

人工壁とその強さ

鈴木 恵 滋

昨年行われた愛知国体の山岳競技で国体としては初の大規模な人工壁が採用された。ワールドカップに代表されるスポーツクライミング競技と土俵の異なる国体競技とでは同じ人工壁パネルが使われてもボリューム以外に大きな相違点が見受けられる。それはスポーツクライミングがリードクライミングを前提にしているのに対し、国体山岳競技が日本独特なトップロープを用いた方式であるのは言うまでもない。背景は複雑と聞いているが人工壁が国体においても今後採用の趨勢であり、少なくとも国体終了後にも多方面に活用されるような人工壁の出現が今後の課題といえそうである。

そうしたなかで各方面から人工壁に以前にも増して興味が注がれるようになって来た。公共の施設にも純粋なスポーツクライミングの用途を考慮した本格的なものが実際に計画されている。

本年は製造物責任法（PL法）が施行され、人工壁における安全性もクライミング用具の安全性同様に重要問題になってきた。製造物に対する安全基準に関して、日本よりも先進の欧州ではクライミング用具も例外ではない。例えばクライミング用具等に課せられるUIAA（UNION INTERNATIONALE DES ASSOCIATIONS D'ALPINISME）の基準は今日でも最も厳しいものとして知られている。この基準は強制を伴わないが、ユーザーがこの基準に適合した用具を選択するのは当然であるから製造メーカーはこの基準に適合した用具の製造を求められていることにはかわりはない。しかも先の欧州統合以来、欧州全体の安全基準として新たにCEN（COMITE EUROPEEN DE NORMALISATION）基準が登場した。これはクライミング用具に関していえばUIAA基準ほど厳しくはないが、大きな相違点は強制を伴うことにある。

人工壁は高々10年を越えたばかりの歴史しかないが、その間人工壁パネルの破損から^く軀体の崩壊に至る事故も発生した。こうした中で人工壁の先行国フランスではAFNOR（ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION）による人工壁の基準作成に向けた基礎実験が1991年9月に行われた。そして人工壁に関する国際基準が他に存在しなかった1993年12月20日に人工壁におけるフランス安全基準（NF P 90-301）として施行された。その最大の特徴はスポーツクライミング用人工壁は現在、人工壁の安全基準によりランニングビレー支点とトップロープ用支点との強度をクライマーの数まで含めて総合的に規定されていることにある。製造物責任法とクライミング用具の安全については今後論ぜられるであろうからここでは触れないが、国内では数値をもって議論されることのない人工壁の強度について考えてみようと思う。

具体的には（Ⅰ）で人工壁におけるフランス安全基準を紹介し、（Ⅱ）で実際に計画中の県施設の人工壁でその基準がどのように関係するかを紹介する。この人工壁はスポーツクライミングの分野で急速

5. 研究論文

にレベルを上げているアジアの中にあっても初の本格的な機械化された可変人工壁であり、国内的にはさらに人工壁の安全基準に完全に対応がなされたものとなっている。

(1) 人工壁におけるフランス安全基準 (NF P 90-301)

(NORME FRANCAISE STRUCTURES ARTIFICIELLES D'ESCALADE)

基準作成には製造メーカーの他、政府機関として青年スポーツ、防衛、文部の各省が参加している。この基準は実験、人工壁パネルの耐衝撃性や表面パネルの支点等の突出度、総合規制から構成されている。

実験

1. ランニングビレーのための支点

実験は上に25度の円錐形の中で行われる。

荷重を掛ける方法は重量物をぶら下げるか、あるいは引っ張り装置を使う。

実験の対象となる設備は最低10秒の時間に耐えなくてはならない。

ダイナミックな効果を回避するために静荷重が掛けられる。

実験のときの荷重は1,000daN

2. ビレースタンス上のビレーポイント

ビレーポイントは二つの支点からなる。

各支点は別々に実験し、静的な1,800daNの荷重を掛ける。

(注：ここでいうビレースタンスは人工壁上でクライマーが自己確保を行った上でリードする他のクライマーを確保する場所をいう。)

