曲げが連成した振動をいう。）が発生し落橋した事故はあまりに有名である。これを契機として、長大橋の建設の際には、風洞試験により耐風性が確認されるようになった。

土木研究所では、こうした振動問題に対して、長大橋に限らず、一般橋及び橋梁部材も含めて風洞施設を利用した広範な調査研究に長年取り組んできた。長大橋では、全橋模型を用いた風洞試験により気流の影響や橋全体の静的変形、高次の振動モードの影響を把握することが重要となるが、この場合、風洞施設の大きさに影響され模型縮尺が制限されてしまう。そこで、平成 3 年に、明石海峡大橋、多々羅大橋および来島海峡大橋の耐風性の全橋模型試験による検証等を目的として、土木研究所と当時の本州四国連絡橋公団（現、本州四国連絡高速道路（株））との共同研究の一環として、土木研究所構内に大型風洞施設（測定洞：幅 41m、高さ 4m、長さ 30m）が新たに建設され、様々な調査研究が行われた。主な成果は以下のとおりである。

#### 1) 耐風性照査手法の開発

明石海峡大橋、多々羅大橋、来島海峡大橋について全橋模型の風洞試験により耐風性を確認した。

明石海峡大橋では、毎秒 80m の暴風にも耐えられることが確認された。

#### 2) 二次元風洞試験（バネ支持試験）の課題の明確化

長大橋の耐風性の照査においては、風荷重による三次元的な変形状、高次振動モードの連成、周辺地形の影響等を考慮する必要がある、従来の二次元バネ支持試験では耐風性の検証が難しいことが明らかとなった。

#### 3) 対風応答解析手法の開発

全橋模型の風洞試験結果との比較を通して、三次元フラッター解析手法とガスト応答解析手法の妥当性の評価、精度向上を実現した。これらの解析手法は、検討段階や軽微な断面変更時における耐風性照査に活用できるようになった。

#### 4) 実橋構造の合理化

風洞試験を実施した個々の長大橋において、側径間の鉛直スタビライザーの省略（明石海峡大橋）、架設時における補剛補強範囲の縮小（多々羅大橋）等の構造の合理化が図られた。

このように大型風洞施設を利用した精緻な風洞試験により得られた調査研究成果は、世界一の長大



写真-3.1.3 明石海峡大橋の全橋模型試験  
(写真提供：本州四国連絡高速道路（株）)



写真-3.1.4 多々羅大橋の全橋模型試験  
(写真提供：本州四国連絡高速道路（株）)

橋となった明石海峡大橋をはじめとする本州四国連絡橋プロジェクトの実現に貢献するとともに、長大橋の耐風設計技術を確認する上で大きな役割を果たしてきたと言える。また、こうした長大橋から一般橋に至る風洞試験データの蓄積や耐風性の知見は、平成19年に改定された「道路橋耐風設計便覧」にも反映されている。例えば、合理化鋼少数主桁橋の推定式に基づく耐風性照査法が示され、橋梁の規模・条件によっては風洞試験を行わずに耐風性を確認することが可能となった。

### 3.1.2 防食技術

海峡横断道路では海塩の影響により腐食環境が厳しいことや、塗装による防食では不可欠となる定期的な塗替塗装の労力が大きくなることなどから、防食技術についても海峡横断道路に適した技術開発が行われてきた。本州四国連絡橋などを契機とする防食技術の研究により、このような条件における防食塗装系として「重防食塗装系」（ジンクリッチペイント下塗り、エポキシ樹脂系下塗り、ウレタン（またはふっ素）樹脂系上塗りの組み合わせ）が本州四国連絡橋などの長大橋に採用されるとともに、平成2年版「鋼道路橋塗装便覧」においても、厳しい腐食環境や塗替えが容易でない橋梁にこれを適用することが示された。

この当時の重防食塗装系にはC-1系からC-4系までの4種類の塗装系があり、実状に合わせた選択の自由度があったものの、一方でより優れた防食性能を得る余地もあった点や、一般塗装系に比べてやや高価であったことなどが課題としてあげられる。このため最良の防食性能を得るための検討が行われ、重防食塗装系の中でもできるだけ優れた防食性能を有する塗装仕様が検討・開発された。一方価格については、重防食塗装系はその優れた防食性能から塗替えまでの期間やその後の塗替え間隔などを考慮したライフサイクルコストでは安価と考えられたが、初期費用が高いことは採用にあたって障壁となる場合もあったため、材料の改良による低コスト化が検討された。これらの検討の結果、C-1からC-4系では下塗りが2回塗りとなっていたものが、材料の改良により1回塗りで同程度の膜厚を得られる塗装系が開発され、コスト削減が図られた他、上塗り塗装が最も耐候性の優れた工場塗装のふっ素樹脂塗料に統一された。これらの結果は、平成17年版「鋼道路橋塗装・防食便覧」のC-5系に反映され普及している。また、さらなるコスト削減に関する研究が民間会社との共同研究により実施され、従来の重防食塗料と同等の膜厚・防食性能を有しながら、塗装費用のより安価な塗装系として提案されている。





写真-3.1.5 東京湾横断道路におけるチタンクラッド鋼による防食の採用（赤線囲み部分）

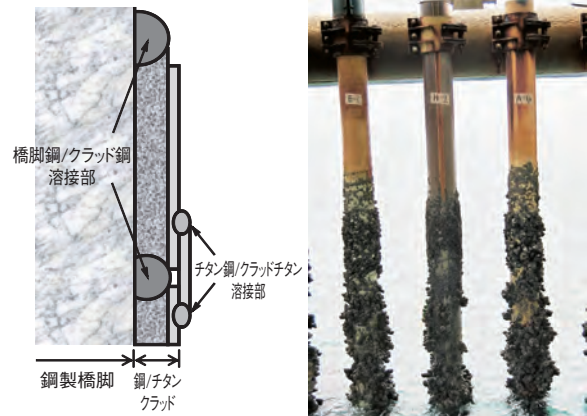


図-3.1.5 チタンクラッド鋼防食の構造（左）と長期耐食性試験供試体（右）

一方、平成2年版「鋼道路橋塗装便覧」では、一般環境や、やや厳しい環境の場合には、「一般塗装系」（鉛系錆び止め塗料とフタル酸系や塩化ゴム系の上塗り塗料を組み合わせ）が示されたが、いずれの場合においても、概ね10年程度で塗替えが必要となることから、その省力化が課題となっていた。重防食塗装系は一般塗装系に比べて防食性、耐候性などが優れており、塗替間隔も長くすることが期待できることから、これを一般環境で使用することで維持管理の労力軽減に寄与できることが確認され、平成17年版「鋼道路橋塗装・防食便覧」では、新設構造物については、重防食塗装系の適用を基本とすることとなり、鋼構造物防食の維持管理の軽減に寄与する結果となった。

海峡横断橋の下部構造の防食技術についても、研究開発が進められた。駿河湾にある海洋技術総合研究施設では、昭和59年に（社）鋼材倶楽部（現、（社）日本鉄鋼連盟）との間で海洋環境における鋼材の防食技術に関する共同研究が開始され、ここで得られた膨大な研究成果から、チタンクラッド鋼を主とする防食手法が優れた耐食性を発揮することが明らかとなり、東京湾横断道路の飛沫帯の防食に採用された。なお、この共同研究は現在においても継続して進められており、さらに長期の耐食性に関するデータ取得が継続実施されている。

チタンのような新しい材料の鋼橋防食への採用は、上部構造についても研究開発が進められた。鋼桁等の部材角部は十分な膜厚が付きにくく傷つきやすいなどの理由により、塗膜の弱点部となりうるため、特に角部の耐食性を向上させることは、鋼橋全体のライフサイクルコスト低減の観点から意義が大きい。そこで、角部などの塗装の弱点部の被覆にチタン箔を取り入れることで耐食性を向上させる技術開発が行われた。この研究ではチタン箔を貼り付けた塗膜の耐久性、チタン箔端部・損傷部からの腐食の進行、施工性などについて研究を行い、チタン箔シートの適用効果および適用法等を明らかにした。数橋で試験施工が行われた段階であるが、6年程度経過後においても良好な耐食性を発揮していることが分かっている。



## 3.2 維持管理（長寿命化・診断・補修・再開発）技術開発

### 3.2.1 鋼床版橋の疲労耐久性の向上

我が国の道路橋は、高度経済成長期と前後して1950～70年代に大量に建設されてきた。建設後50年以上を経過した道路橋が飛躍的に増加しつつあるが、高齢化が進む中、腐食、塩害、疲労、アルカリ骨材反応などの劣化損傷が顕在化してきており、供用性に重大な影響を与える事例も報告されている。厳しい財政事情の下で、橋の健全性を適切に評価し、予防保全の考え方を取り入れながら戦略的に維持管理するための点検、診断、補修・補強技術の研究開発が必要とされている。

鋼橋では、平成14年に改定された道路橋技術基準において疲労設計が導入される一方で、既設橋では大型車の交通条件の厳しい路線を中心に疲労損傷事例が多数報告されている。特に鋼床版では、供用安全性に影響を与える疲労損傷（写真-3.2.1）が確認され、土木研究所では、関係機関と連携しながら、損傷事例の調査・分析、実大鋼床版試験体を用いた輪荷重走行試験、FEM解析等により、損傷原因の解明、調査技術、補修・補強技術及び耐久性に配慮した構造細目の改良に関する調査研究を行ってきた。

鋼床版のデッキプレート内に進展するき裂（以下、デッキ進展き裂）は、進展するとデッキプレートの破断につながるが、舗装下に隠れているため目視による確認が困難である。また、溶接線に沿って長く進展していくと、舗装の損傷や路面の陥没を引き起こし車両の走行に支障を来すおそれがあることから、供用安全性の確保のためには出来るだけ早期に発見して対策を講じる必要がある。このため、民間（菱電湘南エレクトロニクス株式会社および三菱電機株式会社情報技術総合研究所）との共同研究により、き裂を検出するための調査技術として超音波探傷法を用いた非破壊調査手法の検討を行い、き裂の進展初期の段階で確実に検出できる信頼性を確保した超音波自動探傷装置を開発した。同技術については、現場での試行・検証（写真-3.2.2）を行うとともに、「鋼床版デッキプレート進展き裂の調査のための超音波探傷マニュアル



写真-3.2.1 鋼床版デッキプレートの疲労損傷



写真-3.2.2 開発した超音波探傷装置の現場試行



写真-3.2.3 SFRC 舗装の水張り状況下での輪荷重走行疲労試験

ル（案）」（土研資料、H21.3）をまとめており、既にき裂調査に適用されており、目視困難なき裂の検出に貢献している。

また、鋼床版の疲労耐久性向上技術の一つとして、既存の舗装を剛性の高い鋼繊維補強コンクリート（SFRC:Steel fiber reinforced concrete）舗装に置き換え鋼床版と一体化を図る対策技術を取り上げ、同技術の標準化を目指して、民間（（株）横河ブリッジ、（株）NIPPO、鹿島道路（株）、大成ロテック（株））との共同研究を行い、構造細目を検討するとともに輪荷重走行試験を用いたSFRCの耐久性等の検証を行った（写真-3.2.3）。また、SFRC舗装の適用に際しての基本的な考え方、使用材料、構造細目、施工方法等について、「SFRC舗装による既設鋼床版の補強に関する設計・施工マニュアル（案）」（共同研究報告書、H21.10）をまとめており、同マニュアルを参考にした施工が試行されている。

新設鋼床版の設計に関しても、国土技術政策総合研究所と日本橋梁建設協会との共同研究により、疲労耐久性の向上の観点から、デッキプレートの厚板化（従来の12mmから16mmに増厚）による構造の改良案を提案している。本研究成果は、平成24年に改定された道路橋示方書に反映されている。

### 3.2.2 トンネルの補修・補強技術

国内の道路トンネル数は年々増加しており、2010年4月現在でトンネル箇所数約9,900、総延長約3,700kmに達している。しかしながら、供用中のトンネルの中には、写真-3.2.4に示すように覆工コンクリートにひび割れ等の変状が認められるものがある。トンネル覆工の変状原因は、外力の作用によるものと覆工コンクリートの材質劣化に大別され、変状対策として用いられる補修・補強工の適用性や効果も発生原因によって異なる。外力によって変状が発生したトンネルに対しては、耐荷力を強化することを目的とした各種の補強対策が実施されているが、内空断面に余裕が無い場合に圧縮力に対しても十分な補強効果が期待できる補強対策がないのが現状である。また、従来から覆工コンクリートのはく落防止を目的とした補修工としては、代表的なものとして繊維接着工法がある。しかし、不透明な材料を用いた場合、一度対策工を実施するとその後の覆工コンクリート表面の観察ができないなど維持管理上の課題がある。



写真-3.2.4 覆工コンクリートの変状例

土木研究所では民間各社との共同研究を行い、内空断面に余裕が無い場合でも圧縮力に対して十分な耐荷力が確保できる内面補強工の開発および、対策工を実施した後も覆工コンクリート表面のひび割れ等の変状観察が可能な新しい材料等を用いた補修技術の開発を行った。

開発した各補強工に対しては、載荷パターンを想定した実大のトンネル覆工載荷実験を行い、その耐荷力および破壊形態を明らかにすることでその補強効果を把握した。土木研究所と民間各社が開発した補強工法は、①連続繊維メッシュ入り短



写真-3.2.5 トンネル補修工の施工



繊維混入モルタル内巻き工（内巻き補強材として、圧縮強度とじん性に優れた短繊維混入モルタルと、引張補強材として連続繊維メッシュを組み合わせた工法）、②部分薄肉 PCL 版設置工（建築限界を侵す可能性の高いトンネル肩部のみを薄肉化した鉄筋入りの超高強度鋼繊維補強コンクリートによる PCL 版）、③エキスパンドメタルまたは鋼板入り ECC 吹付け工（覆工内面にエキスパンドメタルを設置したのち高靱性繊維混入セメント（ECC：Engineered Cementitious Composites）を吹付け）、そして④ポリオレフィン短繊維混入コンクリート吹付け工である。

また、補修技術の開発にあたっては、供試体を用いた押抜き載荷試験を行い、耐荷性能を確認するとともに、補修後のコンクリート面の可視性について目視による経過観察を行った。土木研究所と民間各社が開発した補修工法は① NAV 工法および②光ネット可視工法である。代表的な例を写真-3.25 に示す。

開発した補強工法に関しては国道 47 号線鳴子トンネルで実際に供されているとともに、補修工法に関してはこれまでに適用された面積としておよそ 1 万  $m^2$  を超える 12 本のトンネルで使用されている。今後とも実現場での効果の確認を引き続き行うとともに、耐久性についての確認を行っていく必要がある。

### 3.2.3 トンネルの換気施設

交通量が多く、延長が比較的長い道路トンネルにおいては、利用者の安全性と快適性および円滑な交通を確保するために換気施設が設置されている。近年、自動車の性能向上や排出ガス規制の強化などにより、換気施設の設計に用いる自動車 1 台あたりの排出ガス量が経常的に減少してきた。また、自動車の形状の変化、軽自動車の保有台数の増加等、換気施設を取り巻く情勢が大きく変化してきた。

土木研究所では、近年の自動車からの排出ガス量の減少に伴い、これらを反映させた合理的な換気施設の設計が可能となるような取り組みとして、供用中の道路トンネルにおける実態調査を通して、自動車 1 台あたりの排出量の見直しを行うとともに、台上試験により速度勾配補正係数等の把握を行った。

その結果、平成 12～平成 19 年度に実施した供用中の道路トンネルにおける実態調査（写真-3.26）から、自動車 1 台あたりの排出量は、車道風速の測定の大変さなどの原因ではあるものの、自動車排出ガス規制の強化に伴い、従来の換気施設の設計に用いられていた値に比べて大幅に減少してきていることが認められた。これらの実態調査結果およびこれまで実施されてきた自



写真-3.26 実態調査の状況例

表-3.2.1 自動車 1 台あたりの煤煙排出量

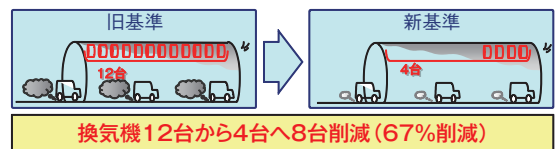
（単位： $m^2/km \cdot 台$ ）

新基準		旧基準	
大型車	小型車	大型車	小型車
1.5	0.3	5.1 (2.3)	0.5 (0.8)

※（ ）の値は高速自動車国道を対象  
（日本道路公団設計要領第三集（平成 14 年 9 月））

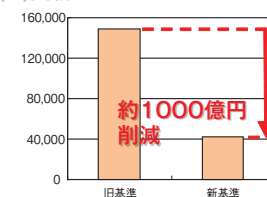
#### 削減効果の一例

[延長 2,000m の一般国道(対面通行)トンネルの場合]



有害成分(煤煙濃度)の状況は変化なし

#### (1)更新コスト



#### (2)整備コスト

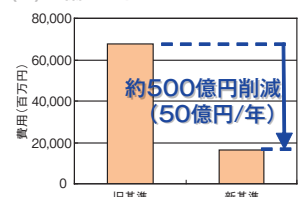


図-3.2.1 コスト削減効果



動車の排出ガス規制を踏まえて、表-3.2.1 に示すように自動車排出ガス規制を考慮した煤煙の1台あたりの排出量を提案した。

本研究成果は、道路トンネルの換気施設の合理的かつ経済的な設計を行うために技術的なよりどころとなっている「道路トンネル技術基準（換気編）・同解説」（（社）日本道路協会 平成13年10月）（以下、「旧基準」という）の自動車1台あたりの排出ガス量、速度勾配補正係数等の諸数値を見直し「道路トンネル技術基準（換気編）・同解説 平成20年版」（（社）日本道路協会 平成20年10月）（以下、「新基準」という）に反映され、現在、全国の道路トンネルの換気施設の設計に活用されている。コスト縮減効果に関する以下の試算結果等から極めて高い社会的効果が期待できる（図-3.2.1）。

- ・延長2000mの一般国道（指定区間）（対面通行）トンネルにおいては主要の環境を確保するためには旧基準では12台のジェットファンが必要であったが、新基準では4台のジェットファンで済み、換気施設が8台（約67%）も削減される。
- ・トンネル現況調査（平成20年4月）による道路種別毎の道路トンネル本数をもとに、①更新コストとして、旧基準で整備済みのトンネル換気施設が新基準により更新されると仮定した場合のコスト縮減額は約1072億円となる。また、②整備コストとして、過去10年間で整備されたトンネルが今後新設されるとし、旧基準と新基準によりトンネル換気施設が整備された場合のコストを比較すると、概ね約500億円の削減（1年間あたり約50億円削減）できる。

### 3.2.4 フィルダムの安全管理におけるGPSの利用

ダムの安全管理は、ダムが所期の機能を確実に発揮していく上での前提となる施設の安全性を巡視・計測等を通じて保持するという極めて重要な行為である。その技術的な基準は、（社）日本大ダム会議による「ダム構造物管理基準」（1973年）による明文化を経て、1976年に河川管理施設等構造令（政令）及び同施行規則（建設省（現、国土交通省））に定められている。

外部可動標的設置型GPSセンサーは、フィルダム堤体法面に設置されている測量用標的基礎などに設置する。測量用標的基礎に設置することで、GPSの計測結果と従来の測量結果のクロスチェックを行うことができる。土木研究所では、フィルダムのコアの変形を直接的に計測可能で、かつ管理車両の障害とならないGPSセンサーの設置形状として、写真-3.2.7に示す、測量標的用のマンホール内にGPSアンテナを格納する構造を開発した。また、積雪寒冷地対応としてマンホールふたへの着雪がGPS変位計測精度に及ぼす影響について検討した結果、圧雪にして10mm程度の着雪であれ



写真-3.2.7 天端埋設型GPS

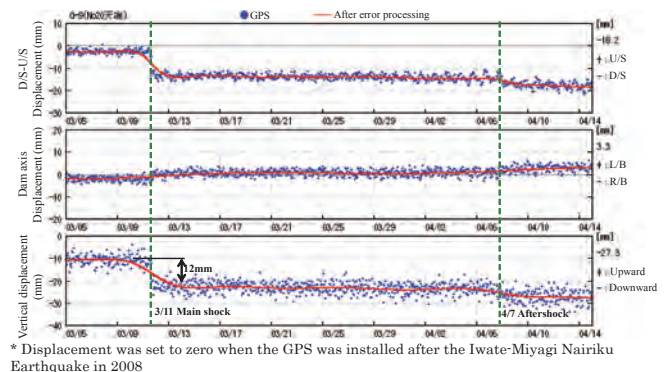


図-3.2.2 地震時の石淵ダムの変位計測結果

ば問題なく変位計測が可能であることが明らかにし、実ダムへの適用を行った。

また、GPS変位計測システムをフィルダムの外部変形計測へ効率的かつ効果的な適用を目的として、外部変形計測の重要測点選定の方法について検討を行った。このフィルダムの外部変形計測の重要測点の選定は、選定の過程で、設計・施工条件や、湛水後の各種計測データを総合的に整理・分析するものである。GPS変位計測システムは、石淵ダム（堤高：53m、国土交通省東北地方整備局）をはじめ多くのフィルダムに適用されている。石淵ダムでは、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において、図-3.2.2に示すように、本震と4月7日に発生した最大余震時の変形を高精度に、ほぼリアルタイムで計測することができ、維持管理技術、安全管理技術の高度化を実現した。本研究で得られた、GPSを用いた高精度な変位計測については、重力式コンクリートダムの変位計測へも適用を進めている。

### 3.2.5 鋼橋維持管理とインバイロワン

鋼橋塗装では定期的な塗替が必須であり、その維持管理における割合は大きい。鋼橋の防食塗装系には一般塗装系（鉛系錆び止め塗料とフタル酸系や塩化ゴム系の上塗り塗料の組み合わせ）と、重防食塗装系（ジンクリッチペイント下塗り、エポキシ系中塗り、ウレタン（またはふっ素）樹脂系上塗りの組み合わせ。防食性に優れ、塗替え間隔が長い。）がある。塗替えにおいては、それぞれ、もとの塗装系と同等の塗装系により塗り替えるのが通常であったが、維持管理低減の観点からは、既に一般塗装系で防食されている鋼橋においても、一般塗装系による塗り替えを行うのではなく、塗替の機会に重防食系に塗り替えるのが望ましい。しかし、一般塗装系から重防食塗装系への塗替にあたっては、一度すべての塗膜を剥離する必要があることが課題となっていた。塗膜の全剥離には通常、ブラスト法が使われる。珪砂や鋼球などの研創材を高速で吹き付けて塗膜を除去する方法であるが、粉塵や騒音など、作業員や周辺環境に与える影響が大きく、実施する場合の養生や現場管理、さらには大量の使用済の研創材の処理などもあり、採用できる現場・構造物は比較的限られていた。また、ブラスト法以外の手法としては、ディスクサンダーなどの動力工具を用いる方法もあるが、大面積を効率的に適用できる方法ではなく、また、得られる素地状態もブラスト法に比べて劣るなどの欠点があった。

