

JCMS 報告

ISO/TC 127/SC 2/WG 5
(ショベル転倒時保護構造(ROPS))
東京国際会議報告

標準部会

1. 経 緯

土工機械の多くの機種（ブルドーザ，ローダ（トラクタショベル），ダンパ（重ダンプトラック）など）には転倒時保護構造（以下，ROPS）が用意され，転倒時に運転員を保護することとなっている。

これに対して，油圧ショベルに関しては，

- ・転倒してもブームなど他の剛性の高い部分による保護が期待しうる可能性がある
- ・走行の比率が低いので転倒の比率も低いと思われる

などの点から，ミニショベル対象に横転時保護構造（以下，TOPS）がある以外はROPSの用意はなかった。

しかしながら，油圧ショベルの台数が非常に多いこともあり，前記機種と比べて比率は低いとしてもかなりの数の転倒事故が発生しており，その場合重大な人身事故となる虞れがあるので，ミニよりも大形の油圧ショベルのROPSの規格が必要とされた。このため，各種事故解析結果及び当協会施工技術総合研究所での転倒実験結果に基づき，まず当協会団体規格（JCMAS H 018）を作成した。

続いて，このJCMASに基づく国際規格化をISOの新業務項目として提案し，各国の支持を得た。また，傾斜地で使用されることの多い林業用油圧ショベルの転倒事故が海外では問題とされている状況にかんがみ（国内とは使用状況が異なるようである），土工機械の安全性及び居住性の分科会ISO/TC 127/SC 2と，林業用装置の分科会ISO/TC 23/SC 15との合同作業グループ（以下，JWG）をTC 127/SC 2の下にSC 2/WG 5として設定して，ショベルのROPSの国際規格作成を検討することとなり，田中健三氏（コマツ）がこのJWGのコンベナー（国際WGの主査）に就任，活動を開始した。

JWGの第1回会合は2003年11月17日～18日に東京で開催され，日本がJCMASに基づくISO規格素案を説明した。これに対して米国がコンピュータシミュレーション（機械運動力学ソフトウェアADAMS使用）結果に基づきプレゼンテーションし意見提出するなどした。そして，ある程度ブームによる保護を認めるか否か，側方，垂直方向，前後方向などの負荷条件などに関して論議が行われた。その際の論点に関して更に検討するため，2004年4月1日～2日（BAUMA建設機械展示会の時期）にミュンヘンのBG Bau（建設労災保険機構）にて第2回会合会合，米国が追加解析結果を報告し，これらに基づき荷重条件その他に関して更に論議された。

これらの論議に基づき日本はISO規格原案（以下，WD）を準備し，その他の検討結果に基づき2004年11月4日～5日にシカゴ郊外ブルリッジのCNH社にて第3回会合したが，保護構造に対する負荷試験条件に関してかなりの点で平行線のまま論議は白熱し，WD改定案を両論併記で発行することとなった。

それら対立点に関して更に説得材料を得るため，日本側でもWG委員の田村和久氏（日立建機）がソフトウェアPAM/CRASHを駆使してショベルの転倒のシミュレーションを実施し，各種姿勢からのショベル転倒時の挙動及び負荷を求めた。

ちなみに，この解析は，機械や地面の材料特性，質量，重心，その他をデータとして用いることにより，ショベルの30度傾斜への転倒挙動，その際のROPSの塑性変形，地面側のへこみなどをシミュレーションする高度なものである。そしてその結果に基づき2005年3月14日～15日（CONEXPOの時期）にサンフランシスコで第4回会合を開き，負荷条件に関しては幾つかの点で合意し，更に検討すべき点はあるもののISOの委員会原案（以下，CD）として各国の投票に付すこととなり，5月に北京で開催されたTC 127総会で状況説明の後，7月末にCD回付された。難しい案件でもあることから，通常よりも検討期間を長くして12月までに各国の意見提出とされ，投票の結果，CDとしては一応承認されたものの，各国から提出された多くの意見を検討するため，2006年2月16日～17日に再度東京で第5回会合を開くこととなった。また，論点となっている負荷条件に関して更に詰めるため，追加解析も実施している。

2. 会議日程・場所・出席者

会議は，初日2月16日（木）は9：30から17：00まで機械振興会館62会議室にて，翌17日（金）は9：00から17：00まで機械振興会館6D-3会議室にて開催された。

