

建設機械接近警報装置による事故防止

西ヶ谷 忠 明

建設機械に係わる死亡災害は、建設業の労働災害の14%を占め、事故の形態としては、挟まれ、轢かれ、転倒事例が多いのが特徴である。最近2ヶ年の労働災害統計をもとにこの傾向を確認するとともに、事故原因を分析して建設機械と作業員の双方が異常接近を認識していないと考えられる事例が多いことを示す。

また、挟まれ、轢かれ事故の防止に効果が期待される、建設機械と作業員の接近警報装置の方式を概観し、適切な使用についての考えを述べる。

キーワード：安全管理、労働災害、重機事故、接触事故、接近警報、挟まれ、轢かれ

1. はじめに

建設業の労働災害による死傷者数は、図—1に示すように建設投資総額との関係を見ると、昭和48年以来概ね反比例の傾向で推移していたが、平成4年前後から、反転して明瞭に比例関係を示すようになる。このことから、平成初期までは各種の安全対策施策が奏功していたものの、そろそろ現在の対策では限界にきているのではないかと推測される。建設業における災害のさらなる低減を図るために、安全対策は新たな視点をもって取り組む必要がある。

本稿では、建設機械に係わる事故防止を目的として、事例の多い、挟まれ、轢かれ等の接触事故に焦点をあてて対策のありかたについて考える。

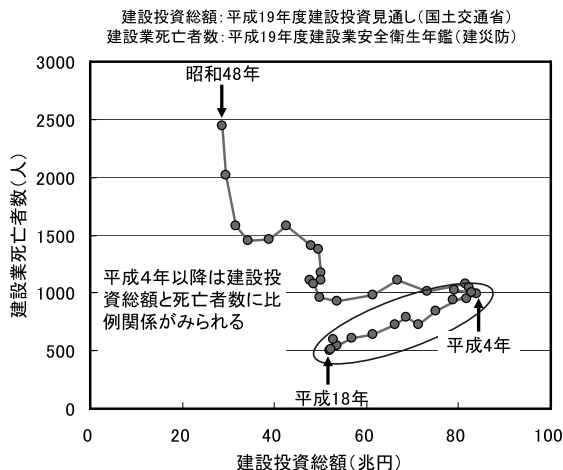
2. 建設機械に係わる事故の実態

(1) どれくらい事故が起きているか

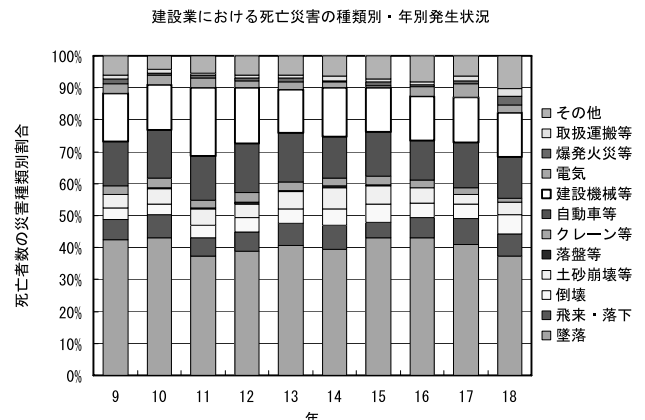
建設産業で発生する労働災害の統計は、建設業労働災害防止協会が毎年発行される「建設業安全衛生年鑑」(以下、安衛年鑑とする)に示され、災害の状況について概略が掲載されている。ここでは、安衛年鑑の平成18年度版と平成19年度版をもとに考察する。

安衛年鑑の統計によれば、建設業の労働災害による死傷者数は昭和50年代から毎年減少傾向にあるものの平成18年時点で508人あり、単純計算で毎日1.4人が亡くなっていることになる。

