

## 第3章 転倒防止に関する安全基準の国際比較

くい打機は下部走行体と上部旋回体より構成される車両系建設機械である。この機械は地盤改良工事や基礎工事に用いられるものであり、主に軟弱地盤の対策工事に用いられる。従って、くい打機は潜在的に不安定な地盤での作業を余儀なくされる。その結果、くい打機の転倒災害がたびたび発生しており、その防止は極めて重要な課題となっている。

しかしながら、自走式くい打機の転倒災害は既往の研究例も少なく、転倒メカニズムが未だに不明確な部分が多いのが現状である。この事から、くい打機の安定設置に必要な地盤の支持力要件や、地盤許容沈下量について検討する必要がある。

本章では、くい打機の転倒防止に関わる国内外の法令規則および基準等を調査した。以下にその内容を述べる。

### 3.1 日本における安全基準

#### 3.1.1 労働安全衛生規則

労働安全衛生法に基づいて厚生労働省令の労働安全衛生規則<sup>1)</sup>が定められている。本規則第2章「建設機械等」第2節「くい打機、くい抜機及びボーリングマシーン」ではくい打機の倒壊防止に関する安全基準を次の通り定めている。

第173条(倒壊防止) 事業者は動力を用いるくい打機(以下、くい打機という。)、動力を用いるくい抜機(以下、くい抜機という。)またはボーリングマシンについては、倒壊を防止するため、次の措置を講じなければならない。

- 一 軟弱な地盤に据え付けるときは脚部又は架台の沈下を防止するため、敷板、敷角等を使用すること。
- 二 施設、仮設物等に据えるときは、その耐力を確認し、耐力が不足しているときは、これを補強すること。
- 三 脚部又は架台が滑動するおそれがあるときは、くい、くさび等を用いてこれを固定させること。
- 四 軌道又はころで移動するくい打機、くい抜機又はボーリングマシンにあっては、不意に移動することを防止するため、レールクランプ、歯止め等でこれを固定させること。
- 五 控え(控線を含む。以下この節において同じ。)のみで頂部を安定させるときは3以上とし、その末端は堅固な控えぐい、鉄骨等に固定させること。

- 六 控線のみで頂部を安定させるときは控線を等間隔に配置し、控え線の数を増すなどの方法により、いずれの方向に対しても安定させること。
- 七 バランスウエイトを用いて安定させる時はバランスウエイトの移動を防止するため、これを架台に確実に取り付けること。

くい打機の転倒を防止するために、軟弱な地盤における沈下防止の措置を義務づけている。なお、この沈下防止に必要な地盤支持力の安全率や沈下量の閾値等については述べられておらず、安全の判断と対策の選択については事業者に委ねられているのが現状である。さらにくい打機の移動については、次のように定めている。

第 190 条(作業指揮) 事業者は、くい打機、くい抜機又はボーリングマシンの組立て、解体、変更又は移動を行うときは、作業の方法、手順等を定めこれらを労働者に周知させ、かつ、作業を指揮する者を示して、その直接の指揮の下に作業を行わせなければならない。

第 191 条(くい打機の移動) 事業者は、控えで支持するくい打機又はくい抜機の 2 本構、支柱等を建てたままで、動力によるウィンチ他を用いて、これらの脚部を移動させるときは、脚部の引き過ぎによる倒壊を防止するために、反対側からテンションブロック、ウィンチ等で確実に制動しながら行わなければならない。

くい打機の移動では作業を指揮する者が指示しなければならないことを述べている。また、くい打機の移動についてはウィンチ他による移動について述べられているものの、履帯式くい打機の自走時における安定確保については述べられていない。

### 3.1.2 車両系建設機械構造規格

車両系建設機械構造規格<sup>2)</sup>(厚生労働省告示)では、建設機械が備えなければならない安定度について機種毎に定め、くい打機については以下の通りに定めている。

第 2 条(安定度) ブル・ドーザー、モーターグレーダー、スクレーパー、スクレープ・ドーザ及びローラーは原動機及び燃料装置に燃料、冷却水等の全量を搭載し、及び当該建設機械の目的とする用途に必要な設備、装置等を取り付けた状態(以下、無負荷状態という)において、水平かつ堅固な面の上で、35 度(最高走行速度 20km/h 未満の建設機械または機械重量(無負荷状態における当該機械の重量をいう。以下同じ。)に対する機械総重量(機械重量、最大積載重量及び 55 キログラムに乗車定員を乗じて得た重量の総和をいう。以下同じ)の割合が 1.2 以下の建設機械にあっては 30 度)まで傾けても転倒しない左右の安定度を有するものでなければならない。

2 前項の安定度は計算によって算定しても差しつかえない。

第3条(安定度) くい打機およびくい抜機は作業時における当該機建設機械の安定に関し最も不利となる状態において、水平かつ堅固な面の上で5度まで傾けても転倒しない前後及び左右の安定度を有するものでなければならない。

