

特集 安全管理
特別寄稿 最新の宇宙測地技術
(干渉SAR)で捉える地盤変動

表紙：特別寄稿
干渉SARの原理

■特集

- 平成20年建設業における労働災害発生状況（速報）について ……………2
厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室
「石綿障害予防規則等の一部を改正する省令案要綱」及び「労働安全衛生規則の
一部を改正する省令案要綱」の労働政策審議会に対する諮問について ……………4
石綿障害予防規則等の一部を改正する省令案（概要）
労働安全衛生規則の一部を改正する省令案（概要）

■特別寄稿

- 最新の宇宙測地技術（干渉SAR）で捉える地盤変動 ……………6
国土交通省 国土地理院 宇宙測地課 和田 弘人

■第12回土木施工管理技術論文【優秀論文賞】紹介

- アルカリ骨材反応による劣化被害を受けた橋脚の耐震補強方法の検討 ……………10
東京土木施工管理技士会 奥村組土木興業株式会社 現場代理人 田中 良介

■第12回土木施工管理技術報告【優秀報告賞】紹介

- 橋脚工事における鉄筋足場の工夫について ……………15
福島県土木施工管理技士会 佐藤工業株式会社 大槻 浩之

■連載特集 仮設構造物（土留め工）のはなし⑧ 6. 設計・施工上の留意点1 ……17

- 飛鳥建設(株) 土木事業本部 土木技術部 設計G 課長 荒井 幸夫

■連合会だより

- 連合会と国土交通省との意見交換会 ……………19

■図書案内 新刊図書「指定技術講習用テキスト」 ……………20

平成20年建設業における労働災害発生状況(速報) について

厚生労働省 労働基準局
安全衛生部 安全課 建設安全対策室

平成20年の労働災害発生状況について、平成21年1月7日現在で取りまとめられている速報値を中心に説明します。データは、労働者死傷病報告等により把握しているものです。

○労働災害の推移

死亡者数と休業4日以上の死傷者数のいずれも、全産業、建設業とも長期的には減少しています。(図-1、図-2)

○平成20年の死傷災害の動向(1月から11月までの速報値)

死傷災害とは、死亡災害と休業4日以上の死傷災害を合計したものです。平成20年1月から11月までの全産業における死傷者数は、83,349人(速報値)で、前年同期より1,440人(1.7%)減少しています。また、建設業における平成20年1月から11月末までの死傷者数は、17,001人(速報値)で、前年同期より1,216人(6.7%)減少しています。

死傷災害全体に占める建設業の割合は、平

成20年の1月から11月までの速報値において20.4%です。(表-1)

○平成20年の死亡災害発生状況(1月から12月までの速報値)

平成20年の全産業における死亡者数は1,186人(速報値)で、前年同期より62人(5%)減少しています。また、建設業における平成20年の死亡者数は413人(速報値)で、前年同期より19人(4.4%)減少しています。

平成20年の建設業における死亡者について、工事の種類別にみますと、土木工事162人(前年同期比8.7%増)、建築工事173人(前年同期比6%減)、設備工事78人(21.2%減)です。土木工事については、道路建設工事31人、上下水道工事27人、河川土木工事14人の順となっています。

さらに、平成20年の建設業における死亡者数413人(速報値)について、災害の種類をみますと、墜落168人(40.7%)が最も多く、続いて建設機械等50件(12.1%)、自動車等40

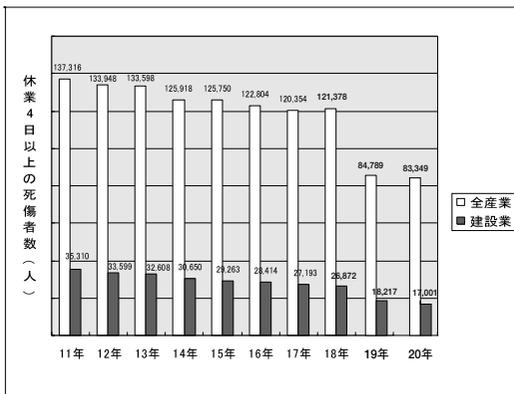


図-1 労働災害の推移 (20年は11月末までの速報)

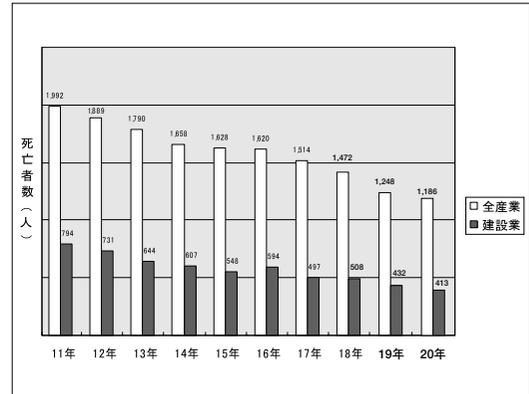


図-2 労働災害の推移(死亡者数) (20年は速報値)

件（9.7%）です。土木工事の死亡者数162人（速報値）については、墜落37人、建設機械等33人、土砂崩壊等19人が多い状況にあります。建築工事の死亡者数173人（速報値）については、墜落103人、約6割を占める状況にあります。（表－2、表－3）

表－1 平成20年における死傷災害発生状況(死亡災害及び休業4日以上の死傷災害)(速報)

業種	平成20年(1月～11月)		平成19年(1月～11月)		対19年比較	
	死傷者数(人)	構成比(%)	死傷者数(人)	構成比(%)	増減数(人)	増減率(%)
全産業	83,349	100.0	84,789	100.0	△1,440	△1.7
建設業	17,001	20.4	18,217	21.5	△1,216	△6.7

※平成19年死傷者数は平成20年11月末日現在

表－2 平成20年における死亡災害発生状況(速報)

(平成21年1月7日現在)

