名　称	ソフトコアリングC+					
区　分	調査		その他			
土木施設区分	水力発電	取・放水施設	水路トンネル	発電所	その他	
	火力/原子力	取・放水施設	機械等基礎		その他	
	送電設備	送電鉄塔基礎	変電所基礎	地中送電洞道	その他	
劣化損傷原因	中性化	塩害				
					その他	圧縮強度
適用対象	調査診断評価	中性化深さ	塩分含有量	強度		
					その他	
	補修				その他	
	補強				その他	
	更新					

技術の概要

本技術は，コンクリート構造物からφ25mmの小径コアを採取し、それを用いて圧縮強度、中性化深さ、塩化物イオン量を測定して品質を評価する調査法である。従来のφ100mmコアを用いる方法と同等の精度で品質を評価することができる。

写真1．φ100コア（左）とφ25小径コア

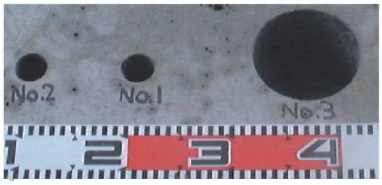


写真2．小径コアとφ100コアの採取

写真3．小径コアの採取状況

■特徴
①コアの径がφ25mmと小さいため、過密配筋の部材からも採取できる。
②簡易な機械を用いて容易にコアを採取することができ、採取跡の補修も容易である
③ひとつのコアから中性化深さ、塩化物イオン量、圧縮強度の情報を得ることができる。
④圧縮強度は10～70N/mm2の範囲へ適用できる。
⑤粗骨材最大寸法は40mmまで適用できる。

比較対象技術	従来工法：φ100コアリング

技術の特徴・優位性	
施工環境	該当なし
損傷程度	該当なし
要求品質	従来のφ100コアと同等の精度で、圧縮強度、中性化深さ、塩化物イオン量を測定することができる
施工性	小型のコアカッターを使用し、人力にて試料採取が可能である
経済性	1試料4～6万円

予想される効果	従来のφ100mmコアを採取する方法に比べて、構造物に与える損傷を軽微にすることができる

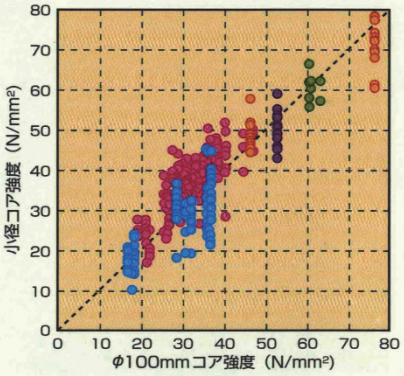
電力施設以外での適用実績	あり				
工事名称	ボックスカルバーの健全度調査				
企業者名	国交省近畿地方整備局	適用場所	福井県　敦賀市	適用時期	2003年9月～2003年9月
工事名称					
企業者名		適用場所		適用時期	
公表有無	未公表	公表の場合公表先			
発注者の承諾の要否	必要				

記入者	会社名	前田建設工業株式会社	所属	土木事業本部営業部	氏名	森田浩二
	電話	03-5276-5198	FAX	03-5276-9431	e-mail	moritak@jcity.maeda.co.jp
参考WEBアドレス						

圧縮強度の測定方法 Compressive Strength

圧縮強度試験の供試体は、高さがコア径の2倍の50mmに切断してキャッピング加工します。強度の推定値は、複数本の試験結果により、強度補正および異常値の棄却検定等を行って算出します。

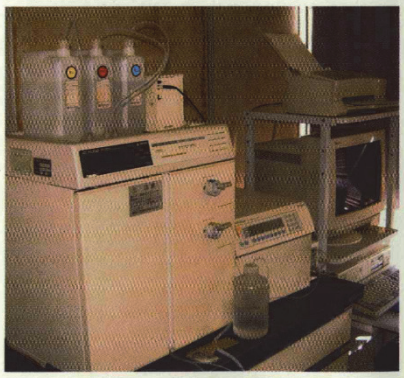
圧縮強度試験状況



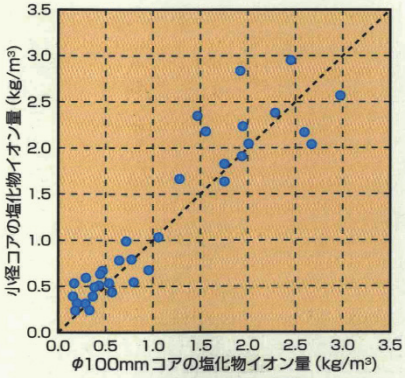
圧縮強度の比較

塩化物イオン量の測定方法 Chloride Ion

採取した25mm径のコアを切断、骨材最大寸法の大きさに応じて、所要の分析精度が得られる分量を確保して、分析試料とします。塩化物イオン量の分析は、JIS A 1154に準拠して行います。



