

## 寒地構造チーム

### はじめに

寒地構造チームは、北海道開発局開発土木研究所の構造研究室であったが、平成13年4月の独立行政法人化を経て、平成18年4月に現在の名称となり今日に至っている。

寒地構造チームは、落石や寒さ、地震など、厳しい自然環境から構造物を守るため、橋や落石覆道などの合理的な設計法や耐久性向上、ライフサイクルコスト低減などについて研究を行っている。

### 研究概要

#### (1) 落石防護施設の耐衝撃性能に関する研究

平成元年の一般国道305号(越前町玉川)での岩盤崩落事故や平成3年の一般国道158号の猿なぎ洞門での事故等を契機として、現在に至るまで、ロックシェッドや落石防護擁壁等の落石防護施設の耐衝撃問題に関する研究を進めている。

研究の初期段階において、衝撃的な現象を忠実に計測するためセンサーの一つとして、衝撃実験用のロードセルを開発した。これにより、構造物に作用する衝撃外力の適切な評価が可能となり、ロックシェッド等に設置される緩衝材の緩衝性能やロックシェッドを構成する部材の耐衝撃応答性状などに関する各種実証実験(写真-1、2)を実施することができるようになった。

ロックシェッドに関しては、死荷重の増大等の問題点が指摘されていた従来の敷砂緩衝材に代わり、衝撃荷重の分散・緩衝性能に優れ、より大きな落石荷重に対応できる緩衝材として、敷砂、RC版及びEPS材という異種材料から構成される三層緩衝構造を開発した(図-1)。また、頂版部に高耐荷性と優れた靱性を有する鋼・コンクリート合成構造を採用したサンドイッチロックシェッドを開発した(写真-3)。さらに、落石防護施設は許容応力度法で設計されてきたが、他の構造物と同様に性能照査型設計への移行に向けた研究を実施してきた。

落石防護擁壁に関しては、支持層が深く、



写真-1 緩衝構造に関する屋外大型実験状況



写真-2 1/2縮尺ロックシェッド模型を用いた衝撃実験状況

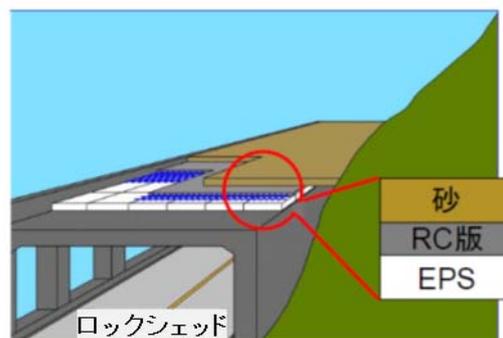


図-1 三層緩衝構造の概念図



写真-3 サンドイッチロックシェッド

擁壁設置位置と斜面法尻が近接している箇所において、法尻掘削及び仮設工を最小限にする工法として、杭付落石防護擁壁を開発した（写真－4）。

高エネルギー吸収型といわれる各種の落石防護施設（落石防護柵・網等）が開発されている。統一的な性能照査指標がないままに、現場適用事例が増えていることから、これらの施設に求められる機能等を整理するとともに、実験的性能照査手法を提案した。

現在は、慣用法で設計が行われている従来型落石防護柵及び従来型（重力式）落石防護擁壁の性能評価と耐衝撃設計法の確立に向けた研究を実施している（写真－5、6）。また、既設落石防護施設の劣化損傷の実態を踏まえた、メンテナンス技術の開発に向けた研究を実施している。

## （2）地震防災・橋梁の耐震性能に関する研究

平成5年の釧路沖地震や北海道南西沖地震等の教訓より、地震観測の合理化に向けた検討を開始し、防災系ネットワークシステムである地震情報伝達システム（WISE）を開発するとともに、地震データを活用した被害予測手法等に関する研究を実施してきた。本システムは道内各地に設置された強震計のオンライン一元管理と、地震発生時には地震動レベルの指標や地震被害危険度を情報配信する機能（図－2）を有し、北海道開発局で運用されている。