業種	平成20年(1月～12月)		平成19年(1月～12月)		平成19年(確定値)		対19年比較		対19年確定値比較	
	死亡者数(人)	構成比(%)	死亡者数(人)	構成比(%)	死亡者数(人)	構成比(%)	増減数(人)	増減率(%)	増減数(人)	増減率(%)
全産業	1,186	100.0	1,248	100.0	1,357	100.0	△62	△5.0	△171	△12.6
建設業	413	34.8	432	34.6	461	34.0	△19	△4.4	△48	△10.4

表－3 平成20年 建設業における死亡災害発生状況(工事の種類・災害の種類)

(H21.1.7現在速報値)	水力発電所等建設工事	トンネル建設工事	地下鉄建設工事	鉄道軌道建設工事	橋梁建設工事	道路建設工事	河川土木工事	砂防工事	土地整理土木工事	上下水道工事	港湾・海岸工事	その他の土木工事	土木工事計	鉄骨・鉄筋コンクリート造家屋建築工事	木造家屋建築工事	建築設備工事	その他の建築工事	建築工事計	電気・通信工事	機械器具設置工事	その他の設備工事	設備工事計	合計	割合(%)
墜落	0	0	0	0	6	9	2	7	1	1	2	9	37	33	28	2	40	103	9	7	12	28	168	40.7
飛来落下	0	1	0	0	2	0	2	0	1	1	2	6	15	10	3	0	5	18	0	2	4	6	39	9.44
倒壊	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	5	3	1	0	9	13	2	0	4	6	24	5.81
土砂崩壊等	1	0	0	0	0	3	3	1	1	7	0	3	19	2	0	0	0	2	0	0	0	0	21	50.8
クレーン等	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	2	1	0	0	1	5	1.21
自動車等	0	0	0	0	0	6	1	0	1	2	1	6	17	7	4	1	3	15	3	0	5	8	40	9.69
建設機械等	0	4	0	0	2	11	2	0	3	4	0	7	33	5	1	0	4	10	3	0	4	7	50	12.1
電気	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	7	1	4	12	15	3.63
爆発火災等	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	2	0	0	4	4	8	1.94
取扱運搬等	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	1	2	4	0.97
その他	0	3	0	0	1	1	3	0	3	11	3	5	30	1	0	0	4	5	0	1	3	4	39	9.44
合計	1	10	0	0	12	31	14	10	10	27	8	39	162	63	37	4	69	173	26	11	41	78	413	100
割合(%)	0.24	2.42	0.0	0.0	2.91	7.51	3.39	2.42	2.42	6.54	1.94	9.44	39.2	15.3	8.96	0.97	16.7	41.9	6.3	2.6	9.93	18.9	100	

「石綿障害予防規則等の一部を改正する省令案要綱」及び「労働安全衛生規則の一部を改正する省令案要綱」の労働政策審議会に対する諮問について

1月22日、厚生労働大臣から、労働政策審議会（会長 菅野和夫 明治大学法科大学院教授）に対し、「石綿障害予防規則等の一部を改正する省令案要綱」及び「労働安全衛生規則の一部を改正する省令案要綱」の労働政策審議会に対する諮問を行った。

これらについて、同審議会安全衛生分科

会（分科会長 平野敏右 千葉科学大学学長）において審議が行われた結果、同審議会から厚生労働大臣に対して、厚生労働省案は妥当と認める旨の答申があった。

厚生労働省では、この答申を受け、今後、石綿障害予防規則等及び労働安全衛生規則の改正を行う予定である。

石綿障害予防規則等の一部を改正する省令案（概要）

1 要 旨

平成20年9月に報告された「建築物の解体等における石綿ばく露防止対策等検討会」（労働基準局長主宰）の報告書を踏まえ、石綿障害予防規則（平成17年厚生労働省令第21号）について、現在通達等で指導を行っている事項を省令で義務付ける等の所要の改正を行うこととする。

2 省令案の内容

(1) 事前調査の結果等の揭示

建築物の解体等の作業を行う際に、事前に行うこととされている石綿等の使用の有無の調査の結果等を揭示させるものとする。

(2) 隔離の措置を講ずべき作業の範囲の拡大

石綿等が使用されている断熱材、耐火被覆材等の除去の作業であって、石綿等の切断、穿孔、研磨等の作業

が伴うものについて、隔離の措置を講ずべきものとする。

(3) 隔離作業場所における新たな措置の義務付け

吹き付けられた石綿等の除去等の作業を行う際は、隔離の措置を講じるとともに、隔離作業場所の排気に集じん・排気装置を使用すること、隔離作業場所を負圧に保つこと及び隔離作業場所の出入口に前室を設置することを義務付けること。

(4) 隔離作業場所内の石綿等の粉じんの処理

隔離の措置の解除に当たっては、事前に、隔離作業場所内の石綿等の粉じんを処理するものとする。

(5) 電動ファン付き呼吸用保護具等の使用の義務付け

吹き付けられた石綿等の除去の作業について、電動ファン付き呼吸用保護具又はそれと同等以上の性能を

有する呼吸用保護具の使用を義務付けること。

(6) 船舶の解体等の作業に係る措置

船舶（鋼製の船舶に限る。）の解体等の作業について、建築物等の解体等

の作業に係る措置の規定の一部について適用するものとする。

3 施行期日

平成21年4月1日（船舶の解体等の作業に係る措置は同年7月1日）

労働安全衛生規則の一部を改正する省令案（概要）

1 要旨

(1) 結核健康診断関係

感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（平成10年法律第114号）等に基づく結核の健康診断の内容や、「労働安全衛生法における胸部エックス線検査等のあり方検討会」（労働基準局長参集）の報告書（平成18年8月）内容を踏まえ、労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）に定める健康診断に関する事項について、所要の改正を行うこととする。

(2) 足場等関係

独立行政法人労働安全衛生総合研究所が開催する「足場からの墜落防止措置に関する調査研究会」において足場からの墜落・転落災害防止対策の充実について調査研究が行われ、平成20年10月に報告書が取りまとめられたところであり、今般、同報告書の提言を踏まえて、足場からの墜落防止等対策の強化を図ることとし、労働安全衛生規則について、所要の改正を行うこととする。