2 前条第2項の規程は前項の安定度について準用する。

すなわち安定度とは、機械が安定に対して最も不利となる状態において、傾けても転倒しない角度を表わし、前後左右の方向について満足しなければならない値である。安定度の値は、くい打機、ブル・ドーザー等に共通して「水平かつ堅固」な面に対する設置が前提とされている。従って、支持地盤の沈下による機体の傾斜と、これに伴う転倒モーメントの増加が機体の不安定化に与える影響については明確でない。

表3-2-1に建設機械における安定度の比較を示す。くい打機では5度であるのに対して、ブル・ドーザー等は35度となっている。従って、くい打機はブル・ドーザー等に比べて相対的に不安定な機械といえる。

表 3-2-1 建設機械の安定度

建設機械の種類	くい打機	ブル・ドーザー等
安定度	5度	35度

なお、履帯式のものを除く掘削用機械及びブレーカについては、転倒モーメントに伴って生ずる転倒支点の荷重に基づいて次の通り基準を定めている。

第4条(安定度) 掘削用機械(履帯式のものを除く。)及びブレーカ(履帯式のものを除く。)は、次に定めるところにより適合する後方安定度を有するものでなければならない。

- 一 ブーム、アーム等の長手方向の中心線を含む鉛直面と当該掘削用機械または当該ブレーカの走行方向とが直角となるとき、当該ブーム、アーム等が向けられている側のすべての転倒支点に係る荷重の値の合計が、当該掘削用機械または当該ブレーカの機械総重量の値の15%以上の値であること。
- 二 ブーム、アーム等の長手方向の中心線を含む鉛直面と当該掘削用機械または当該ブレーカの走行方向とが一致するとき、当該ブーム、アーム等が向けられている側のすべての転倒支点に係る荷重の値の合計が、当該掘削用機械または当該ブレーカの機械総重量の値に平均輪距を軸距で除した値を乗じて得た値以上の値であること。

2 履帯式掘削用機械及び履帯式ブレーカは、ブーム、アーム等がむけられている側のすべての転倒支点に係る荷重の値の合計が当該掘削用機械または当該ブレーカの機械総重量の値の

15%以上の値となる後方安定度を有するものでなければならない。

3 前二項に規定する後方安定度の計算は当該掘削用機械または当該ブレーカが次の状態にあるものとして行うものとする。

- 一 後方安定に関して最も不利となる状態
- 二 荷重をかけていない状態
- 三 水平かつ堅固な面の上にある状態
- 四 アウトリガーを有する掘削機械またはブレー化にあっては、当該アウトリガーを使用しない状態

### 3.1.3 日本材料学会の指針

日本材料学会ではソイルミキシングウォール設計施工指針<sup>3)</sup>において、くい打機の安定度に関する実用上の推奨値を示している。表 3-1-2 はこの推奨値を示す。安定度は作業時に7度以上とし、走行時は9度以上を備えることが推奨されており、構造規格に定められた5度に対してそれぞれ2度と4度の余裕を与えている。

作業時に比べて走行時の安定度は大きな値が設定されている。これはくい打機が走行時に不安定化するため、より安定性を高めて自走させることが必要なことを示している。我が国ではこの推奨値が日本建設機械化協会ならびに、関係業界が発行するマニュアル等で多く参照され、用いられている。

表 3-1-2 くい打機の安定度に関する日本材料学会の指針

くい打機の状態	走行時	作業時
安定度	9度	7度

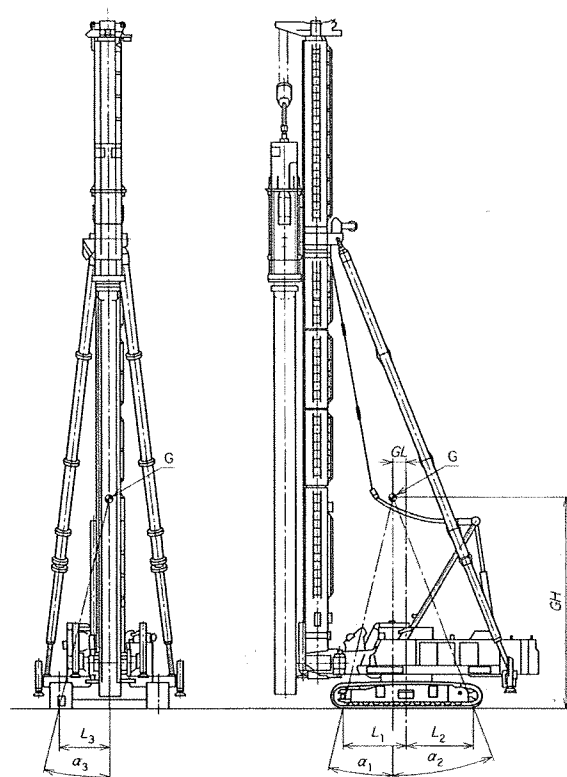


図 3-1-1 履帯式くい打機の安定角の計算 (JIS A 8509-1)

