

建設技術センター だより 1 September 2017



3・4・3号中央町金矢線道路改良工事（三沢市）

Contents

津波による橋梁流出とその対策に関する実験から

青森県建設技術センター技術顧問 八戸工業大学 学長 長谷川 明 …… P.1

下水道水管橋の点検について …… P.3

発注者支援事業（橋梁補修積算）の紹介 …… P.5

若手職員の紹介 …… P.7

平成29年度

第1号

津波による橋梁流出とその対策に関する実験から

青森県建設技術センター技術顧問 八戸工業大学 学長 長谷川 明

1. 2011年東北地方太平洋地震による橋梁の被災要因と津波

この地震によって多くの構造物が被害を受けた。被害の特徴に、地震後に発生した巨大津波による被害が挙げられる。国土交通省東北地方整備局が震災直後に点検した橋梁1572橋を見ると、津波の影響を受けた橋梁は151橋と全体の10%程度であるが、その被災率は93.4%で、津波の影響を受けたほぼ全ての橋梁が被害を受けた。また、橋桁の流出など、その被害は重大であった。

2. 津波による橋梁流出事例：気仙大橋

気仙大橋は、岩手県陸前高田市気仙町内を通過する国道45号線上で、陸前高田駅から車で約5分、海岸から約600mの位置に架設されていた。形式は連続鋼鈑桁橋で、橋長181.5m、各支間長は35.97mで左岸側が3径間連続の橋長108.5m、右岸側が2径間連続の72.5mとなっていた。津波により上部工が約300m上流へ完全に流出し、橋台の盛土の洗掘によって舗装面が剥離していた。



図-1 気仙大橋被災状況（左から、位置、流出状況、津波襲来時）

3. 橋梁に作用する津波力に関する実験

ゲート式水路を使って津波力計測実験を行った。模型橋梁は、気仙大橋1/50スケールで、流速7m/sや橋梁設置高さは、被災現地の調査結果に準じるものとした。図-2は、上段に水平力（青）と鉛直力（赤）の時刻歴、下段に橋梁模型付近を通過する津波の状況を示している。時刻歴では、横軸に時刻（到達を0としている）、

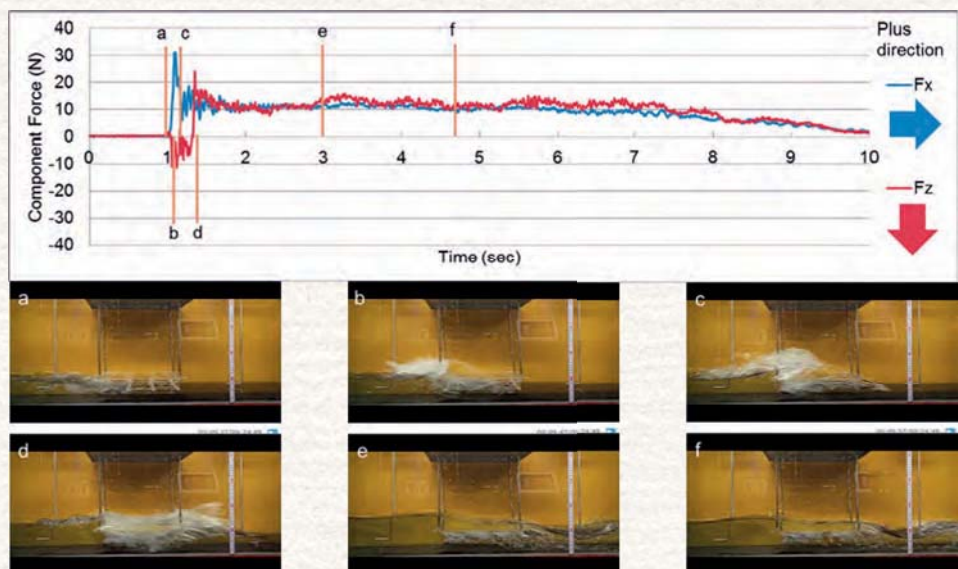


図-2 津波力履歴曲線と橋梁模型周辺の状況（a、b、c、・は上段横軸の時刻に対応している）

縦軸に発生した津波力を描いている。津波が到達し（図中a）、その直後に衝撃的な水平力が最大となる（b）。一方、ほぼ同時に橋梁を浮き上がらせる揚力が最大となっており（c）、続いて上部にジャンプした津波が橋梁床版に落下する（d）。その後、（e）、（f）のような定常的な津波力を受けることが示されている。