3. トップロープのための支点

一人のクライマーの墜落を実験的には1,000daNの荷重を負荷して行う。

複数のクライマーがクライミングするときはトップロープの各支点ごとに375daNの荷重を掛ける。

4. 地面からの確保点

地面からの確保点には静的な500daNの荷重を掛ける。

総合基準

1. ランニングビレーの支点

人工壁面上のランニングビレーの支点の設置に設けられたビス穴間の最大距離は1.5mを越えない。

ビレースタンス上に構成される自己確保支点及びリードクライマーの確保を行うための支点は最低2カ所からなり、かつ連結されていなければならない。

5. 研究論文

支点は壁表面から45m/m以上突出してはならない。

しかし、トップロープの用の支点は45m/m以上突出してもよい。

ビレーバー等の確保支点でロープが通る箇所の最低半径は45m/m以上なければならない。

2. 破断強度

ビレースタンス上のビレーポイントの最低破断強度は2,000daN

地面からの支点の最低破断強度は1,000daN

トップロープにおける支点の最低破断荷重は静荷重で666daN

3. ホールドの強度

取り外し可能なホールドに負荷される静荷重は200daN

4. 一覧表

	荷 重 (daN)	実験荷重 (daN)	計算上の荷重 (daN)	破断荷重 (daN)
ランニングビレー支点	666	1,000	1,000	2,000
トップロープ支点	250	1,000	1,000 375	2,000
トップロープバー支点	$(n-1)250+666$	$(n-1)375+1,000$	$(n-1)375+1,000$	
ビレーポイント支点	1,200	1,800	1,800	3,600

n = 一つの壁におけるクライマー数

5. 安全率

人工壁の安定性は計算により確認する。

安全率は 1.5

6. 人工壁上で確保支点設置のために設けたビス穴とホールドを設置するために設けたビス穴の

強度が異なる場合、ユーザーが混同しないようにそれぞれを表示する。

表面パネルの支点等の突出度

図 (I-A) 参照

人工壁パネルの耐衝撃性

図 (I-B) 参照

1. この実験の対象となるパネルは1 m × 1 m
2. 衝撃物は1.5mの高さから落下させる。
3. 人工壁パネルの表面は破損したりひびがいてもいけない。
4. 金属の重量は20.3kg
シリコンの重量は1.7kg
合計の重量は22kg

UIAAによる確保支点用ハンガー
単位はm/m

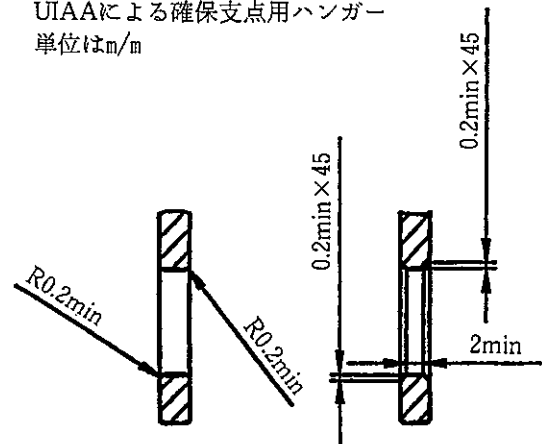


Figure A.1

(Ⅱ) 施工計画中の人工壁

この人工壁は前に触れたように県の施設で本年夏までの完成を予定している(図Ⅱ-1)。半屋外のコンクリート建物の中に左右並んだ二つの人工壁部分から構成されている。向かって左側は平面パネルで構成された幅3メートル、高さ15メートルの固定壁である。右側は自然石に似た曲面のパネルで構成され、さらにそれを支える金属構造部に傾斜角を変化させることの出来る幅4メートル、高さ15メートルのいわゆる可変式人工壁となっている(図Ⅱ-2)。