### 3.1.4 日本工業規格

日本工業規格<sup>4)</sup>の JIS A 8509-1 において、くい打機の安定性及び接地圧の計算方法が規定されている。安定計算は、くい打機が堅固な水平地盤上に接地されていることを前提として行うことが規定されている。計算方法を以下に示す。

#### (1) 安定性基準

この安定基準ではアウトリガー不使用時及びアウトリガー使用時のいずれにおいても安定角( $\alpha$ )の値が 5 度以上を有することが定められている。従って、この基準値は先に述べた車両系建設機械構造規格の値と同じである。図 3-1-1 の通り前方安定角( $\alpha_1$ )、後方安定角( $\alpha_2$ )、側方安定角( $\alpha_3$ )は式(3-1-1)から(3-1-3)により求められ、いずれの値も 5 度以上でなければならない。従って、先に述べた構造規格と内容は一致したものとなっている。

$$\text{(前方安定度)} \quad \alpha_1 = \tan^{-1} \frac{L_1 - GL}{GH} \quad (3-1-1)$$

$$\text{(後方安定度)} \quad \alpha_2 = \tan^{-1} \frac{L_2 - GL}{GH} \quad (3-1-2)$$

$$\text{(側方安定度)} \quad \alpha_3 = \tan^{-1} \frac{L_3}{GH} \quad (3-1-3)$$

ここで、 $L_1$  は旋回中心から前方支線までの距離、 $L_2$  は旋回中心から後方支線までの距離、 $L_3$  は重心位置から側方支線までの距離、 $GH$  は水平地盤から重心までの距離、 $GL$  は旋回中心から重心位置までの距離である。

#### (2) 運転基準

すべての運転条件では、先に述べた安定性基準が規定する安定性の基準を満足しなければならない。この計算的な評価では以下に述べるような、安定上最も不利となる条件が同時に発生する状況を考慮しなければならない。

##### a) 作業中

- 1) くい打機の形状で、安定上最も不利となる姿勢、すなわち、装置各部が最も前方及び上昇した位置、及び前方、後方、又は側方にリーダが最大に傾いた場合
- 2) 車輪式くい打機では本体をアウトリガーで持ち上げた状態（懸垂式及びつり下げ式くい打機の場合）、履带式くい打機では履帯が接地した状態（直結式及び懸垂式くい打機の場合）で、変動荷重が最も高い位置にある場合
- 3) 最も不利となる転倒支線

- 4) 振動パイルハンマなどの作業装置によって、起振力の発生によって作業荷重が変動する場合は、その荷も加味する。

表 3-1-3 载荷圧力の分類と最大圧力の関係式

集中荷重による 载荷圧力分布	集中荷重 $P$ の 作用位置	载荷圧力の最大値( $\sigma_2$ )と最小値( $e$ )
	$e=0$ 中間に $P$	$\sigma_1 = \sigma_2 = P/bd$
	$e < d/6$	$\sigma_1 = \frac{P(1-6e/d)}{bd}$ $\sigma_2 = \frac{P(1+6e/d)}{bd}$
	$e = d/6$	$\sigma_1 = 0$ $\sigma_2 = 2P/bd$
	$e > d/6$ $c = d/2 - e$	$\sigma_2 = 2P/3bc$
	$e = d/3$	$\sigma_2 = 4P/bd$

b) 移動走行中

- 1) 車輪式くい打機では、アウトリガーを上げてタイヤだけ接地した状態（懸垂式及びつり下げ式くい打機の場合）で、安定上最も不利となる姿勢，すなわち、装置各部が最も上昇した場合。履带式くい打機では、履帯が接地した状態（直結式及び懸垂

式くい打機の場合)で、変動荷重が最も高い位置にある場合。

2) 最も不利となる転倒支線

また、くい打機の履帯面上に生ずる載荷圧力分布の種類とその最大値( $\sigma_2$ )の計算方法は、表 3-1-3 のように示されている。機体重心の水平偏心量( $e$ )と履帯諸元の相対的な関係に基づいて載荷圧力分布は5つに分類されている。

$\sigma_2$ の値は、 $e$ の増加に伴って大きくなる。なお、設置条件については構造規格と同様に水平で堅固な地盤が仮定されており、沈下により生ずる機械傾斜と、これに伴って増加する転倒モーメントによる $\sigma_2$ のさらなる増加の発生については考慮が明確でない。

(3) くい打機に関する JIS 規格の制定の経緯

本項では「JIS A 8509-1:2007 基礎工事機械 - 安全 - 第1部：くい打機の安全要求」の制定の経緯について、同基準内で述べられている事項を抜粋して以下に紹介する。

a) 制定の趣旨

この規格は、建設機械に係る労働災害の中で比較的発生件数の多いくい打機の安全を図る目的で制定するものであり、くい打機特有の安全要求事項についてまとめたものである。

この規格は、平成13年6月1日に厚生労働省から通達された“機械の包括的安全対策に関する指針”に適合する規格として作成された。この種の規格には、欧州機械指令の安全必須要求事項に適合する EN996:1995 があるが、この規格は EN996:1995 を参考にしながらも、日本独自の使われ方、現場環境、産業技術、経済・社会通念、関連法規なども考慮してまとめたものである。