この実験データを実橋の津波力に換算し、支承部に発生した水平力と鉛直力を推定し、実橋が有していたと考えられる耐力と比較した結果、現地の被災状況と類似していることが示された。詳しい検証は参考文献を参照いただきたい。

4. 橋梁の津波対策：フェアリングによる効果

耐風安定性に使用されているフェアリングを取り付けて、その津波対策としての効果を検証した。使用したのは、表-1に示すL型と箱形フェアリング、および図-3に示すスリット付きフェアリングである。数種の形状を比較し、効果が優れていたフェアリング形状を表-1に示している。このL型フェアリングは軽量化から外側ウェブとの間には空間がある。一方、箱形フェアリングは、L型フェアリングと取り付け位置は同一であるが、底部が閉じられていることから、津波の円滑な流れを期待した。また、スリット付きフェアリングでは、水平方向の津波力低減を確保しつつ、スリット背面への水の流入を円滑にして鉛直力低減効果を考え、スリット幅の異なる数種のフェアリング効果を検証した。

効果の代表的事例として、気仙大橋の対策なし橋梁模型MK0、箱形フェアリングFBO、およびそれにスリットを入れたSFB14の3ケースの津波力時刻歴曲線を図-4に水平力、図-5に鉛直力を示す。図-4をみると箱形フェアリングを取り付けることにより衝撃時の水平力が大幅に軽減されていることがわかる。スリットを入れると、2つの中間的な津波力となっている。これに対し、図-5を見れば箱形フェアリング装着時は、衝撃時に大きな揚力が発生している。箱形フェアリングと橋梁の間に大きな空気が残留して浮力を発生していると考えられており、スリット付きは、この大きな揚力を抑える効果があることがわかる。

表-1 L型フェアリングと箱形フェアリング



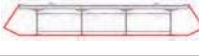
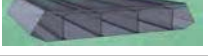
	name	shape	Cubic diagram
L-shape	F2		
Box-shape	FBO		



図-3 スリット付きフェアリング（Lと箱形）

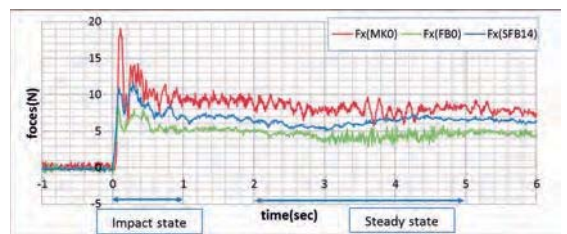


図-4 津波力時刻歴曲線（水平力Fxの比較、赤は対策なし、緑は箱形フェアリング、青はスリット付き箱形フェアリング（スリット率51.9%）

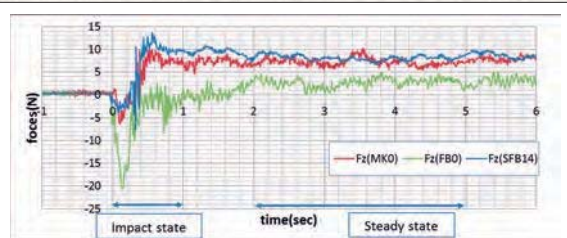


図-5 津波力時刻歴曲線（鉛直力Fzの比較、赤は対策なし、緑は箱形フェアリング、青はスリット付き箱形フェアリング（スリット率51.9%）

5. まとめ

橋梁の津波対策としては、本文で述べたフェアリングや開孔床版などの津波力軽減策や、橋梁の補強策が考えられる。このため、津波力軽減策と橋梁補強策の両者の最適な組み合わせで具体的な方策がとられることが期待される。沿岸部の既設橋梁や、沿岸に設置をせざるを得ない橋梁については、なんらかの津波対策を施さなければ同様の被害を受けることが考えられる。いまのところ、道路橋示方書での対津波対策は定性的な対策の表現にとどまっているため、今後の研究によって具体的・定量的な対策が明示され、その対策を実現することが求められている。

参考文献

- [1] 虻川高宏・長谷川明：気仙大橋の津波流出メカニズムの実験的検証、鋼構造年次論文報告集、第22巻、pp.214-221、2014
- [2] 虻川高宏・長谷川明：Effect of reducing tsunami damage by installing fairing in Kesen Bridge, Earthquakes and Structures, Techno-Press, Vol.7, pp.1045-1059, 2014.