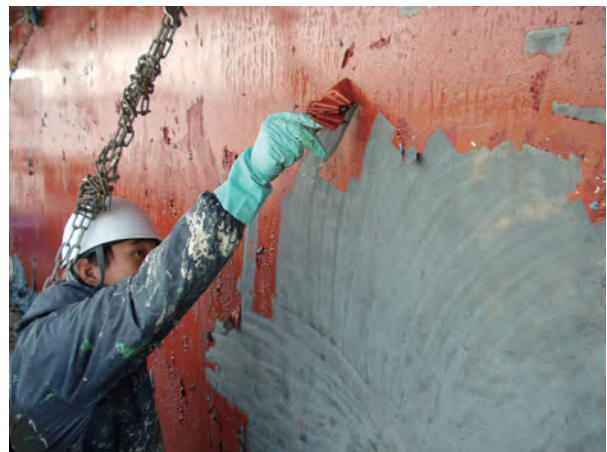


写真-3.2.8 インバイロワンによる塗膜剥離

上記の課題を解決する方法について研究を進め、民間会社との共同研究により開発に成功したのがインバイロワン工法である。インバイロワンは土木構造用の一般塗装系に適用可能な塗装剥離剤である。従来も塗装剥離剤はあったが、塩素系の溶剤をつかうものが主で、剥離性能や環境への影響などから土木構造用塗料では実用化されていなかった。インバイロワンはローラーなどで一般塗装系塗膜に塗布後、18～24時間程度放置することで塗膜内に浸透し、塗膜を軟化させる。軟化した塗膜はスクレーパなどで容易に剥離させることができる。一度に最大500 $\mu$ m程度の塗装系を除去可能である。高級アルコールを主成分としており、臭気や作業員への悪影響や騒音なども殆どなく、旧塗膜の安全・確実な回収が容易である。また、剥離作業後に重防食塗装系を再塗装するにあたって、水洗などをする必要がないことも研究によって明らかとなり、この工法の大きな特徴となった。

上記の課題を解決する方法について研究を進め、民間会社との共同研究により開発に成功したのがインバイロワン工法である。インバイロワンは土木構造用の一般塗装系に適用可能な塗装剥離剤である。従来も塗装剥離剤はあったが、塩素系の溶剤をつかうものが主で、剥離性能や環境への影響などから土木構造用塗料では実用化されていなかった。インバイロワンはローラーなどで一般塗装系塗膜に塗布後、18～24時間程度放置することで塗膜内に浸透し、塗膜を軟化させる。軟化した塗膜はスクレーパなどで容易に剥離させることができる。一度に最大500 $\mu$ m程度の塗装系を除去可能である。高級アルコールを主成分としており、臭気や作業員への悪影響や騒音なども殆どなく、旧塗膜の安全・確実な回収が容易である。また、剥離作業後に重防食塗装系を再塗装するにあたって、水洗などをする必要がないことも研究によって明らかとなり、この工法の大きな特徴となった。



これらの数々の特長から、周辺環境への影響が懸念される塗替工事や、旧塗膜に有害物質（例えば鉛やクロムなど）が入っている場合に、特に有効な手法として、その後広く採用されることとなり現在に至っている。旧塗膜に有害物質を含む場合にブラスト工法を採用する場合には、大量の有害物質を含んだ使用済研削材が廃棄物として発生するが、この処理費用は電動工具などによる場合の数倍になる。一方、インバイロワン工法による場合は、旧塗膜は塗布したインバイロワンとともに回収可能であるので、廃棄物発生量はブラスト工法に比べて1/20～1/10程度となり、コストを下げることができることが分かった（ブラスト工法に比べ84%向上）。また、現場から発生する粉じん量についても、ブラスト工法では180～200mg/m<sup>3</sup>、動力工具でも18mg/m<sup>3</sup>程度であるのに対して、インバイロワン工法による場合には0.5mg/m<sup>3</sup>程度と大幅に低減できることが確認された。これらの効果が評価され、本技術は第8回国土技術開発賞最優秀賞（国土交通大臣賞）、第2回ものづくり日本大賞（内閣総理大臣賞）を受賞するに至った。

### 3.2.6 コンクリート構造物の診断技術

我が国では、膨大な数のコンクリート構造物が社会資本として利用されている。これらの構造物を長期間にわたって利用していくには、定期的な点検・調査を行い、構造物に著しい劣化が生じる前に補修等を行っていくことが不可欠である。

コンクリート構造物の点検・調査手法には、①調査結果が構造物の性能を良く示していること、②精度が良いこと、③構造物に与える影響が少ないこと、④費用が少なくすむこと、といった点で優れていることが求められる。しかし、実際にはこれらの全てを満足する調査方法はないので、様々な調査手法の長所／短所を考慮し、点検・調査の目的に合致した方法を選定することが重要となる。

そこで、土木研究所では、日本構造物診断技術協会との共同研究（平成4～9年度、平成12～14年度）などを通じて、非破壊・微破壊試験方法を活用した既設コンクリート構造物の点検・調査手法について検討してきた。その成果は、「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル」としてとりまとめ、発刊した（図-3.2.3）。このマニュアルは、類書と比較して、実務上の利便性や調査・診断の経済性を考慮し、“定番”ともいえる調査項目・調査方法に内容を限定していること、調査の留意点や調査結果の誤差を紹介していること、調査による構造物への影響を軽減するため、非破壊試験を活用する方法について、記述を充実させたこと、などに特長がある。

その後、土木研究所では、上記の検討で得られた知見を活用し、塩害、アルカリ骨材反応などによって劣化した構造物の維持管理に活用すべく提案してきた。土木研究所が策定に協力した技術規準類として、平成20年4月に公表された「塩害橋梁維持管理マニュアル（案）」（橋梁塩害対策検討委員会、委員長丸山久一長岡科学技術大学教授）や、平成20年3月に公表された「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」（ASRに関する対策検討委員会、委員長宮川豊章京都大学教授）がある。



図-3.2.3 非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル



### 3.3 設計・施工の高度化・効率化のための技術開発

土木研究所では、様々な土木構造物等の合理的な設計・施工法を開発し、各種の基準類やガイドライン等の形でその成果を確立し、普及に努めてきた。ここでは、性能規定発注の支援への取り組み、新たな設計・施工法の開発および普及の取り組み、新技術・新材料の開発および普及の取り組みについて、代表的な例を紹介する。

#### 3.3.1 舗装工事の性能規定化

平成13年3月30日に閣議決定された「規制緩和推進3カ年計画」において「基準の内容が技術革新に対して柔軟に対応できるよう、仕様規定となっている基準については原則としてこれをすべて性能規定化しよう検討を行う」という政府全体の方針が示され、舗装工事についても、材質の名称（仕様）を挙げることで舗装構造を限定的に規定している現行規定を性能規定化し、「自動車の輪荷重（49kN）」に耐えうることを基本的な性能として、さらに「自動車の安全かつ円滑な交通を確保することができる構造」の舗装とすることとして、道路構造令が改正されるとともに、車道及び側帯の舗装の構造に関する省令が制定された。

土木研究所ではこうした背景を受け、従来の「アスファルト舗装要綱」、「セメントコンクリート舗装要綱」に代表される仕様規定に基づく（社）日本道路協会の技術図書を全面的に見直し、「舗装の構造に関する技術基準・同解説」をはじめとする、性能規定に基づく技術基準類の改訂に中心的な役割を果たしてきた。図-3.3.1に路面の機能と求められる舗装の性能の例を示す。

舗装工事に関する技術基準類の性能規定化以降、土木研究所では現場における性能規定発注を支援することを目的としてさまざまな性能評価法を提案してきた。

疲労破壊輪数は、舗装の性能のうち、その耐久性を示す最も重要な指標である。

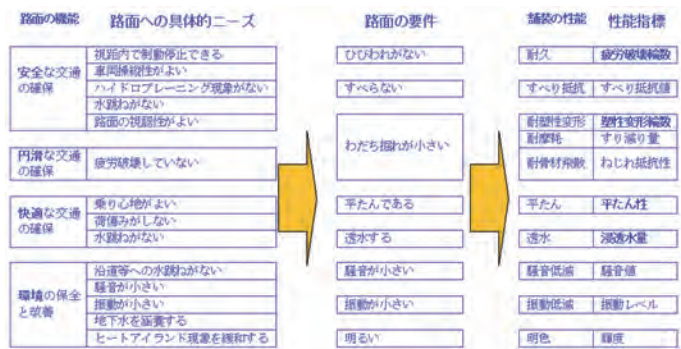


図-3.3.1 路面の機能と求められる舗装の性能の例

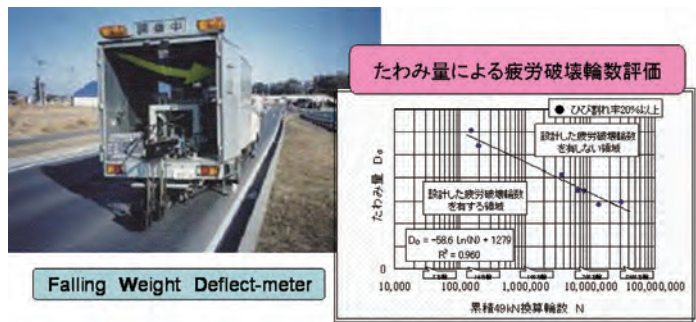


図-3.3.2 疲労破壊輪数の検討



写真-3.3.1 路面騒音測定車

土木研究所では昭和 60 年から全国 28 箇所において、FWD（衝撃式路面たわみ測定車）による路面のたわみ性状とわだち掘れ量やひび割れ率などの路面性状について追跡調査を実施しており、これまでに得られたデータから、施工直後のたわみ量により舗装構造の疲労破壊輪数を評価する方法を提案した（図-3.3.2）。

また、性能規定発注が実施され始めた初期の段階では、騒音低減性能を求める事例が多く、これを支援するためにさまざまな取り組みを行ってきた。まず、当初は特殊なタイヤを装備した騒音測定車でなければ騒音低減性能の評価はできないこととなっていたが、より汎用性を高めるために通常タイヤによる測定方法を提案するとともに、従来の特種車両との測定結果に差が生じないようにするため、土木研究所構内に騒音測定用の路面を設け、測定車のキャリブレーションも行っている。

このように、舗装工事の性能規定化を実現する上で土木研究所の果たした役割は大きく、今後も新たな性能評価法の提案などに取り組んでいくこととしている。

### 3.3.2 橋台部ジョイントレス構造の設計・施工法の確立

既設橋でみられる橋の維持管理上の課題の1つとして、桁端部や支承部の腐食や、伸縮装置の損傷などがある。このような課題に対応する方法の1つとして、橋台と上部構造を剛結して支承と伸縮装置を省略した橋台部ジョイントレス構造（門型ラーメン構造、インテグラルアバット構造）（図-3.3.3）の採用がある。この構造は維持管理の合理化のほか、地震時の落橋に至るリスクの軽減も期待されるため、今後の既設橋の更新需要等を考慮した場合、こうした構造の適用条件や設計法等を明らかにしていくことが重要となる。このうち、桁の伸縮に追従する機能を橋台の杭基礎が柔軟に変形することにより確保し、橋台と上部構造を剛結してジョイントレス化した構造であるインテグラルアバット構造は、米国で 1930 年頃に開発されて以来、欧米では普及が進んでいるものの、日本では設計法が体系的に整備されていないという課題があったため普及が進まない状況であった。

このため、構造物メンテナンス研究センター（平成 19 年度までは基礎チーム）では、平成 18 年度から 21 年度にかけて（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会、（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会、（一社）日本橋梁建設協会、（一社）建設コンサルタンツ協会とインテグラルアバット構造の設計法及び施工法に関する共同研究を実施した。この共同研究では、国内外の基準類や事例の調査を行い設計・施工にあたっての課題等を整理した上で、解析的な検討等を行い、適用条件、設計で考慮する荷重、解析モデルや抵抗要素の設定、橋台と基礎あるいは上部構造との接合構造などを検討した。

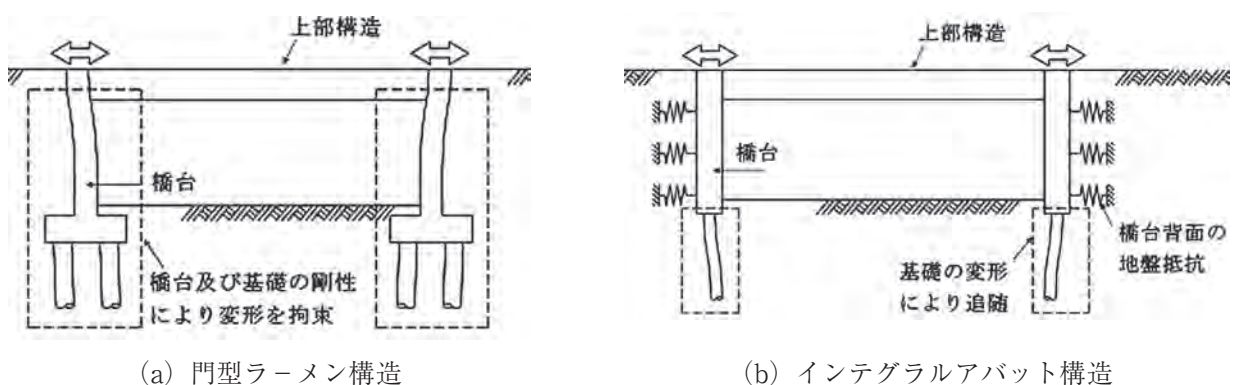


図-3.3.3 橋台部ジョイントレス構造の種類



特に、採用実績が多い欧米に比べて地震に対するリスクが高いという我が国の特性を踏まえ、本構造の最大の特徴である維持管理の観点のみならず、大規模地震時に対する耐震性の観点についての検討も行い、適用条件等に反映させている。

これらの検討成果は、インテグラルアバット構造の設計法及び施工法として体系化し、「インテグラルアバット構造の設計・施工ガイドライン（案）」として共同研究報告書に取りまとめた。なお、本研究の成果は、平成24年に改定された道路橋示方書下部構造編において新たに規定された「橋台部ジョイントレス構造」にも反映された。

### 3.3.3 情報化施工技術及び建設機械の自動化技術の推進

情報化施工は、建設産業の効率化・生産性に寄与する施工手法であり、設計時データ及び施工データを効果的に利用することにより品質管理を向上するものである。2000年代より、通信に関する規制緩和や通信技術の発展、位置特定技術の開発・普及などに伴い研究・開発が進み、測量機器を搭載した建設機械の導入が図られ、大規模な施工現場で活用推進されるものとなった。

近年は、河川土工や道路土工での盛土施工において、情報化施工技術を活用した施工及び施工管理が進められている。具体的には、ICT：情報通信技術（TS：トータルステーション,GNSS：全地球航法衛星システム）及び施工情報（2D,3D データ）を活用し、建設機械のマシガイダンスやマシンコントロールといった施工支援及び盛土の出来形や締固め状況等の施工管理が進められている。

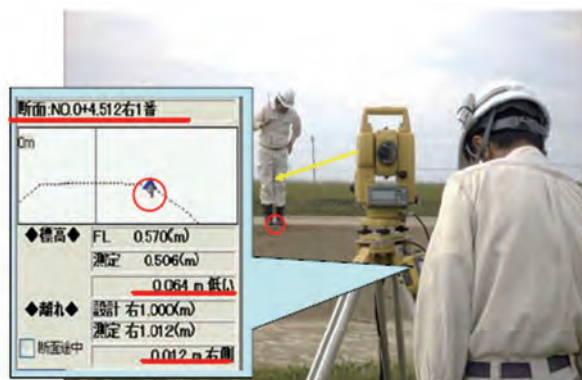


写真-3.3.2 TSによる出来形管理



写真-3.3.3 締固め回数管理

土木研究所技術推進本部先端技術チームにおける情報化施工技術への取組に関しては、昭和45年度（旧建設省土木研究所機械研究室時代）より、建設機械を用いた施工技術に関する研究として、「建設機械の自動化に関する調査試験」「建設機械の制御システムに関する研究」を進めており、現在、建設機械のマシンコントロール・マシガイダンス技術の基礎となる建設機械の自動化・ロボット化技術に関する研究を進めている。

また、近年情報化施工技術の普及を進めるうえで、一定以上の規模や現場内でのコスト償却が可能であることを前提として開発されシステムが多かったため、他現場へのデータ互換は考慮せず、使用するデータ定義も非公開だったため転用できないなどの課題を解消するため、情報化施工時に利用するデータの交換標準に関する研究を進め、平成20年12月にISO（国際標準化機構）事務局より承認を受けたISO15143 Worksite data exchange「Part1:System architecture」「Part2:Data dictionary」が制定され、情報化施工技術推進に寄与している。





写真-3.3.4 建設機械の自動制御技術の研究



写真-3.3.5 建設機械の遠隔操作技術

### 3.3.4 低改良率セメントコラム工法（ALiCC 工法）の開発

軟弱地盤対策において、セメントなどの改良材を用いた地盤改良の果たす役割が大きくなってきたが、軟弱地盤が厚い場所の盛土造成等で、大規模な地盤改良が必要となるなどの問題があり、設計法の合理化が強く求められていた。土木研究所では平成10から14年度に基礎地盤コンサルタンツ(株)、(株)キタック、不動テトラ(株)とともに共同研究に取り組み、従来よりも面的に低い改良率で盛土の安定や沈下抑制を図る「低改良率セメントコラム（ALiCC）工法」を開発した。平成18年12月には「地盤改良のためのALiCC工法マニュアル」（土木研究所法人著作）を発刊し、平成20年3月にALiCC工法研究会を設立し、工法の普及、設計及び施工技術の向上を図っている。

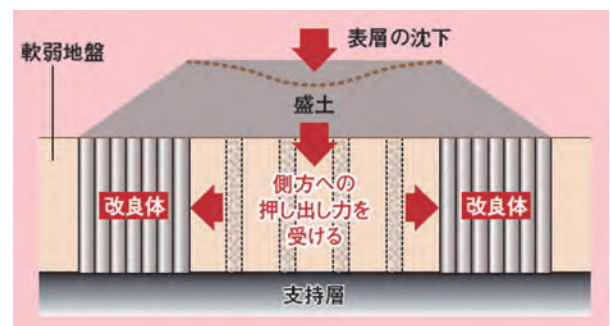


図-3.3.4 従来の改良形式について

深層混合処理工法による軟弱地盤対策はそれまで、図-3.3.4のように盛土の両サイドののり面下を集中的に改良する形式（改良率50%以上）が主体であった。これは「盛土の安定を図る上でもっとも効果的なのは、のり面下の改良である」という円弧すべり安定計算からの結果に基づくものであった。

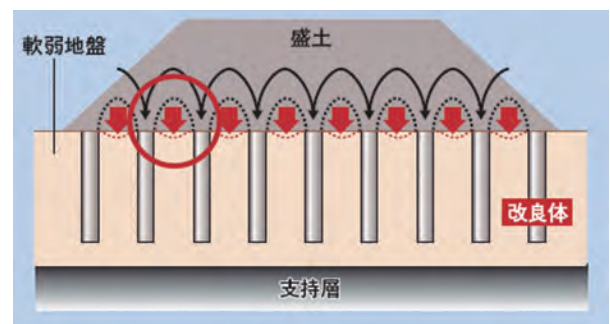


図-3.3.5 ALiCC工法における盛土の改良形式

また、盛土周辺への側方変形の抑制という観点からも、長い間この改良形式による対策が主流となっていた。しかしながら、改良の行われていない盛土下中央で大きな圧密沈下が生じ、これにより、のり面下の改良柱体が外側に押され、盛土周辺部に側方変形が起きたり、また、改良部と無処理地盤部との不同沈下によって段差が発生し、盛土内に亀裂が生じるなどの問題も起きることもあった。

低改良率セメントコラム工法（ALiCC工法）は、図-3.3.5に示すとおり、深層混合処理等により盛土下に全面的にくまなく、従来の深層混合処理工法に比べ低い改良率（改良対象区域全体の面積に対する、改良柱体の杭頭部分の面積の割合）となるよう、セメント系の改良柱体を造成することを特徴とする工法であり、改良率10～30%を想定している。改良方式には改良柱体を支持基盤に着底する「着底型」と、着底しない「浮き型」の2つのタイプがある。

共同研究のなかでALiCC工法の効果を実大で確認するため、試験盛土を行った。現地は有明海沿

岸道路の現場で、厚さ10m程度の軟弱地盤上に、浮型のセメントコラム工法（浅層改良併用の平面改良率21%）を適用し、高さ8mの盛土を構築した。その結果、総沈下量が30cm程度に収まり、改良による荷重の深部への伝達により、特に表層部の軟弱層の沈下及び変形抑制に対する有効性が確認できた。また、盛土完成直後（盛土開始後3ヶ月）にほぼ沈下が収束するなどの、残留沈下の低減にも有効であることが確認された。

### 3.3.5 杭と地盤改良を併用した橋梁基礎の合理化技術（複合地盤杭基礎）の開発

積雪寒冷地に広く分布する泥炭性軟弱地盤は、高有機質で極めて特異な工学的性質を有することから、積雪寒冷地特有の困難な問題として現在まで建設工事の著しい障害となってきた。泥炭性軟弱地盤は脆弱であり、その地盤に施工する下部工・基礎は大規模化が余儀なくされ、極端な場合には構造物基礎の設計法が成立しないケースもある。また、基礎の地震時変形も比較的大きく、耐震性の確保が大きな課題である。そのため、泥炭性を含む軟弱地盤において構造物基礎の建設コスト縮減および耐震性能を考慮した新技術の開発が求められていた。

このような状況に対処するため、基礎の補助工法として、軟弱地盤及び液状化が想定される地盤に施工する杭の頭部周辺に、主に固結工法による地盤改良を併設し、基礎の縮小化と同時に耐震性の向上を図る複合地盤杭基礎を研究開発した。泥炭性軟弱地盤において従来工法で杭基礎を設計した場合に、杭許容水平変位量（通常道路橋では15mm）を確保させるため非常に多くの杭本数となるが、複合地盤杭基礎を用いることで杭本数を大幅に減じることができ建設コスト縮減が可能となる（図-3.3.6）。また、現行設計法が求める所要の杭基礎の耐震性も確保される。