b) 制定の経緯

この規格の原案は、平成16年度に経済産業省の委託事業として財団法人日本規格協会から再委託され、社団法人日本建設機械工業会とが共同で組織した“包括安全小会議”，その下部組織である“C 規格原案作成委員会”の下に“建設部会基礎工事中大型建設機械技術委員会”を設けて JIS 原案を作製し、社団法人日本建設機械化協会の国内標準委員会で審議して、平成19年3月25日付けで制定された。

c) 審議中に問題となった事項

EN996:1995 とは異なり、日本独自の現場環境、社会構造、法規などによって、主に次の問題が発生した。

1) 安全性の計算について

EN996:1995 では、くい打機の安定性の計算に風荷重及び動荷重によるモーメントの影響を織り込んでいるが、日本においては、クレーンでのそれも含めて静荷重だけによる計算しか行っておらず、これら動的モーメントを織り込むべきか否かについて、その計算の複雑さ及び安全面での必要性について議論があった。日本においては、地盤の支持力に応じて、敷鉄板の枚数を規定していること、稼動時に最大風速の制限があること、国内のくい打機の巡回速度及びリーダの傾斜角度は EN996:1995 の計算で使用している



速度の半分以下であり、その影響は静荷重だけによる計算に対して無視し得る(誤差の範囲)程度のものであること、クレーンも含め計算を複雑化することによるユーザのとまどいなどを回避すること、などを考慮し、動的モーメントは織り込まないこととした。

2) 地中連続壁掘削機械について

EN996:1995 の附属書 C として規定している地中連続壁掘削機械の安全要求事項の取扱いについて議論があった。EN996:1995 で規定している形式の地中連続壁掘削機械で、現在日本で生産されているものは、回転カッター式のものだけであり、しかもその生産実績は平成7年に1台だけでその後はなく、また、一部を除いては大部分くい打機としてカバーされる内容であるため、ことさら地中連続壁掘削機械固有の要求事項としてまとめることは見送ることとした。

なお、近い将来この機械も含めたくい打機の掘削装置部分について規定した EN791(ドリルリグの安全)に相当する C 規格作製の計画もあり、その内容との関連において、この規格の次回見直し時点でその取扱いを検討することとした。

3) 適用範囲

くい打機の適用範囲としてどこまでを含めるかについては、日本と欧州とで基礎工事機械の使われ方及び機械の構成も異なるため、日本の実情に合わせて検討した。基本的には、労働安全衛生法施行令の別表第七建設機械の三「基礎工事機械」のうち、1「くい打機」及び2「くい抜機」に該当するものとした。また、地盤改良工事に使用されるくい打機本体は含むが、それに使用されるアタッチメントとしての掘削装置(例えば、アースオーガ、バケット類など)は、この規格には含めないこととした。

(4) 機械の包括的安全対策とくい打機に対する適用について

「機械の包括的安全対策に関する指針」には以下のような記述がある。「機械の転倒等を防止するため、機械自体の運動エネルギー、外部からの力等を考慮し安定性を確保すること。」

これは、機械の運動自体で生じる力、操作により加わる力、地震、風等による力等により機械が転倒することを防止する措置を求めたものであり、質量分布や運動部分のモーメント等を考慮して安定性の高い形状とすること、張出部を設けて安定性を確保すること等の方法があることを示している。

なお、設計段階での措置だけでは安定性が十分に確保できない場合には、アンカーボルト、運動制限装置、負荷制限装置、転倒限界に近づいたことを警告する警報等の措置を講じる必要があるとしている。

以上の通り、機械の包括的安全対策では転倒防止に必要な措置の実施を述べており、その防止のための対策としては安定性の向上を述べている。この対策はくい打機にも適用されるべき条件である。

## 3.2 海外における安全基準

海外におけるくい打機の安全基準について調査した。米国の基準等については今回明らかにすることができなかったが、欧州における規格(European Norm, 以下、欧州規格あるいは EN と呼ぶ)ではくい打機の安全について述べられている。その記述には安定性に関する基準が示されている。本節ではくい打機に関連する 2 つの欧州規格について以下に説明する。

### 3.2.1 EN-996(1996) -Piling equipment-Safety requirements

欧州規格におけるくい打機の安全基準の一つに EN-996<sup>3)</sup>があり、この基準ではくい打機を Piling equipment と呼んでいる。EN-996 は欧州各国で自国の基準として用いられており、イギリスでは BS EN 996:1996 として、ドイツでは DIN EN 996:1996 として、オランダでは NEN EN 996:1996 となっている。

「1.Scope」ではこの基準の適用範囲が述べられており、以下の通り記述されている。

#### 1. Scope

This standard specifies safety requirements for piling equipment suitable for the following purposes:

- a) Construction of foundations, slurry wall or retaining walls using piles or other longitudinal elements
- b) Removal piles
- c) Installation of drain or injection elements