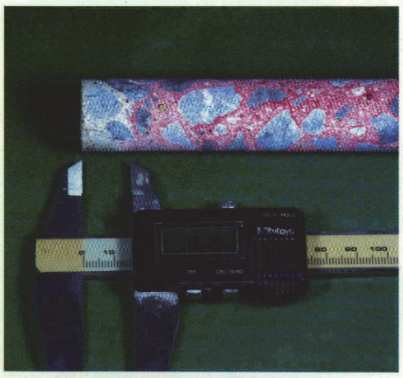
塩化物イオン量の測定状況



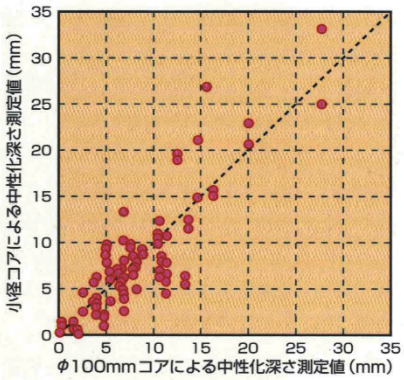
塩化物イオン量測定値の比較

中性化深さの測定方法 Carbonation

採取コアを水洗いし、乾燥後コア側面にフェノールフタレインの1%エタノール溶液を噴霧、呈色していない部分の長さを、中性化深さとして測定します。骨材を避けて5点以上測定し、平均値を測定値とします。



中性化深さの測定状況



中性化深さ測定値の比較

名　称	小径コアによる強度調査方法「ソフトコアリングシステム」					
区　分	調査	診断・評価	その他	初期コンクリート品質検査		
土木施設区分	水力発電	ダム本体	取・放水施設	水路トンネル	その他	コンクリート構造物
	火力/原子力	桟橋	取・放水施設	機械等基礎	その他	コンクリート構造物
	送電設備	送電鉄塔基礎	変電所基礎	地中送電洞道	その他	コンクリート構造物
劣化損傷原因	強度、物性不良	塩害	中性化			
					その他	
適用対象	調査診断評価	強度	中性化深さ	塩分含有量		
					その他	
	補修				その他	
	補強				その他	
	更新					
技術の概要	当社の開発した技術であるが全面的実施権をソフトコアリング協会に許諾し実施しているため当社の実績無しということでこの表に記載する。 ［目的］ 構造物の維持・保全に関する技術の社会的なニーズがますます高まる中、構造体を傷めず、簡便で精度の良いコンクリート強度の調査法が求められてきた。これまで、直径100mmのコンクリートコアを採取して強度試験をする方法が標準的に実施されているが、構造物を傷めない小さなコアで試験しても同等な精度が得られる小径コアによる試験方法（ソフトコアリングシステム）が実用化され普及が進んでいる。 ［内容・特徴］ 既存構造物から直径20mm～25mm程度の小径コアを採取した後、所定加工した試験体で圧縮強度試験を行い、予め定めた実験式を用いて補正することにより、構造体コンクリート圧縮強度を推定する調査技術である。建築構造物で適用する［ソフトコアリング］と土木構造物で適用する「ソフトコアリングC+」がある。 建築構造物コンクリートでの適用範囲は、粗骨材最大寸法25mm・実強度10～60N/mm^{2}で、土木構造物コンクリートでの適用範囲は、粗骨材最大寸法40mm・実強度10～70N/mm^{2}である。 主要構造部材から採取しても耐力上の問題が少ない・過密配筋でも鉄筋を切断しない・コア採取と採取跡の補修が容易など構造体に与える影響を極めて軽微に調査できる優れた特徴がある。 ［使用・適用事例］ 既存コンクリート構造物の調査で、建築／土木あわせて、これまで約2万本の実績があるが、土木分野では新設のコンクリート構造物で構造体コンクリートの圧縮強度を検査する技術としても、2006年より国土交通省の橋梁構造物検査手法の一つとして採用され、試行されている。 この技術を精度良く実施するためには、採取方法・養生方法・切断・端面加工・載荷試験方法等に多くの注意事項があり、ソフトコアリング協会の講習を受けた有資格者が実施する必要がある。					
比較対象技術	直径100mmのコンクリートコアを採取して強度試験をする方法					

技術の特徴・優位性	施工環境	作業足場があれば天候・気候の影響以外ほとんど自然条件に左右されない
	損傷程度	1本あたりの試験体体積はφ100mmコアの64分の1であり構造物に及ぼす損傷は非常に小さい
	要求品質	φ100mmコア試験と同等の精度となるよう試験本数を調整する 強度試験についてはφ100mmコア3本に相当する精度を確保するために小径コア6本の試験を実施する
	施工性	コア採取装置も比較的小型になり作業性もよい コア採取跡の補修も容易である
	経済性	約50万円/調査で40000円程度/本(ただし、小径コアを12本採取し、圧縮強度と中性化深さの測定を行った場合（塩分分析含まず）、準備、コア採取、鉄筋探査、結果一覧表、コア採取跡補修、諸経費含む）
予想される効果	小さくとも正確・土木構造物でも広く適用可能・新設構造物のコンクリート実強度調査にも適用可能 ①主要構造材から採取しても耐力上の問題となる可能性が少ない ②過密配筋状態でも鉄筋を切断せずに調査が可能となる ③採取が容易で採取後の補修も容易となる ④長いコアを採取すれば深さ方向の品質分布調査が可能になる	