死亡災害の種類別には、図—2に示すように墜落災害が約40%の多数を占め、建設機械に係わるものは約14%(70人)となっている。



図—1 建設投資総額と建設業の死者数



図—2 建設業における死亡災害の種類別・年別発生状況

(2) どんな機械で事故が起きているか

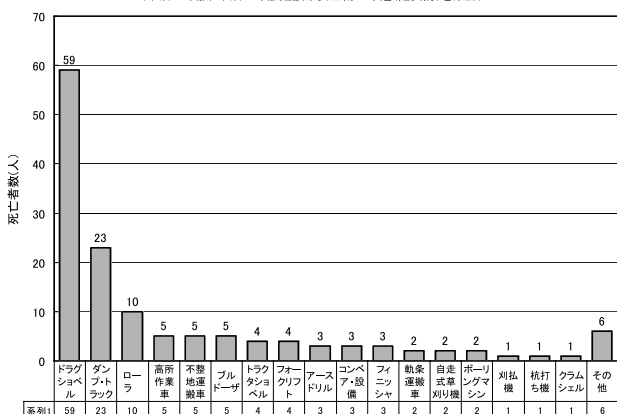
では、どんな種類の建設機械による事故が多いのかをみると、図—3のようにドラグショベルによるものが最も多く42%である。油圧ショベルは図—4に示すように普及台数が最も多い建設機械であり、事故発生確率が他の機械と同じであったとしても件数として上位になることが考えられる。次に多いのがダンプトラック及びトラック（本稿ではコンクリートポンプ車、パッカー車なども同じ分類として集計した）17%、ローラー類7%である。

ョベルの死亡事故形態の分布とほぼ同じである。

次に死亡者数の多いダンプ及びトラック類とローラー類の事故形態についてそれぞれ図—7、図—8に示す。前者については挟まれが、後者については轢かれ事故が多く、それぞれ60~70%を占めている。

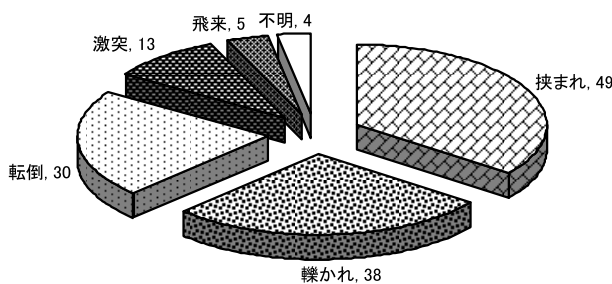
それ以外の（ドラグショベル、ダンプ及びトラック類、ローラー類を除く）建設機械についての事故形態は図—9のとおりである。建設機械の作業特性によって事故の形態は異なると考えられるものの、挟まれ、轢かれ、転倒の3種類は多くの建設機械に共通的に発生可能性があることが推測される。

H17,H18 建設機械に係わる事故の死亡者数 139人の内訳 (平成18年版,平成19年版建設業安全衛生年鑑(建災防)を集計)



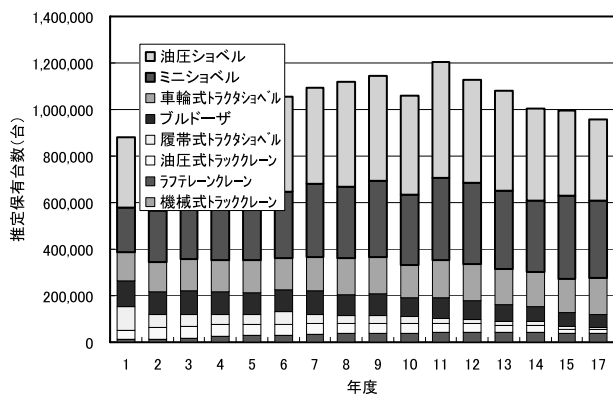
図—3 建設機械の種類別死亡者数 (H17, H18)

建設機械に係わる死亡事故 139人の内訳 (H17,H18)