#### 1. 適用範囲

この基準は以下の目的に合致するくい打ち機械の安全要件について規定する。

- a) 杭またはその他の連続要素を用いた基礎工事、泥水掘削溝または、土留め壁工事
- b) 杭抜き
- c) 排水または注入用構造体の設置

適用範囲について、杭基礎や地中連続壁及び土留め壁の築造、さらには、くい抜き工事、サンドドレーンやサンドコンパクション等の工事に用いられるくい打機の安全に関する要求事項であると述べている。

次に、「4. Safety measures and /or provisions」では、安全対策について次のように述べている。

<p><b>4. Safety measures and /or provisions</b></p> <p><b>4.1 Stability</b></p> <p><b>4.1.1</b> The stability shall be proven according to Annex B. Stability criteria are:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— A minimum stability angle and the summation of suitably amplified moments.</li></ul> <p>The operator's manual shall state under which conditions the piling equipment can be stably used. The manufacture/supplier of the piling equipment, as derived, is responsible that the stability is verified by calculation.</p> <p><b>4.1.2</b> Weight and positions of centres of gravity of the machine parts which are the basis for the stability calculation shall be obtained calculation and/or weighing.</p> <p><b>4.1.3</b> Each manufacture of single parts of the machine shall supply all necessary data about these parts relevant to the overall stability calculation.</p>
<p><b>4. 安全対策及びあるいは安全条項</b></p> <p><b>4.1 安定性</b></p> <p><b>4.1.1</b> 付録 B に基づいて、安定性は立証されるものとする。安定性の評価基準は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— 最小の安定角と的確に加算された転倒モーメントの合算値。</li></ul> <p>オペレータのマニュアルはくい打機が安定して使用できる条件を明示するものとする。従って、くい打機の製造者及び供給者は計算により照査された安定性に関して責任を有する。</p> <p><b>4.1.2</b> 安定性計算の基本となる機械を構成する全ての部品の重心位置とその重さは計算又は計量により得られるものとする。</p> <p><b>4.1.3</b> 機械におけるそれぞれ単一の部分の各製造者は、全体的な安定性計算に関連する部品に関して必要なデータの全てを提供するものとする。</p>

さらに、この4章にて参照する Annex B では、くい打機の安定性と接地圧力についてその詳細を示している。Annex B は以下の項目により構成される。

- B.1 General
- B.2 Calculation parameters
  - B.2.1 Stability angle
  - B.2.2 Tipping lines
  - B.2.3 Centre of gravity
  - B.2.4 Partial safety factors
  - B.2.5 Work loads
  - B.2.6 Traveling
- B.3 Stability criteria

- B.4 Static moment
- B.5 Centrifugal moment
- B.6 Wind moment
- B.7 Dynamic and other moments
  - B.7.1 The calculated moments
  - B.7.2 Dynamic forces
  - B.7.3 Other forces
- B.8 Operating conditions
  - B.8.1 stability criteria
  - B.8.2 In-service - during operation
  - B.8.3 In service – travelling between pile positions
  - B.8.4 Out of services – erected leader
  - B.8.5 Out of services – during erection and stowed condition during transit
  - B.8.6 Traveling and operation on slopes
  - B.8.7 Piling equipment on floating barges
- B.9 Load cases
- B.10 Ground pressure
  - B.10.1 General
  - B.10.2 Calculation of ground pressure for crawler mounted piling equipment

特に B.8.3 節を構成する項目では、機体を牽引(tractive movement)する際の加速による力(慣性力)の考慮が必要と述べている。従って、自走タイプのくい打機においては慣性力に対する考慮が必要といえる。

B.9 節の荷重分類では、荷重の部分係数と安定度について次のように述べている。

**B.9 Load cases**

The most significant load cases to be considered are listed in Table B.3 and Table B.4 together with appropriate values of partial safety factor  $\beta$  and stability angle  $\alpha$ . However, this list is not comprehensive. The manufacture shall ensure that the most onerous circumstances are considered for the piling equipment's specified duties.

**B.9 荷重分類**

考えられる中で最も重要と考えられる荷重分類を、部分安全係数 $\beta$ と安定度 $\alpha$ の値を共に Table B.3 と Table B.4 に示す。しかしながら、このリストは包括的ではない。製造者は、くい打機に示された性能に従って最も困難な環境で使用することを理解しなければならない。

第3章 転倒防止に関する安全基準の国際比較

このB.9節の中で参照している Table B.3 と Table B.4 を以下に示す。なお、Table B.4 の参照においては以下のようなただし書きがある。

The classification in Table B.4 is valid for piling equipment and drill rigs capable of adaptation for use as piling equipment

この記述では、Table B.4 による荷重分類はくい打機械(piling equipment)とくい打機として用いられるアースドリル(drill rigs)にも有効なもの、と述べている。

EN996 の「Table B.3 Load cases」

Load cases	Piling equipment subjected to
1	Dynamic and wind loads in service
2	Dynamic and wind loads when <b>travelling on jobsite</b> in service
3	Dynamic and wind loads when working load(s) are released and/or ground in service
4	Wind loads when out of service
5	Static feces during erection out of service
6	Static in lowered condition out of service (travelling)