上記道内地震及び平成8年の兵庫県南部地震による道路橋被害の経験等を踏まえた技術基準類の見直しに対し、橋梁構造物の耐震性向上に係る研究を進めている。

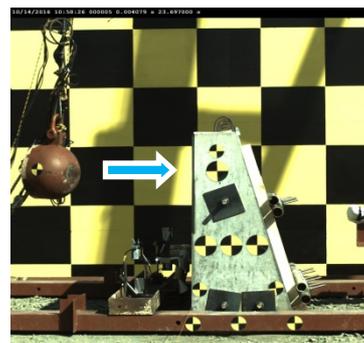
平成元年頃より、従来の鋼製支承に代わり積層ゴム支承を用いた免震設計の適用が開始されたが、寒冷地においては低温下におけるゴム系支承の特性変化が懸念された。このことから、低温時の各特性値の性能検証を行ってきており、現在は低温下におけるゴム系支承を用いた場合の最適設計（解析）手法に関する研究を行っている。一方、温度変化に伴う復元力特性の変化がない免震支承として、幾何学特性及び摺動摩擦力を利用した鋼製リンク支承を開発した（図



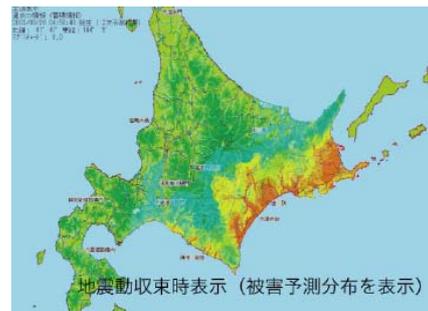
写真－4 杭付落石防護擁壁



写真－5 既設落石防護柵の実験状況



写真－6 落石防護擁壁の実験状況



図－2 WISEによる被害予測分布表示例



図－3 鋼製リンク支承

－3)。

工費縮減や施工省力化、工期短縮を図るための工法として、高さ 30m 程度以下の低・中橋脚に適用可能な、コンクリートとの付着に優れた外面リブ付鋼管を軸方向鉄筋とともに橋脚断面内に配置する鋼管コンクリート合成構造橋脚を開発するとともに、本橋脚構造と鋼鈹桁との剛結構造を提案した(図-4、5)。

既設 RC 橋脚の耐震補強法(主として段落部を有する壁式橋脚)として、アラミド繊維シートの巻き立て工法の開発を行った。また、雪寒地における施工条件に対応した、より合理的な靱性補強手法として、アラミド繊維をより線状に加工したアラミド繊維ロープを樹脂含浸せずに橋脚躯体に巻き付ける工法を開発した(写真-7、8)。

現在は、既往地震における教訓等を踏まえた超過外力の作用を想定し、構造特性に応じた損傷・復旧シナリオの構築、機能回復のための応急復旧技術等に関する研究を行っている。また、既設部材への影響軽減等に配慮した耐震補強技術やゴム支承の耐久性に係る品質確保のための性能評価技術について研究を行っている。

### (3) 橋梁床版構造及び補修補強に関する研究

物流の効率化・車両大型化に対応するため、平成 5 年に道路構造令と車両制限令が改正され、道路橋の設計活荷重が改訂された。これらに対応すべく、既設橋梁床版の耐荷力評価手法として現地載荷試験を活用する方法や各種補強工法に関する研究を実施してきた。

また、現場施工省力化や品質向上、工期短縮、建設コスト縮減等の要請に対し、鋼材加工技術の高度化及びコンクリートの高性能化に着目し、ハーフプレハブ化した鋼管コンクリート合成サンドイッチ床版を開発した(図-6)。

供用中の橋梁構造物の劣化、老朽化の進展により、今後の維持管理費の急増は明白であり、これまで以上に効率的な維持管理が必要となる。このことから、橋梁維持補修事業計画の立案に資することを目的として、橋梁定期点検結果を基にした健全度評