可変式人工壁については先のリレハンメルオリンピックで会場施設内に幅9メートル、高さ20メートルの3段式の可変壁(図Ⅱ-3)が同じメーカーによって手掛けられた。二つを比較すると規模こそ異なるが基本のコンセプトに違いはない。どちらも駆動源として電気モーターを用い、制御パネル上で傾斜角を短時間で変化させることが可能である。(図Ⅱ-2)の可変機の傾斜角は(図Ⅱ-4)の様に垂直に対して(-)13度から(+)45度の範囲で変化させることが出来る。

可変式人工壁のソフト面における特徴はパネル表面上のセッティングを変えずに機械的に難易度(ルートグレード)を短時間で変えることを可能にしたことにある。フランスグレードでは傾斜角度が5度前傾させれば1グレード(例えば、6 aから6 bのように)変化すると考えられている。これは例えばコンペにおいてファイナルからスーパーファイナルまでの準備を必要ならば僅か数分の機械操作で行うことを可能にした。

問題はこの人工壁に(Ⅰ)のフランス安全基準がどう取り入れているかにある。左右のパネル自身の強度については固定壁の方は厚さが35m/mでウレタンを中に発砲させて閉じこめたガラスのボックス

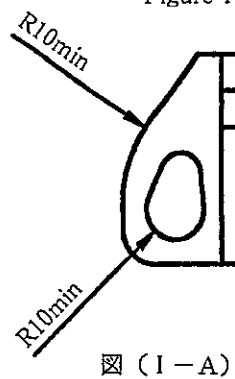
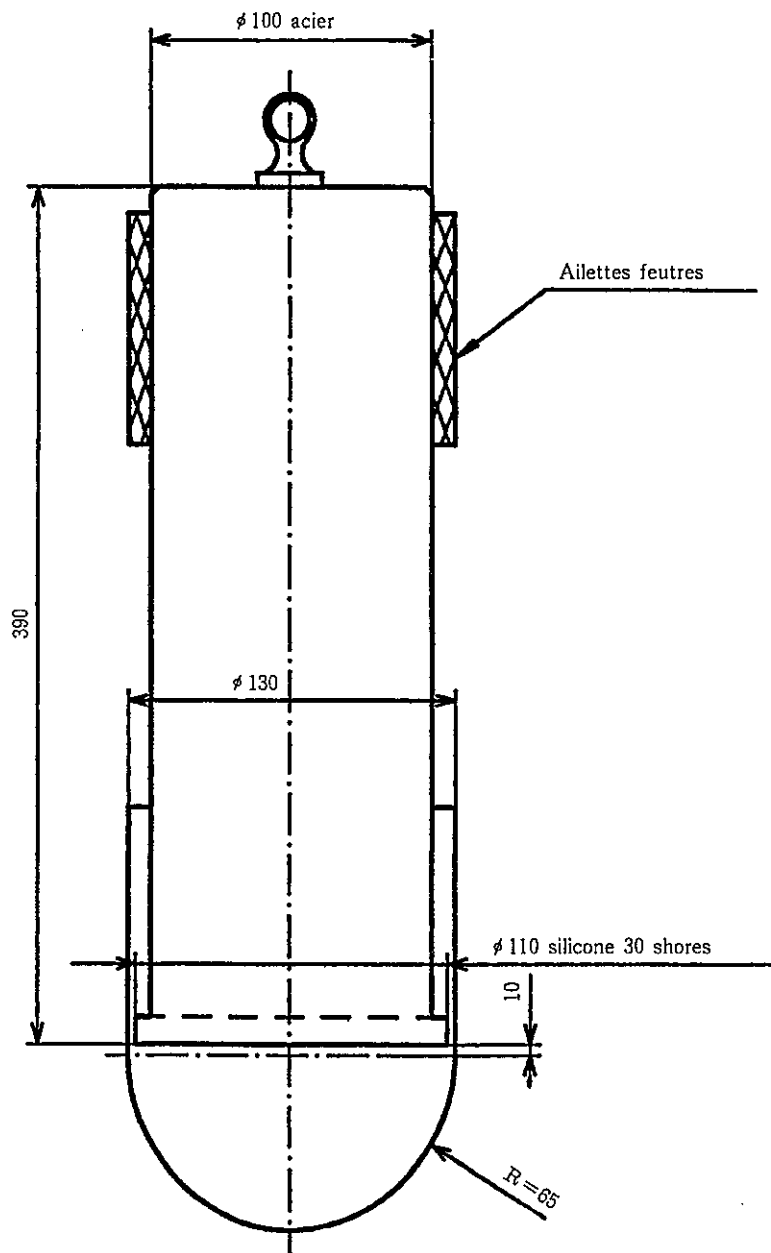