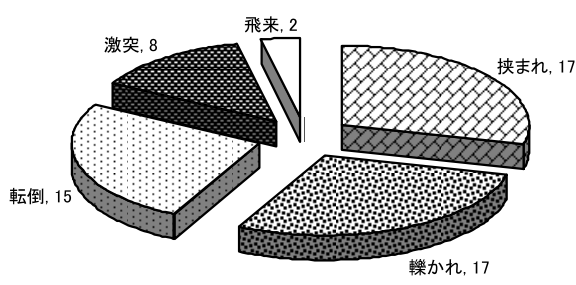
図—5 建設機械に係わる死亡事故の形態別分布

建設機械動向調査結果から



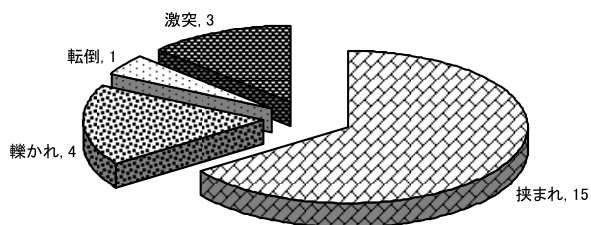
図—4 建設機械の推定保有台数の推移

ドラグショベル死亡事故 59人の内訳 (H17,H18)



図—6 ドラグショベルに係わる死亡事故の形態別分布

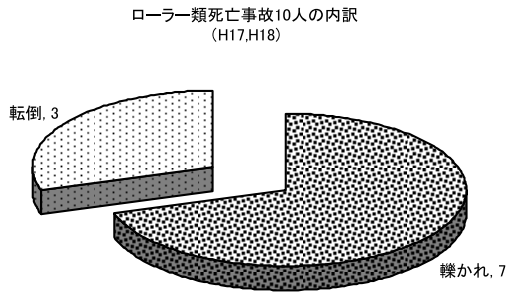
ダンプトラック、トラック等死亡事故23人の内訳 (H17,H18)



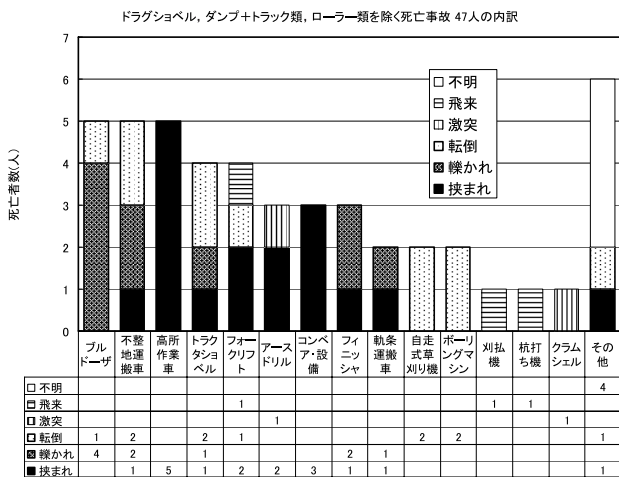
図—7 ダンプトラック、トラック等に係わる死亡事故の形態別分布

(3) 事故はどのように起きているか

図—5は、建設機械に係わる死亡事故の形態を、挟まれ、轢かれ、激突、転倒、飛来、その他に分類して集計したものであるが、挟まれ+轢かれ+転倒の3種類で死亡者139人の84%を占めていることがわかる。これは、図—6に示す普及台数の多いドラグシ



図一8 ローラー類に係わる死亡事故の形態別分布



図一9 ドラグショベル、トラック類、ローラー類を除く建設機械に係わる死亡事故の形態別分布 (H17、H18)

(4) 挟まれ、轢かれ事故の状況

建設機械に多い事故形態のうち、特に死亡者数の多い、挟まれ、轢かれ事故が発生したとき、建設機械と被災者の関係はどのような状況であったかを、安衛年鑑に記載されている災害状況をもとに推定した。

平成17年度と平成18年度合わせて、挟まれ、轢かれ事故で87人が亡くなっている。災害の状況を読むと、災害原因として何種類かの共通点があることから、次に示すように8種類の事故原因に区分して集計した。