こと。

(2) 足場等関係

ア 足場からの墜落防止措置等の充実を図るため、作業床についての墜落防止措置（第563条）として、

① わく組足場にあつては、㉠交さ筋かい及び下さん等又は㉡手すりわく

② わく組足場以外の足場にあつては、手すり等及び中さん等を設けるべきものとする。これに併せて、架設通路についての墜落防止措置（第552条）、作業構台の墜落防止措置（第575条の6）等について所要の改正を行うこと。

イ 足場の安全点検の充実を図るため、事業者が行う足場の点検（第567条）として、事業者はその日の作業を開始する前に、作業を行う箇所に設けた墜落防止設備の取りはずし等の点検を行うべきものとする。また、これに併せて、事業者が行う作業構台の点検（第575条の8）について所要の改正を行うこと。

2 省令案の内容

(1) 結核健康診断関係

結核健康診断（第46条）を廃止する

3 施行期日

平成21年6月1日（結核健康診断の廃止等に係る部分は同年4月1日）

特別寄稿

最新の宇宙測地技術 (干渉SAR)で捉える地盤変動

国土交通省 国土地理院
宇宙測地課
和田 弘人

1. はじめに

国土地理院は、これまでも国土全体の位置情報の基盤となる基準座標系（世界測地系）の維持・管理のために、VLBIやGPSといった、その時々最新の宇宙測地技術を取り入れてきました。例えば現在、全国に約1200点設置されている電子基準点から構成される、GPS連続観測システム（GEONET）は、各観測点が24時間連続的にGPS衛星からのシグナルを受信し、収集された観測データは無償で公開され、公共測量等で利用されています。また、これら電子基準点の時々刻々と変化する座標値は、文字どおり“国土の変化”を捉え続けています。ここでの“国土の変化”とは、専門的な言葉で言えば「地殻変動」と表現されますが、近年では、この言葉も国内外の地震災害に対する関心の高まりから、一般にもなじみのあるものとなってきました（“価格の地殻変動”など、言葉本来の分野を越えた使い方も見られます）。この地殻変動を捉えるための最新の宇宙測地技術として、人工衛星で観測したレーダー画像を用いた干渉SAR技術が近年注目を集めています。本稿では、最初に干渉SARの原理と、それを支える観測プラットフォームの概要を説明し、次に国土地理院が実施した解析事例を挙げて、この宇宙測地技術から得られる知見とその活用方法について紹介したいと思います。

2. 干渉合成開口レーダー（干渉SAR）

合成開口レーダー（SAR）は、空間的に離れた対象物から反射された電磁波の情報を基に、その対象物の位置や性質を知りリモートセンシング技術の一つです。SARは人工衛星や飛行機などに搭載され、地上へ向けて位相のそろった電波（マイクロ波）を照射し、地表面から反射される電波を受信してレーダー画像を得ます。干渉SARでは、レーダー画像を時間をおいて2回撮影し、これらレーダー画像間の位相の差分を取ります（図-1）。原理的には1回目と2回目の撮影時に地表の状態に変化が無ければ、同一地点から反射して戻ってくる電波の位相に変化はありません。この場合、位相差をとってもその変化量は0のままです。しかし、1回目の撮影後、例えば地震によって地面が盛り上がると、2回目の撮影時に、同じ場所から反射して戻ってくる電波の位相は1回目と比べて異なる

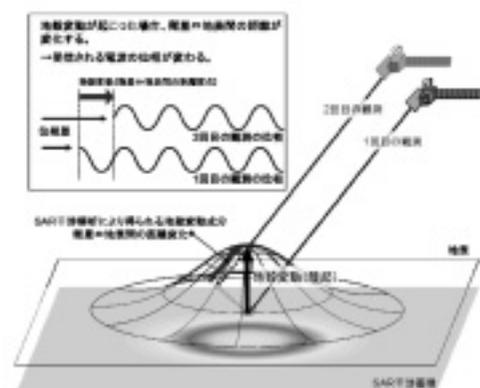


図-1 干渉SARの原理

る値となるはずです。電波の位相の変化は衛星と地表間の距離の変化を表していますので、地殻変動の前後で撮影したレーダー画像間で、同じ地点が写っている画素毎に位相差を取ることで、衛星と地表との距離の変化を表す画像（干渉画像）が得られます。距離の変化は、電波の1波長分の位相差 $0 \sim 2\pi$ で表現されるので、位相差の大きさに応じて配色することで、表紙裏絵のような縞模様の干渉画像が得られます。同じ色が連なっている領域は同じ位相差であり、衛星から見て同じ距離の分だけ地表面が動いたこととなります。干渉SARでは、一度に数十km四方を、10~20m画素の解像度で面的に、数cmの精度で地表面の変化を捉えることができます。これは、変動を計測する観測点の密度として考えると、例えばGEONETの密度は15~20kmに1点であることから、干渉SARによって得られる地殻変動の情報が如何に高密度であるかが分かります。これによって従来は観測では到底得られない、局所的な地殻変動の様子が分かるようになってきました。

3. 陸域観測技術衛星だいち (ALOS)

陸域観測技術衛星“だいち”(ALOS: Advanced Land Observation Satellite)は2006年1月に宇宙航空研究開発機構(JAXA)により打ち上げられた地球観測衛星であり、46日の周期で同じ地域を同じ条件で観測することができます。ALOSは2種類の光学系センサとSARを搭載しています。ALOSに搭載されているSARは、PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar)と呼ばれています。光学系のセンサは太陽の反射光を利用するので、衛星が地球の昼側の軌道を通過する際に観測を行います。PALSARは衛星自らマイクロ波を照射するので、昼

夜を問わず撮影が可能です。また、マイクロ波は雲や噴煙を透過するので、光学系のように、観測地域が雲に覆われて地上の様子が捉えられない場合でも、地表の様子を捉えることができます。この昼夜・天候に左右されないレーダーの特性は災害監視にとって重要となります。