著者プロフィール

八戸工業大学学長、八戸工業大学大学院社会基盤工学専攻教授、中国瀋陽工業大学名誉教授、カザフスタン共和国ユーラシア国立大学客員教授。専門は構造工学および橋梁工学。青森県弘前市出身。青森県建設技術センター技術顧問、青い森の橋ネットワーク顧問ほか

下水道水管橋の点検について

今回は、当センターが昨年度から実施している水管橋の精密点検について紹介させていただきます。

－ 下水道の水管橋とは －

基本的に下水は、自然に流下するよう下水管に勾配をつけ敷設しますが、川や谷を越える場合は、一旦ポンプで汲み上げられ対岸に送られることとなります。

このように、川や谷を越えるために架けられた送水管の橋を水管橋といいます。



水管橋

－ 水管橋の精密点検とは －

従来は、水管橋の点検を外観目視で行っておりましたが、近年、20年以上経過した水管橋において、内部から腐食が進行し配管に穴があく事象が発生しており、現行の点検方法での限界を認識したところであります。

とは言えほとんどの水管橋は、配管内にTVカメラを入れられるマンホールなども無く、また送水を停止出来ないポンプ場もあり、有効な調査方法が見当たらない状態でした。

このことについて全国各県の下水道公社に問い合わせを行ったところ、超音波調査に関する情報が得られたことから、実施に向け更に情報収集を行い平成28年度から導入することとしました。

また、水道で行われている露出鋼管の塗膜劣化調査や構造部材の劣化調査も追加し水管橋精密点検としております。



穴のあいた送水管

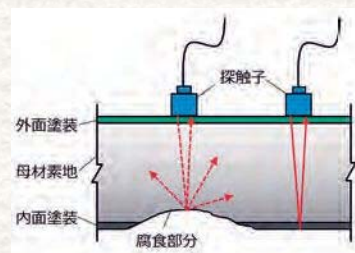
－ 超音波調査とは －

超音波調査は、超音波が均一の物質の内部で反射しない特性を利用するもので、他の物質へ到達し反射して戻る時間から、物質の厚さを計測するものです。

身近なところでは、人間ドックで行われる超音波検査（エコー検査）があり、こちらも同様に超音波の特性を利用した検査となっております。

測定方法は、超音波の発生と反射波の受信を行うセンサーを測定箇所にあてるだけですが、実際には高所や川の上での作業となるので、状況により足場などの準備も必要となります。

なお測定箇所については、右岸、中央、左岸の3箇所を基本として、1箇所あたり断面方向に上下左右の4点を測定しますが、エア抜き弁の周辺など構造的に腐食しやすい条件のある場合や橋長が長く3箇所では足りない場合には、適宜測定箇所を追加することとしております。



超音波調査の原理



超音波測定風景

一点検結果

平成28年度は、供用開始より25年以上経過した水管橋を対象に点検を実施しており、その結果は以下のとおりとなっております。

① 管厚調査

当初は、中間にあるエア抜き弁周辺の頂部で腐食が進行し、顕著に減肉が進んでいるものと予測しておりましたが、結果は下流よりも上流でやや減肉が進んでいるものの、全体として減肉が進んでいない状態でした。

水管橋	測定部位		下流	中間	上流	<凡例>
H水管橋 1条目	口径 300A	頂部 側部(上流側)	概ね減肉無し	約1mmの減肉	約1mmの減肉	
	材質 DIP铸铁	元厚 6.5mm	概ね減肉無し	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	0.25-0.75mm 約0.5mmの減肉
		側部(下流側)	概ね減肉無し	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	0.75-1.25mm 約1mmの減肉
		底部	概ね減肉無し	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	1.25-1.75mm 約1.5mmの減肉
						1.75-2.25mm 約2.0mmの減肉

水管橋	測定部位		下流	中間	上流
H水管橋 2条目	口径 450A	頂部 側部(上流側)	約0.5mmの減肉	概ね減肉無し	概ね減肉無し
	材質 DIP铸铁	元厚 7.5mm	約0.5mmの減肉	概ね減肉無し	概ね減肉無し
		側部(下流側)	約0.5mmの減肉	概ね減肉無し	概ね減肉無し
		底部	約0.5mmの減肉	概ね減肉無し	概ね減肉無し

水管橋	測定部位		下流	下流-中間	中間	中間-上流	上流
M水管橋 1条目	口径 300A	頂部 側部(上流側)	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉
	材質 鋼管	元厚 6.9mm	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉
		側部(下流側)	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉
		底部	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約1mmの減肉