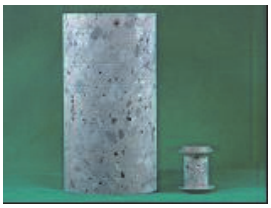
電力施設以外での適用実績		あり	既存コンクリート構造物の調査で、建築/土木あわせて、これまで約2万本の実績がある（ソフトコアリング協会）		
工事名称					
企業者名		適用場所		適用時期	
工事名称					
企業者名		適用場所		適用時期	
公表有無		公表の場合公表先			
発注者の承諾の要否		必要			

記入者	会社名	株式会社　銭高組	所属	土木事業本部 営業生産本部技術部	氏名	野永　健二
	電話	03-5323-5761	FAX	03-5323-5768	e-mail	nonaga kenji@zenitaka.co.jp
参考WEBアドレス		ソフトコアリング協会　http://www.softcoring.jp/：銭高組　http://www.zenitaka.co.jp/tech/r-1110.html				

ソフトコアリングシステム

「ソフトコアリング」
「ソフトコアリングC＋」

＊土木構造物に適用されるソフ

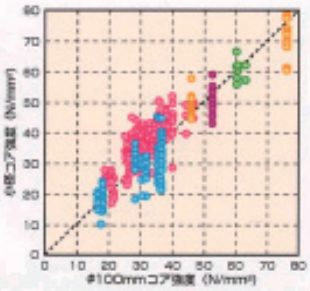


適用範囲		
	圧縮強度測定	粗骨材の最大寸法：40mm以下 推定圧縮強度範囲：10～70N／mm²
	塩化物イオン量測定	粗骨材の最大寸法：40mm以下
	中性化深さ測定	粗骨材の最大寸法：40mm以下

圧縮強度の測定方法　Compressive Strength

圧縮強度試験の供試体は、高さがコア径の2倍の50mmに切断してキャッピング加工します。強度の推定値は、複数本の試験結果により、強度補正および異常値の棄却検定等を行って算出します。

圧縮強度試験状況

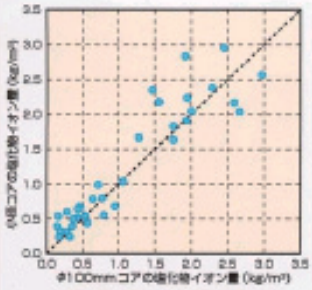


圧縮強度の比較

塩化物イオン量の測定方法　Chloride Ion

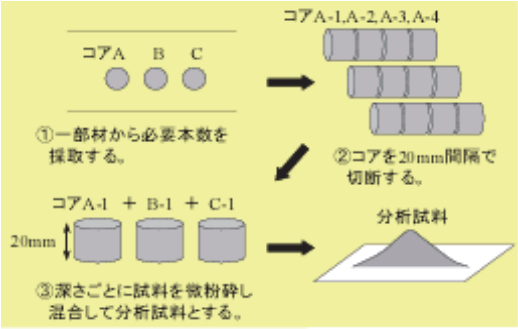
採取した25mm径のコアを切断、骨材最大寸法の大きさに応じて、所要の分析精度が得られる分量を確保して、分析試料とします。塩化物イオン量の分析は、JIS A 1154に準拠して行います。

塩化物イオン量の測定状況



塩化物イオン量測定値の比較

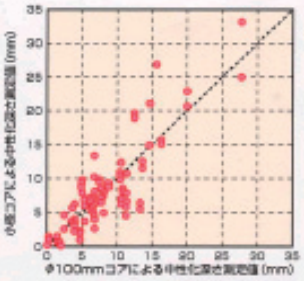
粗骨材最大寸法	20mm	40mm
必要試料本数	3本	5本
必要試料質量	70g	120g



中性化深さの測定方法　Carbonation

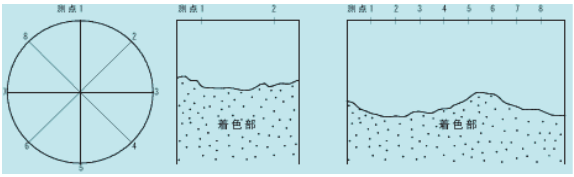
採取コアを水洗いし、乾燥後コア側面にフェノールフタレインの1%エタノール溶液を噴霧、呈色していない部分の長さを、中性化深さとして測定します。骨材を避けて5点以上測定し、平均値を測定値とします。

中性化深さの測定状況



中性化深さ測定値の比較

◇φ100mmコアと小径コアは同数のコア数で同等の精度で中性化深さが推定できる.
◇小径コアを用いて中性化深さを測定する場合、粗骨材を避けた4測点で測定すれば実用上問題のない精度で中性化深さが評価できる.