PALSARは、センサの名前が示すとおり、Lバンド(波長約24cm)のマイクロ波を採用しています。SARセンサには、目的によって様々なバンドが採用され、海外の衛星では主にX・Cバンド(波長2.4~7.5cm)が用いられています。バンドの違いは、地表の何処で反射されるかという性質に関係します。例えばCバンドは、波長と同程度の大きさの葉などの表面で反射されてしまいます。このため森林では、電波は樹冠で反射され、地表まで到達できません。また葉などは、風によって、波長と同程度のスケールで容易に揺らいでしまいます。このためCバンドでは、地表が森林等によって覆われていると、地殻変動に係わる情報を得ることはできません。これに対してLバンドは、葉の大きさと比べて波長が長いので樹冠を透過し、地表面まで到達します。地表面は樹冠と比較しても堅固で安定しており、ここでの位相差を捉えることで、地殻変動の情報を得ることができます。このため、国土の7割が森林で占められている日本では、干渉SARによる地殻変動の監視には、PALSARの利用が必須となります。

4. 災害発生時における干渉SARの利用

4-1 岩手・宮城内陸地震

2008年6月14日8時43分頃に岩手県内陸南部の深さ約10kmでマグニチュード7.2の地震が発生しました。この地震で岩手県奥州市と宮城県栗原市で最大震度6強

を観測し、死者13名、行方不明者10名、負傷者451名を出す大きな被害が生じました。JAXAはこれを受けてPALSARによる緊急観測を、6月23、24日に行いました。観測後、国土地理院はJAXAからデータ提供を受けて解析を実施し、翌6月25日にその成果を発表しました（表紙裏絵）。

この地震で得た干渉画像を概観すると、星印の震央の周辺には、砂目模様の領域が北東－南西方向の範囲に広がっています。また、その周縁にはこれを囲んで縞模様が広がりますが、外側に向かってその密度は次第に小さくなります。縞の密度が大きい範囲は、周辺と比べて変動量が大きいことを示しています。例えば、縞模様が密な栗駒山の西部では、縞の本数から周辺と比べて1 m程度の変動量があったことが読み取れます。また、中心部の砂目模様の領域は、一部で密な縞が見られることから、ここでは変動量が非常に大きいため、干渉SARで連続した位相の変化として捉えられる範囲を越えていると考えられます。これらの特徴から、地殻変動は大局的に、震央を含む北西－南東方向を軸にその中軸部に向かって変動量が大きくなる傾向を示しています。この範囲は、テレビ等で報道された荒砥沢ダム上流の大規模な地すべりや、駒の湯温泉に被害を与える原因となった土砂崩壊等が多発生した領域と重なります。これらの状況は、国土地理院が電子国土上で公開している「岩手・宮城内陸地震情報集約マップ」(<http://zgate.gsi.go.jp/iwate2008/index.htm>)で干渉画像を他の地理情報と重ね合わせることで見ることができます。

4-2 地震像の把握

この干渉画像の活用として第一に挙げられることは、地震活動の全体像の把握です。地震の場合、地殻変動の観測結果は、これ

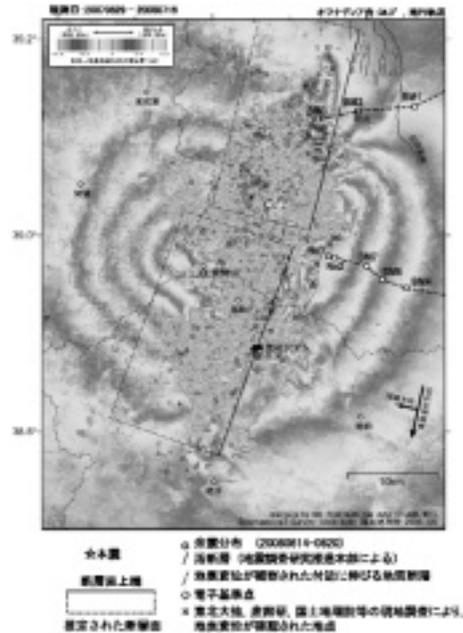


図-2 岩手・宮城内陸地震における震源域周辺のSAR干渉画像

を発生させた地下の断層の位置や形状、運動等の推定に用いられます。この地震では、干渉SARとその他の観測データから、砂目模様の直下に西北西に傾き下がる2枚の矩形の断層モデルが推定されました（図-2）。この断層モデルを考慮しつつ、干渉画像を見ることで、現地踏査で確認された局所的な地表の撓みや断層端の出現位置と、広域的な地殻変動の関係を直接的に結びつけて議論することができます。また、断層端付近での局所的な地殻変動の様子は、周辺に存在する活断層への影響や関連性といった将来の防災のための情報としても非常に有用であるといえます。

4-3 災害対応のための情報

第二の活用は、発災直後～復興までの災害対応のための基礎情報としての活用です。

山間部で発生した地震で問題となるのは、地すべりや土砂災害による直接的な被害の他に、それらによる外部との交通手段

の遮断や、河道閉塞の発生等があります。干渉SARによる局所的な地表面の動きの検出は、砂目模様として表される既に崩壊した箇所以外にも、明瞭な崩壊が未だ発生していない斜面全体のわずかな移動をも捉えることができます。この情報は、例えば発災直後に干渉画像が得られれば、初動対応における外部からの進入ルートを検討や、二次災害の発生危険箇所の評価等への活用が考えられます。

また、国土地理院が関わる測量分野では、地震の影響を受けた基準点の復旧測量を行う際の資料としての利用が挙げられます。復旧測量を行う範囲の策定は、震源域周辺の基準点成果の停止期間や再測量に必要なコストに直接的な影響を与えます。この際に干渉画像から、基準点毎に広域（地殻変動）あるいは局所的（地すべり）な変動の影響を検討することで、「現地で測って影響の度合を把握する」のではなく、「予め影響の度合を把握してから測る」ことが可能となります。実際、昨年発生した能登半島地震や本地震でも、干渉画像は復旧測量の計画立案に役立てられました。

5. これまでの成果と今後の課題

地殻変動の監視を行う上で、ALOSの運用前後で大きく変化したことは、世界中のどこで災害が発生しても、地上の観測設備に関係なく干渉画像から、地殻変動がどの範囲にまで及ぶかを直接イメージすることが当たり前のようにできるようになったことです。この例として四川省地震があり、現地の情報を待たずに地殻変動の全容を詳細に捉えることができました。