水管橋	測定部位		下流	下流-中間	中間	中間-上流	上流
M水管橋 2条目	口径 300A	頂部 側部(上流側)	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉
	材質 鋼管	元厚 6.9mm	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉
		側部(下流側)	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉
		底部	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉	約0.5mmの減肉

水管橋	測定部位		下流	中間	上流
U水管橋 1条目	口径 300A	頂部 側部(上流側)	概ね減肉無し	概ね減肉無し	概ね減肉無し
	材質 SGP	元厚 6.5mm	概ね減肉無し	概ね減肉無し	概ね減肉無し
		側部(下流側)	概ね減肉無し	概ね減肉無し	概ね減肉無し
		底部	概ね減肉無し	概ね減肉無し	概ね減肉無し

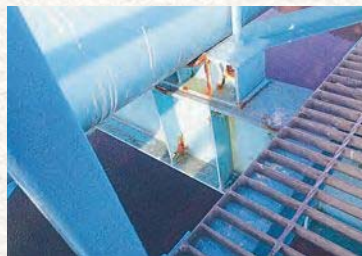
② 塗膜劣化調査

いずれも同程度の年数を経過しておりますが、発錆の度合いには大きく違いが見られております。

風通しの良い水管橋では一部に塗膜の劣化が見られる程度であるのに対し、潮風の影響を受ける水管橋や風通しの悪い水管橋では、塗膜の色褪せやサポートなどの部材での錆の進行が多く確認され、このような環境条件による影響が顕著に表れております。



風通しのよい水管橋（錆なし）



潮風の影響を受ける水管橋



今後の課題

当初は、異常の早期発見と減肉や腐食状況を把握することに加え、将来的な中長期補修計画の策定も視野に入れておりましたが、今回の点検では現状の一部が把握出来た程度にとどまっております。

これには配管の材質や下水の質や量、設置環境など、様々な条件の違いもあると思われまので、今後はこれらの解析とデータや情報の蓄積を進めて参りたいと考えております。

発注者支援事業（橋梁補修積算）の紹介

業務部 建設支援課 建設支援一班 加藤 恵

橋梁アセットマネジメントの取り組み

青森県では橋梁の維持管理を計画的に行うため橋梁アセットマネジメントを導入し、長期的な視点から橋梁を効率的・効果的に管理し、維持更新コストの最小化・平準化を図っていく取り組みを始めています。平成16年度より橋梁アセットマネジメントシステムを構築し、平成18年度からシステムの運用を開始しています。

橋梁補修積算業務委託実績

当センターではシステム運用開始後の平成18年度から橋梁補修積算業務を受託しており、年々増加してきている状況であります。

・橋梁補修積算業務委託の実績

年 度	路 線 名	箇所数
H18	国道102号橋梁補修（紅葉大橋）工事 ほか	31橋
H19	国道101号橋梁補修（新赤石大橋）工事 ほか	31橋
H20	黒石藤崎線橋梁補修（川部跨線橋）工事 ほか	32橋
H21	夏泊公園線橋梁補修（雷電橋）工事 ほか	45橋
H22	国道102号橋梁補修（馬門橋）工事 ほか	22橋
H23	八戸百石線橋梁補修（開運橋）工事 ほか	28橋
H24	国道394号橋梁補修（乙供跨線橋）工事 ほか	28橋
H25	国道102号橋梁補修（青荷橋）工事 ほか	34橋
H26	八戸環状線橋梁補修（白山台大橋）工事 ほか	36橋
H27	国道103号橋梁補修（八甲田大橋）工事 ほか	39橋
H28	八戸百石線橋梁補修（明神橋）工事 ほか	62橋

積算するにあたり

品確法第7条（抜粋）

「適切に作成された仕様書及び設計書に基づき、市場における労務及び資材等の取引価格、施工の実態等を的確に反映した積算を行うことにより、予定価格を適正に定めること」という理念にのっとり、品質確保の向上を図っています。

積算の留意点

橋梁補修工事に関する積算基準は、近年増加傾向にあります。まだまだ個々の現場にそぐわないものばかりです。

そこで、積算する上で最も注意している点は、

- ・標準歩掛の適用範囲を満たしているかどうか。
- ・報告書の中の施工計画が妥当かどうか。
- ・施工計画どおりの積算になっているか。

これらの考え方が少し変わるだけで設計金額にかなりの差が出てきます。

設計金額の差を減らすためには、設計報告書が最も重要となるのですが、報告書内の施工計画に関しては曖昧な部分が多く、詳細まで書かれていないことが多いです。そのような場合には、過去の資料・報告書を参考にし、実態にあうかどうかを比較検討しながら積算しています。