一連の現場載荷試験および遠心力模型実験、非線形有限要素法などの数値解析による検証から、複合地盤杭基礎に関する基本設計法および耐震照査手法を概ね確立した。ただし、本手法では杭の要求性能の確保と固化改良体の健全性評価のため、内的小および外的安定が技術的懸案となる。そこで、固化改良体の諸元を変化させた大規模模型実験を実施し、非線形有限要素法解析でシミュレーションすることで基礎の力学挙動および限界状態を照査した。その結果、杭の複合地盤設計法の成立のためには、固化改良体の深さを杭特性長 $1/\beta$ を基本とし、改良強度を工学的根拠に基づき所要の基準値内（一軸圧縮強さ $q_u=200\sim 500\text{kN/m}^2$ ）とする必要があることを確認した。また、固化改良体の健全性を確保させ同時に杭の設計法を適応するための照査指標として、水平地盤反力度照査や杭許容水平変位量を杭径0.5%に低減設定する必要性を確認した。これらの設計ルールおよび施工カルテを中心と

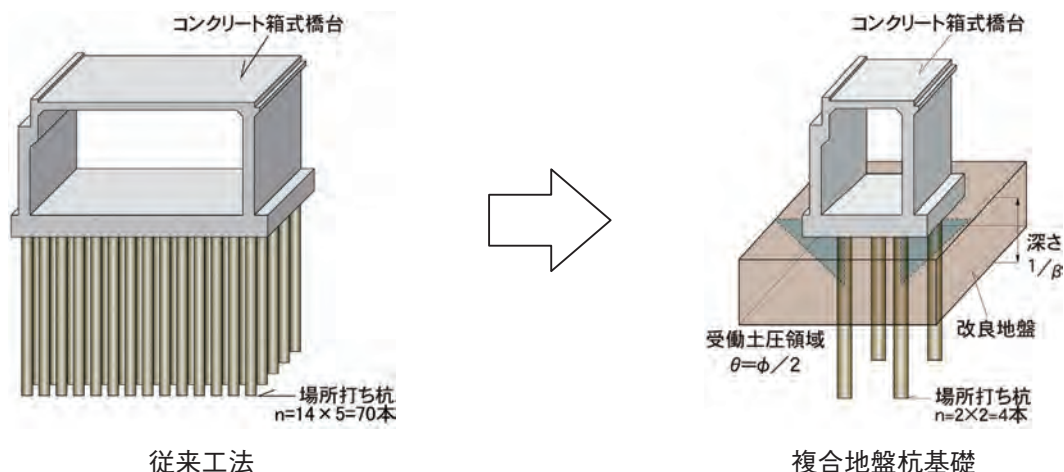


図-3.3.6 従来工法と複合地盤杭基礎の比



して施工管理法を整備することで、実務者のための「北海道における複合地盤杭基礎の設計施工法に関するガイドライン（平成22年4月）」を発刊した。

複合地盤杭基礎は、国土交通省北海道開発局の軟弱地盤及び液状化が想定される地盤における事業を中心に、平成23年度までに20現場で採用されている。現場条件に応じて10～45%のコスト縮減が実現するとともに、基礎の耐震性の向上に貢献している。

### 3.3.6 効率的な下水汚泥の重力濃縮技術（みずみち棒）の開発

下水処理における汚泥の濃縮プロセスは、下水汚泥処理の最上流に位置し、その成績によっては後段の消化や脱水プロセスだけでなく、返流水を通じて水処理にまで大きな影響を与える重要なプロセスである。従来は重力濃縮が主たる手法であったものの、汚泥性状の変化により濃縮成績が悪化する傾向にあり、機械濃縮に切り替える処理場が増えてきた。しかしながら、下水道事業の財政は厳しく、汚泥処理においても性能を確保しつつコスト低減を図ることが求められていた。

旧土木研究所汚泥研究室及び現リサイクルチームでは、平成4年度より機械濃縮に比べ消費電力が少なく、ランニングコストでも有利な重力濃縮について検討を行ってきており、濃縮槽内に設置して濃縮性を改善するための装置である「みずみち棒」を開発した（写真-3.3.6）。本装置は槽内の掻き寄せ機に鉛直の棒を設置するとともに、可変速として運転の自由度を高めたことに特徴があり、新設のみならず既設の濃縮槽にも適用可能な、単純・安価な設備である。特許第3321606号（スラリーの重力濃縮方法）（平成12年度出願）および特許第3521232号（スラリーの重力濃縮装置）（平成14年度出願）として認められている。

重力濃縮は、濃縮槽内において汚泥粒子が重力により液体中を沈降し、底部に堆積した汚泥を引抜くことによって濃縮する手法である。汚泥粒子の沈降速度は粒子の間隙における液体の通過抵抗に左右される。粒子の沈降に伴って間隙が狭くなると、液体の通過抵抗が増加し、粒子の沈降速度が減少する。そのため時間の経過とともに濃縮の効率は悪化してしまう。そこで汚泥中に鉛直方向の「みずみち」を形成する棒を存在させると、汚泥粒子の間隙における液体の通過抵抗が局所的に緩和され、粒子群の沈降速度が向上する（図-3.3.7）。効率的にみずみちを作り出すためには、濃縮槽内に多数

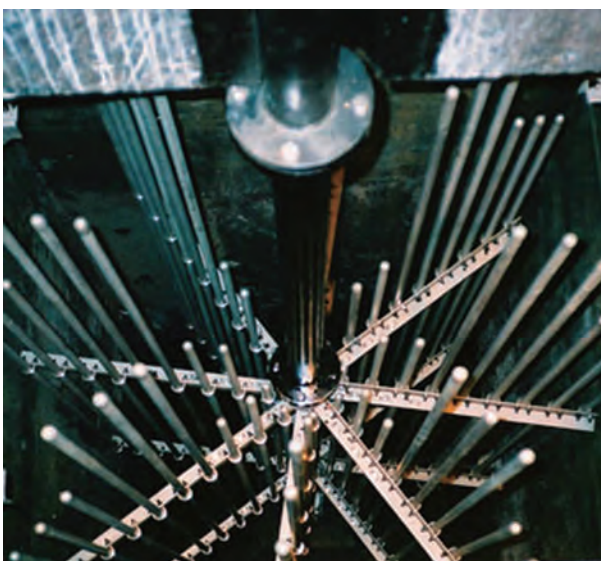


写真-3.3.6 みずみち棒の導入

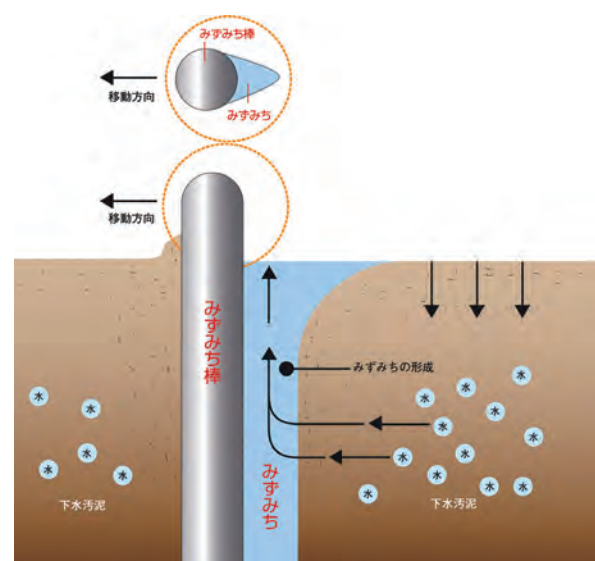


図-3.3.7 みずみち棒の原理



のみずみち棒を配置し、ゆっくりと動かすことが必要となる。

平成24年2月現在、この技術を導入した重力濃縮槽が、北海道から九州に至る全国10都市で稼働中である。実際に、汚泥の沈降性の向上、引き抜き汚泥濃度の安定化、スカム抑制などの効果が報告されている。「平成23年度みずみち棒を用いた重力濃縮技術検討会」を土木研究所にて開催し、導入自治体関係者からも意見を頂き、平成23年10月には、「みずみち棒導入に関する技術資料集（案）Ver.2.0」を公開した。

### 3.3.7 河川・ダム施設への防食材料の適用

河川・ダム施設は、洪水調整や灌漑用水・飲料水・工業用水の確保や発電など、国民の生命・財産の保全ならびに生活・生産活動に欠かせない施設である。これらの施設の鋼構造物は、水を制御したり利用するための重要な施設であり、複雑な構造をした多数の部材で構成されているものが多く、また常時水に漬かっているなど、厳しい腐食条件にさらされていることも多い。さらに、その維持管理は雪解けや洪水期には行えないなど、期間が限定されることが多く、施設の機能を長期間にわたって維持するために必要な設計が求められていた。

このため河川・ダム施設には、耐食性の高い材料として、1950年代から既にステンレス材料が適用され始めてきた。しかしながら、ステンレス材料は適切に使用されないと、かえって周囲の普通鋼材の腐食を促進したり、条件によってはステンレス材料がもらい錆やすきま部腐食を起こすことがあることから、ステンレス材料の特性に適した防食設計技術の高度化に関する研究が必要となっていた。

このような背景から、ステンレス材料の河川・ダム施設への適用のための設計技術確立を目指して、七ヶ宿ダム湖および江戸川水門における長期暴露試験を実施し、淡水・汽水環境を主とした河川・ダム環境におけるステンレス材料の腐食特性に関する研究を実施した。室内試験の結果もあわせて成果のとりまとめを行い、河川・ダム施設にステンレス材料を用いる場合の適用技術を取りまとめた「河川・ダム施設防食ガイドライン（案）ステンレス材料編」として提案した。

河川・ダム施設の耐食性向上に寄与できる材料はステンレス材料だけではなく、この他にも、アルミニウム合金材料、FRPなどの適用可能性が考えられたことから、これらの材料の河川・ダム施設への適用性についても、暴露試験を中心とした検討を実施した。また、電気防食技術は海水中では主たる防食技術であるが、淡水・汽水環境が中心の河川・ダム施設での適用性はあまり明確とはなっていない。このため電気防食の河川・ダム施設における適用方法についても、実際の河川環境における実験を中心とした検討を行い設計法の確立に取り組んだ。さらには、鋼製河川・ダム施設の防食塗装系の性能向上に関する研究にも取り組み、塗装系の提案を行った。これらの成果は「河川・ダム施設防食ガイドライン（案）」の各編などにとりまとめられるとともに、「ダム・堰施設技術基準（案）」、「機械工事塗装要領（案）」などにも反映されている。

一部の屋外暴露試験は現在も継続して実施されていることから、今後は、これらの結果をもとに技術のさらなる高度化を図るとともに、防食材料の試験評価方法、効果の検証方法など向上に努める計画である。



写真-3.3.8 江戸川水門での暴露試験

### 3.4 先進的道路交通システムの開発

発展の著しい ICT（情報通信技術）を活用し、さまざまな産業分野の高度情報化が図られる中で、1990年代に入って道路交通の高度情報化が世界各国とも重要な政策として位置づけられた。日本においても、平成7年に政府の「高度情報通信社会に向けた基本方針」の中に道路交通の情報化が含まれ、道路交通に起因する20世紀の負の遺産ともいえる交通事故、渋滞、環境問題を抜本的に解決するため、21世紀に向けて次世代の高度道路交通システム（ITS: Intelligent Transport Systems）の研究開発が進められた。そのマスタープランである「高度道路交通システム推進に関する全体構想（ITS全体構想）」をまとめたのが平成8年7月であり、最先端の情報通信技術を用いて人と車と道路を結び、道路交通の安全性、効率性、快適性を向上させ、加えて環境保全に資する道路交通システムの研究開発と実配備に本格的に取り組み始めたのである（図-3.4.1）。

ITS全体構想は、21世紀初頭までの展開を目指して、9つの開発分野（ナビゲーション、ETC、安全運転支援、交通管理、道路管理、公共交通、商用車、歩行者、緊急車両）とそれぞれ想定する利用者サービスを示したものである。

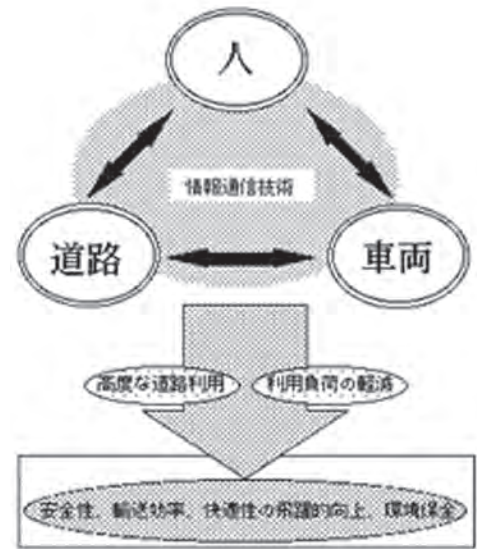


図-3.4.1 ITSのシステム概念図  
（出典：ITS全体構想）

#### 3.4.1 VICS（道路交通情報通信システム）

VICS（Vehicle Information and Communication System）は、路側に設置されたビーコンやFM多重放送により、車載のナビゲーションシステムにリアルタイムで、渋滞情報、所要時間情報、工事・規制情報、駐車場情報等を提供するシステムであり、平成8年4月にサービスを開始した（図-3.4.2）。これは、昭和61年に土木研究所が民間との共同研究で取り組んだ路車間情報システムの研究開発が実用化したものである。提供する情報は、各都道府県警察や道路管理者の情報をリアルタイムで（財）日本道路交通情報センターに集め、これに駐車場の満空情報等を加えて、VICSセンターで5分毎の処理・編集を行っている。



図-3.4.2 VICS（電波ビーコンからの情報提供）



ドライバーの経路選択行動を支援することで交通流を分散し、交通の円滑化が期待できるが、当時は首都高速道路で VICS が 20% 普及したと仮定し、朝のピーク時間帯（7:00～10:00）の渋滞量（走行速度が 20km/h 以下となる時間×km）が約 10% 削減されるというシミュレーション結果が出されていた（東大生産技術研究所のモデルを用い（財）道路新産業開発機構が推計）。これは年間約 300 億円の経済損失の軽減に相当する。全国でのサービス展開に伴い、平成 23 年度時点で累計約 3400 万台の普及となっている。

### 3.4.2 ETC（自動料金収受システム）

ETC（Electronic Toll Collection System）は料金所において、通行車に装着した車載機器と料金所ゲートに設置した路側システムとの間で、車の通行や料金に関する情報を無線通信により交信し（使用周波数帯 5.8GHz、伝送速度 1Mbps）、自動的に料金の収受を可能にするシステムである（図-3.4.3）。ETC 導入前の日本道路公団（当時）の道路構造別渋滞発生状況を見ると、料金所部が渋滞発生時間の 35% を占めており、最も発生頻度が高かった。このため、料金所の渋滞緩和とキャッシュレス化に対応したサービスの向上、道路管理コストの低減を目的とした ETC の研究開発を道路関係公団（当時）及び民間との共同研究により進め、平成 8 年の土木研究所テストコースでの検証実験を通して、平成 9 年の小田原厚木道路・小田原料金所、東京湾アクアラインでの試験運用につなげた（図-3.4.4）。人手による料金所の処理能力は、約 230 台/レーン・時間であるが、土木研究所テストコースでの実験結果等により、ETC に置き換わると約 1000 台の処理能力があることが確認された。

当時、海外において導入されている ETC は、道路事業者毎に独立に運用されており、規格も異なっていることから、相互の利用ができないなど利便性に課題があった。日本の有料道路は、各道路管理者により、対距離料金制と均一料金制、料金の前納・後納方式、車種区分の相違などによる複雑な料金体系となっていたが、すべての有料道路で共通に利用が可能なシステムとして開発を進め、さらに高い通信精度、セキュリティ、プライバシーの確保なども開発の目標とした。全国でのサービス展開に伴い、平成 23 年度時点で累計約 4900 万台が普及し、全国の高速道路での利用率も 90% 近くに達している。料金所での渋滞がほぼ解消しているほか、その後の ETC 専用のスマート IC 構想につながるなど、高速道路の利便性を大いに高めている。

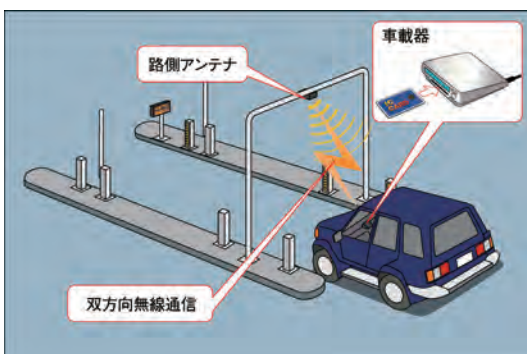


図-3.4.3 ETC の仕組み

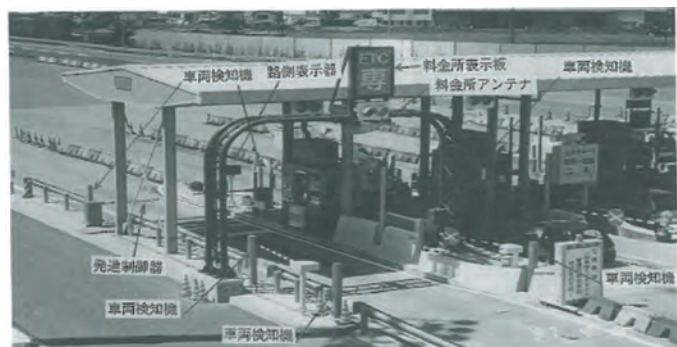


図-3.4.4 ETC の試験運用（小田原料金所）



### 3.4.3 AHS（走行支援道路システム）

走行支援道路システム（AHS: Advanced Cruise-Assist Highway Systems）は、道路・車両の各種センサにより自車周辺の走行環境を把握し、状況によってドライバーへの危険警告や車両制御等の運転支援を行い、安全運転の支援、道路利用の効率化を図ろうとする新しい道路交通システムのコンセプトの提案である。



磁気ネイル

図-3.4.5 供用前の上信越道での実験

土木研究所では、民間との共同研究により、前方道路危険警告機能、車線逸脱防止機能、衝突回避機能等の要求機能を明確にすることで、車両との双方向通信を含めた道路インフラ側のシステム開発を進め、平成7年には土木研究所テストコースで、平成8年には開通前の上信越自動車道で世界初の路車協調による安全走行システムの公開実験を行い（図-3.4.5）、その技術的可能性を明らかにした。双方向通信には漏洩同軸ケーブル（LCX）を用い、車の横方向の制御には車線中央に埋めたレーンマーカー（磁気ネイル）からの磁界信号を活用した。また、道路側のCCDカメラで停止車両などを自動認識するシステム開発も行った。

	現状	AHS - i	AHS - c	AHS - a
情報				
操作				
責任				

図-3.4.6 AHS-i,c,a

当時のアイデアとしては、システムの段階的な導入および進化を視野に入れ、またシステムの介入度合い、車両を制御する責任という観点から、図-3.4.6に示す3つのレベルを基本コンセプトとした。情報提供レベル（AHS-i）においては、ドライバーの視覚支援、注意喚起などを行うことにより、安全性の向上が期待できる。車両制御支援レベル（AHS-c）においては、ドライバーの操作ミスをカバーできるため安全面への効果は更に広がり、また、当時既に実用化されていたアダプティブクルーズ（先行車との適切な車間距離を維持して追従するシステム）を活用すれば、ドライバーの制御遅れが原因の渋滞を低減させる可能性もある。自動走行レベル（AHS-a）では、システムがドライバーの運転負荷を軽減させることができるようになり、快適性に貢献でき、また、理想的な車両の運行を可能にし、輸送効率面、環境面において効果があると考えた。

AHSの研究開発は、平成23年から全国サービスが始まった路車間の双方向通信をベースとしたITSスポットサービスの基本技術となっている。

### 3.4.4 システムアーキテクチャ

平成8年にITS全体構想がまとめられたが、それ以前にITSのサービスが展開していなかった訳ではない。道路交通情報システムということでは、路側の変可情報板、図形情報板、道路情報ラジオ（ハイウェイラジオ）などの情報化が、ITSとは呼ばれていなかったものの着々と進められていた。道路情報ラジオ

も土木研究所での研究成果である（研究名は「路側放送システムに関する研究開発」）。VICS、ETCも含め、わが国では個々のアプリケーションの研究開発や実配備が先行しており、ITS全体の構造を描いてみるという取組みが弱かった。ITSは大きな社会システムであり、このまま個々のアプリケーションに着目した開発を進めていくと、道路側にも車内にも装置があふれるのではないかと強い危惧があった（図-3.47）。ITSではたくさんの利用者サービスを実現したいのだが、システム上では共通する部分も多いと想定されることから、システムアーキテクチャの策定を進めた。

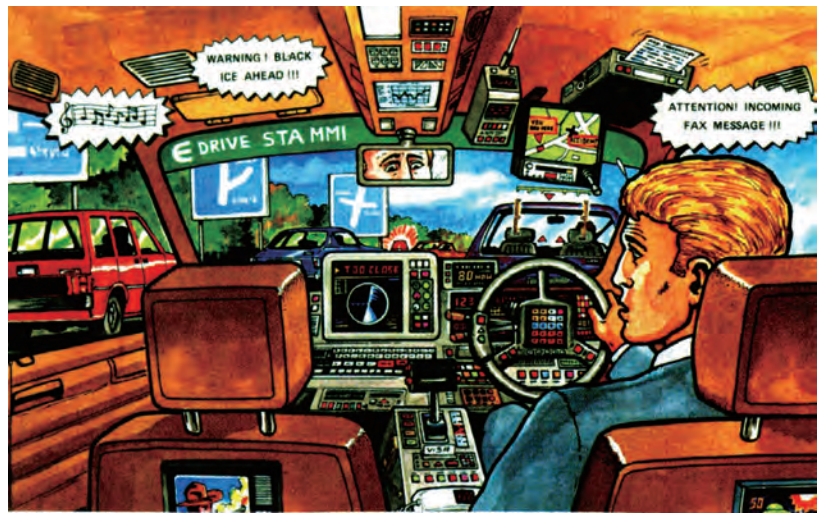


図-3.47 共通的な基盤がない車内

システムアーキテクチャとは、図-3.48に示すように、システムとしての額縁の中に複数の要素とその関係の構造を表現した絵のようなものである。広範囲で大規模なシステム全体の構造を見渡すためのツールとして有効であり、ITSの場合、道路利用者にサービスしようと考えているシステム全体の構造を示すものである。ITSアプリケーションの間で機能や情報を共有化すべき部分を明確にし、各システムの統合化やシステム間の互換性、拡張性を確保するほか、社会ニーズの変化や技術変化に対する柔軟性、拡張性やITSとつながる高度情報通信社会との接続性の「見える化」に役立つものである。