①異常接近に気付かない：

建設機械に挟まれたり轢かれたりする状況では、作業員等は当然建設機械の存在を認識してはいるものの、自分の方に向かって移動を始めたのかどうかは建設機械を注視していないと分からない。また、運転手の方も移動する方向に作業員等が居るかどうかを完全に把握してから移動を開始するとは限らず、ある程度の見込みで作業していると考えられる。このように、互いに何の合図もなしに作業を続けたために事故になったと思われるケース。

②対応困難：

運転手があわててしまった、機械の動きをよく理解していない、二次的な被災、運搬物の支持方法が不十分であったなどのケース。

③車止め不良：

車両を止め置く際に、車輪止めが不十分なために逸走して事故になったと思われるケース。

④機械の機能理解不足：

建設機械の使い方が適切でない、用途外使用など、機械の機能を正しく理解していないために事故になったと思われるケース。

⑤作業手順不適切：

正しい作業手順であれば事故にならなかったと思われるケース。

⑥誤操作：

ドラグショベルの運転手が、ズボンのポケットに操作レバーが引っかかったのに気付かずに安全レバーを解除したため急旋回した、ブルドーザの運転手が後進のつもりで、誤って前進3速に変速したため急発進して振り落とされて轢かれたケースなど。

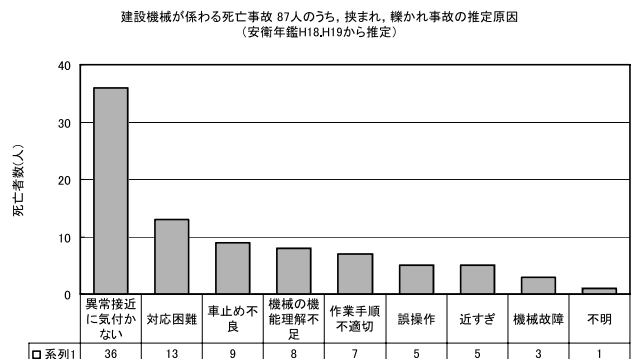
⑦近すぎ：

型枠設置作業や、擁壁裏のコンクリート打設などで建設機械と作業員の距離が近すぎるために事故になったと思われるケース。

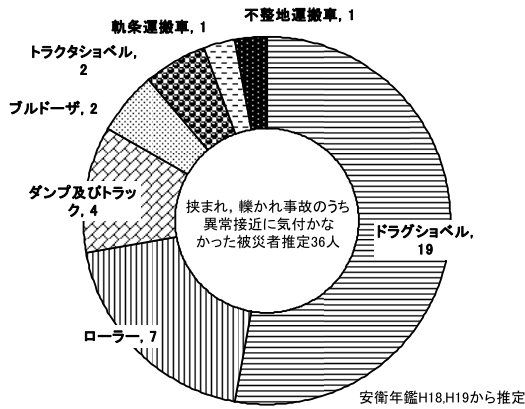
⑧機械故障：

軌条運搬機のシャフトが折れた、不整地運搬車が坂道で制御不能になった等のケース。

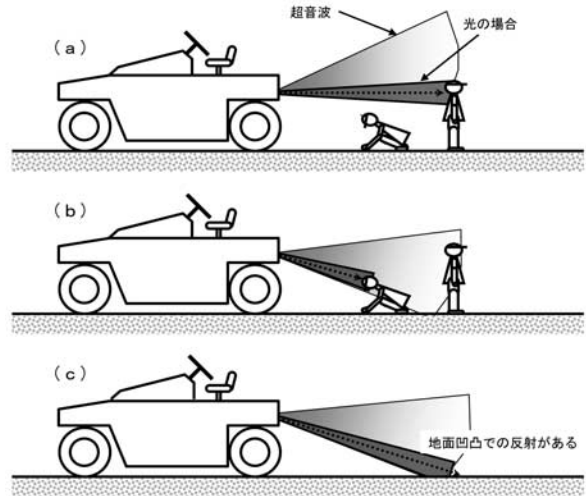
図一10は、建設機械に係わる死亡者87人のうち、轢かれ、挟まれ事故となった原因を上記の区分で集計した結果であるが、異常接近に気付かなかったと思われるものが最も多い。では、異常接近に気付かなかったために轢かれ、挟まれ事故となった事例はどの建設機械に多いかを示すと図一11のように、ドラグショベルとローラではほぼ3/4を占めている。