図 (Ⅰ-A)

5. 研究論文



金属の重量は20.3kg
 シリコンの重量は1.7kg
 合計の重量は22kg

注) Ailettes feutres : フェルトの横当
 silicone : 衝撃緩衝用シリコン
 acier : 衝撃用鉄

単位 : m/m

図 (I-B)

人工壁パネルの衝撃物

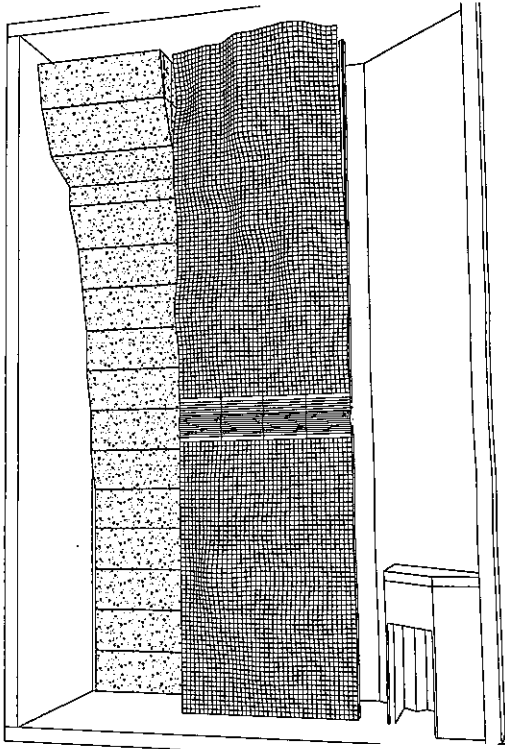


図 (I-1)

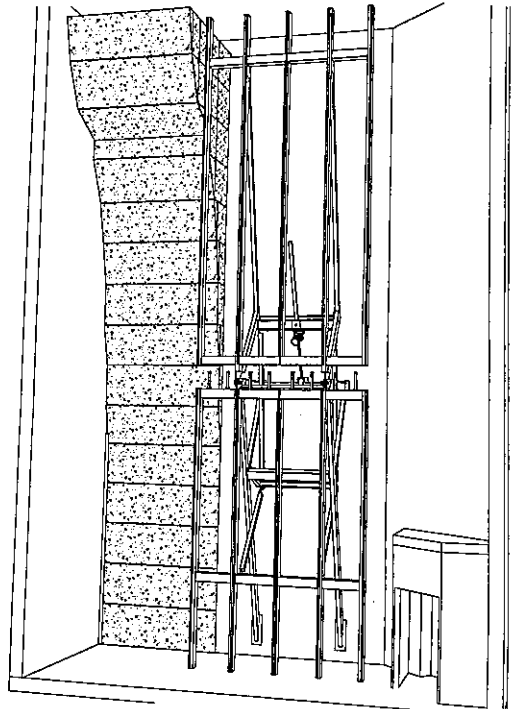


図 (I-2)

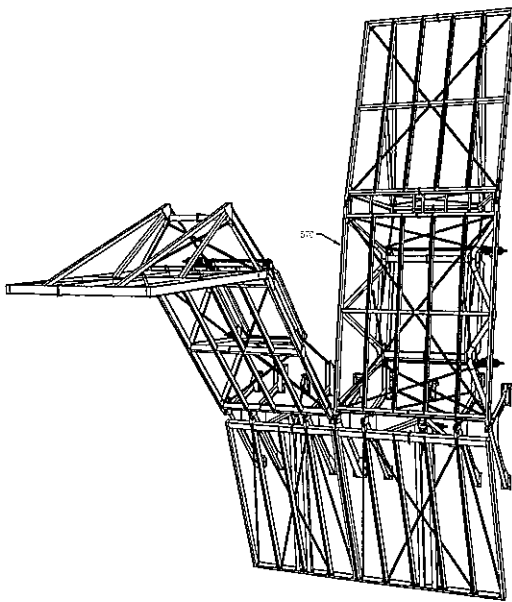


図 (I-3)