EN996 の「Table B.4 Classification of use on land and floating<sup>1)</sup>」

Load cases	Applicable subclasses				Partial safety factor				Stability angle (deg)
	Working load(s)	Wind moment	Centrifugal moment	Dynamic / other moment	$\beta_1$	$\beta_1$	$\beta_1$	$\beta_1$	$\alpha$
1	Suspended	B.6.2	B.5	B.7.2, B.7.3	1.1	1.1	1.1	1.1	5
2 <sup>2)</sup>	Suspended	B.6.2	B.5	B.7.2, B.7.3	1.1	1.1	1.1	1.1	8 <sup>3)</sup>
3	Released, grounded	B.6.2		B.7.2, B.7.3	1.1	-	1.1	1.1	5
4	Defined in manual	B.6.3	-	-	1.0	-	1.3	-	5
5	Not applicable	-	-	-	See B.3.2				
6	Not applicable	-	-	-	-	-	-	-	5 <sup>4)</sup>

1) Stability of the ship, barge or pontoon shall be calculated in accordance with B.8.7.  
 2) Travelling on deck shall be calculated in accordance with B.8.7.  
 3) Value of  $\alpha$  can be reduced to 5 deg if travelling on paved surfaces or bearing plates / timbers.  
 4) This is additional to the slope of any ramp to be climbed in loading onto a transporter.

Table B.3 では、くい打機の状態を施工時と休止時の2つに大別し、さらに両状態をそれぞれ3つに細分している。従って、くい打機の状態は6つに分類している。項目2では施工時の自走について独立した取り扱いがなされている。

1. 施工時作業中 : 動的荷重と風荷重が働く状態
2. 施工時自走中 : 動的荷重と風荷重が働く状態
3. 施工時装備済み : 動的荷重と風荷重が働く状態
4. 休止時 : 風荷重が作用する状態
5. 休止時 : リーダが起立し静的荷重が作用する状態
6. 休止時 : リーダを低くし静的荷重が作用する状態

Table B.4 では、6 分類した作業状態において働く 4 項目の荷重安全率と安定度を示している。その内容を表 3-2-1 に示す。また、荷重分類 1 と 2 における安定の検討の奉納について図 3-2-1 に例示する。

表 3-2-1 荷重状態と部分安全率

荷重分類	作業荷重	旋回荷重	風荷重	動的荷重	安定度
1	1.1	1.1	1.1	1.1	5°
2	1.1	1.1	1.1	1.1	8°
3	1.1		1.1	1.1	5°
4	1.0		1.3		5°
5	安定モーメント>1.1×転倒モーメント				
6					5°

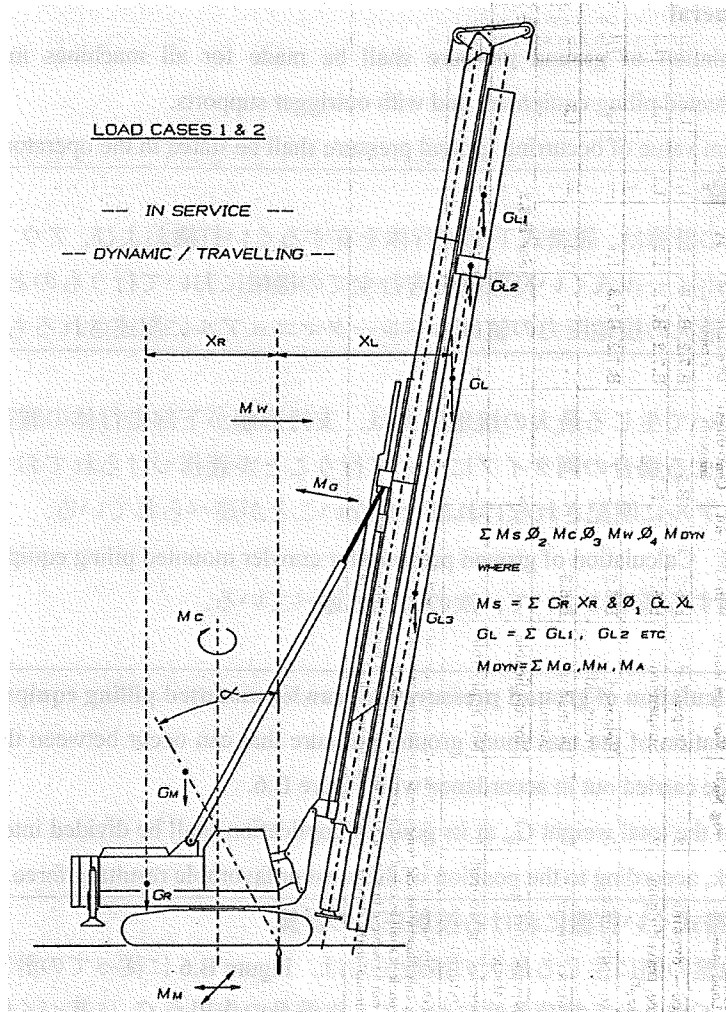


図 3-2-1 荷重分類 1(施工中；動的)と荷重分類 2(施工中；動的：自走中)