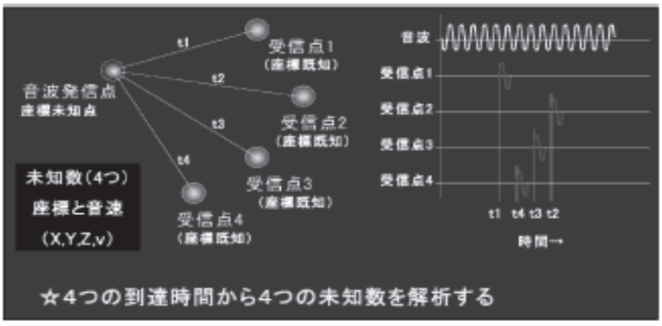


名　称	音波を用いた大深度地中探査技術					
区　分	診断・評価		その他			
土木施設区分	水力発電	水路トンネル			その他	
	火力/原子力	取・放水施設	機械等基礎	港湾	その他	
	送電設備	地中送電洞道			その他	
劣化損傷原因	強度、物性不良	空洞	液状化			
					その他	
適用対象	調査診断評価					
					その他	
	補修	注入・充てん			その他	
	補強	部材の追加			その他	
	更新					
技術の概要	地中構造物の補修・補強で直上に施設がある場合や、海底トンネル等の場合、掘削やチェックボーリングが困難となる。そこで、地中にて音波を送受信し位置を解析する装置とソフトウェアを開発した。 この目的のための土中音波位置測定に、 ・深度100m以上、伝搬距離100m以上の性能の低周波大出力発振器 ・深度100m以上の水圧に耐えられる、土中直接挿入型の受信機 ・専用の発信器用アンプ、受信機用アンプ、発信側と受信側で正確な時刻を測定できる高精度同期装置とそれらの解析ソフトを開発した。					
比較対象技術						

技術の特徴・優位性	施工環境	
	損傷程度	
	要求品質	深度100m以上、伝搬距離100m以上の探査に適用可能
	施工性	
	経済性	
予想される効果	大深度土中での構造物の位置探査が可能となる	

電力施設以外での適用実績	あり				
工事名称	東南幹線送水管トンネル及び立坑築造工事				
企業者名	東京都水道局	適用場所	東京都	適用時期	年　月～　年　月
工事名称					
企業者名		適用場所	都道府県　市	適用時期	年　月～　年　月
公表有無	公表済み	公表の場合公表先	松本・宮崎：音波を用いた大深度地中探査技術，電力土木　No.358，2012．3		
発注者の承諾の要否	不要				

記入者	会社名	大成建設	所属	土木本部プロジェクト部	氏名	大友　健
	電話	03-5381-5281	FAX	03-5381-5294	e-mail	takeshi.ootomo@sakura.taisei.co.jp
参考WEBアドレス						

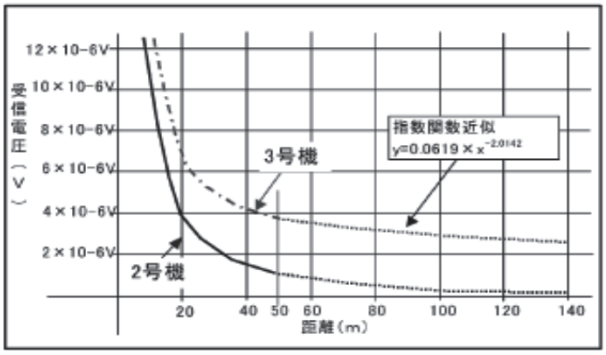


土中位置の解析原理

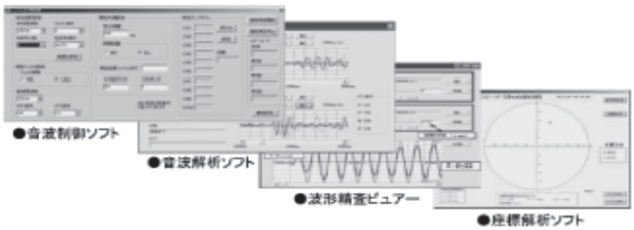
未知点の座標(X, Y, Z)は3箇所の既知点の座標と未知点までの各距離が判れば解く事が可能である。しかし，音波の到達時間は距離ではないので音速を乗じて距離に直す必要がある。従って，未知数は音速を含めて4つになる。但し，4箇所の受信点までの音波の伝播経路は異なるため，厳密に言えば音速は微妙に異なるものと予想される。

そこで，受信点を4つ以上(6～8箇所)に増やし，最小二乗法などの収束計算により求める事とした。その理由として，うまく収束しない場合には，解析に使用した受信器の到達時間に地質などの違いによる何らかの矛盾が生じていると考えられるため，収束の悪い受信器のデータを省いた組み合わせで解析を行うためである。