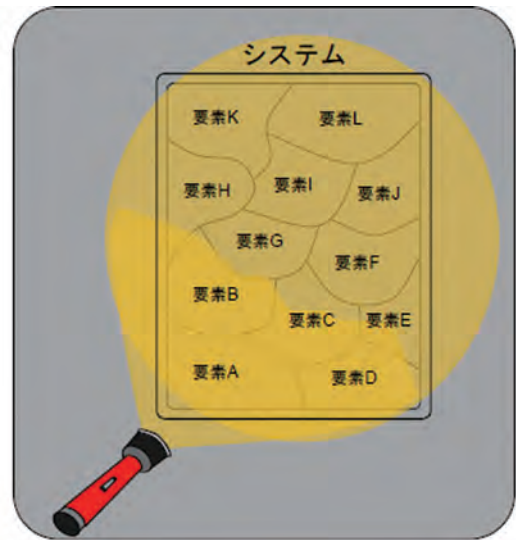


図-3.48 システムアーキテクチャ

システムアーキテクチャには、国内・国際標準化項目のあぶり出しと優先順位についての重要な情報が含まれており、標準化活動と密接な関係にある。ITS全体構想をまとめたことでシステムアーキテクチャの策定も可能になり、国際標準化活動を含めその後の方向性を示すことになったのである。システムアーキテクチャの作成手順としては、まずITSの9つの開発分野ごとに21（当初は20）の利用者サービスを対応させ、さらに細分化した56の個別利用者サービス、172のサブサービスを体系的に設定し、それぞれの内容を詳細に定義した。その上で、論理アーキテクチャ、物理アーキテクチャを組み立てていった。システムアーキテクチャの分析手法としては、部分的な変更・拡張が容易になるよう、従来の構造化分析手法を改良、発展させたオブジェクト指向分析手法を採用した。

### 3.4.5 国際動向

第1回のITS世界会議が開催されたのは、平成6年（1994年）のパリである。ISOが平成4年、PIARC（世界道路会議）が平成8年、OECDが平成10年にITSの議論をスタートさせた。当初に欧



表-3.4.1 平成8年における ITS の進捗比較

項目	米国	欧州	日本
資金	1992 年以來強力 将来は ISTEА の再授權へ 依存	1980 年代以來強力、しかし 頓挫 将来は第 5 次 FP へ依存	1960 年代以來強力 1996 年以來研究開発に特に 出資
組織	強力 (USDOT-ITSJPO、 ITS アメリカ)	ゆるやか (ERTICO) 国単位の組織設立の動き	ゆるやか (VERTIS) 省庁間連絡会議が強力に主 導
研究開発	1992 年以來拡大	1980 年代以來拡大	1960 年代以來拡大
システムアー キテクチャ	1996 年に完了 1995 年に 29 の利用者サー ビス策定	汎欧州 S/A 構築に苦慮 S/A 記述方法に合意	S/A 開発中 1996 年に 20 の利用者サー ビスに合意
標準化	1996 年以來活動加速 44 件の標準化ニーズ優先順 位付け	強力 (1991 年に CE/TC278 が活動開始)	1993 年以來 ISO/TC204 に 貢献 国内統一がすでに完成
市場	市場への浸透は遅いが着実	市場への浸透は遅いが着実	市場への浸透顕著 1996 年までに車載の経路誘 導システムを 180 万台販売
将来の計画	全米 ITS プログラム計画 など	T-TAP など	ITS 全体構想

出典：「ITS 日米欧 3 極比較レポート PRAT II、ITS アメリカ、1997 年 6 月」より一部抜粋

米との比較分析を行い、研究方針の立案に役立てた（表-3.4.1）。大まかに言えば、当時日本はカーナビゲーションシステムなどの個別システムの研究開発が進んでデータに対し、欧米ではシステムアーキテクチャや標準化に関わる分野の研究で先行していた。さらに欧州は道路交通に加えて鉄道等の多様なモデルに視点を当てていた。国際的な商品に関わる研究開発において、わが国の国際社会へのアプローチを戦略的に進めるためには、それぞれの研究開発の世界の中での位置づけをしっかりと捉えておくことが重要である。その中で、世界をリードする研究、競争する研究、協調・協力する研究、支援する研究などの姿が明らかになってくる。国際商品の代表格ともいえる自動車の研究開発は、まさに熾烈な競争環境に置かれている。一方、ITS は車との関連で国際的な商品であるが、少なくとも路車協調のインフラに関わる研究開発においては、国際的な協調がとれるよう関係者相互が努力している。ETC の国際標準化も国内体制を整備し、国際的な対応を進めてきたのである。

ITS 分野の研究開発は、日本、米国、欧州が世界をリードしており、この関係を強化するため、国土交通省は、平成 22 年 10 月に米国運輸省と平成 23 年 6 月に欧州委員会情報社会メディア総局と協力覚書を締結した。これは、相手側の取組みを踏まえて共同研究分野を特定し、路車協調システムの研究開発や評価などについて情報共有するとともに、相互運用を可能とする世界的に解放された標準を目指すものである。なお、欧米は平成 21 年 11 月に相互協力を謳う共同宣言を出している。路車間協調の流れは、引き続き大きな研究開発の柱である。欧米の動向をみても、C2X の概念で路車間 (C2I)、車車間 (C2C) の協調システムの研究開発が重点的に進められている。平成 21 年に欧州委員会が承認した「ITS Action Plan」、同じく平成 21 年に米国運輸省がスタートさせた「IntelliDrive<sup>SM</sup>」(2011 年に「Connected Vehicle」に改称) もインフラ協調システムの研究開発を前面に出している。

アジア諸国の道路交通問題に ITS を展開していくため、平成 8 年に「アジア太平洋 ITS セミナー」がスタートした。そのときの日本からの提案は、ITS 導入計画づくりの支援、ITS に関する国際動向に関する情報提供、ITS セミナーの開催支援、研修生等の受け入れ、研究開発や実配備に関する協力



であった。平成22年5月にまとめられた国土交通省成長戦略（国際展開・官民連携分野）の中では、ITSについて「アジア向け機能限定・低価格ITS」等相手国に合わせた商品・技術の開発や市場戦略、マレーシア、インドや日本の投資対象国におけるITS規格への日本方式の基準採択に言及されている。アジアへの展開はまさにこれからである。

### 3.4.6 スマートウェイ（知能道路）計画

平成11年6月にスマートウェイ推進会議（委員長：豊田章一郎）から「スマートウェイの実現に向けて」の提言が出されたのを受け（図-3.4.9）、ITSの様々なサービスを実用化していくため、車やドライバー、歩行者等多様な利用者との間で様々な情報のやりとりを可能にする道路（スマートウェイ）というコンセプトを打ち出した。さらに、平成16年8月には同推進会議から提言「ITSセカンドステージへ」が出され、ITSの各システムを融合、連携させ、スマートなモビリティ社会を実現するという方向が示された（図-3.4.10）。

平成23年8月から全国展開されたITSスポットサービスは、カーナビ、ETCが進化して一体化し、オールインワンで多様なサービスを実現しようとするものである（図-3.4.11）。高速、大容量、双方向通信の特徴を活かして、3つの基本サービス（①広範囲のルート選択が可能なダイナミックルートガイダンス、②ドライブ中のヒヤリをなくす安全運転支援、③ETCの利用）のほか、サービスエリアや道の駅（約50箇所）で

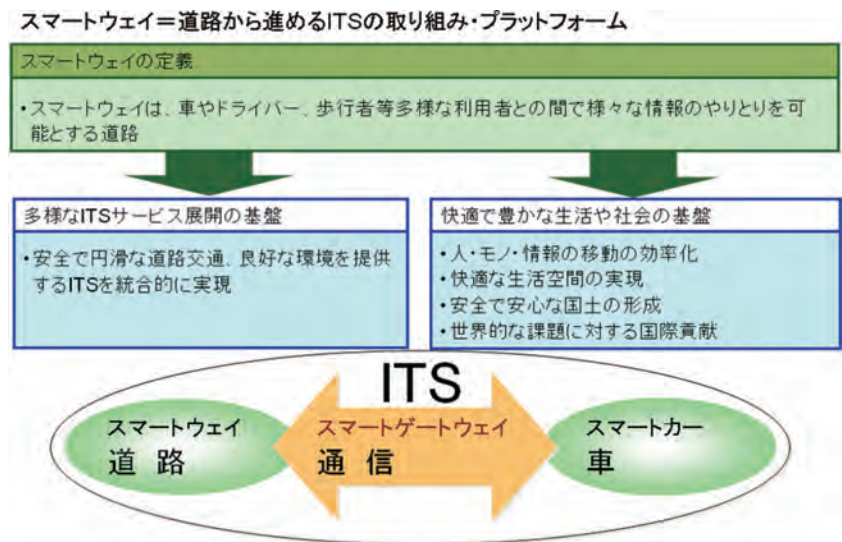


図-3.4.9 スマートウェイ

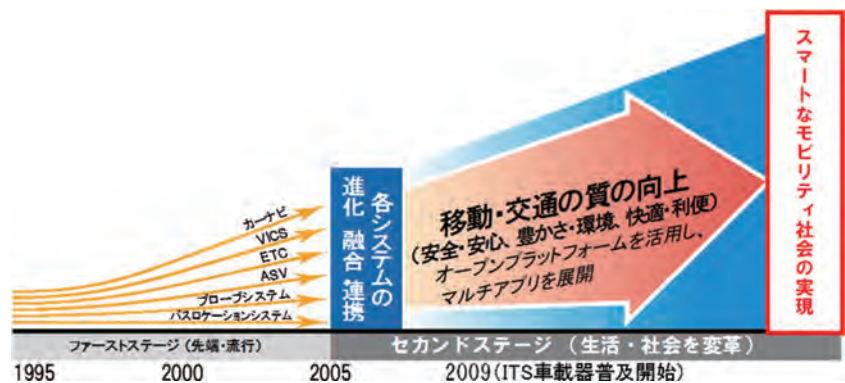


図-3.4.10 ITSセカンドステージ



図-3.4.11 ITSスポットサービス

表-3.4.2 9つの開発分野の進捗状況（平成24年）

開発分野・利用者サービス	運用されているシステム
1. ナビゲーションシステムの高度化 (1) 交通関連情報の提供 (2) 目的地情報の提供	・デジタル道路地図・カーナビゲーション・VICS・ITS スポットサービス・テレマティクスサービス・駐車場満空案内・予約システム・SA/PA 道路交通案内システム・ライブカメラによる積雪情報提供・走りやすさナビ
2. 自動料金収受システム (3) 自動料金収受	・ETC・二輪車 ETC・スマート IC・駐車場・フェリーでの自動支払い
3. 安全運転の支援 (4) 走行環境情報の提供 (5) 危険警告 (6) 運転補助 (7) 自動運転	・道路センサー（気象、路面、斜面、障害物・渋滞末尾、対向車両など）・VICS・ITS スポットサービス・テレマティクスサービス・ASV（先進安全自動車）・新交通管理システム
4. 交通管理の最適化 (8) 交通流の最適化 (9) 交通事故時の交通規制情報の提供	・VICS・ITS スポットサービス・新交通管理システム
5. 道路管理の効率化 (10) 維持管理業務の効率化 (11) 特殊車両等の管理 (12) 通行規制情報の提供	・道路センサー（気象、路面、斜面、障害物、災害状況、騒音、振動、大気汚染など）・道路管理車両の運行管理・道路通信標準・デジタル道路地図（区間 ID 方式）・特殊車両オンライン申請システム・走行車両重量計測システム・VICS・ITS スポットサービス
6. 公共交通の支援 (13) 公共交通利用情報の提供 (14) 公共交通の運行・運行管理支援	・バスロケーションシステム・車両運行情報収集提供システム（バス、タクシー事業者）・ITS スポットサービス・新交通管理システム
7. 商用車の効率化 (15) 商用車の運行管理 支援 (16) 商用車の連続自動運転	・車両運行情報収集提供システム（物流事業者）・ITS スポットサービス・新交通管理システム
8. 歩行者等の支援 (17) 経路案内 (18) 危険防止	・携帯端末による歩行者ナビゲーション、災害時の帰宅支援・自律移動システム・新交通管理システム
9. 緊急車両の運行支援 (19) 緊急時自動通報 (20) 緊急車両経路誘導・救援活動支援	・事故発生通報システム・道路管理車両の運行管理・ITS スポットサービス・新交通管理システム・テレマティクスサービス
(21) 高度情報通信社会関連情報の利用 （当初の 20 に追加された利用者サービス）	・インターネット、携帯端末と連携したサービス（インターネット ITS）・公共交通 IC カードの相互利用・交通カードを利用したキャッシュレス決済、（クレジットカードとの連携）・ITS スポットサービス

\* 9つの開発分野を網羅する「ITS システムアーキテクチャ」を策定

\* ISO/TC204 などITSに関わる国際標準化活動の継続的な実施

のインターネット接続サービスが提供されている。サグ部での渋滞対策、キャッシュレス決済サービス、物流支援サービス、プローブデータの収集と活用などへの利用に関しても研究に取り組んでいる。

表-3.4.2 は、9つの開発分野の進捗状況を示したものである。全体構想で示されたロードマップ通りとはいかないところもあるが、9つの開発分野それぞれに着実に実配備が進んでいる。

# 4. 国際的な連携・協力

## 4.1 二国間・多国間協力

### 4.1.1 天然資源の開発利用に関する日米会議 耐風・耐震構造専門部会

天然資源の開発利用に関する日米会議(U.S.-Japan Cooperative Program in Natural Resources: UJNR)は、天然資源の有効利用と保全及び人間の居住環境問題の解決を目的として、1964年に設立されたものである。耐風・耐震構造専門部会は構造物の耐風・耐震設計法等に関する研究成果を交換するとともに、強風・地震災害から人命及び財産の損失を防止するための総合的対策及び技術分野を開発することを目的として、1967年に設立が合意され、日米の関係者が一堂に会する第1回合同部会が1969年に東京で開催された。その後、40年以上にわたり、毎年1回日米両国で交互に合同部会を開催する他、共同研究の実施、研究者の交流、ワークショップの開催、強風・地震災害の共同調査(写真-4.1.1)等の活発な活動を続けている。

日本側部会長は土木研究所理事長が務めるとともに、土木研究所は日本側事務局として、本専門部会の活動を主導している。また、専門部会の活動をより緊密に行うために、2012年現在、8つの作業部会を設け、研究情報の交換、作業部会ごとのワークショップ等を実施している。近年、土木研究所が直接的に関与した成果としては「橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)」を2006年に刊行した他、コンクリートダムの非線形応答解析と個別要素法解析に関する共同研究を継続中である。



(a) 1994年ノースリッジ地震



(b) 2011年東日本大震災

写真-4.1.1 日米共同調査の例

### 4.1.2 世界道路協会

#### (1) リスクマネジメントに関する技術委員会

世界道路協会は、道路及び道路交通の分野における国際間での協力を推進することや発展を強化することを目的に、1909年に設立された非政府及び非営利組織である。現在の英語名は World Road Association であるが、略称としては、発足当時の英語名である Permanent International Association of Road Congress に基づく PIARC が使用されることが多い。PIARC の活動の中核をなす組織として技術委員会があり、我が国、また、土木研究所では多くの技術委員会に積極的に関与している。中でも、リスクマネジメントに関する技術委員会では、土木研究所の耐震総括研究監が2012～2015



年の委員長に選任され、国際セミナー・ワークショップの開催、リスクマネジメント技術のウェブベース化、各種レポートの発刊等を通じて、リスクマネジメントや道路防災分野での技術の進展や発展途上国への技術移転等に努めている。なお、本分野に関しては、1989～1999年にPIARCに設けられたワーキンググループの委員長を岩崎敏元土木研究所長が務められた後、2004～2011年には岡原美知夫元土木研究所理事が技術委員会の委員長を務められるなど、土木研究所からの貢献が大きい。

## (2) トンネルに関する技術委員会

トンネルに関しては、技術委員会の一つとしてトンネル管理に関する委員会が設置されており、土木研究所からはトンネル研究室長あるいはトンネルチーム上席研究員経験者が日本代表委員として技術委員会に参加し、活動を行ってきている。トンネル管理に関する委員会は、道路トンネルの安全管理分野を対象としており、国際セミナー・ワークショップの開催、技術レポートの発刊、これまでに得られた知見、過去の技術レポートなどがウェブサイト上で閲覧できるマニュアルの作成等を通じて技術の進展や発展途上国への技術移転等に努めている。我が国からはこれまでの活動の中で、トンネル非常用施設の設置基準とその考え方、水噴霧設備の効果と運用の考え方、縦流換気方式の長大トンネルへの適用性と経済性など土木研究所がその開発に大きく関与してきた技術を委員会に報告し、その一部が先駆的な取り組みとしてターム毎に作成する技術レポートに掲載されるなど、我が国のトンネル技術をアピールしてきている。

## (3) 舗装に関する技術委員会

PIARCについては、その発足当初から舗装に関する Technical Committee (技術委員会) が存在し、現 2012～2015 活動期間においては TC-4.2 として活動している。土木研究所からは舗装チーム久保上席研究員が連絡委員として前期に引き続き参画している。過去の活動では、日本における長寿命化舗装の取り組みやリサイクルの現状、保水性舗装・遮熱性舗装といった環境性能を有する舗装技術について委員会に報告し、世界でも有数の取り組みとしてPIARC各委員会が担当するファイナルレポートに掲載されるなど、我が国の技術の先進性をアピールしてきている。

### 4.1.3 アジア・オーストラレーシア道路技術協会

#### (1) 災害リスクマネジメントに関する概要

アジア・オーストラレーシア道路技術協会 (Road Engineering Association of Asia and Australasia: REAAA) は、アジア太平洋地域における道路工学及び関連分野の技術振興を目的として、1973年に設立されたものである。REAAAは概ね3年ごとに道路会議を開催するほか、道路担当機関長会議や評議員会の開催など活発な活動を行っている。2007年5月に開催された第6回道路担当機関長会議では、災害リスクマネジメントが議題として取り上げられ、さらに、各国の関心の高さから、災害リスクマネジメントに関するアドバイザーグループを組織し、災害リスクマネジメントに関する各国の現況を取りまとめた「概要」を編纂することが決議された。土木研究所からはこのアドバイザーグループ



図-4.1.1 災害リスクマネジメントに関する概要

に参加するとともに、REAAAの技術委員長との共同編者として「概要」の刊行（図-4.1.1）に寄与した。

## (2) 舗装に関する技術委員会

2009年に韓国において開催されたREAAA仁川会議において、REAAAをPIARCの地域的なカウンターパートとして位置付ける、技術委員会などの協会活動を見直し設立時の原点に戻った協会活動を推進するための組織作りをする、といった方針がREAAA現会長であるマレーシア公共事業省Judin道路局長により示された。これを受け、平成22年（2010年）4月の評議委員会では“Strategy Map & Initiatives 2010-2012”が示され、技術委員会の下部組織として以下の8つの分科会（Sub-Committee）が設立された。日本からは中村元土木研究所理事がTC-2の分科会長を務めるとともに、久保舗装チーム上席研究員が幹事として分科会活動をサポートしている。

TC-1 ネットワークマネジメント、TC-2 舗装、TC-3 道路施設、TC-4 アセットマネジメント、TC-5 道路交通安全、TC-6 グリーンテクノロジー、TC-7 PPP、TC-8 構造物と橋梁

### 4.1.4 日韓建設技術ワークショップ

建設技術に関する研究協力を目的に、韓国建設技術研究院（KICT（Korea Institute of Construction Technology））との間で、日韓建設技術ワークショップを開催している。2000年4月を第1回として、これまで日本・韓国で交互に開催しており、2011年6月に第6回ワー



写真-4.1.2 第6回日韓建設技術ワークショップ参加者

クショップ（写真-4.1.2）が日本で行われた。協力分野は、1) 斜面管理、2) コンクリート構造物、3) 道路舗装、4) 河川再生、5) 水文観測、6) 水質モニタリングの6分野である。ワークショップでは、両機関における研究推進に寄与すべく、研究情報や意見の交換を行っており、その成果は、自然共生センターを参考にしたKICT研究施設の整備等に反映されている。また、今後の共同研究や研究者交換の実施について検討中である。

### 4.1.5 道路分野における先端技術及び材料に関する日仏ワークショップ

建設省土木研究所とフランス中央土木研究所（Laboratoire Central des Ponts et Chaussées: LCPC）（いずれも当時）の道路分野における先端技術・材料関連の研究協力は、1995年に開始された。本協力は、類似した立場・役割を持つ両研究所の最新の活動状況に関する情報交換を主目的とする二国間研究協力である。ワークショップはこれまでに6回交互に開催された。その間、土木研究所での組織改編と類似した組織改編（独立行政法人化や他の研究機関との合併）がLCPCにおいてもあり、研究協力関係は独立行政法人土木研究所とフランス交通企画ネットワーク研究所（Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux: IFSTTAR）に引き継がれている。これまでに相互の研究者の短期・長期訪問が行われ、劣化モニタリング材料に関す



る研究を始めとする共同研究を実施した他、連続繊維シート補強材の付着耐久性に関する相互の研究成果を比較検討し、評価試験方法の改良の必要性・方向性を示す共著論文を発表するなど、重要な成果が得られている。

#### 4.1.6 砂防分野における（日台）研究協力協定

当研究所と台湾の国立成功大学は、2011年に「斜面崩壊、天然ダム、土石流に関する研究」に関する協力協定（以下、本協定と表記）を締結した（写真-4.1.3）。台湾では2009年8月16日に高雄県の小林村で大規模な深層崩壊が発生し、500名以上の住民が犠牲になっており、日本と同様に大規模な土砂災害の発生が社会的な問題となっている。本協定では、豪雨・地震による土砂災害の対策に関する意見交換や研究交流を行い、両組織における土砂災害対策の研究・技術開発の推進を目的としている。

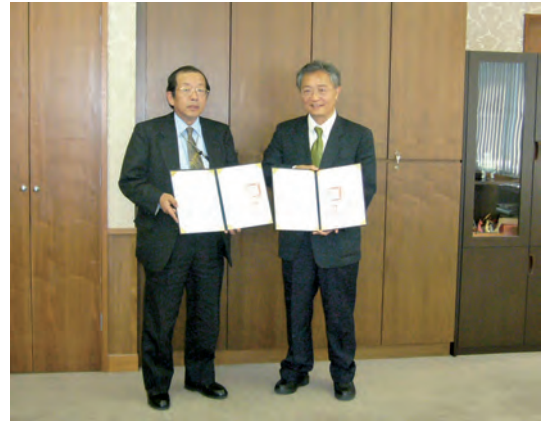


写真-4.1.3 協定書を披露する成功大学謝教授（右側）と魚本理事長（左側）

#### 4.1.7 地すべり分野における（日印）研究協力協定

2009年から「インド内務省災害管理研究所との災害管理に関する研究連携覚書」に基づき NIDM（National Institute of Disaster Management）と共同でインド国内の Sikkim 州の研究サイトでの現地調査やワークショップ（写真-4.1.4）を実施している。そこで日本の地すべり対策の調査・計画・設計や施工の実態などを広く紹介するとともに、現地に合った調査法の提案等を行っている。これらを通じてインドにおける地すべり対策に関する技術の向上が期待される。