どの橋梁も同じ工法というのはありませんので、単純橋でも長大橋でも同様の時間と手間がかかっているのが実情です。



県道 西目屋二ツ井線 釣瓶橋（補修前）



同左（補修後）



黒石市道 野際赤坂線 赤坂橋（補修前）



同左（補修後）

おわりに

10年以上橋梁補修工事の積算に携わり、10年経てば一人前と言われるような領域に到達できたかどうかは不明ですが、示方書の基準も変わり補修工法も変わりつつある中、それに対応できるよう日々努力しております。

また、近年は県だけではなく市町村からも橋梁補修積算業務委託を受けております。これからも知識を深め、助言できるように、また皆様のお役に立てるようにしていきたいと考えております。

県及び市町村の担当者の皆様には、積極的に（公財）青森県建設技術センターをご利用ください。

若手職員の紹介



平成28年4月採用

下水道部 岩木川事業所

技師 **橋本 拓哉**

皆様、初めまして。平成28年度新採用となり、下水道部の岩木川事業所への配属となりました橋本拓哉と申します。

出身は八戸市で高校を卒業後は、岩手大学へ進学し、機械システム工学科を専攻しておりました。卒業後の1年間は、八戸市の臨時職員として働いていました。近県ですが青森の外にでていた6年間で、1年間八戸で仕事をしたことで、地元の青森県で仕事をしたいという強い思いを持つようになりました。そのため、人の生活する上で欠かせない下水道という職場で働けるということを楽しんでいます。

大学では熱流体を専門とする研究室で、卒論はポンプの流動特性についてのものです。これは下水道の現場にあるような大きなものではなく1時間あたり1リットル程度の能力のとても小型のポンプです。この特性を把握するために試験を反復して行い、試行錯誤したことは、仕事を理解する際にも活かせるのではないかと思います。

また大学時代の恩師が好んで使う言葉に「為せば成る為さねば成らぬ何事も成らぬは人の為さぬなりけり」というものがありました。何回も言われ続けたことで耳に残っていて、何事をするに当たっても重要な姿勢であり、心に留め励みたいと思っています。

岩木川事業所に配属され、1年が過ぎました。入社直後に比べ、様々なことが分かってきましたが、まだまだ覚えることが多いという現状です。仕事を的確に遂行し、常に意欲的な姿勢で仕事に取り組むよう精進していきたいと思っています。



平成28年4月採用

下水道部 馬淵川事業所

技師 **久保 公平**

平成28年度4月から下水道部馬淵川事業所に配属となりました、久保公平と申します。今年度で2年目の職員となりますが、皆様改めて宜しくお願いします。

地元は弘前市で、弘前工業高校の電気科を卒業しました。学生時代は勉強よりも部活動の方へ力をいれていました。学生時代は卓球部やテニス部に入部していて、小さい頃からスポーツをしたり、体を動かすことがとても好きでした。今でもマラソン大会に出場したり、ジョギングをしたりするのが私の趣味です。

高校を卒業後、電気工事の現場や施設の管理などの仕事に携わり現在に至ります。その中で感じたのは様々な経験が自分の技術力の向上に繋がっていくと実感しました。多くの業務を経験することはスキルの伸びが最も大きいと思っています。

現在、馬淵川事業所で下水道処理場の維持管理をしておりますが、とても大きなプラントで業務全体を把握するまでにはまだ時間と経験が必要だと感じています。また馬淵川事業所で機械担当として日々業務と向き合っていますが、下水道に関する機械設備、電気設備は時代と共に常に新技術が取り入れられてきていますので、独自の学習も必要となってくると思います。2年目の今年は1年目とは違う視点で業務を見据え、下水道の維持管理業務の本質に関わる部分を理解、把握していければと思います。

今はまだ先輩や上司からのアドバイスや指導が必要不可欠ではありますが、今後は多少早いテンポで業務内容を覚えていけるよう頑張りたいと思います。そして指定管理者として長期的に信頼される組織を維持できるように、センターの職員としての自覚を持ちながら頑張っていこうと思いますので、今後どうぞ宜しくお願いします。