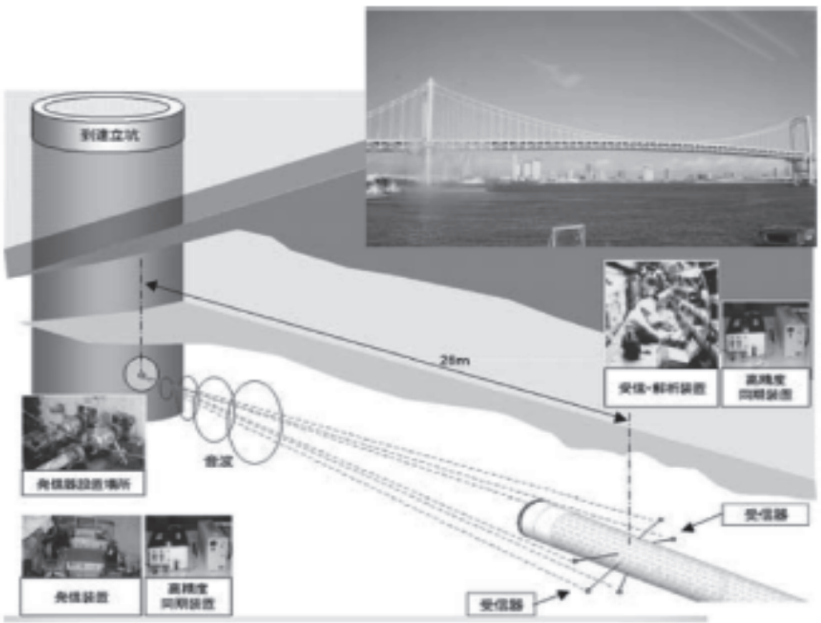
土中受信器の外観



発信器の伝搬性能



解析システム



シールドにおける適用例

名　称	鉄筋コンクリート構造物のニューラルネットワークによる鉄筋腐食進行予測					
区　分	診断・評価		その他	LCC評価		
土木施設区分	水力発電				その他	
	火力/原子力	港湾	桟橋	取・放水施設	その他	
	送電設備				その他	
劣化損傷原因	塩害	中性化	化学的コンクリート腐食			
					その他	
適用対象	調査診断評価	塩分含有量	中性化深さ	化学的腐食	ひび割れ	
		はく離	鉄筋腐食			
					その他	劣化予測
	補修	表面保護			その他	
	補強				その他	
	更新	LCC評価ツール				

技術の概要

コンクリート中の鉄筋の腐食状態を構造物の調査結果に基づき予測する手法であり、
いつどのような補修を行えばよいかの評価・提案の技術的根拠を提供できる。

①技術内容

各々の要因と腐食進行の予測モデルが不明確で、多数の要因を複合して取り扱う場合に適する。現状のまま対策を講じない場合の腐食進行を予測する場合や、さらに複雑な要因となる断面修復や表面被覆などの対策後の腐食進行について予測する場合には、数値データとして予測結果を得ることが可能である。

また、劣化予測結果を用いてライフサイクルコスト（LCC）の計算も可能であり、補修方法や補修時期の最適な組み合わせも算定することができる。

②適用部位

海水による塩害を受ける海洋付近にあるコンクリート構造物一般
凍結防止剤による塩害を受けるコンクリート構造物一般

③参考資料

1）武田、丸屋：ニューラルネットワークを用いたコンクリート構造物中の鉄筋の腐食進行予測、コンクリート工学論文集、Vol. 9、No. 1、pp. 133-142、1998. 1

2) 内部塩分と凍結防止剤により劣化したRC中空床版橋への劣化予測に基づく計画的維持管理の適用。土木学会論文集 No. 774/V-65、99-110、2004. 11

比較対象技術

技術の特徴・優位性	施工環境	海水による塩害を受ける海洋付近にあるコンクリート構造物一般
	損傷程度	
	要求品質	構造物の寿命予測が可能
	施工性	
	経済性	LCCを考慮した劣化状況の評価、補修・補強対策の提案ができる

予想される効果

LCCを考慮した劣化状況の評価、補修・補強対策の提案が可能となる

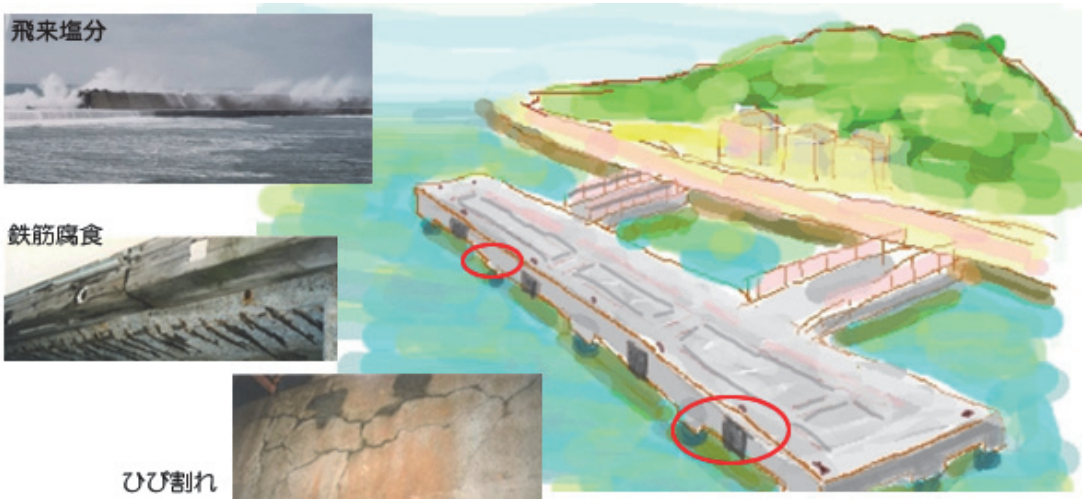
電力施設以外での適用実績	あり				
工事名称	城山高架橋				
企業者名	日本道路公団	適用場所	広島県	適用時期	年　月～　年　月
工事名称	三井化学堺工場桟橋				
企業者名	三井化学	適用場所	大阪府　堺市	適用時期	年　月～　年　月
公表有無	公表済み	公表の場合公表先	土木学会論文集Vol.774、No.5-65、2001年国交省近畿地整管内技術研究発表会		
発注者の承諾の要否	不要				