(EN996 の Figure B.2 Loadcase1 ( in service; dynamic). Load case 2 (in service; dynamic: travelling))

安定度については、基本的に 5 度が採用されているが、施工現場内を自走する場合は 8° としている。なお、脚注には舗装面や敷鉄板及び敷板上を走行する場合は安定度の値を 5 度に低減可能なことが述べられている。

日本では車両系建設機械構造規格において安定度を一律に 5 度と規定しているが、労働安全衛生規則では敷板あるいは敷角等の使用による沈下防止措置を義務づけている。従って、我が国の安全基準は EN-996 と基本的に同じレベルと言える。しかし、EN-996 では現場内移動時における安定度の標準値を 8 度としており、5 度は場合によって選択が可能とされている。

次に B.10 章では接地圧力( Ground pressure)の基準を示しており、「B.10.1 General」では次のように述べている。

**B.10.1 General**

The calculation of ground pressure shall be made for all machines including crawler mounted, wheeled piling equipment and with outrigger supports.

The maximum value of occurring ground pressure shall be stated in the operator's manual.

**B.10.1 一般**

接地圧力の計算は、履带式下部走行体を有するくい打機および、アウトリガー支持機構を備えたホイール式くい打機械を含む全ての機械において行うものとする。

生じる最大の接地圧力の値はオペレータマニュアルに記述されるものとする。

くい打機において生じる最大の接地圧力は、支持形態が下部走行体の履帯による場合とアウトリガーによる場合の両タイプについて行うことが義務づけられており、さらにその最大値はマニュアルに明記されなければならないことが述べられている。

次に、「B.10.2 Calculation of ground pressure for crawler mounted piling equipment」では接地圧力の計算に関する基準について、次のように述べている。

**B.10.2 Calculation of ground pressure for crawler mounted piling equipment.**

The calculation of the maximum ground pressure that can occur between the tracks and the ground can be carried out in accordance with Figure B.6.

The effect of the total weight  $G_m$  at its point of application shall be divided into single forces  $P$ , on each track, according to the position of the most unfavorable resulting force.

**B.10.2 履带式くい打機における接地圧力の計算**

履帯と地盤の間に生じる最大の接地圧力は、Figure B.6 に従っての計算することができる。最も不利となる載荷条件において、総重量の作用点  $G_m$  に基づく履帯上の集中荷重の作用位置  $P$  により、接地圧力分布が分類される。

この文中で参照している Figure B.6 とは先に述べた JIS A 8509-1 が定める接地圧力分布 (表 3-1-2 参照)と同じである。



### 3.2.2 EN-791(1995) -Drill rigs-Safety<sup>6)</sup>

先に述べた EN-996 とは別に、欧州規格では EN-791 を定めており、この基準ではくい打機を Drill rig と呼んでいる。EN-996 と同様に EN-791 も欧州各国で自国の基準として用いられており、イギリスでは BS EN-791(1996)、ドイツでは DIN BS-791(1996)、オランダでは NEN EN-791(1995)となっている。

EN-791 構成する章と節は以下の通りである(項については記載を省略する)。

- 0. Introduction
- 1. Scope
- 2. Normative references
- 3. Definitions
- 4. List of hazards
- 5. Safety requirements and measures
  - 5.1 General safety requirements
  - 5.2 Driving, tramming and operating
  - 5.3 Controls, functions, systems
  - 5.4 Control devices
  - 5.5 Stability**
  - 5.6 Carrier brakes
  - 5.7 Protection against moving parts
  - 5.8 Electrical installations
  - 5.9 Hydraulic installations
  - 5.10 Pneumatic installations
  - 5.11 Lightening
  - 5.12 Fire protection
  - 5.13 Noise and vibration
  - 5.14 Dust and gages
  - 5.15 Draw-works, winches and ropes
  - 5.16 Roller and leaf chains
  - 5.17 Mast, derricks, feed beams and working platforms
  - 5.18 Special requirements for remotely controlled and automated drill rigs
  - 5.19 Warning devices
- 6. Verification of safeth requirements/measures
- 7. Instructions for use – Instruction handbooks
  - 7.1 Marking – data plate

7.2 Indicators

7.3 Maintenance

7.4 Instraction handbooks for drill rigs

Annex A (normative) Measurement of noise and vibration.

Annex B (normative) Instructions for the examination and checking of blocks, wire ropes and chains.

Annex C (normative) Brake test for drill rigs excluding truck and tractor mounted drill rigs.

Annex D (normative) Hazards related to operation modes of drill rigs.

Annex E (informative) Symbols and signs

Annex F (informative) Bibliography.

「1. Scope」ではこの基準の適用について、以下の通り述べている。

**1. Scope**

The general term 'drill rig' covers several differing type of machines for use in the construction industry, water well drilling industry, mining and quarrying, for use above ground as well as underground and for tunnel construction. The differing tasks determine the choice of drilling method and type of machine. For this reason there are many possible way to separate drill rig into different groups, e.g. in accordance with:

- The task;
- The drill method used;
- The cutting removal method;
- The type of construction work

The methods used for drilling can be basically differentiated in percussive and rotary drilling principles.