国土地理院は、この宇宙測地技術を利用して、国土の変化を監視しています。平常時には火山や地盤沈下域（図-3）を対象に、また大地震などの突発的な災害発生時



図-3 干渉SARによる火山・地盤沈下監視対象地域には、海外をも含めて緊急の解析を実施し、それらの成果を公開しています (<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/>)。

これまでの地殻変動の情報は、どちらかと言えば、学術面での地震像の把握と、復旧測量という、地理院の業務に密接に関連した、言い換えればその他の分野での利用が限定される情報でした。しかし、面的で高密度な干渉SARによる地殻変動情報の出現は、災害対応のあらゆる段階で他の分野との連携・活用の可能性を示しています。そのためには干渉画像が、専門の人以外にも理解されるような、情報の普及と一般化が求められます。これには、電子国土による災害情報集約マップの例が示すように、地殻変動情報を他の、“なじみのある”地理情報と関連づけた形で提供することが、これらの更なる理解と利用の促進につながると考えています。

参考資料

総務省消防庁災害情報詳報「平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震（第75報）」
地震調査研究推進本部公表：「平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震に関する情報」

国土地理院2008年6月16日報道発表資料

第12回土木施工管理技術論文【優秀論文賞】紹介

アルカリ骨材反応による劣化被害を受けた橋脚の耐震補強方法の検討

東京土木施工管理技士会
 奥村組土木興業株式会社
 現場代理人 田中 良介[○]
 岡本 泰彦

1. はじめに

アルカリ骨材反応（以下、ASR）は「コンクリートのガン」とも言われ、構造物の耐久性を大きく損ねる原因となっている。近年、ASRによる劣化被害を受けた事例が数多く報告され、社会問題として取り上げられるようになった。ASRは、セメント・コンクリートに含有されるアルカリ分（NaとK）が非晶質のシリカなどの反応性鉱物を含む骨材と反応し、反応によって生じたアルカリシリカゲルの吸水・膨張により、コンクリート内部からひび割れを生じさせる。

今回、工事の対象となった神戸新交通ポートアイランド線（ポートライナー）の橋脚は、1978、79年に建設され、1981年頃から亀甲状のひび割れが入りはじめ、約8割の橋脚がASRを起こしていた。使用された骨材は、香川県小豆郡土庄町の豊島（てしま）産であり、後の調査でこのの砕石は「国内で反応が最も顕著で有害である」という結果が得られている。豊島産の砕石は、戦後からコンクリート用骨材として使われ始め、最盛期の1970年代は年間3万tを関西中心（マンションなど）に出荷してきた。

ここでは、ASRによる劣化被害を受けた橋脚に対して、調査の結果をもとに耐震補強方法について検討した事例について紹介する。

2. 工事概要

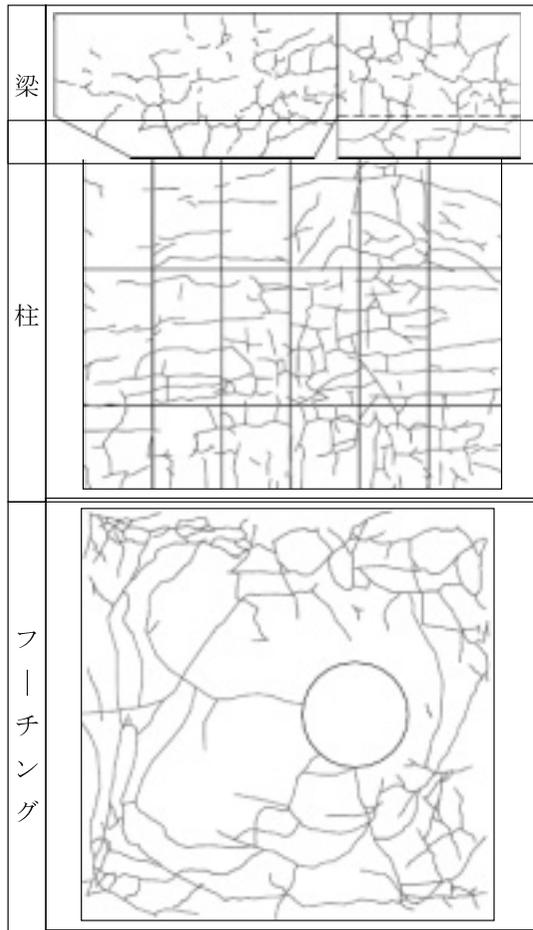
新交通システムの下部工として供用されている築後25年の橋脚に耐震補強として、RC巻立てと落橋防止の取り付けが計画されていた。施工対象となった橋脚は、ASRによる劣化が生じていたことから、既存橋脚の劣化調査を行い、ASRに対する適切な処置を行ったうえで、耐震補強を行わなければならなかった。

表-1 工事概要

工事名	神戸新交通ポートアイランド線耐震補強工事その2
発注者	神戸新交通株式会社
受注者	奥村組土木興業株式会社 神戸支店
工事場所	神戸市中央区港島中町地内
工期	自) 平成17年11月17日
	至) 平成19年 1月26日
工種	工場製作工 1式
	準備工 1式
	耐震補強工 7式
	復旧工 1式



写真-1 施工前



図ー1 既存橋脚のひび割れ図

3. 現場における課題・問題点

施工対象となった橋脚では、ASR対策として橋脚の地上部分のひび割れ(図ー1)に対してエポキシ樹脂が注入され、躯体表面には軟質樹脂が塗装されていた。しかし、経年による水分の浸透により劣化が進行し、幅の大きいひび割れが生じていた(写真ー2)。また、橋脚を供用しながら施工しなければならなかったため、設計されている耐震補強方法では、施工時の安全性や耐震補強効果が得られないことが問題となった。問題点を以下に示す。