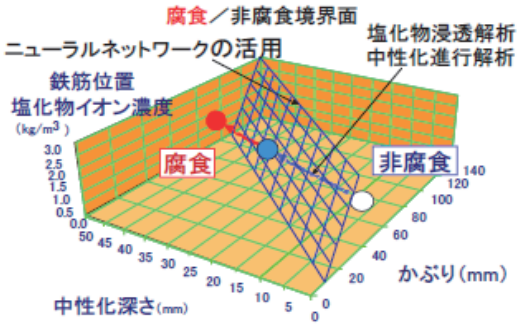
記入者	会社名	大成建設	所属	土木本部プロジェクト部	氏名	大友　健
	電話	03-5381-5281	FAX	03-5381-5294	e-mail	takeshi.ootomo@sakura.taisei.co.jp

参考WEBアドレス	

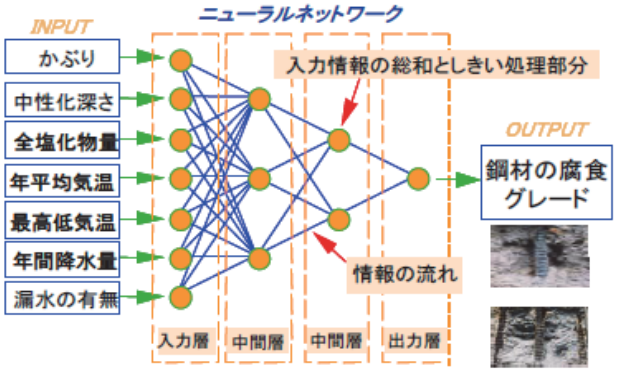
コンクリート劣化予測

点検データや設計条件により、コンクリートの侵食や内部の鉄筋の腐食などコンクリート構造物の劣化を予測する技術





ニューラルネットワークによる腐食境界



調査結果を用いる予測方法の一

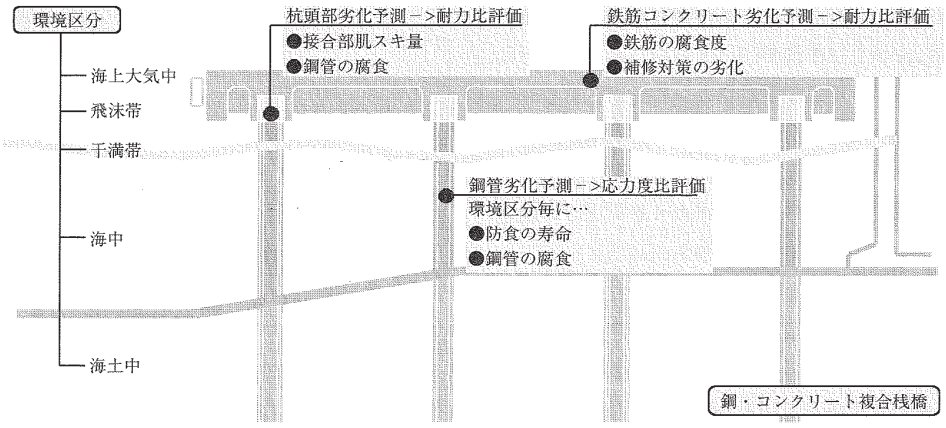
事例番号－49　　事例シート（電力施設への適用が可能な技術）　　1／2

名　称	鋼・コンクリート複合桟橋のLCC評価システム					
区　分	診断・評価	更新・改修	その他	LCC評価		
土木施設区分	水力発電				その他	
	火力/原子力	港湾	桟橋		その他	
	送電設備				その他	
劣化損傷原因	塩害	中性化	化学的コンクリート腐食			
					その他	
適用対象	調査診断評価	塩分含有量	中性化深さ	鉄筋腐食	ひび割れ	
		はく離				
					その他	劣化予測
	補修	表面保護			その他	
	補強				その他	
	更新	LCC評価ツール				
技術の概要	鋼・コンクリート複合桟橋のLCC評価システムは、鋼管および鉄筋コンクリート部材からなる複合桟橋を対象とした、適切な維持管理のための意思決定支援ツールである。 その特徴は、以下である。 1）従来、上部工・下部工を各々個別に対象とした対策の検討が一般的であったものを、一括の維持管理を考慮することができる。 2）桟橋全体の耐力レベルまでを評価し、桟橋構造全体としてのLCC評価が可能な劣化進行予測モデルを適用した。 参考文献）					
比較対象技術						