図一10 建設機械に係わる挟まれ、轢かれ事故の推定原因 (H17、H18)



図一 11 挟まれ、轢かれ事故のうち、異常接近に気付かなかったと思われる被災者の分布



図一 12 超音波、レーザ等の単純な反射式接近警報装置

3. 異常接近警報装置

(1) 警報装置の種類と特徴

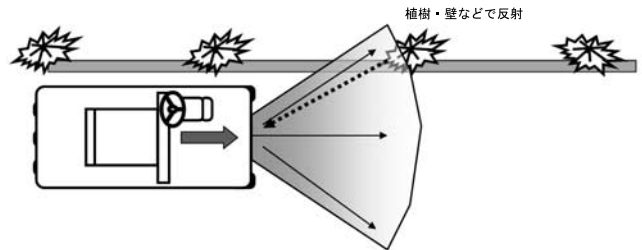
建設機械による挟まれ、轢かれをなくするには建設機械の周囲に人が立ち入ることができないようにすることである。しかし、現実には「旋回半径内立ち入り禁止」と表示してあっても、絶えず場所を移動する建設機械に対しては徹底が難しい。また、ローラーのように走行して作業するものではなおさらである。

そこで、建設機械の進行方向に障害物がないかどうかを運転手に代わって監視する手段が考案されている。

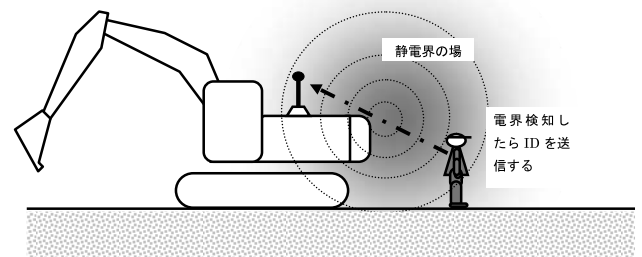
①超音波、レーザ等の反射式

電波、赤外線、超音波、レーザなどを放射して反射の有無により障害物を検知する装置が考案されている。これらは、機械の使用環境が整備されている工場内での運搬装置の障害物検知として発達したものであるが、絶えず周囲環境が変化する建設機械の作業現場に適用するためには、次のことに留意する必要がある。

- ・ 図一 12 は、超音波及びレーザ反射式をイメージしたもので、色の濃い放射部分はレーザ等の光方式の場合である。(a) のように立ち姿勢の作業員を対象にセットした場合は、かがみ込んでいる作業員を検出できない。(b) のような放射は、かがみ込んでいる作業員も検出できる。しかし、(c) のように、放射角度によっては地面反射に反応するので、放射角度と放射距離の設定が重要になる。
- ・ また、図一 13 の平面図のように、放射角度の拡がりによっては、立木や近くの壁などの構造物で反射して不要な信号を発生することがある。周囲が囲われた狭い現場などでは、放射方向を制御できる方式が必要になる。



図一 13 単純な反射式は人間の識別が困難



図一 14 電界発生検知方式の接近警報装置

②電界発生、検知方式

建設機械側で静電界発生装置、作業員側で静電界検知器を携帯するもの(図一 14)。電界検知器はIDカードと一体で、設定電圧を超える電界を検知すると建設機械側に危険域へ作業員の侵入があることを通報する。侵入者が誰かを識別できる。

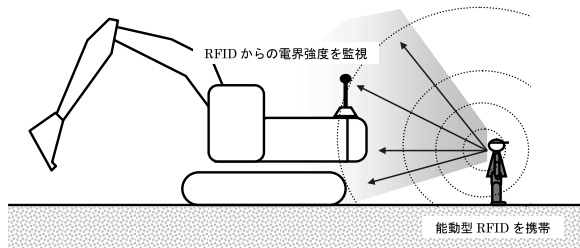
この方式は、安定した電界範囲の確保が重要であり、周囲環境によって感知距離が変化することがある。