----- *Omission* -----

Drill rigs are stationary during drilling. They may move from one place of work to another , under their own power. Self propelled drill rigs may include those mounted on lorries, wheeled chassis, tractors, crawlers, skid bases (pulled y winch).

**1. 適用範囲**

‘ドリルリグ(drill rigs)’という用語は井戸掘削事業、地下と地上における掘削やトンネル掘削に使用される様々な形式の機械を含む。掘削方法と機種を選択は事業によって異なる。この理由から、ドリルリグは様々なグループに分類することが可能である。すなわち、以下によって分類することができる。

- 作業

- 使用される削坑手法
- 掘削除去の方法
- 建設工事のタイプ

削坑のための使用方法は基本的に衝撃式と回転式に分類することができる。

----- 中略 -----

ドリルリグは削坑の間、固定される。この機械は自走により場所を移動することができる。この自走可能なドリルリグにはこれが搭載された貨物自動車、走行体、トラクタ、履带式走行体、ウインチによって牽引可能な滑動する基部を含む場合がある。

くい打機の安定性については、5.5節の「stability」にその詳細が述べられており、以下のような項に分類して整理されている。なお、以下では drill rig も「くい打機」と訳すこととする。

## 5.5 Stability

### 5.5.1 General stability criteria

### 5.5.2 Definitions for stability calculations

### 5.5.3 Verification of stability

### 5.5.4 Ground pressure, calculation for crawler mounted drill rigs

5.5.1 項の一般的な安定基準では、くい打機の安定性について詳細に述べており、以下に節毎に分割して解説する。

#### 5.5.1 General stability criteria

Drill rigs shall be so designed and constructed that they are sufficiently stable under the intended operating conditions, e.g. transport, tramping, parking and drilling and that there is no risk of overturning and falling. The stability shall be verified by calculation.

The following stability criteria and calculations refer to mobile and stationary drill rigs but are not applicable to drill rigs fixed to the ground or a foundation. For those drill rigs the moments from weights and forces shall be taken into account when calculating and designing the anchoring of the drill rig.

The stability angles,  $\alpha$ , as defined in 3.9 and 5.5.2 shall not be less than  $10^\circ$  in any directions when tramping and be less than  $5^\circ$  under any other conditions.

#### 5.5.1 一般的な安定性基準

くい打機は、意図された作業条件下すなわち、運搬中、自走中、停車中および掘削中において十分な安定を有するよう設計及び製造されている。従って、転倒や倒壊の危険

性はない。安定性は、計算によって確かめられている。

以下に述べる安定性基準と計算は、走行時と休止時のくい打機についてのものであり、地盤や基盤に固定されたくい打機については適用されない。これらのくい打機においては、重量と荷重によるモーメントをくい打機のアンカーを計算して設計する際に考慮されるものである。

3.9 節及び 5.5.2 項に定義された安定角( $\alpha$ )は、移動中においては前後左右方向に対して  $10^\circ$  度以下とならないものとし、その他のいかなる状況においても  $5^\circ$  以下にならないものとする。

EN-791 では、2 つの作業状態（自走時と施工時）についてくい打機の安定度の最低基準をそれぞれ  $10^\circ$  と  $5^\circ$  と定めている。安定度  $10^\circ$  の値には、加速時と停止時の動的な力の作用による影響が考慮されているとされている。

**Note :** The stability angle of  $10^\circ$  includes also a margin for the effects of the dynamic forces from acceleration and braking of the total drill rig.

**注意 :**  $10^\circ$ の安定角は(自走する)くい打機に働く加速と減速によってくい打機に働く動的な荷重による影響に対する余裕も含んでいる。

When the drill rig is intended to work, tram or be parked on a plane deviating from the horizontal, the verification of stability shall include the maximum allowed slope angle under the most unfavorable conditions as specified and stated in the operator's instructions.

The stability angle shall comply with the above mentioned limits, i.e. the safety margin of  $10^\circ$  and  $5^\circ$  respectively shall be added to the specified operational slope angle.

Instructions on stability and other essential restrictions of use which are of immediate important shall be given on signs clearly visible at the driver's and operator's position, e.g. maximum allowed gradient angle for slopes when tramming or drilling. Detailed instructions regarding the restrictions and special measures to be taken when drilling, tramming or parking shall be given in the operator's instructions see 7.4.2.

くい打機が水平ではない地面上で作業、走行あるいは掘削を行う場合は、オペレータの指示書に指示および規定された最も不利な条件の下における最大許容斜面角度を安定性の確認に含めるものとする。

安定角は上述の限度値に対応する。すなわち、 $10^\circ$  と  $5^\circ$  の両安定度には作業現場の勾配を考慮した安全の余裕が加味されなければならない。

直ちに重要となる使用上の安定性とその他の本質的な制限に関する事項はドライバ