- ① ASRが顕在化している構造物には、微細なひび割れや骨材との縁切れによ



柱 フーチング
写真ー2 ひび割れ発生状況



写真ー3 ひび割れ深さ調査状況

り、チッピングなどによる、はつり深さの制御が難しく、工程への影響が大きい。

- ② 柱部では、強度の低下により柱基部の損傷が懸念され、上部工荷重を仮受けする必要がある、ベントの設置撤去による工程への影響が大きい。
- ③ 活線施工となるため、上部工をベントによって仮受けした場合、基礎地盤の沈下やベントのなじみなどにより軌道に悪影響を及ぼす恐れがあった。

4. 対応策・工夫・改良点

「3.」で抽出した問題点を解決するために、既存橋脚の劣化の程度を把握することを目的として、以下の調査・試験を行った。



写真-4 採取コアの圧縮強度、ヤング係数測定試験

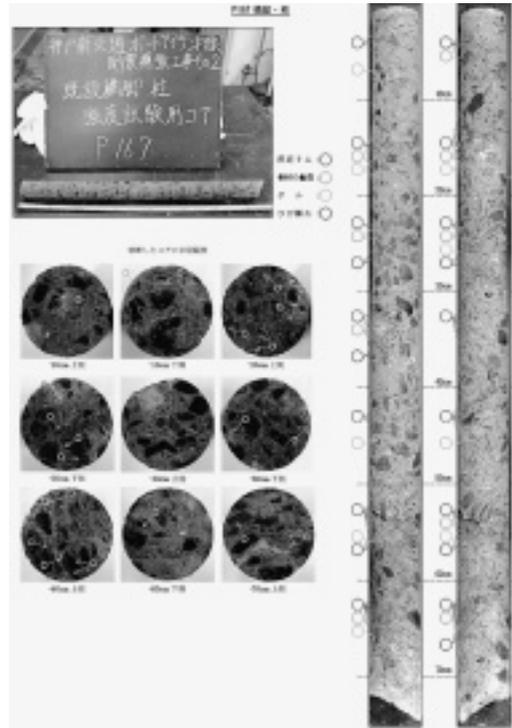


写真-5 採取コアの目視観察



写真-6 採取コアの残存膨張量

表-2 試験結果

- ・強度試験（写真-4）
- ・コアの目視観察（写真-5）
- ・残存膨張量（写真-6）

		フーチング	柱	梁
ひび割れ	延長	400m	240m	60m
	幅	平均 2.0mm	平均 1.0mm	最大 0.5mm
	密度	10 個/m	6 個/m	5 個/m
強度試験結果	圧縮強度	平均 18N/mm ² (強度の低下は全体的)	平均 18N/mm ² (強度の低下は表面から 40cm)	平均 30N/mm ² (強度の低下は表面から 20cm)
	ヤング係数	平均 10,000MPa	平均 12,000MPa	平均 15,000MPa

コア観察の結果、躯体表面からの深さに関係なく反応リム・ゲルが確認できた。今後のASRによる劣化の程度を短期間で評価する必要があったため促進養生試験（カナダ法）を行ったが、無害という結果となった。既存橋脚の強度については、圧縮強度だけでなく、ヤング係数も大きく低下していた。強度については、ひび割れの発生状況との相関がみられた。試験結果の概要を表-2に示す。

「3.」で述べた問題点と調査した結果を踏まえて、耐震補強方法を提案し、発注者、設計会社との三者協議を繰り返し行っ

た結果、耐震補強方法は、以下の内容に決定した。

◎フーチング、柱

圧縮強度やヤング係数の低下（表-2）を考慮した設計計算により、厚さ250mmのRC巻立てのみで十分であるという結果となった。しかし、経年による水分の浸透によってASRに再劣化が懸念されたことから、ASRの進行抑制と既存橋脚の強度回復を目的として、ひび割れ注入（写真-7、8）を行った。



写真-7 柱部へのひび割れ注入状況 1



写真-10 梁部の配筋状態



写真-8 柱部へのひび割れ状況 2



写真-11 梁部への打込み状況



写真-9 柱部へのコンクリート打設状況

◎梁

梁は、RC巻立てによる落橋防止の設置が主目的で、アンカー定着により作用力に抵抗する構造であった。しかし、強度低下に伴い、アンカー削孔長や本数の増加による対応では施工での信頼性に課題があり、危険が伴うと考え、「鋼板併用RC巻立て工法」を採用した。さらに、アンカーによる

定着を期待できない分、鉄筋量が増加したため（写真-10）、コンクリートの充填性に問題が生じた。この問題を解決するために、配合を「27-8-20BB」から「27-18-15BB」へと設計変更した。梁部での施工状況を写真-11に示す。

5. おわりに

今回の工事では、ASRによる劣化が顕著であったことから、多くの工種で設計変更の対象とすることができた。とくに、落橋防止の設置方法が問題となり、鋼板併用RC巻立てを採用したが、鉄筋量の増大によりコンクリートの充填性が懸念されるという新しい問題が生じた。しかし、当社の技術部門と協力し、迅速に対応でき、コンクリートの配合も設計変更とすることができた。

表一 3 ASRにおける変状過程の区分の例
(鉄道総合研究所)

劣化過程	外観による区分
潜伏期	ASRは発生しているが、外観状の変状が見られない。
進展期	ASRによる膨張によってひび割れが発生し、変色、ゲルの滲出が見られる。 ・ひび割れ幅：0.2mm以下のひび割れ。 ・ひび割れ密度：2個/m以下。 ・ひび割れが密な領域：部材総面積の30%程度。
加速期	ASRによるひび割れが進展し、ひび割れの本数、幅および密度が増大する。 ・ひび割れ幅：ほとんどが0.2~0.5mm以上のひび割れ。 ・ひび割れ密度：5個/m以下。 ・ひび割れが密な領域：部材総面積の50%以上。 ・静弾性係数の低下：50%以上。
劣化期	ASRによるひび割れが多数発生し、構造物に段差、ずれなどが見られる。 ・ひび割れ幅：2mm以上のものが認められる。 ・かぶりの部分的なはく離・はく落が発生する。 ・鋼材腐食が進行し、錆汁が見られる。 ・変位、変形が大きい。