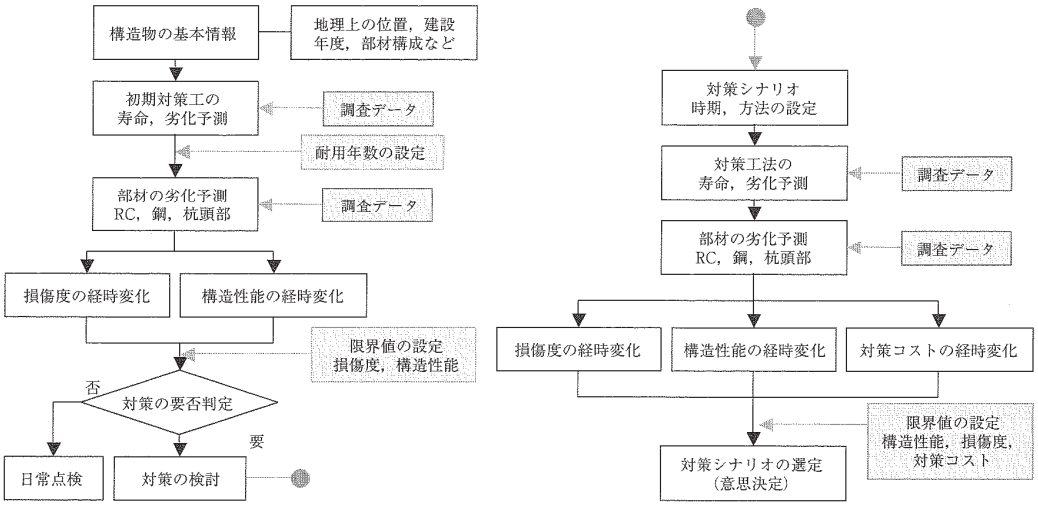
技術の特徴・優位性	施工環境	海水による塩害を受けう海洋付近にある鋼・コンクリート複合構造物一般
	損傷程度	
	要求品質	複合構造としての寿命予測（耐力評価）が可能であり、適切な補修対策が選定可能
	施工性	
	経済性	鋼・コンクリート複合構造物におけるLCCを考慮した劣化状況の評価、補修・補強対策の提案ができる。
予想される効果	LCCを考慮した劣化状況の評価、補修・補強対策の提案が可能となる	

電力施設以外での適用実績	あり				
工事名称					
企業者名	新日本製鐵	適用場所	千葉県　君津市	適用時期	年　月～　年　月
工事名称	K石油桟橋				
企業者名		適用場所	鹿児島県	適用時期	年　月～　年　月
公表有無	未公表	公表の場合公表先	武田　均・田中良弘・岩尾直樹・山名成彦 ：鋼・コンクリート複合桟橋のLCC 評価システムの開発，電力土木，2006年3月		
発注者の承諾の要否	不要				

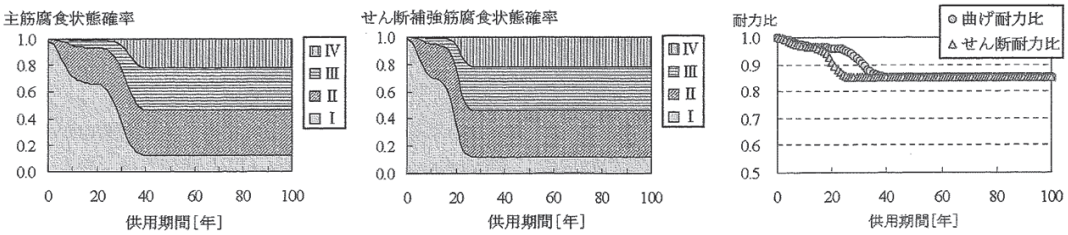
記入者	会社名	大成建設	所属	土木本部プロジェクト部	氏名	大友　健
	電話	03-5381-5281	FAX	03-5381-5294	e-mail	takeshi.ootomo@sakura.taisei.co.jp
参考WEBアドレス	http://www.taisei.co.jp/MungoBlobs/884/984/K00X47.pdf					



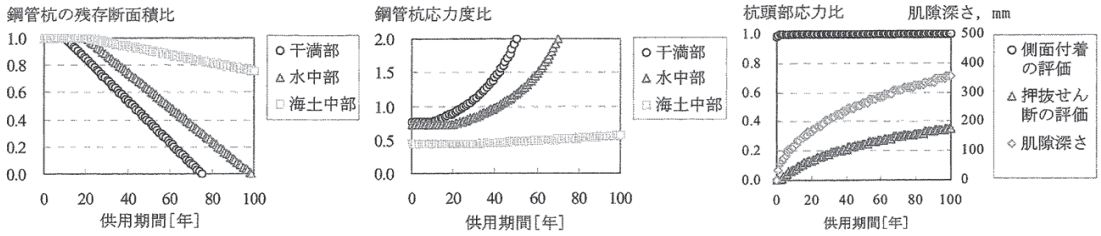
図－1　直杭式桟橋の概要と劣化評価項目



図－2　構造物の維持管理計画の選定



図－5　RC 部材の劣化予測結果



図－6　鋼部材および杭頭部の劣化予測結果

名　称	給水養生装置を用いた電気化学的補修工法					
区　分	補修		その他			
土木施設区分	水力発電	取・放水施設	水路トンネル	発電所	その他	RC、PC構造物
	火力/原子力	港湾	桟橋	取・放水施設	その他	RC、PC構造物
	送電設備	送電鉄塔基礎	変電所基礎	地中送電洞道	その他	RC、PC構造物
劣化損傷原因	塩害	中性化	熱・温度作用			
					その他	収縮ひび割れ
適用対象	調査診断評価					
					その他	
	補修	表面保護			その他	電気化学的補修
	補強				その他	
	更新					