写真-4.1.4 Sikkim 州でのワークショップ

#### 4.1.8 日独排水及びスラッジ処理に関するワークショップ

日独間の下水道技術に関する研究交流は、日独環境保護技術パネルに位置付けられ、「排水及びスラッジ処理に関するワークショップ」がその一課題として登録されている。日本側の関係機関は、国土交通省下水道部、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所等であり、ドイツ側の関係機関は、連邦教育科学省とその傘下のカールスルーエ研究センターである。

本ワークショップは、1982年10月に第1回目が建設省土木研究所（当時）で開催された後、両国間で2～3年に1度、交互に開催され、その時々々の下水道技術に関する課題と対策、新たな技術開発成果などについて、情報交換と討議が行われてきている（平成18年（2006年）に第10回）。また、これまでに土木研究所とドイツ大学との間で2つの共同研究が実施され、研究者の相互訪問による研究を通じて、大きな成果が上げられた。その他、活発な研究者交流により、研究における成果だけでなく、文化面での交流と相互理解の醸成という重要な成果が得られている。



#### 4.1.9 日米水道水質管理及び下水道技術に関する政府間会議

日米間の下水道技術に関する研究交流は、建設省時代の1971年に開催された第1回日米下水処理技術委員会会議を始まりとし、日米環境保護協力協定のもとで本会議が18年間継続された。その後、運営方式が変更され、日米ワークショップとして1990年より1995年まで計5回が開催された。

その後の日米両国の研究対象や研究環境の変化を受けて、流域の総合的なアセスメントと管理が重要であるとの認識のもと、上下水道分野の会議が統合されることとなり、1999年に第1回日米水道水質管理及び下水道技術に関する政府間会議が開催された。現在の日本側の関係機関は、国土交通省下水道部、国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所、厚生労働省、国立保健医療科学院等であり、米国側の関係機関は、米国環境保護庁リスク管理研究所、全米水道事業者連盟研究財団等である。本会議は、2～3年に1度、日米で交互に開催されており2009年に第5回、両国の上下水道に関する現状、先端的な技術の動向など有益な情報交換が行われている。

#### 4.1.10 地震被害調査を通じた土木研究所の国際貢献

2010年2月27日、南米のチリでマグニチュード8.8の大地震が発生し、橋梁にも落橋を含めた大きな被害が生じた。土木研究所では、土木学会からの要請を受け、関係学会合同調査団の一員として、2010年3月27日から4月7日までの行程で職員1名を現地に派遣し、橋梁の被災調査を行った。現地調査結果についてはチリ公共事業省に報告するとともに、関連する日本の耐震設計技術の紹介や資料提供を行い、今後の復旧や耐震対策に関する意見交換も行われた。その後、チリ公共事業省は2010年7月に道路橋の耐震設計基準を暫定的に改定し、その中には橋梁の最小けたかかり長さや落橋防止構造の規定等、日本の耐震対策技術が採り入れられた(図-4.1.2)。本件は、土木研究所を中心として開発が進められてきた我が国の橋梁の耐震設計技術が国際的にも評価された結果によるものである。



図-4.1.2 チリの橋梁の新しい耐震基準(抜粋)

## 4.2 水災害リスクマネジメント国際センター (ICHARM) における国際協力

1990年頃から世界各地で激甚な水関連災害が増加傾向にあり、人口や資産の都市域への集中や産業構造の高度化に伴う資産価値の増大に伴って被害が深刻化していること、および地球温暖化に起因する気候変化が豪雨の発生頻度増大や無降雨期間の長期化をもたらす恐れが指摘されていた。このような背景のもとで ICHARM はユネスコの後援を受け平成 18 年（2006）3 月 6 日設立された。わが国がこれまで水災害の克服に向けて蓄積してきた知識や経験をベースに世界的な視野で水関連災害（洪水、渇水、土砂災害、津波・高潮災害、水質汚染等）の防止・軽減のための課題解決に向けて貢献することが求められており、研究・研修（人材育成）・情報ネットワーク活動を有機的に結びつけながら、一体的に推進していくこととなった。

### 4.2.1 統合洪水解析システム (IFAS) の開発

洪水によって多くの人命が失われている国や地域では、住民の早期避難を実現するためにも洪水流出解析による洪水予測が必要とされているが、開発途上国においては、未だ十分な数の雨量観測所が設置されていない、国際河川の下流部に位置する国においては、上流部が異なる国であるため十分な情報が入手できない等の理由から、洪水流出解析が困難な状況にある。

このような国や地域において、洪水の発生時期や規模を事前に知り、適切な避難による被害の回避・低減のための行動に関する意志決定に資することを第一の目的として、人工衛星による降雨データを活用した洪水流出解析システム「Integrated Flood Analysis System (IFAS)」を、(社)国際建設技術協会、建設コンサルタント会社 9 社の技術力をも結集し、ICHARM が中心となる共同研究によって開発した。

### 4.2.2 ICHARM における研修の概要

ユネスコとの協定において、持続的に水関連災害リスクの低減を図っていくためには、人材の人間力の強化が重要であり、能力開発が活動の柱の一つに据えられ、主に開発途上国における行政技術官を対象に研修を行っている。短期的な技術研修に加え、帰国後、中心となってそれぞれの組織で働けるよう修士・博士の学位を得られる研修も実施している。

1. 短期研修：数日から 1 カ月程度の短期間に講義、演習、現地見学などを行って水関連災害リスクマネジメントに関する技術や知見を習得させるもの。
2. 修士課程：1 年間で水関連防災政策に関する修士号を取得させるもの。
3. 博士課程：3 年間で水関連防災政策に関する博士号を取得させるもの。
4. フォローアップ活動：セミナーなどにより、研修生の帰国後の活動支援を行うもの。

#### (1) 短期研修の概要

ICHARM 設立以前の平成 16 年度（2004 年度）から 5 年間は JICA 研修「洪水ハザードマップ作成」、平成 21 年度（2009 年度）から 3 年間は JICA 研修「洪水ハザードマップを用いた地域防災計画研修」、さらに平成 23 年度（2011 年度）には JICA 研修「アジア地域気候変動への適応にかかる能力開発」を実施し、研修生は合計 118 名に上っている。このようなアジア各国の洪水対策行政官の育成を通じ、

洪水被害の軽減に貢献している。

JICA 研修以外では、平成 20 年（2008 年）に、インド洋各国の津波対策行政官 11 名を対象に UN/ISDR（国連国際防災戦略）と連携した研修「総合的津波対策」を実施した。

また、IFAS の無料ソフトウェアのセミナーを国内及び海外で行っており、これまでに 43 개국・462 名の参加があった。

そのほか、台湾、フィリピン、マレーシアなどからの短期的な訪問、滞在の対応や、講師派遣を行い、日本の治水システム、洪水予警報の技術等を紹介し啓発に努めている。

## (2) 修士課程の概要

平成 19 年（2007 年）から、政策研究大学院大学及び JICA と連携し、修士課程「防災政策プログラム 水災害リスクマネジメントコース」（JICA 研修名「洪水関連災害防災専門家育成」）を実施している。これは、途上国の洪水対策に責任を持つ行政官を対象とする 1 年間のコースであり、総合的な河川流域マネジメントの計画と実行が可能な実務者を養成することを目的としている。開講以来 4 年間で計 41 名が「防災修士」の学位を取得し、現在は 5 期生として過去最大となる 19 名が参加している。

## (3) 博士課程の概要

平成 22 年（2010 年）10 月から政策研究大学院大学と連携して、博士課程「防災学プログラム」を開講した。このプログラムは、洪水を含む水災害リスクマネジメント分野における国内及び国際的な戦略・政策の企画・実践について指導できる人材を養成することを目的としている。学生数は毎年度最大 3 名で、平成 22 年度（2010 年度）は日本人 1 名、平成 23 年度（2011 年度）は 3 名（オランダ、エチオピア、ネパール各 1 名）が入学した。博士課程の学生は、ICHARM リサーチ・アシスタントとして ICHARM の研究業務を支援するとともに、必要に応じて修士課程学生の指導にあたる。

## (4) フォローアップ活動

上記各研修の修了者を対象として、彼らの帰国後の活動をフォロー・支援するとともに、現場の研究・研修ニーズを把握するためのセミナーを平成 19 年度（2007 年度）から毎年開催している（マレーシア（平成 19 年度（2007 年度））、中国（平成 20 年度（2008 年度））、フィリピン（平成 21 年度（2009 年度））、ヴェトナム（平成 22 年度（2010 年度））、バンコク（平成 23 年度（2011 年度）））。また、帰国研修生に対して「ICHARM Newsletter」を送付するなど、ネットワークの維持に努めている。

## 4.2.3 情報ネットワーク

情報ネットワークは ICHARM が世界のオピニオンリーダーとして、防災戦略や水政策の形成に参加する活動である。また、ICHARM が必要とされる機会を的確に捉え、効果的に国際貢献を果たす活動でもある。ICHARM はユネスコのカテゴリー 2 センターの中で、活動範囲を世界的なスケールとする国際センターであり、世界拠点（センター・オブ・エクセレンス）となることを目指している。設立にあたってユネスコ国際水文学計画（UNESCO IHP）への参加・協力、国際洪水イニシアティブ（IFI）の事務局などのネットワーク活動を務めることとされている。

以下にその代表例を掲げる。



### (1) ユネスコ国際水文学計画 (UNESCO IHP)

2年ごとに開催されるIHP政府間理事会への参加、ユネスコが中心となって策定中のIWRMガイドライン作りへの参加、ユネスコセンター間の協力などの活動に参加・協力している。また、平成23年(2011年)には、ユネスコジャカルタ事務所の要請に応え、インドネシア国公共事業省ソロ川事務所、バングラデシュ水開発委員会、バングラデシュ災害管理局、メコン川流域委員会、インドネシア国気候気象地質局、PERUM JASA TIRTA1の参加を得て、インドネシア国ソロにおいて、IFASのトレーニングワークショップを開催した。

### (2) 国際洪水イニシアティブ (IFI)

平成17年(2005年)ユネスコ、WMO、UNISDR、国連大学が共同で開始した洪水対策のための協力組織であり、それぞれのプログラムの重複を調整し、不足を補い、他の関連組織とも協力して、洪水対策の国際戦略の実行を促進している。ICHARMはその事務局を務め、ホームページも開設している(<http://www.ifi-home.info/>)。

### (3) 世界気象機関 (WMO)

ICHARMの洪水予警報、洪水マネジメントなどの活動に、最も密接に関連している国連機関はWMOであり、特に水文水資源部である。ICHARMは、水文委員会(CHy)、洪水管理連携プログラム(APFM)などを通じて協力している。

### (4) 地域知識拠点 (ナレッジハブ: KnowledgeHub)

アジア太平洋水フォーラム(APWF)の下でのネットワークとして、地域の水問題解決のために、互いに知識の向上・共有・提供を促す目的で平成19年(2007年)に発足した。

ICHARMは平成20年(2008年)6月「災害リスク軽減と洪水管理」のハブとして認定され、ICHARMが掲げる「Localism(現場主義)」実践の一環として、研究成果の現地適用により協力している。

### (5) 第5回国際洪水管理会議 (ICFM5)

ICFMは平成12年(2000年)以来ほぼ3年ごとに開催されている、洪水管理に特化した、実務家を中心とした国際会議である。第5回会議はICHARMが事務局を務め、国土交通省との共催で平成23年(2011年)9月、東京で開催した。「危機から好機へ」をテーマに、41か国から450名の参加を得て、洪水管理に関する約125件の発表と議論が行われた。同時に東日本大震災、津波災害をテーマに、国際機関の高官を招いて「メガ水災害国際フォーラム」も開催し、皇太子殿下のご聴講の栄にも浴した。ICHARMはICFMの事務局として、ホームページ管理も行っている(<http://www.ifi-home.info/ICFM.html>)。

このほかにも、水と衛生に関する国連事務総長諮問委員会(UNSGAB)、水と災害に関する上級専門家会議(HLEP)、世界水フォーラム(WWF)、アジア太平洋水フォーラム(APWF)、世界科学会議(ICSU)を中心とした災害リスク統合研究(IRDR)、台風委員会(TC)、IPCC、日本学術会議、国内外の各種学会、政府委員会、各種調査団など、多くの水や災害に関する企画に積極的、中心的に参加し、専門家集団としての役割を果たしている。

## (6) アジア開発銀行（ADB）による「RETA（地域技術支援）」

ICHARM は ADB と協力協定を結び、RETA を通じた水災害軽減技術の普及を図っている。

RETA は「水関連災害管理への投資の促進」で、新たな技術導入のための国別支援と地域連携による品質支援のプロジェクトを行っている。

### 1) 国別支援

- ①パングラディッシュ（対象：全国）：洪水予警報の導入に向けて関係機関間の協議を通じた数値化による合意形成手法（AHP-SWOT）を用いて国家方針案を策定
- ②インドネシア（対象：ソロ川）：衛星を利用した洪水予警報システム（IFAS）の導入、河川管理者の技術力向上、地域コミュニティ防災訓練による総合的防災力強化
- ③メコン川下流域（対象：カンボジア平原）：水理水文データが不十分な地域における衛星データを活用した洪水脆弱性評価手法の開発

### 2) 地域連携品質支援

国別支援内容を効率的に普及させるため、他の関係国参加の下、交流を行いながら全体の技術力向上を目指し、洪水ハザードマップ及び IFAS のワークショップを実施した。

## (7) ユネスコを通じたパキスタン支援「洪水警報及び管理能力強化計画」

平成 22 年（2010 年）7 月に発生したインダス川の洪水は、2000 万の人々が被災する未曾有の大災害に発展した。これを受けて日本政府は、ユネスコを通じた無償資金協力として、大洪水を対象とした予警報システムを導入するとともに、衛星情報を活用した洪水ハザードマップを作成し、政府による住民誘導、洪水管理能力を強化するプロジェクトを実施している。ICHARM は地上観測網の乏しい地域でも利用可能な IFAS および RRI モデルを中心に技術支援を実施している。

## 5. この20年の研究成果

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
プレキャスト型枠・コンクリート2次製品による合理化施工法	大型プレキャストコンクリート製品を接合し、構造体としたり、形成される内空にコンクリートを打設して一体化する合理化施工法	平成7年度	先端技術
ICカードによる施工情報システム	小型データキャリアであるICカードを利用し、建設従事者・建設機械・施工情報の活用を図るシステム	平成8年度	先端技術
建設工事の環境影響評価手法	建設工事の施工中に発生する騒音、振動、粉じん等の発生量を予測する手法。環境影響評価を行う際に活用	平成12年度	先端技術
河川管理用機械設備の信頼性評価手法 (FTA・FMEA)	河川管理用機械設備の故障実態を調査し、その頻度や事例を分類調査するために、FMEA及びFTAを活用し、機器の最適な維持管理方法を提案	平成12年度	先端技術
建設機械を用いた情報化施工システムのデータ交換技術	建設機械施工を行う際に、各作業主体や利用機器などによって異なるデータ様式を使用することになるため、これを現場で共通利用するためのデータ交換技術	平成21年度	先端技術
河川管理用機械設備の状態監視手法	常用系設備を対象として普及しつつある状態監視保全技術の、河川管理用機械などの「非」常用の機械設備への適用性を評価するとともに、課題を明らかにして、評価技術の改善・確立を図るもの	平成23年度	先端技術
土壌中のダイオキシンの簡易計測技術	土壌中のダイオキシンを、土木事業において簡易かつ迅速に測定するための技術	平成14年度	新材料
エコセメントの利用技術	50%以上の原材料を都市ごみ焼却灰とする、エコセメントを土木事業で適切に活用する技術	平成15年度	新材料
橋面舗装および床板防水技術	適切な橋面舗装技術および橋梁主構造の耐久性向上に資する床板防水技術	平成16年度	新材料
鋼道路橋防食技術	重防食塗装系・新設時工場塗装の全面採用による、鋼構造物耐食性能の向上技術	平成17年度	新材料
ステンレス材料のダム・水門への利用技術	没水環境での耐食性に優れる新材料であるステンレス合金を、ダム・水門施設で適切に活用するための技術をとりとまとめた。	平成17年度	新材料
アルミニウム合金のダム・水門への利用技術	没水環境での耐食性に優れる新材料であるアルミニウム合金材料を、ダム・水門施設で適切に活用するための技術をとりとまとめた。	平成17年度	新材料
河川管理鋼構造物防食塗装技術	没水環境、干満帯環境などの厳しい腐食条件におかれる河川鋼構造物を適切に防食するための塗装設計技術	平成17年度	新材料
河川管理鋼構造物のための電気防食技術	没水環境、干満帯環境などの厳しい腐食条件におかれる河川鋼構造物を適切に防食するための電気防食設計技術	平成17年度	新材料
下水処理施設の防食材料・技術	FRPパネル材等を活用した安価で効率的な下水処理施設用ライニング防食技術	平成17年度	新材料
建設材料中の環境ホルモンの簡易計測技術	建設材料から溶出する可能性のある環境ホルモンの簡易・適切な分析技術	平成17年度	新材料



土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
環境に配慮した凍結防止剤	凍結防止効果を維持したまま、塩害や周辺環境への影響の少ない凍結防止剤	平成17年度	新材料
FRPの橋梁への利用技術	腐食しない、高強度、などの特長を有する新材料であるFRPを橋梁主要部材に活かすための技術	平成18年度	新材料
環境に配慮した塗装剥離技術(インバイロワン工法)	一般塗装系により防食された鋼構造物の塗膜を、作業者や周辺環境への影響を最小限に、安全に除去する技術	平成20年度	新材料
鋼橋防食工補修技術	耐候性鋼などの防食工が想定外の腐食進行した際の防食補修技術	平成22年度	新材料
塗料からのVOC削減技術	防食塗料の性能を確保しつつ、塗料から排出される揮発性有機化合物(VOC)の量を減らすための塗装設計技術	平成22年度	新材料
アスファルト舗装の再生利用技術	近年増加しつつある、劣化の著しいアスファルト舗装発生材や、新しい種類(改質アスファルトなど)のアスファルト舗装発生材に対応した再生利用時の設計方法	平成22年度	新材料
アスファルトバインダの性能評価技術	近年利用が増えつつある、排水性舗装や改質アスファルト舗装用のバインダの性能評価方法	平成22年度	新材料
チタン箔による鋼構造物防食補強技術	鋼構造物塗装の弱点部であるエッジ部などの防食補強を目的とした、チタン箔による防食補強システム	平成22年度	新材料
コンクリート構造物の防食技術	沿岸部など厳しい腐食環境におけるコンクリート構造物の防食性を確保するための、表面被覆、浸透性防水材料、塗装鉄筋、被覆PC材、FRPケーブル材、電気防食などによる防食技術	平成22年度	新材料
みずみち棒	下水汚泥処理の重力濃縮において、沈降速度を高め、より効率的に汚泥濃縮を行う技術。濃縮槽内に鉛直方向に棒(みずみち棒)を挿入し、槽内で低速回転させる簡易な装置により濃縮効率が格段に向上する。	平成12年度	リサイクル
下水道におけるクリプトスポリジウム対策手法	下水道システムにクリプトスポリジウムが流入した場合の下水道における対策手法。	平成12年度	リサイクル
ウイルスの安全性から見た下水処理水の再生処理法	下水処理水再利用におけるウイルスに関する安全性確保のための手法。再利用の形態毎にウイルス感染リスクを定量化し、それぞれに適した処理法を選択する。	平成13年度	リサイクル
下水汚泥過給式流動燃焼システム	大幅な省エネ化と地球温暖化ガス排出削減を両立した次世代型下水汚泥焼却炉。加圧流動焼却炉及び過給機により排ガスを利用して駆動し、電力消費を大幅に抑制する。産業技術総合研究所、月島機械、三機工業との共同開発。	平成21年度	リサイクル
高強度コンクリートを用いたプレストレストコンクリート構造物の設計施工指針	設計基準強度が80MPaまでの高強度コンクリートを用いたプレストレストコンクリート構造物の設計施工方法を取りまとめた	平成7年度	基礎材料
地震時の鉄筋コンクリート構造物のせん断強度評価手法	鉄筋コンクリート構造物の地震時のせん断耐力について、寸法効果ならびに正負交番荷重作用の影響を考慮したせん断耐力式の提案を行った。	平成8年度	基礎材料

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル	既設コンクリート構造物について、非破壊検査を交えて健全度を客観的に評価し、詳細調査の要否や補修の要否を判断する手法を取りまとめた	平成10年度	基礎材料
エアメータ法による単位水量測定手法	現着生コンクリートの単位水量を、一般的なエアメータを用いて簡易に測定する手法を開発した。	平成12年度	基礎材料
高強度せん断補強鉄筋を用いたコンクリート構造物のせん断強度評価手法	SD345を超える高強度鉄筋をせん断補強鉄筋として用いた場合のせん断耐力評価手法を提案	平成16年度	基礎材料
再生骨材の簡易凍結融解試験方法	再生骨材の耐凍害性を評価するため、簡易的な凍結融解試験方法を開発した。	平成17年度	基礎材料
ポーラスコンクリートの性能評価手法	ポーラスコンクリートのフレッシュ性状判定方法、凍結融解試験方法(案)および乾湿繰返し試験方法(案)を提案	平成17年度	基礎材料
自然電位法を用いたコンクリート構造物の鉄筋腐食診断手法	自然電位法を用いてコンクリート構造物の鋼材腐食を診断する手法を提案	平成18年度	基礎材料
電気化学的脱塩工法による補修ガイドライン(案)	塩害の影響を受けるコンクリート構造物について、脱塩工法による補修のガイドラインを取りまとめた。	平成19年度	基礎材料
断面修復によるプレストレストコンクリート構造物の補修指針	断面修復によるプレストレストコンクリートの補修設計ならびに施工法法を取りまとめた。	平成21年度	基礎材料
非破壊・微破壊試験を用いた新設コンクリート構造物の品質評価方法	新設コンクリート構造物の構造体コンクリートの強度ならびにかぶりを、非破壊(微破壊)試験によって評価する手法を開発した。	平成22年度	基礎材料
再生コンクリート材からの六価クロム溶出試験方法ならびに六価クロム溶出抑制手法	コンクリート解体材から作られる再生材料からの六価クロムの溶出試験方法と、六価クロム溶出を抑制する手法を開発した。	平成23年度	基礎材料
鉄筋溶接継手の非破壊検査手法	鉄筋溶接継手の欠陥の有無を超音波を用いた非破壊検査により判定する手法を開発した。	平成23年度	基礎材料
粗骨材の特性を踏まえたコンクリートの乾燥収縮推定方法	粗骨材の乾燥収縮ひずみの測定方法とその結果を用いたコンクリートの乾燥収縮推定方法	平成23年度	基礎材料
コンクリートの耐凍害性を確保するための使用骨材の性能指標	コンクリートの耐凍害性を確保するための、使用骨材の物性値の提案を行った。	平成23年度	基礎材料
河川砂防技術基準調査編(平成24年版)に盛り込まれた岩盤分類技術(土研式共通岩級区分、ゆるみ岩盤、弱層の岩盤分類方法等)	ダム基礎の岩盤分類方法として、土研式共通岩盤分類、および特殊な岩盤について、「ゆるみ岩盤」の分類方法、「弱層」の分類方法等を提案	平成10年度	地質