*：現時点でひび割れに対するしきい値を設定することは困難であるが、鉄道構造物に関する文献及び事例、解析を参考に示した。



写真一12 施工完了

既存構造物を対象とする耐震補強工事などでは、構造物の形状、寸法だけでなく、劣化の程度を把握した上で、劣化の程度によっては補強方法を再選定し、施工時の安全性と橋脚の性能を確保することが重要であると考えられる。

ASRによる劣化の生じた橋脚の調査を行った中で、これまでの事例や当現場での事例から、ASRの劣化過程と外観による区分は、表一3に示すような関係があることを改めて確認することができた。

図書案内 インターネットから注文できます。

良いコンクリートを打つための要点(改訂7版)
(平成18年11月発刊)

編者 (株)大林組技術研究所 十河 茂幸

コンクリート構造物の設計と性能の照査・検査を追加、各種データを更新B5版で大変読みやすくなりました。

コンクリートに携わる技術者の方や土木施工管理技士、コンクリート技士・主任技士、コンクリート診断士等の受験を予定されている方には、大変参考になります。

一般価格：2,800円 会員価格：2,470円(送料込み)



第12回土木施工管理技術報告【優秀報告賞】紹介

橋脚工事における鉄筋足場の工夫について

福島県土木施工管理技士会
佐藤工業株式会社
大槻 浩之

1. 適用工種

現道工事等の狭小施工ヤード(仮締切内)における橋脚工フーチング部施工時の鉄筋足場について以下の工夫を行い施工した。

2. 問題点

近年耐震構造上鉄筋コンクリート構造物における鉄筋量の増加とそれを施工する場所も現道沿いの狭小スペースにおいて施工を要求されるケースが多々有り、鉄筋を組み立てる為に必要である足場が逆に組立作業時には鉄筋の材料自体を取り込みしづらくし、作業効率を低くしている事例がある。その為以下の問題をクリアーする必要がある。

- ① 狭小スペースへの鉄筋の取り込みがスムーズになる様、取り込み用の空間を確保する事。
- ② 柱主筋の鉄筋を固定できること。
- ③ 足場としての機能を有すること。

- ④ 組立解体が容易で、費用が安価である事。

3. 従来工法の問題点

図-1に示す通り、従来はフーチング内にアンゲル等の埋め込み材を支柱にし枠組み足場を建て鉄筋足場として架設していたが今回工事においては、施工箇所が鋼矢板による締め切り内での作業の為、フーチング部内の鉄筋材料の取り込みに障害となり改善が必要となった。

4. 工夫・改善点

上記の問題を改善すべく以下の構造を考案実施を行なってみた。

- ① 鋼矢板天端に受桁を架設し仮設山留鋼材により桁を架設
- ② 架設した鋼材上には足場を設置し作業床を確保し、手摺り等安全設備も手当てした。

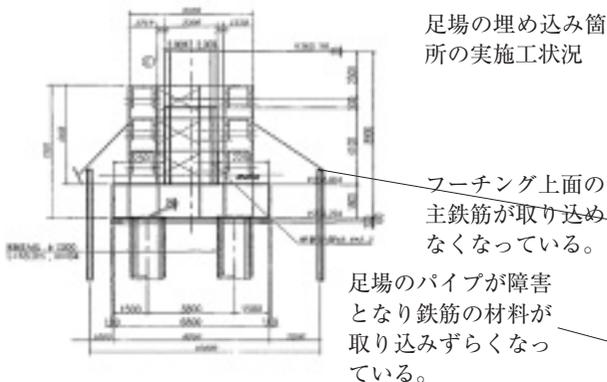


図-1 従来の鉄筋足場の計画図



写真-1 従来の鉄筋足場の施工状況写真

- ③ 転用が可能な様にクレーンにて吊り上げ可能な構造とした。
 (今回工事は橋脚6基の工事であったので、実際5回の転用を行なった)