会議出席者は、米国4名 (Gamble 氏 (John Deere), Steffen 氏, Blanchard 氏 (Caterpillar), Taylor 氏 (CNH)), ドイツ2名 (Ruf 氏 (Liebherr), Hartdegen 氏 (BG-Bau)), 英国1名 (Dewar 氏, Forestry Commission (林野庁相当機関)), スウェーデン1名 (Jakobsson 氏 (Volvo)), 韓国1名 (Byon 氏 (Volvo)), イタリア1名 (Paoluzzi 博士 (IMAMOTER: 農業機械建設機械研究所)), オーストラリア1名 (Samuels 氏 (QMW)), 日本7名 (田中健三氏 (国際 WG コンベナー (主査), コマツ)), 他の WG 専門家は、田村和久氏, 砂村和弘氏 (日立建機), 下田三四郎氏 (コマツ), 湯浅孝之

氏, Clausen 氏 (新キャタピラー三菱), 西脇 (協会事務局) の計18名であった。

3. 主要審議内容

(1) 転倒時保護構造の試験時負荷

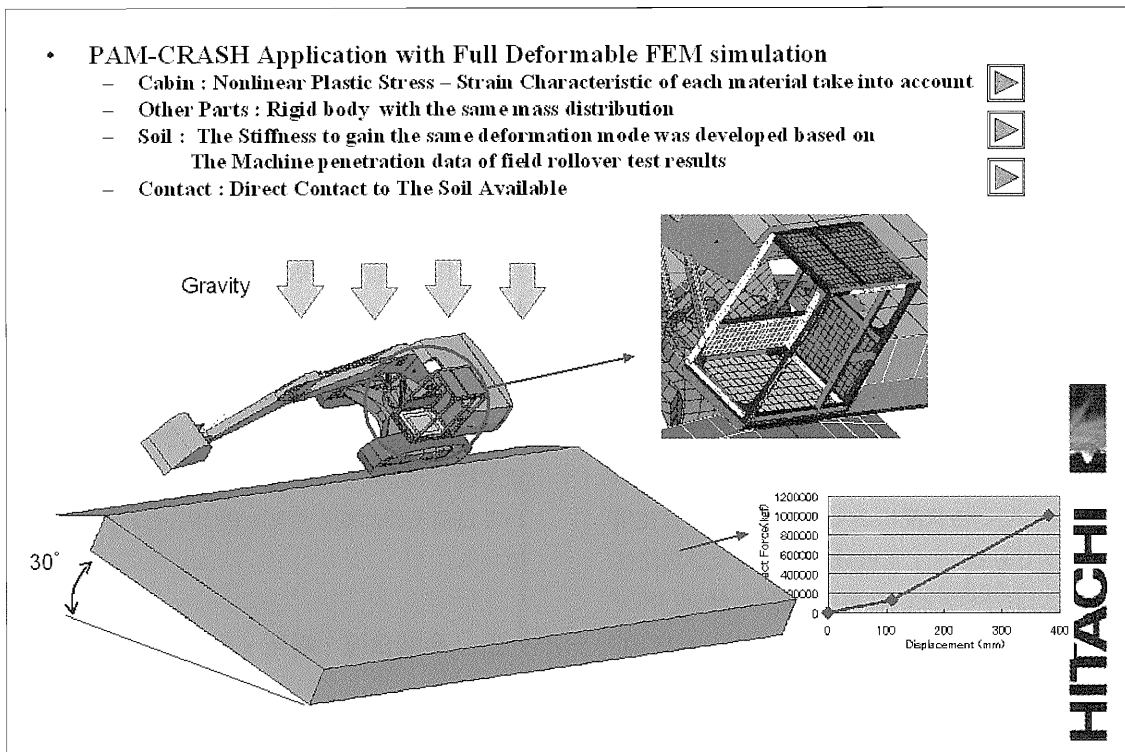
今回の会議では、懸案となっている転倒時保護構造の負荷条件が最大の論点となるとの点から、まず、田村氏が PAM/CRASH による解析に関してプレゼンテーションを行った。キャブを弾塑性大変形 FEM シェル主体で、機械の他の部分は剛体要素でモデル化し (質量及び重心、慣性モーメントを入力)、地面に対しても圧縮に対して変形するモデル化を行って、ショベルの 30 度傾斜への転倒のシミュレーションに関して説明した。また以前当協会施工技術総合研究所で実施した実機転倒実験との対応も良好であることを説明した。

この解析が保護構造の負荷条件説明用として信頼しうるものであることを、各国からの専門家に理解してもらうのがこのプレゼンテーションの目的である。

続いて田中主査より、前記解析によって保護構造の負荷条件、とりわけ、側方エネルギー要求 (ブルドーザの式を流用)、上下方向負荷 (ブルドーザなどは 2W であるが、ショベルは 1.3W)、前後方向負荷が小さいことからミニショベルのエネルギー式を用いてもよいことなど、妥当なものであることを説明した。これに対して、側方荷重値