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
環境アセスの技術手法の開発	法アセスの施行に伴い、事業毎（道路事業、ダム事業等）に新たに定めた、アセスの標準手法	平成12年度	地質
エアトレーサー試験	岩盤中に、煙などの空気を媒体とする追跡子（トレーサー）を注入し、岩盤の別な箇所からのトレーサーの流出を観測することによって、岩盤中の開口亀裂の連続性や緩み領域を確認する地質調査方法	平成15年度	地質
土層強度検査棒	斜面の表土などの厚さやせん断強度を現地で測定するための、棒の先端にコーンを取り付けた器具。表土の厚さを1～2分で測定。羽根付きコーンを用いて貫入力とコーンの回転トルクを同時に測定することで、土の内部摩擦角と粘着力を個別に測定する技術	平成16年度	地質
活断層地形要素判読マニュアル	山地に分布する活断層を対象に空中写真を用いた地形要素の判読から記載、確実度判定までの一連の調査・解析の標準的仕様を示したマニュアル	平成17年度	地質
災害事例のデータベース化、道路防災点検手法の改良	全国で実施されている「道路防災点検」について、土研で研究を進めてきた「道路防災マップ（ハザードマップ）」の作成手法等を活用し、改良を行い、上方斜面まで含めた道路斜面全体に分布する災害要因の面的な抽出手法（通称、スクリーニング手法）の追加などの技術的検討を随時行い点検要領に反映	平成18年度	地質
自然由来の重金属等を含む岩石の調査、評価方法	建設工事において自然由来の重金属等を含む岩石に遭遇した際に実質的に環境汚染を招かないための調査・試験方法に関する研究を実施し、これらの研究成果をベースに自然由来重金属等への対応方法を示したマニュアル	平成19年度	地質
KuniJlban（国土地盤情報データベース）の開発	国土交通省の所有するボーリングデータを一般が無料で自由に閲覧・利用できる公開型データベース	平成19年度	地質
貯水池地すべり指針（案）の開発	国土交通省河川局治水課から通達された貯水池地すべりの指針	平成21年度	地質
レベル2地震動を考慮した土工構造物の設計法	兵庫県南部地震による液状化被害を踏まえて、レベル2地震動に対応した液状化判定法、構造物の設計法を開発したもの。	平成8年度	土質・振動
河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル（案）	液状化性土盤上の堤防に対する耐震対策工法の設計法および施工法について、とりまとめたものである。	平成9年度	土質・振動
液状化対策工法設計・施工マニュアル（案）	液状化土盤上の盛土、地中構造物に対する液状化対策工法の設計法および施工法について、とりまとめたものである。	平成11年度	土質・振動
建設発生土利用技術マニュアル	平成3年の「再生資源の利用の促進に関する法律」及び建設省令の運用を技術的に支援するため、建設発生土の土質区分、適用用途標準を示すとともに、どのような改良を施すことによって土工事の種々の用途に建設発生土が適用できるようになるかの技術の紹介を行っている。なお、省令に基づいた通達「発生土利用基準について」が平成6年に出された後、平成16年に改訂されており、本マニュアルも同年にそれぞれ出されている。	平成6年度	施工技術



土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
流動化処理工法	土砂、泥水（または水）、固化材を加えて混練することにより、土工による締固めができない狭隘な空間などに流し込み施工し、固化後に発揮される強度により地盤としての機能を発揮させる工法。	平成9年度	施工技術
マイクロパイル工法	供用中の建造物や橋梁など、狭隘ないし低空頭な施工空間のなかで、既設基礎の老朽化補強や耐震補強のための増し杭を、マイクロパイル（直径300mm以下の鋼管）を打設する施工方法。	平成13年度	施工技術
建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル	公共土木工事で遭遇する重金属等の汚染土壌に対して、用地内に極力封じ込めて本来の公共施設の土地として活用するための、対策方法などについて技術的に紹介している図書である。	平成16年度	施工技術
すいすいMOP工法	交通量の多い交差点の交差点急速立体化技術であり、モジュール桁という鋼製橋桁のコンパクト化、張り出しブラケットの展開作業を効率化する装置や特殊治具、移動台車または吊上げによる一括架設による工法。	平成17年度	施工技術
建設発生木材リサイクルの手引き(案)	建設現場で発生した木材の利用方法に関する手引書	平成17年度	施工技術
道路路面雨水処理マニュアル(案)	特定都市河川浸水被害対策法の適用を受けて、道路部にて雨水の流出抑制を試みる際の、設計方法や技術的な知見をまとめた解説書	平成17年度	施工技術
建設工事で遭遇するダイオキシン類汚染対応マニュアル	公共土木工事で遭遇するダイオキシン類の汚染土壌に対して、用地内に極力封じ込めて本来の公共施設の土地として活用するための、対策方法などについて技術的に紹介している図書である。	平成17年度	施工技術
ALicc工法(低改良率セメントコラム工法)	層厚の大きな軟弱地盤にセメント系地盤改良対策を行う際に、平面改良率、深度方向改良率の低改良化を図るための設計法。盛土材の内部摩擦によるアーチ作用を設計に取り込むことによって、改良体に有効に上載荷重が作用する効果を活用している。	平成18年度	施工技術
グラウンドアンカー維持管理マニュアル	アンカーの耐久性に関する問題が発生する前に適切な対応を行い、アンカーを長期にわたり健全な状態で利用していくために、または長期間経過したアンカーの健全性を評価し、できる限りの延命化を図るためにアンカーの点検・健全性調査・対策に関する考え方を記述している。	平成20年度	施工技術
建設汚泥再生利用マニュアル	建設汚泥リサイクルに関する制度的な解説、技術的な問題に対する解説を行った書籍	平成20年度	施工技術
埋土種子を活用した沈水植物再生手法	沈水植物が消失した湖沼におけるその湖沼在来の沈水植物の再生手法。かつて沈水植物群落が存在した時代に散布された種子のうち、発芽可能性の高い種子が高密度に存在する地点、地層を推定、効率的に種子を採取し、消失した沈水植物を再生させる手法	平成18年度	河川生態
沈水植物が消失した湖沼における移植による群落再生手法	沈水植物が消失した湖沼において、埋土種子由来の湖沼在来の沈水植物を移植することにより、定着、拡大させる再生手法	平成22年度	河川生態

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
濁水がアユに与える影響の評価手法	濁水によりアユが受ける影響のうち、致死を伴うような高濃度の濁水下における影響を予測する手法	平成22年度	河川生態
新しい植生調査手法(案)	河川における植生調査手法、主に、現場における植物の物理基盤である土壌と植物の関係をどのように定量的に捉えるかについてとりまとめたマニュアル	平成22年度	河川生態
河川植生評価の手引き(案)	河川生態の基盤となる植生を対象に、個々の種を基準としたうえで植物群落の質を評価することを目的として、数量的な植生評価手法の提案とその活用についての手引き	平成22年度	河川生態
野生動物自動行動追跡システム	指向性アンテナを有した複数の受信局と制御局を用いて、電波発信機を装着した魚類・陸上哺乳類の行動を自動で追跡するシステム	平成23年度	河川生態
河川環境評価流域地理情報システム	地理情報システムを用いて、過去の流域環境・河川環境を復元し環境変遷を把握するシステム	平成24年度	河川生態
水質事故対策マニュアル	水質チームが中心的なメンバーである水質連絡会において、平成7年度に発行され、平成13・21年に改訂。平成18年から3ヵ年をかけて、最新の水質技術の最新の知見と新技術の収集に取り組み、成果を取りまとめ、さらにはインターネットの技術をも取り込んだ、改訂版水質事故対策技術(2009年版)を発行	平成7年度	水質
アンモニアバイオセンサー(特許)	硝化細菌が様々な化学物質に対して極めて感受性が高い性質を用いて、水中にある毒性物質を短時間にかつ連続的に測定し、警報を発することが可能な水質監視システム	平成7年度	水質
下水試験方法改定(下水協、1997、2002追補)への反映	1997年版への全面改訂においては、委員として参画するとともに、2002年の追補暫定版においては、土木研究所で開発した内分泌かく乱化学物質などの測定技術を反映	平成9年度	水質
河川水質試験方法改訂	水質チームが中心的なメンバーである水質連絡会において、平成9年と21年に改訂されており、平成21年には水質調査・管理を担当する職員を対象に、水質調査・管理を行う上で必要な水質に関する情報の提供を目的として改訂	平成9年度	水質
油膜検知装置	発光ダイオードを光源として、水と油の反射率の差異によって油膜を検知する装置について、感度、維持管理性などについて検討を行い、連続的に油膜を監視できる装置	平成12年度	水質
「生態系にやさしい下水道をめざして」(技報堂、H13)	旧土研水質研究室もメンバーである「生態系との共生をはかる下水道のあり方検討会」で、企画・作成。下水道と生態系とのかわりはいかにあるべきかをテーマとして、その必要とともに、考え方や取組みの事例を紹介	平成13年度	水質
人用医薬品物理・化学的情報集(技報堂、2005)	(独)土木研究所と東和科学(株)は、医薬品の分析方法を開発し下水処理場や河川等での汚染状況を把握することを目的として共同研究を実施してきた。本書は、調査対象物質の選定に資するため、これまでに収集した医薬品情報を整理し、医薬品を構成する化学物質の最も基本となる物理・化学的情報について紹介	平成17年度	水質

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
高濃度酸素水供給装置(特許)	水中に効率よく酸素を溶解させる装置であり、湖沼の汚濁底質を巻き上げることなく溶存酸素濃度の高い水を湖底付近に広範囲に送り出せることから、コストを低減しつつ水質の環境改善	平成18年度	水質
流総指針改定(下水道協会、H20)への反映	それまでの「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」において、COD等の年間流達負荷量を過小評価していること、並びに、新たに窒素・リンの流達率に関する知見を流総指針改定(下水道協会、H20)へ反映	平成20年度	水質
露出護岸の環境性能評価技術	多自然川づくりにおいて護岸が露出する場合の環境(景観、自然環境)の評価の考え方を提案	平成22年度	自然共生研究センター
土砂還元時の環境影響効果評価手法	土砂還元を実施した際に、その効果をベントスから評価する技術を提案	平成22年度	自然共生研究センター
流出変化時の付着藻類現在量モデル	流量等付着藻類の繁茂条件が変化した場合に付着藻類現在量を予測するモデルを開発	平成22年度	自然共生研究センター
孔内多地点地下水測定(MGL)システム	孔内多地点地下水測定MGL(Multiple Groundwater Level Measuring System)システムとは、岩盤や地盤内の地下水圧を、1本のボーリング孔内の多深度地点で正確にかつ長期的に測定するシステム	平成8年度	水工構造物
割裂方向制御グラウチング	未固結層や軟岩地盤において、浸透流に直交する方向に鉛直の割裂グラウト脈を発生させることにより、地盤変位を抑え効率的に止水膜を形成させる工法	平成9年度	水工構造物
コンクリートのコンシステンシー試験法および装置	RCD用コンクリートのコンシステンシーをより正確にもとめるための、振動数、振幅可変型のVC試験機	平成9年度	水工構造物
バッチャープラントにおける骨材の水分量測定方法および装置	単位水量の安定したコンクリートを供給するために、骨材の含水比をリアル・タイム・プロセッシング・システムにより正確に測定しするバッチャープラントにおける骨材の水分量測定装置	平成11年度	水工構造物
ダム基礎グラウチングに関する合理化手法	安全性を損なうことなく、より合理的なダム基礎グラウチングの設計・施工を行い、コスト縮減を実現するもの	平成15年度	水工構造物
CFRDコンクリート遮水壁の漏水探知センサ	2種類のケーブルの抵抗差を利用して、CFRDに漏水が発生した場合の任意の漏水箇所を精度よく特定する探知システム	平成15年度	水工構造物
大規模地震に対するダムの耐震性能照査方法	大規模地震に対するダムの安全性の照査方法	平成17年度	水工構造物
堤体表面連続変位計によるダムの安全管理	水没斜面も含めたフィルダム堤体法面の変形を連続的に計測できるシステム	平成18年度	水工構造物
フィルダムの安全管理におけるGPSの利用	GPSを用いて高度化・合理化したフィルダムの外部変形計測技術であり、人権費の削減によりコストが縮減できるとともに、計測頻度が向上する等、管理の高度化が図れる	平成19年度	水工構造物
新形式ダムの設計手法	従来のダム型式(重力式コンクリートダム、ロックフィルダムなど)と同等の安全性を確保できる新形式のダム(台形CGSダム)の設計手法の開発	平成19年度	水工構造物



土木研究所が開発した技術・手法	概 要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
粗石式魚道	多様な水深や流速をもつせせらぎ的な流れを形成できる、粗石状のコンクリートブロックで構成される水路式魚道	平成11年度	水理
引張ラジアルゲート	圧縮よりも引張に強い鋼材の性質を生かした経済的でコンパクトなダム用放流設備	平成13年度	水理
堤頂道路を兼用した越流頂	堤頂道路との兼用が可能なダムの越流頂形状	平成14年度	水理
堆砂シミュレーション技術(流下方向1次元河床変動モデル)	混合粒径を取り扱うことができる非定常流(不定流)の1次元河床変動モデルで、浮遊砂の輸送方程式を用いることで、ダム貯水池における浮遊砂の浮上と沈降の非平衡性を考慮している。常流射流混在流れや合流を取り扱うことができるダム貯水池の堆砂予測モデルである。	平成16年度	水理
自動降灰・降雨量計	火山灰を捕灰容器に収集し、同容器に備えられている水位計とロードセルを用いて火山灰の堆積量を計測する。降雨量も計測することができる。	平成16年度	火山・土石流
表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル(案)	簡易貫入試験により崩壊のおそれのある層厚を計測することにより、従来より格段に高い精度で、表層崩壊の発生危険度を評価する手法を開発しとりまとめた。	平成20年度	火山・土石流
深層崩壊の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)	深層崩壊について、溪流(小流域)単位で危険度を評価する技術を新たに開発し、手法としてとりまとめた。同技術は空中写真、地形情報、地質図を用いて実施するものであり、基本的に全国に適用が可能。	平成20年度	火山・土石流
投下型水位観測用ブイ	天然ダムの湛水位を観測するために、衛星通信装置を搭載したブイ、水位センサー等から構成される水位監視装置であり、天然ダムの決壊等による二次災害の軽減に資することを目的とする。ヘリコプターより投下するだけで設置できるため、迅速・安全に観測を行うことが可能。	平成20年度	火山・土石流
斜面崩壊検知センサ	斜面崩壊の発生を検知するセンサ。目的を斜面崩壊の検知に特化することにより、メンテナンスの省力化、コスト縮減、耐久性の向上が図られている。	平成22年度	火山・土石流
振動検知式土石流センサー	土石流が発する振動から土石流の発生を判定し、検知信号を発するものである。従来使われているワイヤーセンサーと比べて、連続して土石流を検知できること、観測した振動波形から土石流の大小を推定できることなどの特徴を有する。	平成22年度	火山・土石流
緊急調査初動期の区域想定計算プログラムQUAD1.0	2011年5月に改正された「土砂災害防止法」にもとづき実施される緊急調査において、大規模な天然ダムの決壊に伴う土石流、および降灰後の降水に起因する土石流によって、土砂災害が想定される土地の区域を推定するための数値計算プログラム。緊急時に、限られた情報でも、ある程度の精度を持った結果を迅速に推定できる。	平成22年度	火山・土石流

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
感圧式すべり面検知器	すべり面が100m前後の大規模地すべりにおけるすべり面深度を調査する計測器	平成7年度	地すべり
光ファイバセンサによる地すべり共同調査法	光ファイバセンサを用いた地すべり挙動調査法	平成13年度	地すべり
加熱式地下水検層法	地すべり地の調査ボーリング孔を利用した地下水流動層調査法	平成17年度	地すべり
酸素溶解式地下水追跡法	地すべり地の調査ボーリング孔を利用した地下水流動経路調査法	平成17年度	地すべり
地震時の既存地すべり地形における地すべり発生危険度評価法	地震時の既存地すべり地形における地すべり発生の危険度を評価する方法	平成22年度	地すべり
地下水排除施設機能維持管理法	地すべり防止施設である地表水・地下水排除施設の管理手法	平成23年度	地すべり
集落を対象とした雪崩対策の指針	集落を対象に、土木研究所などで取り組んできた雪崩対策技術をとりまとめ、指針化	平成7年度	雪崩・地すべり研究センター
豪雪時における雪崩斜面の点検手法の普及	積雪地域で用いられている雪崩斜面の点検手法と応急対策事例を収集整理し、手引きを作成	平成21年度	雪崩・地すべり研究センター
排水性舗装	空隙率の高いポーラスアスファルト混合物を表層に用いることで、道路交通騒音の低減と雨天時の車両の走行安全性を向上する技術	平成8年度	舗装
振動低減舗装	弾性の高いアスファルト混合物やゴムなどを用いることで、交通振動の軽減を図る技術	平成14年度	舗装
混合物型遮熱性舗装	遮熱性塗料を用いることで路面温度低減効果を有するとともに、従来の表面塗布型の遮熱性舗装と比較して、アスファルト混合物に遮熱性塗料を混合することにより摩耗による性能低下を抑制する技術	平成16年度	舗装
タイヤ路面騒音測定装置及び測定方法	自動車が道路を走行する時にタイヤ路面間で発生する騒音を測定できるタイヤ/路面騒音測定装置、路面の吸音特性を測定できる吸音特性測定装置、路面からの反射音を測定できる路面反射音測定装置を開発し、その測定方法を確立	平成16年度	舗装
シート舗装	上面に繊維、下面にゴム接着面を持つシート状の舗装材料で、工期短縮、振動低減、段差やジョイントの振動を抑制するとともに摩耗、流動に強く、凍結抑制効果もある技術	平成17年度	舗装
工期短縮舗装	2層同時施工などを行うことにより舗装工事期間を短縮する技術。補修工事が困難な交差点などでの適用を想定しており、補修頻度を低減するため、エポキシアスファルトや繊維系の補足材を用いることにより通常の舗装より耐久性も高くなっている。	平成18年度	舗装
歩道用土系舗装	自然土を主材料とし、土本来の風合いにより自然な景観を有するとともに、適度な弾力性、衝撃吸収性を備えている。また、保水性を有することから、夏季の路面温度の上昇を抑制する舗装技術。車両走行に耐えるほどの耐久性は有していないことから主に歩道で使用される。	平成20年度	舗装

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
車道用土系舗装	歩道用土系舗装と比べ、車両走行に耐えられるようにバインダを高強度化した技術。土の風合いによる自然な景観を有し、自動車の交通荷重に対する耐久性がある。ただし、弾力性や衝撃吸収性、路面温度の上昇抑制効果は歩道用技術よりは劣る。	平成22年度	舗装
異形断面シールド技術	トンネルの用途に応じて、円形以外の断面が掘削可能なシールド技術	平成4年度	トンネル
カウンタービーム照明	道路トンネルの入口部の照明として、灯具からの光を交通方向に対向させて照射する方式であり、従来の対称照明方式と比較して落下物が視認しやすい照明技術	平成8年度	トンネル
既設トンネルの断面拡大技術	供用中の狭隘な道路トンネルに対して、交通を供用させたまま断面を拡大する技術	平成14年度	トンネル
トンネルの変状対策手法	はく落防止対策等に関して知見をとりまとめ、マニュアル案として考え方を提案	平成15年度	トンネル
トンネルの補強技術	供用中のトンネルを対象として、土圧などの外力による変状等に対する薄肉のトンネル補強技術	平成17年度	トンネル
トンネルの補修技術 (光ネット工法、NAV工法)	供用中のトンネルを対象として、材質劣化等の変状等に対して補修後も覆工コンクリート表面のひび割れが観察可能な補修技術	平成17年度	トンネル
自動車排ガス規制の強化に伴う換気施設設計の見直し	自動車排出ガス規制による自動車の性能向上などにより、道路トンネルの換気施設設計に用いる自動車1台あたりの排出量の提案	平成19年度	トンネル
大深度地下トンネルの構造設計法	都市内の大深度下におけるシールドトンネルのセグメント設計の基本的な考え方	平成20年度	トンネル
道路トンネルの新換気制御技術	トンネル内の自然風、交通量を考慮した道路トンネルの換気制御技術	平成23年度	トンネル
トンネルの変状発生原因推定方法	現場の技術者が変状の発生原因の推定と対策工の選定を行う上で参考となる基本的事項を提案	平成24年度	トンネル
洪水時の河川流量自動計測システム	河川が短く河床勾配が急で、極めて厳しい流況を呈するアジアモンスーン地域における河川において、安全・確実に省コストで洪水流量観測を可能とするために、設置型流速計(電波流速計)を用いた自動計測のほか、ADCP(超音波ドップラー流向流速計)による検証・精度管理を含めた一連の計測システム	平成21年度	ICHARM (水理・水文担当)
衛星降雨データ補正手法の改良	ICHARMが開発してきた衛星観測降雨量の補正手法について、地上雨量データを用いて補正。地上雨量データが密にあれば、ダイナミックウィンドウ法などの手法が有効であるが、開発途上国では地上雨量データの入手は極めて困難。衛星観測雨量データは、豪雨時ほど過小評価傾向にあることが顕著である反面、雨量が少ない場合は、比較的精度が確保できていることを活かし、雨量データが小さい場合と雨量データが大きい場合で補正	平成22年度	ICHARM (水理・水文担当)