5. 効果

構造を改善した事により以下の効果があった。

- ① 1橋脚当り、足場の組立解体日数において1日の工程短縮ができた。
 ② フーチングの鉄筋の材料の取り込みスペースが確保でき、安全な作業ができた。

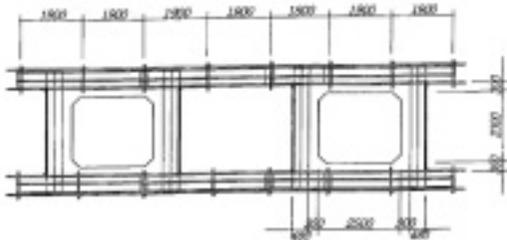


図-2 改善鉄筋足場平面図

- ③ 足場の転用が可能な為、組立解体費用が軽減できた。

6. 採用時の留意点

転用時に一時足場を仮置きするスペースが必要である。

7. 適応条件

フーチング施工部が鋼矢板等の締め切り部内で、狭小スペースとなっているケースで鉄筋の取り込みが困難な場合。

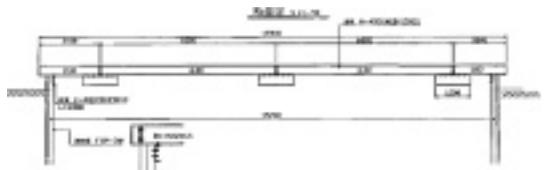


図-3 改善鉄筋足場断面図



写真-2 改善鉄筋足場による鉄筋組立施工状況

鉄筋を取り込むスペースが確保されている。フーチング上面の主鉄筋が取り込み易くなっている。

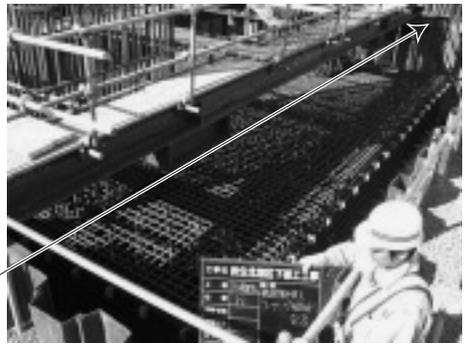


写真-4 改善鉄筋足場による鉄筋組立完了状況



写真-3 改善鉄筋足場による鉄筋組立完了状況

作業床と手摺りの設置状況
 ※クレーンにより移動可能な構造とした。



写真-5 改善鉄筋足場による鉄筋組立施工状況

「仮設構造物（土留め工）」のはなし⑧

6. 設計・施工上の留意点 1

飛鳥建設(株) 土木事業本部 土木技術部 設計G
課長 荒井 幸夫

土留めに関する設計、施工上の留意点として2回にわたってお話しします。

土留めで実施する工事内容は、掘削および埋め戻し、土留壁の設置および撤去、支保工の設置および撤去、地下水の処理、地盤改良などの補助工事、などです。

これらは通常、計画・調査・設計、施工の各段階に分かれ、それぞれ留意点があります。施工者にとっても、任意仮設の場合もありますし、施工計画をたてる段階で確認すべき点がありますので、設計（計画・調査を含む）の留意点を知っておくことが必要です。また、最近の傾向として以下のことは前提条件として理解すべきことです。

最近の傾向

- ・市街地に限らず作業ヤードが狭隘
- ・周辺環境への配慮、制約条件の厳格化
- ・昨今の社会情勢より、経済性の要求増大

設計段階における留意点

まずは、現地の条件を実際に見て把握することが重要です。設計条件、地盤条件、工事条件などの整合性、敷地周辺環境を確認しなければなりません。

設計段階で現地の条件を考慮せずに設計を行うと、実際に施工する段階になって、図面と整合しない、あるいは施工できない、という重大な過失に繋がる可能性があります。また、地盤条件の判断ミスは計画その

ものを変更しなければならない場合も出てきます。同様に地下水位の確認は調査時期の確認をしておくことも重要です。

現地での確認ポイント

- ・地盤および地下水条件、施工時期
- ・敷地境界条件、周辺環境、施工ヤード
- ・近接構造物、埋設物、支障物

その上で、土留め計画～設計時の留意点は以下ようになります。

- ①使用目的に対する適合性検討
 - ・掘削平面、深度の設定
 - ・許容変位量の設定
 - ・周辺環境からの制約条件の設定
- ②土留壁の選定
 - ・壁体の種類と打設あるいは造成方法
 - ・経済性
- ③支保形式の選定
 - ・自立式、切梁式、グラウンドアンカー式
 - ・本体構造物の構築を考慮した支保工位置
- ④補助工法の選定
 - ・地下水低下工法、地盤改良など
- ⑤壁体断面検討における計算法の選定
 - ・慣用法や弾塑性法などの選択
 - 近接検討で土留壁変位が必要な場合、あるいは通常と違う施工手順の場合は慣用法の範囲でも手順を考慮できる弾塑性法を採用する。
- ⑥土留め欠損部

地下埋設物により、土留めに欠損部が生じるときには所定の強度と止水性を有する土留壁または地盤改良による補強の検討を行う。

施工段階における留意点

施工者は施工に入る前に、施工計画を立案します。その際の手順を図-1のフローに示します。施工段階は、建設事業では最下流に位置します。そのため、設計者の意図を良く把握してから施工することが重要です。最近では設計図書の照査範囲が明確化されましたので、これを確実に実施する必要があります。

留意点は、最初は設計と同様に現地条件の把握です。それに基づいて仕様書や設計図書を照査し、不明点や相違がある場合は監理者と協議の上、基本計画の見直しなどを行います。その上で施工計画書を作成します。

施工段階における留意点を以下に示します。

①試掘

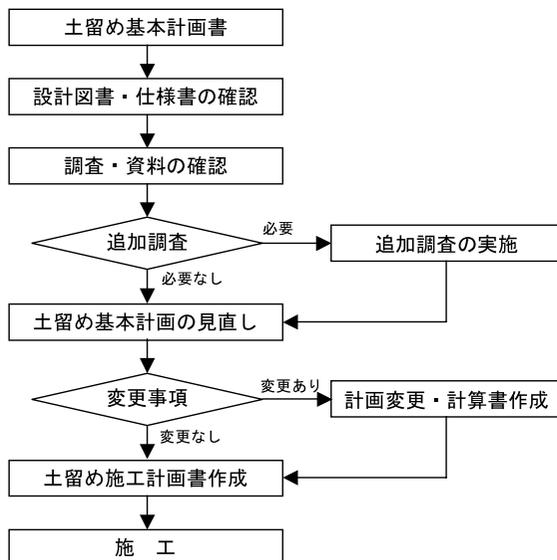


図-1 土留め施工計画フロー

埋設物が深い場合、探針、つぼ掘りを行い、正確に位置、深さ、形状を確認する。

②支障物処理

埋設物、架空線が杭打ちや他の作業上支障となる場合、占用位置および施工内容との関連について調査、検討のうえ、切廻し処理、仮移設、防護処理方法およびその時期を確認する。

③杭打ち

騒音、振動を規制値以内に収める。

④支保工架設

土留壁からの荷重を均等に伝達できるように、それぞれを完全に密着させ、ゆるみをとる。

⑤躯体構築

支保工の位置が躯体の配筋に支障しないように配慮する。撤去手順によって躯体に盛替える場合、必要に応じて躯体の検討を行う。

⑥埋め戻し、撤去

杭の引き抜き跡の空隙の処理に留意する。鋼材だけが抜けてくるのではなく、相当量の土を同時に引き抜くことになる。

⑦その他

路面覆工では、確実に固定して覆工板のバタつきによる騒音に注意する。

軟弱地盤などの掘削時には土留壁の変位、地下水位の低下に伴い、周辺へ影響を与えやすいので注意が必要である。

土留めは段階を追って施工していくので、各段階で平面、断面で状態を把握し、掘削に伴う中間杭の補強や、ボイリング、盤ぶくれなどの対策工の施工はどの段階までしておくことか時期も把握しておく。

ここで示した留意点は一部であり、詳細には基準書などの図書に書かれています。また、周りに経験豊富な方がおられる場合には、聞いてみても良いと思います。