写真-1 WG5 東京国際会議では熱のこもった意見が交換された



(田村氏のプレゼンテーション、転倒挙動のアニメーションを誌上ではお目につけられないのが残念である)

図-1 Roll Over Simulation

(力)がブルドーザの半分となっているのは、前回サンフランシスコ会議の決定と異なるのではないかと、との意見が海外の専門家から提出された。これに対して、日本側から、この荷重値は別途 ADAMS 機械力学解析ソフトを用いてブルドーザと比較した結果であること、ショベルの場合、キャブがブームの左側にあり、スペースが限られているため、たわみ限界領域（以下、DLV）上部の傾斜を認めて転倒時のキャブの変形を最大 450 mm 程度まで許容する必要があることから、ブルドーザよりも低い荷重値となる、などの反論を行った。

(2) その他の規格内容について

その他の規格内容に関しても、規格案文 (CD 12117-2) に対して提出された各国コメントで、今回会議の論点とされたものについて逐条審議を行った。

(a) 規格の適用範囲

転倒時保護構造を適用する機械の上限などに関して論議された。林業機械については、実情として機械の上限が 60 ton 以下なので、最大 60 ton を上限とすれば全ての林業用ショベルをカバーできるのに対して、土工用ショベルではかなり大形のものがあるのに、適用範囲の上限が 50 ton なのは問題ではないかと指摘された。そうはいつでも最大 43 ton クラスの機械で試験した結果に基づく標準化であるから、あまり大きなものにそのまま適用して本当によいのか疑問があるとして、より大形の機械に関しては更に調査研究が必要な旨の注記を追加することとされた。

また、キャブライザ付きのものに関して適用除外とすることも問題とされ、これも更に調査研究が必要な旨の注記を追加することとなった（田中主査と Gamble 氏が準備）。

(b) 作業装置などの考慮 (図-2)

転倒時保護構造の負荷試験を行うとき、作業装置の有無によって、

- ①作業装置など剛性の高い部分による保護の可能性
- ②保護構造の挙動変化（変形を抑制）
- ③作業装置と保護構造が衝突する箇所での局所的な負荷によって保護構造の溶接部などの破断が生じる懸念の評価

などの問題がある。

土工用に関しては、作業装置を評価に含むか否かは製造業者の判断であることが前提とされており（林業用では作業位置を考慮していない）、作業装置の有無、双方の条件を考慮して案文を整えることとなった。これにともない、従来からブルドーザの ROPS で想定していた仮想地面 (SGP) と、ショベルの作業機などによる保護を考慮した場合の仮想境界地面 (BSGP) についても、それぞれの定義に基づき、試験条件を示す図などで明確に扱うこととし、

BSGP の設定に関する規定も附属書から本文に移して明確にすることとなった。

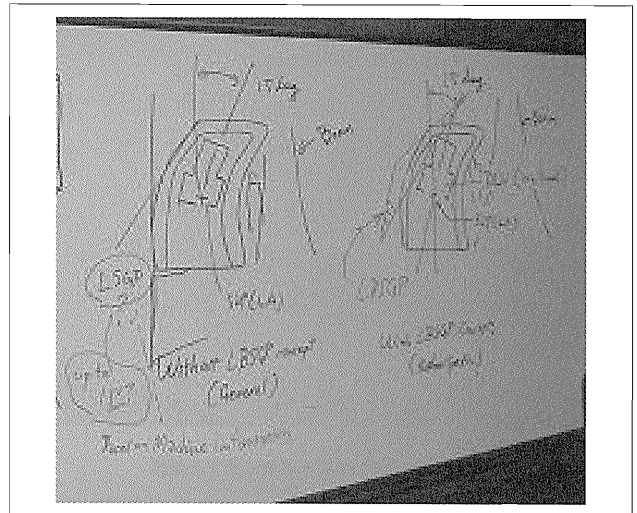


図-2 作業装置などによる保護を考慮しない場合の SGP と、考慮する場合の BSGP

(c) 試験供試体

単一の供試体で、側方負荷、前後方向負荷、上下方向負荷を順番に実施することが再確認された。

(d) 負荷分布装置 (図-3)