③能動型 RFID 式

建設機械側に受信機と警報装置、作業員側に RFID (Radio Frequency Identification) タグを携帯する。RFID タグの発信電波が建設機械側で設定値以上の強度で観測されると、危険範囲に作業員が居ることを認

識する（図—15）。建設機械の周囲に複数のアンテナを配置することで、作業員の侵入方向を判別する。また、侵入者が誰であるかをID番号で判別することもできる。

RFID タグはヘルメットに取り付けるが、作業員の姿勢が変わると電界強度が変化することがある。また、建設機械自身の形状や金属製の構造物の存在などによって受信感度が変化することがある。



図—15 能動型 RFID 式の接近警報装置

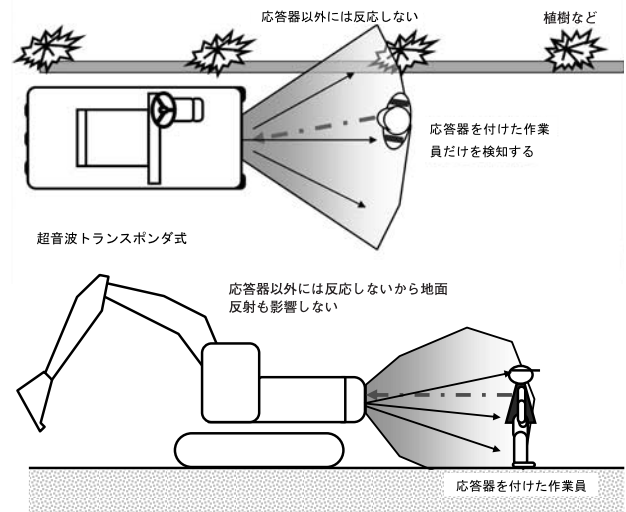
④作業員側にも警報が伝達されるもの

上記の①～③の方式は、危険範囲に作業員が侵入したことを、運転手は認識することができるが、作業員自身は、光、音などの建設機械側の警告信号を認識してはじめて危険な状況にあることがわかる。これに対して、作業員の侵入を検知した建設機械から作業員に向けて警告信号を発するため、建設機械側に送信機を追加し、作業員側で受信機を携帯する方式がある。こうすることで、受信信号をもとに音あるいは振動で作業員に警告し、作業員は直ちに危険回避の行動に移ることができる。この場合、対応できる範囲は受信機を携帯した作業員に限られる。また、携帯受信機の電源管理に留意する必要がある。

⑤建設機械と作業員間で双方向通信する方式

建設機械側に監視装置（制御器、超音波送・受信器、警報表示器）を、作業員側に応答器（超音波受・送信器、警報ブザー）を取り付ける。応答器は、ヘルメットあるいは反射ベストに取り付けて、バッテリー駆動する。監視装置と応答器の間で超音波パルス信号を送受信して、作業員が監視エリア内に入った時、すなわち建設機械が作業員に接近した時、建設機械の警報ランプが点灯し警報音を鳴らす。同時に、作業員が装着している応答器が警報を鳴らし、双方に危険を知らせ、互いに危険回避行動に移ることができる。

この方式は超音波トランスポンダと呼び、建設機械周囲の物体あるいは地面反射等の影響を受けることなく、応答器を取り付けた作業員のみを検知する（図—16）ため、不要信号の発生が極めて少ない。



図—16 建設機械と作業員の間で双方向通信する方式の接近警報装置

使用に際し、超音波送・受信器に泥、雪等が被っていないことや強烈なエアノズルの近くでは誤動作する可能性があることに注意する。また、応答器を付けた作業員の姿勢によっては、確実な応答が得られない場合があることに留意する。