土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
発展途上国における持続的な津波対策に関する研究	「海岸植生を用いた津波対策ガイドライン」を、さらに現地の状況に即した内容に改良するために、インドネシア・ジャワ島南部の11箇所において海岸植生の現地調査を行い、異なる樹種の樹高・樹径・抵抗能力などを計測し、インドネシア・バンダアチェにおいて現地行政官などからなるワークショップを開催し、現地の意見を取り入れながら「海岸植生を用いた津波対策ガイドライン」の改良や「途上国における津波ハザードマップ作成ガイドライン」の作成	平成22年	ICHARM (リスクマネジメント担当)
革新プログラム「気候変動に伴う全球および特定脆弱地域への洪水リスク影響と減災対策の評価」	気象研究所の超高解像度大気大循環モデル(MRI-AGCM)等の降水量出力値の統計的バイアス補正方法(ハイブリッド・クォンタイル法)を開発し、全球水循環シミュレーションのためのスケールフリー河道網と全球水循環モデル(BTOP、20kmメッシュ)の開発、BTOPモデルにより計算される全球の極値流量、地理および社会データを用いたグローバルな洪水リスク評価手法の開発	平成22年度	ICHARM (リスクマネジメント担当)
統合洪水解析システム(IFAS)の開発	ICHARMでは、(社)国際建設技術協会や9社の建設コンサルタント各社の技術力を結集し、共同研究体制によってIntegrated Flood Analysis System(IFAS)と名付けた洪水流出解析システムを開発した(現在ICHARMが開発主体)システム。平成19年度に、豪雨に対して過小評価傾向のある衛星降雨データ(JAXA-GSMap)について、雨域の移動情報を併せて活用することで自己補正する手法を開発し、IFASへの実装を行い、平成22年度には、IFASに衛星降雨データを自動でダウンロードし、IFASに取り込んで、流出計算を行い、警報を発信する機能を搭載(平成23年春β版公開)	平成23年度	ICHARM (水理・水文担当)
予警報システムを搭載した新IFASの開発	IFASをベースとして、開発途上国でのケーススタディを踏まえ、脆弱な電力供給及びインターネット網の環境下においても、適切にデータを入手し、予警報を発出できる機能を持った新しいIFASシステム		ICHARM (水理・水文担当)
プレストレストコンクリート橋の省力化施工技術	PCパネルによるコンクリート合成床版を利用した少数主桁化かつ型枠作業の省力化、ならびに横桁の最少化を図ったプレストレストコンクリート橋の省力化施工技術	平成4年度	CAESAR
耐候性鋼橋梁の設計・施工技術	耐候性鋼材(Cu、Cr、Ni等の元素を添加し、鋼材表面に緻密なさび層を形成させ、鋼材表面を保護することで腐食を抑制する鋼材)を、無塗装で橋に適用する際に、所定の性能が発揮できるようにするための、適用可能地域、構造細目等の設計・施工技術	平成5年度	CAESAR
RC橋脚の塑性域を考慮した耐震設計法	レベル2地震動に対する合理的な設計のために、RC橋脚の降伏後の挙動を考慮した地震時保有水平耐力法を構築した。この一環として、コンクリートの横拘束効果を考慮した応力度~ひずみ関係を開発	平成7年度	CAESAR
RC橋脚の耐震補強技術	古い設計基準でつくられた橋の耐震補強のために、段落とし部の補強設計法の開発、曲げ耐力制御式鋼板巻立て工法や連続繊維シート巻立て工法の設計法	平成9年度	CAESAR

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
道路橋基礎の洗掘調査法	安全に、かつ、短時間で実施できるカラーイメージングソナー等を用いた洗掘調査方法	平成9年度	CAESAR
道路橋基礎の杭頭接合部の設計法	大地震時の性能確保や施工品質の向上を可能とする道路橋基礎の杭とフーチングの接合部の設計法	平成10年度	CAESAR
CFRPシートを用いた鉄筋コンクリート床版の補強技術	既設鉄筋コンクリート床版の下面にCFRPシートを貼り付けることにより、疲労耐久性を改善するための技術	平成11年度	CAESAR
道路交通振動の予測手法	自動車の走行により生じる道路周辺の地盤振動に関して、道路事業の環境影響評価に用いる道路交通振動の予測手法	平成11年度	CAESAR
輪荷重走行試験を活用した鉄筋コンクリート床版の耐久性評価技術	実物大の鉄筋コンクリート床版試験体に対して、輪荷重走行試験を行い、床版の破壊過程を再現し、鉄筋コンクリート床版の疲労耐久性を評価する手法	平成14年度	CAESAR
RC橋脚の配筋合理化に資する工法	RC橋脚の過密配筋による施工性の低下を改善するために、特に横拘束筋の合理化する工法	平成14年度	CAESAR
道路橋基礎の部分係数設計法	各種不確実性を考慮した信頼性に基づく道路橋基礎の部分係数設計法の開発	平成16年度	CAESAR
橋全体系の耐震性向上に着目した耐震補強工法	様々な制約条件下の既設橋を合理的に耐震補強するための技術として、免震工法、慣性力分散工法、変位拘束工法など、橋全体系の耐震性向上に着目した耐震補強工法	平成17年度	CAESAR
変形性能に基づく地中構造物の耐震設計法	大規模地震時の道路トンネル、地下駐車場等の大規模な地中構造物の耐震設計法の開発を行った。また、ゴムによる免震材を用いた免震工法	平成17年度	CAESAR
大規模地震を想定した長大橋梁の耐震設計法の合理化技術	耐震性に優れた高機能材料の活用や新構造形式を用いた長大橋梁の耐震設計法	平成17年度	CAESAR
すべり系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計法	すべり摩擦系の支承と水平力を受け持つゴムバッファの組合せによるすべり系支承を用いた免震設計法	平成18年度	CAESAR
インテグラルアバット構造(橋台部ジョイントレス構造)の設計法	橋台と上部構造を剛結することで支承部や伸縮装置を省略し、維持管理性が向上することが期待されるインテグラルアバット構造の設計法	平成19年度	CAESAR
道路橋の耐風設計技術	支間が長く吊橋等の柔な橋・部材に対する、風荷重や風によって引き起こされる振動を考慮した設計技術(耐風性照査手法、耐風安定化部材による実橋構造の合理化等)	平成19年度	CAESAR
橋台の側方移動対策の改善	既設橋の不具合事例を分析し、橋台基礎の側方移動の判定法や対策方法を見直し・充実	平成20年度	CAESAR
SFRC舗装による既設鋼床版の補強工法	既設舗装を剛性の高いSFRC舗装に取り替え、鋼床版のデッキプレートと一体化させ、鋼床版各部の局部応力・変形を軽減させることにより、鋼床版の疲労耐久性を向上させる工法	平成21年度	CAESAR

土木研究所が開発した技術・手法	概 要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
道路橋の耐震設計における部分係数設計法	性能規定型設計体系への本格的な以降を見据え、各種不確実性を考慮した道路橋の耐震設計法	平成21年度	CAESAR
既設鋼床版の疲労き裂の超音波探傷法	目視点検では発見確認困難な部位に発生する疲労き裂(鋼床版のデッキとUリブ溶接部からデッキ内に進展するき裂)を超音波探傷法により検出する技術	平成22年度	CAESAR
地震後の道路橋の機能を速やかに回復するための技術(被災度判定センサ、応急復旧工法)	地震後の橋の早期機能回復に資する技術として、橋脚の損傷の迅速な検知技術と応急復旧技術	平成22年度	CAESAR
既設道路橋基礎の耐震性評価補強法	既設道路橋基礎の耐震性を評価し優先度をつけて補強を行っていくため、基礎の諸元調査法・耐震性評価法・補強方法について実験・調査結果に基づきとりまとめ	平成22年度	CAESAR



土木研究所が開発した技術・手法	概 要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
除雪機械マネジメントシステム(ダイナミック工区シフト支援機能、除雪作業状況確認機能)	リアルタイムな除雪機械の位置・作業情報から、隣接工区間での除雪機械の臨機な応援を支援する機能(ダイナミック工区シフト支援機能)、除雪進捗状況の把握や除雪機械到着予想時刻を提供する機能(除雪作業状況確認機能)を搭載したシステム	平成21年度	寒地機械技術
凍結防止剤散布車散布情報収集・管理システム	凍結防止剤散布車の散布設定情報と散布位置情報を自動でサーバに収集し、散布箇所や散布量等の詳細な情報を地図上に表示するシステム	平成21年度	寒地機械技術
樋門・樋管函体の3次元変位計測技術	樋門・樋管函体の動態観測において、沈下や継手の開きを把握する函体内の測定鉤の座標を、トータルステーションと自走装置を用いて3次元(X、Y、Z)で計測する変位計測技術	平成22年度	寒地機械技術
ロータリ除雪車対応型アタッチメント式路面清掃装置	除雪機械を夏期も通年活用することで、道路維持管理費のコスト削減を図ることを目的として開発したロータリ除雪車に装着可能なアタッチメント式路面清掃装置	平成22年度	寒地機械技術
3次元写真計測における写真歪み簡易補正手法	3次元写真計測を行う際に必要となる写真の歪み補正を、トータルステーションを用いた現地計測により簡易的に行う手法	平成22年度	寒地機械技術
施工の効率化に関する事例集	北海道開発局で実施された工事の施工実態から、施工の効率化につながる施工例などを抽出し、積雪寒冷地における建設施工技術及び施工法の効率化に関する提案として取りまとめた事例集	平成22年度	寒地機械技術
除雪車が関係する交通事故対策	除雪機械オペレーターを対象に作成した、除雪車が関係する交通事故をイラストと写真で紹介し事故防止のポイントなどをまとめた「寒地交通事故事例集」及び除雪機械のオペレーターから安全に除雪作業をするための「コツ」をヒアリングし、これらを除雪作業別に取りまとめた「除雪車安全施工ガイド」	平成22年度	寒地機械技術
港湾構造物水中部劣化診断装置	光学式カメラでは撮影不可能な濁水中や暗所での撮影を可能とする超音波式の音響カメラを用いた港湾構造物水中部劣化診断装置	平成22年度	寒地機械技術
排水ポンプ設置支援装置(自走型)	爆弾低気圧や冬期降雨により多様化する洪水及び出水災害の現状を踏まえ、既存の排水ポンプを搭載可能な自走型の設置支援装置	平成22年度	寒地機械技術
低温下におけるバイオガス・バイオディーゼル燃料の適応性	廃食用油から精製したバイオディーゼル燃料や生ゴミを発酵させたバイオガスの除雪車及びパトロールカーへの低温下における適応性評価	平成22年度	寒地機械技術
連続路面すべり抵抗値測定装置を用いた凍結防止剤散布技術	凍結防止剤散布車に連続路面すべり抵抗値測定装置を取り付け、散布作業時における路面のすべりやすさを客観的に判別しながら、散布が必要な箇所に迅速に散布する技術	平成23年度	寒地機械技術
埋設型ひずみ拡散ジョイント工法	小規模橋梁用の伸縮装置の一つ。伸縮部表面に前後の舗装と同じアスファルト混合物を使用して舗装路面と伸縮装置の連続化を図り、橋梁伸縮量の吸収を混合物自体に受け持たせるものであり、路面の平坦性と連続性を容易に確保することができ、また、雪寒地でみられる除雪の際の伸縮装置の破損を防止できる工法	平成4年度	寒地構造

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
三層緩衝構造	落石覆道に用いられる緩衝材の一つ。その優れたエネルギー吸収性能と荷重分散効果により、従来の敷砂緩衝の緩衝性能では覆道本体構造が大規模となる場合、あるいは設計が成り立たない場合に適用される。落石エネルギー 3000KJ程度まで適用可能	平成4年度	寒地構造
鋼製リンク支承	橋梁用免震支承の一つ。幾何学的特性を利用して復元特性を発揮させ、相対移動に伴う摺動摩擦力により減衰を得るという両機能を備えた鋼製の支承である。本支承は、広く用いられているゴム系支承とは異なり、温度変化に伴う復元力特性の変化がないという利点を有しており、寒冷地における適用に際してその温度依存性を考慮することなく設計が可能	平成7年度	寒地構造
地震情報伝達システム (WISE)	地震当初の防災システムをサポートするシステムで、強震計による地震動の情報を迅速に得ることによって、地盤や道路構造物などの被害予測を行い、現場での指示や対応が的確にできるようにするものである。本システムには北海道内各地に設置された強震計がオンラインでつなぐれ、一元管理されている。	平成8年度	寒地構造
岩盤モニタリングシステム	岩盤崩落現象に至る岩盤挙動の把握、遠隔地からの挙動監視のための観測計器、データ収録装置及び一時解析装置、通信装置等から構成されているネットワークシステム	平成10年度	寒地構造
岩盤亀裂発生装置	表面亀裂を有した岩盤供試体に遠心力を作用させ、ポディフォースを大きくすることで、亀裂先端の破壊状態を観察可能であり、さらに、供試体に遠心力場で水圧や結氷圧などを作用させる機能を有しており、岩盤崩壊の要因と考えられる寒冷地特有の亀裂進展機構を究明する装置	平成11年度、平成13年度	寒地構造
鋼コンクリート合成サンドイッチ床版	橋梁用合成床版の一つ。ボルト穴を削孔した2枚の鋼板、高力ボルト、高ナットからなる鋼殻を工場製作し、現場架設後に高流動コンクリートを流し込んで製作するものである。床版空間長4mまでは版厚約16cmで対応でき、軽量で耐荷・耐久性が高く、建設コストの縮減が可能	平成12年度、平成14年度	寒地構造
RC落石覆工の3次元動的特性を考慮した設計法	実規模衝撃実験等により明らかにしたRC落石覆工の3次元動的応答特性が考慮された箱型形式RC落石覆工に対する許容応力度レベルでの設計法（落石荷重に対する断面力評価）	平成12年度	寒地構造
鋼製覆工頂版の補強工法	デッキプレートとコンクリートを合成してなる頂版を有する鋼製の覆工（落石覆工及びスノーシェッド）の補強工法であり、頂版上に設置されている敷砂緩衝材を三層緩衝構造に置き換え、芯材RC版と既設頂版を接合する工法	平成12年度	寒地構造
PCスノーシェッドの補修・補強工法	想定災害要因に対して十分な耐力を有しない既設PCスノーシェッドの補修・補強工法であり、頂版桁下面の繊維補強、床版下面の剥離・剥落対策、変形EPS三層緩衝構造を組み合わせた工法	平成12年度	寒地構造

土木研究所が開発した技術・手法	概 要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
鋼コンクリート合成落石覆道	頂版部にサンドイッチ版（2枚の鋼板、高力ボルト、高ナットからなる鋼殻に高流動コンクリートを充填）を採用した落石覆道。工期短縮が可能で、経済性に優れ、架設時に支保工を必要としない等の特徴を有した工法	平成12年度	寒地構造
鋼管コンクリート橋脚	高さ30m程度以下の低・中橋脚に適用可能な工法。コンクリートとの付着に優れた外面リブ付き鋼管を軸方向鉄筋とともに橋脚断面内に配置するものであり、施工省力化、工期短縮及び建設コスト縮減が期待できる工法	平成13年度	寒地構造
柱梁合成構造	高さ30m程度以下の低・中橋脚に適用される鋼管コンクリート橋脚と鋼桁から構成される複合ラーメン橋に適用される接合部の剛結工法。確実な剛結性状が得られるとともに施工の省力化、工期短縮及び建設コスト縮減が期待できる工法	平成14年度	寒地構造
複合構造横断函渠工	頂版部に鋼・コンクリート合成構造を用いた土被りの無いボックスカルバートであり、従来構造に比較して盛土高を1m程度低く抑えることが可能となる。このため高規格幹線道路で、ボックスカルバートが道路縦断計画のコントロールポイントになる場合において、特にコスト縮減効果が期待できる工法	平成15年度、平成18年度	寒地構造
杭付落石防護擁壁工	鋼管杭基礎を採用した落石防護擁壁であり、斜面法尻の掘削を最小限にできるため、斜面下部での擁壁施工時の安全確保および仮設工不要による施工性・経済性が向上し、斜面法尻掘削に伴い斜面崩壊が懸念される箇所や、支持層が深い箇所に有効な工法	平成16年度、平成20年度	寒地構造
透光防波柵	沿岸道路沿いに設置する越波防止柵であり、従来用いられている波形状鉄板（有孔鋼板）からなる越波防止柵では周囲の視界を遮ることになるのに対し、折板形状にした透明なポリカーボネートを採用することによって採光性に優れ景観にも配慮でき、かつコスト縮減も可能な工法	平成19年度	寒地構造
橋梁維持管理システム（CBMS）	橋梁構造物の定期点検結果より、健全度評価と将来の劣化予測を行い、最適な維持補修・補強シナリオを提供するためのシステム	平成22年度	寒地構造
アラミドロープを用いたRC橋脚の耐震補強工法	RC橋脚の耐震補強工法の一つ。寒冷環境下においても防寒養生が必要なく、短期間で施工が可能であるアラミド繊維製ロープの巻き立てにより、RC橋脚のじん性を向上させる工法	平成22年度	寒地構造
寒冷地仕様橋梁用伸縮装置	積雪寒冷環境下における既設橋梁の調査結果より推定した劣化・損傷原因に対し、長期耐久性を確保するための改良（耐衝撃性、止水性、防食機能の向上）を施した鋼製の伸縮装置	平成23年度	寒地構造
鋼橋用厚板鋼板の低温靱性評価	鋼橋に用いる厚板鋼板の溶接金属部の低温時脆性能に着目し、鋼種選定上、性能低下が生じない使用温度領域や靱性を確保するための方策を示した。	平成23年度	寒地構造



土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
橋梁用ゴム支承の低温時性能評価	橋梁用ゴム支承の低温時における特性値（等価剛性・等価減衰定数等）を種別ごと（積層ゴム支承・鉛プラグ入りゴム支承・高減衰ゴム支承）に評価するとともに、寒冷地におけるゴム支承免震橋梁の照査フローを示した。	平成23年度	寒地構造
雪寒地における道路橋RC床版の補修補強設計フロー	積雪寒冷地におけるRC床版の劣化状況を踏まえ、床版上面の劣化を評価し、余寿命を考慮した補修・補強方法を選定するためのフロー	平成23年度	寒地構造
岩盤斜面における落石シミュレーション手法	岩盤斜面における落石の落下挙動を推定する手法の一つ。現地状況を精度よく再現し、本手法を適用することにより、落石エネルギーや到達範囲等が推定可能となることから、落石対策工の検討に寄与することができる。	平成23年度	寒地構造
場所打ちコンクリート杭の岩盤先端支持力評価法	岩盤を支持層とする場所打ちコンクリート杭の先端支持力度を載荷試験等から評価する方法	平成12年度	寒地地盤
泥炭性軟弱地盤対策マニュアル	泥炭性軟弱地盤上に道路などを建設・維持管理する際に必要な調査・設計・施工の標準的な考え方を取りまとめた技術指針	平成13年度	寒地地盤
碎石とセメントを用いた高強度・低コスト地盤改良技術	碎石とセメントミルクを用いた高強度低コスト地盤改良技術	平成15年度	寒地地盤
軟弱土改良方法及びそれに用いる固化材充填装置	軟弱土を改良する場合に固化材を飛散させないで混合するための装置	平成16年度	寒地地盤
杭の動的水平載荷試験	杭頭に重錘を水平方向に衝突させ、動的な衝撃荷重により、従来の静的な水平載荷試験より簡便に試験を実施し、杭と地盤の動的な水平抵抗特性を調査する試験法	平成17年度	寒地地盤
すき取り物による盛土のり面の緑化工法	建設工事により発生するすき取り物を、盛土の緑化材料として利用する方法	平成20年度	寒地地盤
北海道における複合地盤杭基礎の設計施工法に関するガイドライン	泥炭性軟弱地盤などの軟弱地盤に経済的な構造物を建設するための、杭に地盤改良を併用する複合地盤杭基礎の設計施工法に関する技術指針	平成22年度	寒地地盤
積雪寒冷地におけるトンネル断熱材施工厚さの設定方法	岩石の種類や熱伝導率、トンネル掘削区分、冬期の平均気温に基づく施工箇所地域区分などをもとにトンネル断熱材の施工厚さを設定する方法を作成し、北海道開発局道路設計要領に反映	平成4年度	防災地質
積雪寒冷地における岩盤路床の評価法	一軸圧縮強さや吸水率等の簡便な指標による岩盤路床の可否判定法を構築し、道路設計要領に反映。凍結環境下の路床の施工コスト削減に寄与	平成19年度	防災地質
自然由来の重金属等を含む岩石の調査、評価方法	建設工事において自然由来の重金属等を含む岩石に遭遇した際に実質的に環境汚染を招かないための調査・試験方法に関する研究を実施し、これらの研究成果をベースに自然由来重金属等への対応方法を示したマニュアル	平成21年度	地質、土質・振動、防災地質

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
デジタルカメラ等の新しい写真計測技術を活用した斜面点検方法	デジタルカメラ写真の差分から斜面変状箇所を抽出し変動量を推定する斜面点検方法を構築。「写真計測技術を活用した斜面点検マニュアル(案)」として提案	平成21年度	防災地質
オーバーハングを有する岩盤斜面の安定性評価手法	急崖斜面の形状、背面亀裂やオーバーハングの深さ、岩石の引張り強度等による岩盤斜面の安全率を解析する数値解析手法。オーバーハングを有する岩盤斜面の安定性評価のための3次元極限平衡解析ソフト開発	平成22年度	防災地質
微小電位の変動を利用した斜面変動計測技術	岩盤斜面内の自然電位を観測することによる斜面変状の評価技術。「斜面監視に用いる微小電位観測マニュアル(案)」として提案	平成22年度	防災地質
凍害が疑われる構造物の調査・対策手引書(案)	北海道開発局等で利用されているコンクリート構造物の凍害劣化に関し、超音波等を用いた簡易な診断手法、凍害劣化予測、スケーリング耐久性設計などを取りまとめた手引書(案)	平成16年度	耐寒材料
耐寒剤を用いる寒中コンクリートの施工	北陸、東北、北海道で幅広く活用されている耐寒剤と簡易なシート養生による寒中コンクリートの施工を取りまとめた耐寒剤運用マニュアル(案)	平成16年度	耐寒材料
道路橋における表面含浸材の適用技術	北海道開発局の現場施工で活用されているコンクリート構造物の凍害・塩害によるスケーリング劣化に対するシラン系やケイ酸塩系表面含浸材による抑制効果、適用範囲、作業の留意点などを取りまとめた設計施工要領	平成18年度	耐寒材料
短繊維混入吹付けコンクリートと連続繊維メッシュを併用した補修・補強工法	土木学会指針(案)への掲載や北海道開発局の橋梁・トンネルで施工されている耐凍害性を確保した中空微小球混入短繊維吹付けコンクリートと連続繊維を併用した補修・補強工法	平成22年度	耐寒材料
バスレーンカラー舗装技術	天然赤色骨材を用いて、バスレーンのカラー化を行う技術	平成6年度、平成19年度	寒地道路保全
凍結防止剤自動散布装置(しみだし君)	凍結防止材を自動的に路面に染み出させ、走行車両のタイヤによって拡散させる装置	平成8年度	寒地道路保全
機能性SMA	耐久性の高いSMAと排水・騒音低減機能のある排水性舗装の機能を併せ持つ表層用混合物	平成9年度	寒地道路保全
越波監視システム	海岸沿い道路への越波の発生状況を画像処理技術を用いて自動検知し、道路管理者に通報が入ることで通行規制判断の補助を行うシステム	平成9年度	寒地道路保全
寒冷地用表層混合物の適用基準	重車両の増加による流動わだち対策としての表層混合物への密粒度混合物や改質アスファルト混合物の適用基準	平成12年度	寒地道路保全
舗装の寒冷期施工対策マニュアル	寒冷期に舗装を施工せざるを得ない場合においても、舗装品質を確保するための対策を提案したマニュアル	平成12年度	寒地道路保全
ホタテ貝殻を用いた混合物	ホタテ貝殻の粉碎物を、アスファルト混合物の骨材として利用する技術	平成14年度	寒地道路保全
落雪防止格子フェンス	上弦材を有する橋梁からの落雪事故を防止するため橋梁に設置する格子状のフェンス	平成16年度	寒地道路保全