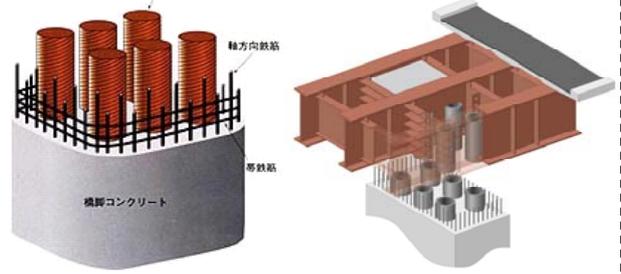


図-4 鋼管橋脚

図-5 剛結構造



写真-7 アラミド繊維シート補強



写真-8 アラミド繊維ロープ補強

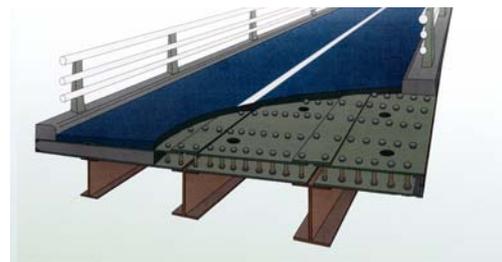


図-6 サンドイッチ床版

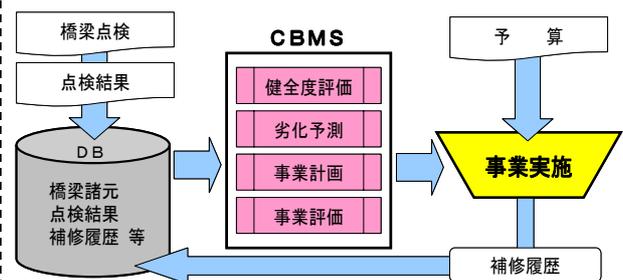


図-7 CBMS のイメージ



写真-9 RC床版の劣化損傷状況

価・劣化予測手法、補修補強工法に応じた機能回復度を考慮した補修補強シナリオを提案するとともに、これらの機能を備えた橋梁維持管理システム（CBMS）を構築した（図-7）。

雪寒地においては、道路橋の既設 RC 床版の劣化損傷が顕在化しており（写真-9）、補修補強技術の確立が急務になっている。このことから、輪荷重走行試験機（平成 16 年導入、写真-10）を用いた各種実験を実施し、雪寒地特有の凍害等による劣化損傷を受けた既設 RC 床版の疲労寿命予測式の提案や各種補修補強工法等の開発を行ってきた（写真-11）。

雪寒環境下における既設橋梁の調査結果より、鋼製伸縮装置の劣化・損傷原因を推定するとともに、それらに対して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）を施した寒冷地仕様鋼製伸縮装置を開発した（図-8）。

また、床版上面から浸透する水が床版の劣化を著しく加速させることが明らかとなり、床版防水システム（舗装・床版防水・床版の三位一体構造と排水設備）の重要性が再認識された。このことから、凍害用ランダム走行試験機（平成 23 年導入、写真-12）等を用いた試験等を実施し、雪寒地の床版防水として必要とされる機能や性能評価技術の提案を行った。

現在は、RC 床版に関して、凍害・複合劣化に着目し、その劣化メカニズムの解明、劣化特性に応じた性能評価技術、補修補強技術の開発に向けた研究を行っている（写真-13）。また、積雪寒冷環境に対応した橋梁用伸縮装置の機能維持のための技術開発を行っている。

#### （４）その他道路構造物に関する研究

##### ①複合構造横断函渠の開発

高規格幹線道路で、交差道路の横断函渠が道路縦断計画のコントロールポイントになる高盛土区間等において、特にコスト縮減効果が期待できる工法として、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複合構造横断函渠を開発した（写真-14）。本工法によ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り、



写真-10 輪荷重走行試験機



写真-11 炭素繊維を用いた床版下面補強例

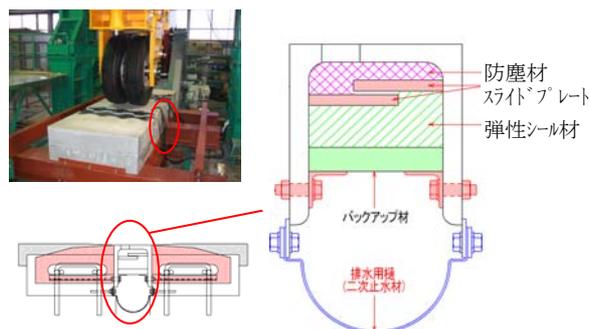


図-8 雪寒地仕様鋼製伸縮装置



写真-12 凍害用ランダム走行試験機



写真-13 RC 床版の劣化損傷状況

盛土量や用地面積の減少によるコスト縮減効果や盛土高さの減少による景観性向上等が期待できる。

### ②新型越波防止柵の開発

海岸沿いの道路区間では、強風や季節風による越波が道路に達し、波浪や飛石による通行止めが発生する事例があり、道路沿いに設置する対策施設として、従来、波形状鉄板（有孔鋼板）からなる越波防止柵が設置されてきた。しかしながら、周囲の視界を遮ることによる問題点等も指摘されていたことから、折板形状にした透明なポリカーボネートを採用した新型越波防止柵を開発した（写真-15）。本工法は採光性に優れており景観にも配慮でき、かつコスト縮減も可能である。

### ③トンネル維持管理に関する研究

トンネル覆工の適切な維持管理に資するため、点検結果の数量化及び劣化度評価、劣化予測手法、断熱材施工区間の合理的な設定手法等を提案した。現在は漏水防止工設置（不可視）箇所劣化度推定技術の確立に向けた研究を実施している。



写真-14 複合構造横断函渠

写真-15 新型越波防止柵