負荷分布装置に関して、前回サンフランシスコ会議の結論が見直され、上部構造部材を上限とすることなどが決定された。

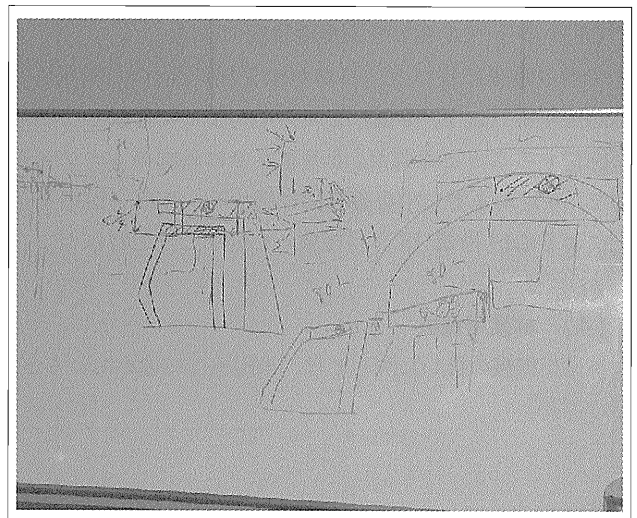


図-3 負荷分布装置に関する論議

(e) 負荷試験時のキャブマウントの破損 (図-4)

負荷試験時のキャブマウントの破損をどう評価するかに関して論議された。破損（変形）は許容するが、一箇所でも外れてしまうのは許容しないこととされた。

(f) たわみ限界領域 (DLV) の傾斜

ショベルの ROPS では、スペースの制約から、DLV の

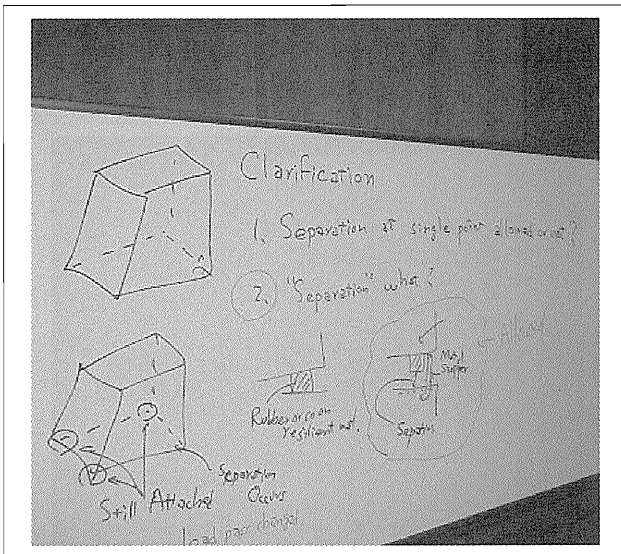


図-4 キャブマウント破損に関する論議

側方への傾斜最大 15 度を許容しているが、前後方向負荷時には前方への傾斜最大 15 度も許容することとされた。

(g) ISO 3471 (ブルドーザなどの ROPS) との整合化

丸みを帯びた形状のキャブの場合、負荷分布装置をどう扱うかといった点が検討された。そのほか、試験条件全般に関しては、ブルドーザなど他機種の ROPS の規格 ISO 3471 の最新の改定案 DIS 3471-1.2 と整合化を図ることとし、規格で使用する図の提供を受けることとした。

(3) ショベル ROPS 国際規格案の作成

今回の論議に基づき、日本が土工用ショベル ROPS の国際規格案 (以下、DIS) を 4 月中旬までに作成して WG に回付することとされた。5 月末までに各国のコメントを得て、6 月末までに中央事務局に提出し、ISO メンバー各国による DIS 投票 (5 カ月投票) に付すこととなった。

(4) 林業用機械

林業用機械の扱いに関しては、米国担当で進めているが、



写真-2 林業用機械の使用条件は国内外でかなり異なることがわかった

機械の使用条件が、日本国内とかなり異なるので、日本の実情に関してプレゼンテーションを行った。

この主張がどの程度受け入れられるかの懸念はあるが (日本は林業用装置の TC 23/SC 15 の非メンバで、意見提出の機会がほとんどない)、いずれにしても、今後米国が日本担当の土工用ショベルの DIS 案文を参考にして、次回までに案文を作成することとされた。

4. 会議を終えて—所感—

ショベル ROPS の ISO 規格制定に関しては、1999 年及び 2001 年実施のショベル転倒実験など、会員各位の多大のご努力の結果、漸く DIS 案文を作成するまでにこぎ着けたところである。

いまだ、各国との意見が平行線の部分があるが、なんと言っても日本側が実験、高度のコンピュータシミュレーションなどにより積上げたデータに基づいて主張している内容は、各国にとっても否定しがたいものとする。関係者のご尽力に感謝するとともに、この案件の ISO 規格制定に向けてもうひとがんばりというところである。

(事務局・西脇徹郎)