(2) さらなる高度化の可能性

前項までの異常接近警報装置は、いずれも危険警報を受けた運転手、作業員が速やかに警報に従った危険回避動作をとって始めて有効となる。しかし、検知技術が未成熟なものについては不要な危険警報がたびたび発生すると「またか」ということで、警報を無視しかねない。信頼性の高い検知信号をもとに、警報に従って自動的に機械を減速、あるいは停止することができる。この考えを普及させるためには、建設機械の機構に立ち入って機械動作を制御することから、建設機械メーカーの協力が不可欠であるとともに、機械改造後の責任の所在の明確化、作業効率の低下の問題など、関係方面の理解と協力が必要となる。

(3) 現実にどうすべきか

異常接近警報装置の各種の方式は、先に説明したようにそれぞれ得失があるので、いずれを用いるかについては、現場条件を考慮して、できるだけ不要な信号の発生が少ない方式を選定する。実際の作業にあたっ

ては、警報が発生したときの対処方法を決めておき徹底することが重要である。運転手、作業員ともに警報発生時は瞬時に決められた行動がとれるように訓練し、警報には必ず従わなければ装備の意味がない。

また、当然ながら、RFIDや応答器の携帯によって作業員のみを検知する方式では、これらを携帯しない作業員は全く検知できないので、現場管理が非常に重要となる。

さらに、現在の技術レベルでは誤作動はゼロではないことを認識し、不要な信号の発生もあるし、反対に必要な信号が発生しない場合もあるかもしれないことを理解する。したがって、運転手、作業員ともども警報装置に頼りすぎることなく、安全は自らの目・耳で確保することを強く意識する必要がある。

4. おわりに

事故状況の分析に紙数を費やしてしまったが、事故の実態を理解し再発防止に資するものと考えて記述した。また、事故の状況を推測しているが、現場を確認したわけではなく、安衛年鑑の記述から現場状況をイメージし、経験と合わせて判断したものであることをお断りする。

異常接近警報装置は、各種公表されているが、その選定にあたっては費用を優先することなく、信頼性の高いものを採用すべきだと考える。公共投資が抑制されて建設業界は厳しい状況が続くが、不幸にして人身事故が発生した場合の損失の大きさを考えれば、安全対策への投資は大きな意味があると考え次第です。

《参考文献》

- 1) 建設業安全衛生年鑑 平成18年版、平成19年版、建設業労働災害防止協会
- 2) 飯盛：建設機械の安全対策に関する研究事例，建設の施工企画(2007.6)
- 3) 吉田：無線式重機接近警報装置の開発，建設の施工企画(2007.6)
- 4) 溝川：建設機械の安全対策に関する検討，第58回中国地方整備局管内技術研究会(2008.4)
- 5) 三浦他：建設機械周辺の作業員認識技術，鹿島技術研究所年報，第46号(1998)
- 6) 超音波通信を応用した建設機械と周辺作業員等との接近検知・警報システム，NETIS新技術情報提供システム，登録番号TS-020002-A
- 7) 建設機械の接触事故防止〔接近検知型バックホウ〕，フォルモス(東北技術事務所技術情報誌)，9(1998.5)

【筆者紹介】

西ヶ谷 忠明(にしがや ただあき)
6日本建設機械化協会
施工技術総合研究所



建設の施工企画 2006年バックナンバー

平成18年1月号(第671号)～平成18年12月号(第682号)

1月号(第671号)

夢特集

5月号(第675号)

施工現場の安全特集

10月号(第680号)

情報化施工とIT特集

2月号(第672号)

環境特集 温暖化防止に向けて(大気汚染防止・軽減)特集

6月号(第676号)

リサイクル特集

11月号(第681号)

ロボット・無人化施工特集

3月号(第673号)

環境特集 環境改善(水質浄化・土壌浄化)

7月号(第677号)

防災特集

12月号(第682号)

基礎工事特集

4月号(第674号)

特集 品確法 公共工事の品質確保

8月号(第678号)

標準化特集

■体裁 A4判

■定価 各1部840円
(本体800円)

9月号(第679号)

維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>