土木研究所が開発した技術・手法	概 要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
防滑材貯蔵・使用システム	通行人が散布しやすい容器に入った防滑材を貯蔵し、路面の凍結状態を検知して防滑材の散布を促す機能を有した貯蔵庫	平成16年度	寒地道路保全
応力解放法を用いた舗装温度応力測定技術	応力解放法を応用して、舗装体内部の任意の位置に発生している温度応力を計測する技術	平成16年度	寒地道路保全
寒冷地舗装の20年設計基準	理論最大凍結深にもとづく凍上抑制層の基準など寒冷地の条件を考慮した設計期間を20年の舗装設計基準	平成17年度	寒地道路保全
中温化舗装技術を用いた冬期舗装の品質改善技術	排水性舗装を寒冷期に施工する際の品質を確保するための中温化混合物の適用技術	平成17年度	寒地道路保全
横グルーピング工法の規定	雨天時対策や冬期路面対策として実施される横グルーピング工法について、耐久性や機能性を考慮した溝間隔や溝深さを提案した規定	平成17年度	寒地道路保全
軸重計	光ファイバセンサを用いて車両の軸重・走行位置・走行速度を測定する装置	平成18年度	寒地道路保全
凍上を考慮した歩道の設計法	歩道の凍上を防止する歩道部の凍上抑制層の設計基準	平成19年度	寒地道路保全
路肩グルーピング工法	路肩部の路面に縦方向の溝を複数設けることで、路肩部等から車道部に流れ込む融雪水を遮断して路面の再凍結を防ぐ工法	平成19年度	寒地道路保全
高耐久バイндаによる排水性舗装混合物の高耐久化技術	排水性舗装の骨材飛散抵抗性を高めるために、特別に開発されたアスファルトを用いた排水性混合物	平成19年度	寒地道路保全
舗装維持修繕計画立案システム	積雪寒冷地の舗装の劣化予測と優先順位付けを実施し、舗装維持修繕計画立案を補助するシステム	平成22年度	寒地道路保全
多層弾性理論に基づく舗装設計支援システム	多層弾性理論に基づく各種計算を行い、積雪寒冷地の舗装設計を支援するシステム	平成22年度	寒地道路保全
空港舗装のブリスタリング対策	ブリスタリングを防止するための空港舗装の設計基準(舗装厚、混合物の空隙率など)	平成23年度	寒地道路保全
若材齢時骨材露出工法	コンクリートが硬化する前の若材齢時にショットブラストによってモルタルを除去して路面を粗面化する工法	平成23年度	寒地道路保全
北海道における結氷河川マップ	北海道の結氷河川において、経時的な結氷状況を把握可能なマップ	平成6年度	寒地河川
損失機構を考慮した流出解析手法(馬場モデルⅠ)	流出解析手法(星モデル)を改良し、流出の損失を考慮した流出解析手法	平成11年度	寒地河川
浸透と蒸発散を考慮した流出解析手法(馬場モデルⅡ)	流出解析手法(星モデル)を改良し、流出時の浸透と蒸発散を考慮した流出解析手法	平成13年度	寒地河川
川の聴診器	洪水時の土砂量や粒径を、川の中の音から計測する技術。川の音を聴き、子供達が川に興味を持ってもらう等の啓発活動にも活用	平成15年度	寒地河川



土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
流出解析手法 (星モデル)	従前の貯留関数を改良し、流域の面積、地形、降雨強度等の諸元からモデル定数を定量化することで、流量資料の乏しい流域においても流出計算が可能となる流出解析手法	平成16年度	寒地河川
砂州の発達過程を解析する技術	弱非線形解析を用いて、複列砂州、単列砂州の発達過程を理論的に説明できる技術	平成18年度	寒地河川
塩水の河川遡上の計算手法	淡水層と塩水層の2層に区分し、潮位変動により塩水が河川を遡上する現象を再現可能な2層流1次元不定流計算モデルを開発。河川域の水環境を把握するための資料となる。	平成19年度	寒地河川
塩水の河川遡上の水理実験手法	河川の流れと海からの塩水の河川遡上を、縦断的に可視化可能にした水理実験手法	平成19年度	寒地河川
結氷河川の流量推定手法	観測データを用いて、河川結氷時の流量を連続的に推定する技術（低水管理、ダム放流量管理に使用）、H23.3にマニュアル発刊	平成21年度	寒地河川
2Way河道の持続的維持を可能とする技術	蛇行河川の復元を行う場合など、分岐合流を伴うような2つの流路を併せ持った河道（2way河道）を自律的に維持させるための河道設計手法	平成22年度	寒地河川
河氷の形成融解の計算手法	河川内に形成される河氷の厚さと河川の流れを同時に計算可能な1次元不定流河氷変動計算モデル。結氷河川の流況を把握するための基礎資料に活用	平成22年度	寒地河川
橋脚周辺の流木挙動の観測技術	橋脚にカメラを設置し、遠隔でリアルタイムに計測する技術	平成22年度	寒地河川
破堤拡幅の推定手法	千代田実験水路における、実スケールの越水破堤実験で得られた成果による、破堤拡幅過程の無次元掃流力と破堤ボリュームの関係に着目した、破堤拡幅の推定手法	平成23年度	寒地河川
破堤過程の観測技術	堤防内に加速度センサーを埋設し、破堤時の場所と時間を観測する技術	平成23年度	寒地河川
氷板厚計算式	河川に形成される河氷を気温、水温、水深で推定する技術、湖にも適用（河川結氷時の安全管理、解氷時の河川管理に使用）	平成23年度	寒地河川
樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン	ヤナギ類による樹林化を抑制し低コストで効果的な河川管理を実現するための河岸形状設定に関するガイドライン	平成23年度	寒地河川
津波の河川遡上の計算手法	河川横断形状を考慮し、津波の分散現象を再現可能な1次元不定流計算モデル。津波の遡上距離と遡上速度を河川縦断的に計算でき、防災計画立案時の基礎資料に活用	平成23年度	寒地河川
河床形状の簡便な観測技術	遠隔操作された小型音響測深システムにより、洪水期間中の面的河床形状観測を安全に行う技術	平成23年度	寒地河川
熱収支による融雪出水予測手法	成分分離AR法により分離した融雪量をパラメータのキャリブレーションに用いた、熱収支による融雪出水予測モデルを提案	平成13年度	水環境保全
寒冷地に適応した河畔林管理に関する技術	・寒冷地域の本来あるべき河畔林景観、及び洪水時の流水抵抗等を考慮した伐採手法 ・効果的な繁茂抑制の管理手法	平成22年度	水環境保全

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
急勾配河川の堰堤工作物に設置された魚道流入口上流部の土砂堆積防止に関する技術	現場発生材の巨礫等を水制工として用いることにより、魚道流入口上流部に土砂が堆積しにくい構造を提案	平成22年度	水環境保全
冷水性魚類の自然再生産のための良好な河道設計技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サクラマス産卵床の物理的環境評価手法</li> <li>・ サクラマス幼魚の越冬環境の物理的評価手法</li> <li>・ 堰堤水通しからの魚類の落下対策</li> <li>・ 魚道の堆砂閉塞防止対策</li> </ul>	平成22年度	水環境保全
寒冷地域における湿原植生保全に関する技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ササ、ハンノキの侵入状況による湿原乾燥化の評価手法</li> <li>・ TTC (トリフェニルテトラゾリウムクロライド) による生物の活性度測定による、湿原の状況の定量的評価手法</li> <li>・ 湿原植生復元手法</li> </ul>	平成23年度	水環境保全
土砂生産源推定手法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 岩石起源の放射性同位体をトレーサとして土砂生産源を流域の地質(岩石)ごとに評価</li> <li>・ 河川中の浮遊土砂やダム湖の堆積土砂、海岸材料など、あらゆる堆積環境に利用できる土砂生産源推定手法を提案</li> </ul>	平成23年度	水環境保全
港内結氷シミュレーションの開発	外気温、外海水温、風速、日射量、雲量などの気象条件をはじめ、潮汐、潮流等の様々な外的物理条件を与えることにより港内に発生する氷晶量および結氷量を実用的な精度で予測可能なモデル	平成16年度	寒冷沿岸域
親水防波堤警報システム	親水防波堤の上部工にL字型の凹型溝を設けることにより、波高が大きくなり波が凹型溝に達すると、音としぶきが発生することによって、防波堤上の利用者や管理者に危険を知らせる高波警報システム	平成16年度	寒冷沿岸域
斜面スリットケーソンの水理・波力特性	直立消波ケーソンと上部斜面堤の特徴を兼ね備えた新形式防波堤である斜面スリットケーソン堤の水理特性と作用波力を明らかにした。成果は「新形式ケーソン技術マニュアルー斜面スリットケーソン防波堤編ー」に反映された。	平成18年度	寒冷沿岸域
港内防風雪施設設計評価マニュアル	港内に防風雪施設を整備することにより漁業者の就労環境が改善される、就労環境の評価には体感温度を表す風力冷却指数(WCI)が指標になる知見を取り入れて、防風雪施設の調査・設計・評価手法を取りまとめたマニュアル	平成22年度	寒冷沿岸域
消波型高基混成堤の設計手法	通常の混成堤よりも基礎マウンドを高くし直立部をスリット構造にすることにより、基礎マウンド斜面上での碎波によって波エネルギーを減衰させる、堤体に作用する衝撃波力を低減させる特徴を持つ新形式の消波護岸の設計手法	平成22年度	寒冷沿岸域
ヤリイカ産卵礁	防波堤等の消波または被覆工に使用する、ヤリイカが産卵できる環境を備えたブロック	平成10年度	水産土木
魚類の産卵用魚礁	魚類の産卵が安定して行われるように、ハタハタ等の産卵基質が不足する海域に設置できる人工的な産卵用魚礁	平成12年度	水産土木

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
海藻着生基質	海藻の初期幼体を植食動物の食害から保護しつつ、動物と海藻を共存させる海藻着生基盤	平成16年度	水産土木
寒冷地における自然環境調和型沿岸構造物ガイドブック 暫定版(案)「水生生物生息環境創出機能に関わる産卵場の創出」編	港湾・漁港等の沿岸構造物整備における、水生生物の産卵場の創出手法	平成24年度	水産土木
ランブルストリップス	舗装路面を凹型に切削し、その路面上を車両が通過した際に発生する音と振動により、車線を逸脱したことを運転者に警告する技術	平成18年度	寒地交通
冬期路面管理支援システム	気温等から路面凍結を推定・予測した情報を道路管理者に発信し、道路管理者による冬期道路管理作業の判断を支援するシステム	平成21年度	寒地交通
冬期路面すべり抵抗モニタリングシステム	路面すべり抵抗値測定装置により「すべり抵抗値」など冬期道路の性能評価に資するデータを測定し、道路管理者にリアルタイムに情報発信することにより、道路管理者による冬期道路管理作業の判断を支援するシステム	平成21年度	寒地交通
道路吹雪対策マニュアル	吹雪による吹きだまりおよび視程障害対策としての防雪施設に関する技術資料および一般的技術基準を示し、基本的考え方を解説したマニュアル	平成15年度、平成22年度	雪氷
吹き止め柵	風上側に雪を多く捕捉しかつ風上の防雪容量を大きくするために、柵の空隙率を小さく柵高を大きく、更に下部間隙をゼロにした構造の防雪柵	平成15年度	雪氷
道路防雪林(狭帯林)	視程障害緩和を主目的として造成する、吹きだまりの堆雪空間をほとんど持たない、林帯幅10m未満の道路防雪林	平成15年度	雪氷
緩勾配盛土	盛土の法面勾配を1:4.0程度に緩くすることで、法肩での風の剥離を防ぎ吹きだまりを防止するとともに、防護柵を必要とせず路側雪堤を低く抑えることで雪堤からの飛雪を防止する道路構造	平成15年度	雪氷
視線誘導樹	路側や中央分離帯に連続的に樹木を植栽することにより、日中の吹雪や降雪時の道路視認性を高める施設	平成15年度	雪氷
北海道の農耕地土壌の孔隙分布特性分布図	北海道の577地点の農耕地で深さ50cmまでの重力水孔隙量(水はけを良くする孔隙の量)および易有効水分孔隙量(水持ちを良くする孔隙の量)を計測し、これらの孔隙の分布の特徴を図示した地図	平成5年度	資源保全
暗渠排水の機能不良要因の解明とその改善対策	暗渠管敷設時の掘削土をそのまま埋め戻す従来型の暗渠工法では埋め戻し部上部の圧縮と同下部の還元作用による土壌構造の破壊が、主な排水機能不良の要因であることを解明。また、改善対策として、掘削土の代わりに貝殻、軽石等の排水性の良い資材を疎水材として掘削部に投入する疎水材型暗渠	平成6年度	資源保全
北海道における酸性硫酸塩土壌の区分、分布および性状のマップと分析データ集	畑地や水田の客土材として使用されると強酸性化し、作物に甚大な被害をもたらす酸性硫酸塩土壌の見分け方および分布情報の提供による被害の防止	平成7年度	資源保全



土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
火山灰を併用した組み合わせ暗渠工法	従来の暗渠施工法だけでは十分な排水効果を上げることができない細粒で堅密な排水不良畑の排水性を改善できる、砂利を疎水材とする疎水材型暗渠工とこれに直交した火山灰を充填した有材心土破碎工の組み合わせ工法	平成8年度	資源保全
管路輸送に適する牛糞尿スラリー濃度	肥培灌漑事業において、乳牛糞尿を管路輸送する場合にエネルギー損失の少ない希釈濃度が固形分4～5%であることを立証	平成9年度	資源保全
酸性硫酸塩土壌の露出した切土法面における植生工法	通常の緑化工法では植生が枯死する酸性硫酸塩土壌の露出した法面において、法面の強酸性化を防止し、緑化を可能にする工法	平成10年度	資源保全
北海道における農業用ダムの堆砂土の客土材としての適性	北海道の農業用ダムは非灌漑期に落水するため、堆砂土の採取が可能で、地山土の土壌に比較して、堆砂土の方が養分を多く含み、客土材として優れていることを実証	平成13年度	資源保全
泥炭土層へのリターバック(有機物試料)埋設機具、埋設したリターバックの経年観察による泥炭土層中の有機物の分解様態の観察手法	泥炭土層中に土層を乱さずにリターバックに入れた有機物試料を任意の深さに挿入できる機具。リターバックに充填した各種有機物試料の分解様態を経年的に観察し、泥炭層中における有機物の分解の特徴を実証	平成15年度	資源保全
バイオガスプラントにおけるメタンガスの効率的な産出方法	乳牛糞尿を主原料とするバイオガスプラントにおいて、廃牛乳や廃バターの適正投入量とバイオガス増産効果を室内試験により立証	平成16年度	資源保全
寒地で成立する酪農糞尿の共同利用型バイオガスシステムの経済的成立要件の提示	経済性のシミュレーションにより、液状糞尿を原料とする、成牛1000頭規模のバイオガスプラントであれば経済的収支の均衡が取れることを実証	平成16年度	資源保全
乳牛糞尿を主原料とするバイオガスプラント消化液の特性と草地・畑地への施用法	乳牛糞尿を主原料とするバイオガスプラント消化液の特性を明らかにし、草地と畑地に対する消化液の肥効評価法と効率的な施用方法	平成16年度	資源保全
積雪寒冷地における共同利用型バイオガスプラントのトラブルカルテ	後発の共同利用型バイオガスプラントの設計・施工・運転の参考となるよう、寒地土木研究所が別海町および湧別町に建設した共同利用型バイオガスプラントのトラブルカルテ	平成16年度	資源保全、水利基盤
積雪寒冷地における乳牛ふん尿を対象とした共同利用型バイオガスシステム導入の参考資料	乳牛ふん尿処理・利用の手段として、嫌気性発酵システムを積雪寒冷地で導入する場合の適用条件、基本的な考え方、配慮すべき事項などを解説	平成17年度	資源保全
肥培灌漑の牧草収量および土壌理化学性改善効果	肥培灌漑事業の実施により、草地の土壌の保水性、排水性、保肥力が改善され、牧草収量が長期間、高レベルに維持されることを実証	平成18年度	資源保全
粗製グリセリンを副資材として投入するバイオガス増産法	バイオディーゼル燃料生産時に発生する副産物である粗製グリセリンを副資材として投入してバイオガス増産を図る手法	平成19年度	資源保全

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
真空式管路システムによる乳牛糞尿の搬送システム	従来の圧送方式管路では搬送が困難であった高粘度の乳牛糞尿を搬送可能な真空式管路システム	平成23年度	資源保全
メタン発酵消化液の長期施用が牧草収量・品質と牧草地土壌の理化学性に及ぼす影響	メタン発酵消化液の牧草地への施用が牧草地の腐植含量、保肥力、排水性を増大させることを実証	平成23年度	資源保全
電話回線を利用した農地の微気象遠方観測システム	電話回線を利用して遠方にある農地の蒸発散量や炭酸ガスフラックスを把握するシステム	平成5年度	水利基盤
天気予報情報を利用した蒸発散量予測システム	畑地の蒸発散量を気象要素から推定する式を開発し、この式に天気予報情報から推測する気象要素データを代入することで、数日先までの蒸発散量を予測し、灌水作業時期の決定を支援するシステム	平成8年度	水利基盤
成分分離AR法を用いたダム浸透水量解析手法	流出解析手法の1つである成分分離AR法をフィルダムの管理(浸透水量の解析)に応用した技術	平成8年度	水利基盤
音声合成と電話を利用したファームポンドの水位監視システム	多数の農家がローテーションで水利用するファームポンドの水位を誰でも容易に把握するために、音声合成による水位アナウンスを電話で聞き取れるシステム	平成10年度	水利基盤
泥炭地における管水路の施工技術	ジオグリッドを利用した管水路の浮上防止工法	平成10年度	水利基盤
パイプライン埋め戻し部への火山灰利用技術	パイプラインの埋め戻しに用いる砂質火山灰土の液状化抵抗性向上技術(砕石混合あるいは固化材改良法)および設計に必要な数値(反力係数)	平成12年度	水利基盤
固化処理によるラグーン基盤土の施工法	酪農家がふん尿を保管するラグーンの安価な施工法として、固化処理技術を利用した基盤土の施工方法	平成13年度	水利基盤
ゴムシートによるラグーン等の遮水技術	寒冷地の家畜ふん尿用のラグーンに適用できるゴムシートを用いた耐久性のある遮水工法	平成13年度	水利基盤
ダム堆砂土の利用技術	多数のダムにおける堆砂土の物理的特性・化学的特性から検討したその利用方法	平成13年度	水利基盤
遮水壁工法	地下連壁工法によるフィルダム堤体及び地山の遮水性改良工法	平成14年度	水利基盤
酪農地域の水質浄化技術	酪農地帯の表面流出に伴う水質負荷物質の流出を抑制するために排水路沿いの林帯の計画・設計手法	平成14年度	水利基盤
共同利用型バイオガスシステムのエネルギー収支・経営収支	200頭規模の共同利用型バイオガスシステムの実証試験により明らかにしたエネルギー収支や経済収支	平成16年度	水利基盤
バイオガスシステムのエネルギー収支シミュレーション技術	バイオガスシステムにおけるガス利用方法や原料スラリーのプラント内での輸送のタイミングなどについて多様な稼働状況を想定して、年間のエネルギー収支を精査できるプログラム	平成18年度	水利基盤
積雪寒冷地におけるコンクリート開水路の表面被覆工法	試験施工や室内試験により、積雪寒冷地のコンクリート開水路の補修に適用できる補修工法	平成22年度	水利基盤

土木研究所が開発した技術・手法	概要	成果となった年度	(現在の組織における) 関連チーム
寒冷地の閉鎖性水域における水質モデル	流域末端に位置する閉鎖性水域において流況や水質変動を再現する数値モデル。北海道での植物プランクトンの培養実験に基づいて、寒冷水域での基礎生産量を見積もることができる低次生態系モデルを組み込んだ。水質予測に利用	平成21年度	流域負荷抑制ユニット
緩衝林帯の計画・設計・整備・維持管理技術	①草地から流出する汚濁水を排水路沿いの林帯で浄化する場合の林帯幅の決定方法 ②流域に緩衝林帯を配置した後の排水路水質を予測できるモデル ③緩衝林帯整備時の樹木定着率向上・土壌への水の浸入能確保のための整備・維持管理手法	平成22年度	流域負荷抑制ユニット
路側式道路案内標識	基準類には示されながらも片持ち式に比べて積極的に採用されていなかった路側式案内標識について、景観・コスト・安全性・維持管理面での有利さに加え、視認性についても評価しこの方式を提案。現場での採用が増加	平成20年度	地域景観ユニット
北海道の道路デザインブック(案)	交通機能を確保しつつ、北海道など積雪寒冷地での道路景観向上につながる道路の設計手法をわかりやすく示した技術資料	平成22年度	地域景観ユニット
北海道における道路景観チェックリスト(案)	積雪寒冷地にも対応した、環境配慮、コスト縮減、維持管理のしやすさなどにもつながる景観向上手法を道路の計画から維持管理段階までを対象としたチェックリスト方式の技術資料。現場で広く活用	平成22年度	地域景観ユニット
北海道の道路緑化に関する技術資料(案)	自生種の導入について記載するなど、北海道の地域特性をふまえた道路緑化技術を整理した資料	平成23年度	地域景観ユニット
水素製造ハイブリッドシステム	メタンなど低級炭化水素から水素と芳香族を生成する直接改質と低級炭化水素と水から水素と二酸化炭素を生成する水蒸気改質をハイブリッド化することで、直接改質による炭素の固定化と水蒸気改質による水素製造の効率化を併せ持つシステム	平成15年度	水素地域利用ユニット
低級炭化水素の直接改質装置	直接改質器はメタンなど低級炭化水素を改質して、ベンゼンなどの芳香族と水素を製造する装置である。本装置は、その際に未反応メタンの循環利用プロセスやオフガスの再利用プロセスを導入し、従来よりシステム全体の効率化を図った装置	平成15年度	水素地域利用ユニット
低級炭化水素の直接改質方法	直接改質反応の転化率の低さを改善するため、直接改質出口における芳香族回収後のガスから、さらに未反応メタンを分離し、そのメタンを直接改質入口へ循環利用することで、システム全体の転化率向上を図る運転方法	平成15年度	水素地域利用ユニット
バイオガスー水素エネルギーの多様な有効利用	酪農村地域及び都市域における、バイオガス-水素エネルギー利用システム。また、酪農村地域における、バイオガス発電と燃料電池を分散型電源としたマイクログリッドシステム	平成19年度	水素地域利用ユニット