技術の概要

本技術は、陸上構造物に対する電気化学的補修を容易に施工する技術である。電気化学的補修で必要となる外部陽極の保持および電解質溶液の供給を、コンクリート鉛直面やトンネル覆工コンクリートなどの給水養生に用いる給水養生装置を用いて実施することに特徴がある。詳細は、コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集 第14巻「給水養生方法の電気化学的補修への適用に関する実験的研究」にて報告している。なお、本技術について、東京工業大学大即教授、（株）高速道路総合技術研究所、電気化学工業（株）および安藤ハザマで共同研究を行っている。電気化学的補修および給水養生装置の概要を以下に個別に示す。

【電気化学的補修】
・構造物内部の鋼材（主に鉄筋）を陰極とし、構造物外部に陽極を配置する。そして、外部電極と構造物表面との空間に電解質溶液を供給し直流電流を流すことにより、劣化コンクリートを元の健全な状態に修復できる。
・はつり作業が不要であることから、振動、騒音、粉塵の発生が極めて少ない。
・電気化学的な原理を用いていることから、通電した範囲の補修効果が確実に得られる。
・本技術によって、脱塩工法、再アルカリ化工法、電着工法の3種類の電気化学的補修が実施できる。

【給水養生装置】
・コンクリート面を気泡緩衝シートで覆い負圧で密着させ、コンクリート面と気泡緩衝シートの隙間に養生水を流下させる。これにより、コンクリート全面に水膜を形成し、水中養生と同等の給水養生環境を実現する。
・長期間の安定した給水養生が可能である。
・市販品・汎用品を用いており、経済性が高い。また、短期間で設置できる。

比較対象技術

断面修復

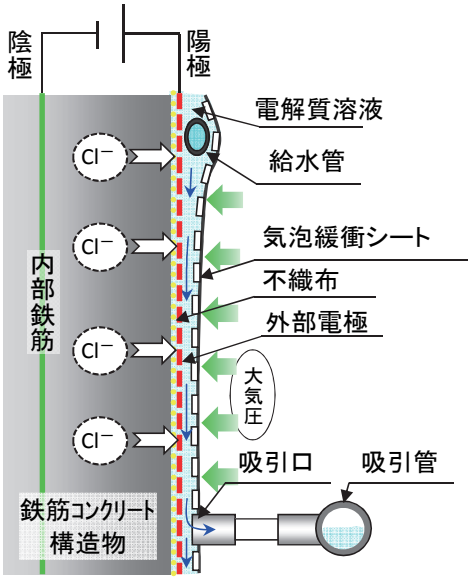
技術の特徴・優位性		
	施工環境	はつり作業が不要なため、振動、騒音、粉塵の発生が極めて少ない。補修対象面はシートでしっかりと覆われており、補修中の外観も美しい。
	損傷程度	鉄筋腐食によって、鉄筋の耐荷力が不足する前の段階まで適用可能である。
	要求品質	通電範囲は、確実に補修効果が得られる。（はつり残しや、断面修復時の付着不足など人為的ミスや材料特性による不具合を排除できる）
	施工性	給水養生方法として数多くの実績を有する給水養生装置を用いており、施工性は良好である。また、一時的な断面欠損も許容されない構造物（PC構造物等）に対しても適用可能である。
	経済性	施工時の経済性は断面修復より若干劣るものの、施工時の環境負荷、補修効果の確実性および再劣化に対する抵抗性が高いことなど、総合的かつ長期的な観点から見た経済性は優位である。

予想される効果

構造物を長寿命化できる

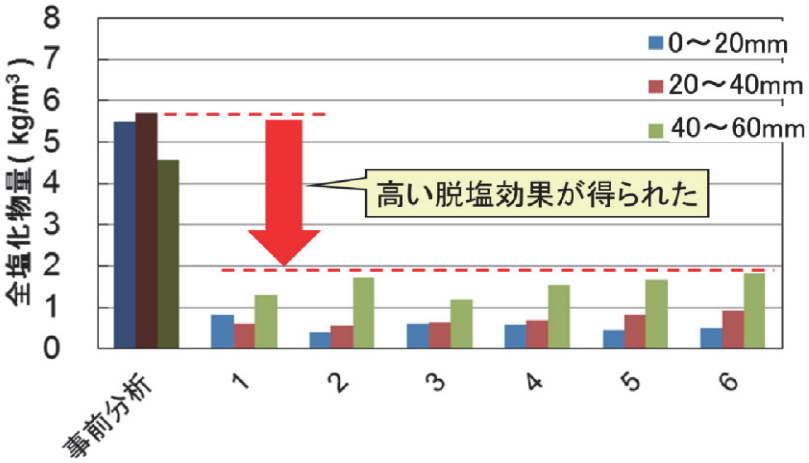
電力施設以外での適用実績	なし				
工事名称					
企業者名		適用場所	都道府県　　市	適用時期	年　月～　年　月
工事名称					
企業者名		適用場所	都道府県　　市	適用時期	年　月～　年　月
公表有無		公表の場合公表先			
発注者の承諾の要否					

記入者	会社名	安藤ハザマ	所属	技術研究所	氏名	齋藤淳
	電話	029-858-8813	FAX	029-858-8819	e-mail	atsushi.saito@ad-hzm.co.jp
参考WEBアドレス						



本技術の概要図（脱塩工法の例）

塩害劣化により撤去されたPC桁に対する本技術（脱塩工法）の適用状況



脱塩効果（上記の塩害劣化PC桁の事例）