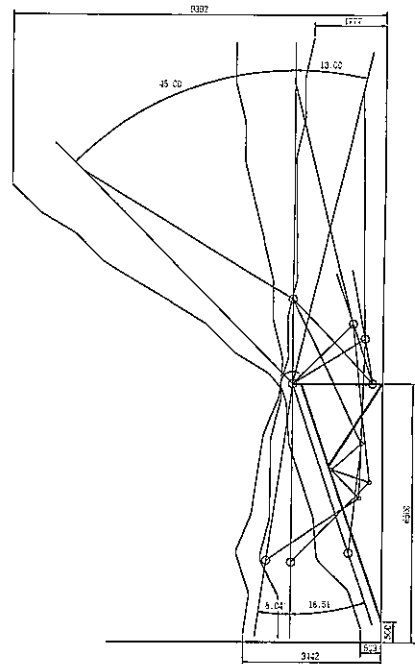


図 (I-4)

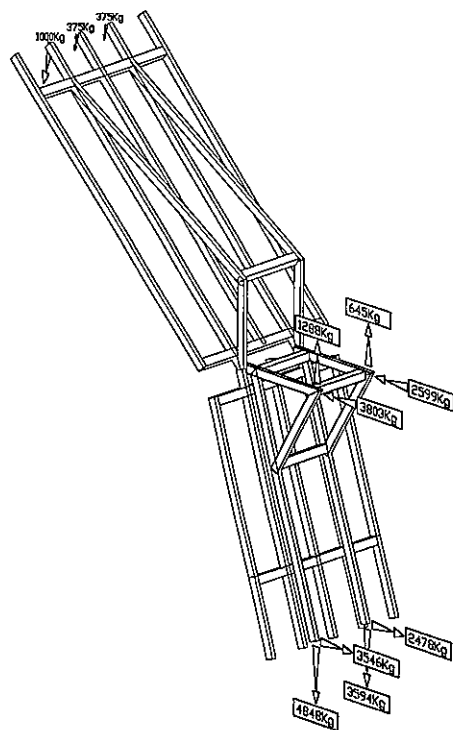
5. 研究論文

構造になっており、可変壁のパネルは厚さが10m/mのグラスファイバーで強化された樹脂プラスチック製でどちらも同種の製品の中でも際だって厚いものである。フランス安全基準に定める対衝撃性とホールド及びランニングビレー用ハンガーを支持する金具の強度とも基準をクリアーしている。ただ、この問題はパネル製造メーカーの技術力等の問題になるので、ここではこれ以上触れない。

人工壁は可変、固定に関わらず、クライマーの墜落等の動きを無視すれば、人工壁パネルとその躯体との支持材料、クライマーの体重、そして可変式ならその可変機械の重量等を合わせれば力の反力が計算出来る。ところが実際にはクライマーの墜落を含めた動きを考慮しなければならないから複雑な考察が必要になってしまう。一般にスポーツクライミングの人工壁ではその頂上部の張り出しが最も大きくなっているから躯体に与える半力はこの部分が最大となる。さらに安全基準では最低でも静荷重でトップロープの支点到1,000daNを負荷することになっているからさらに考慮しなければならない半力は増大する訳である。いずれにしても人工壁のフランス安全基準が総合基準(4)で、トップロープの支点強度にクライマー数を考えた計算式を与えたのはこれらの問題に対応するためである。

さて、(II-5)で幅4メートルの可変壁にトップロープ支点が3カ所あることに注意してほしい。これは同時に最大3人のクライマーがこの可変壁をクライミングすることが想定されていることになる。それではこのクライマー達はどのような動きをするのだろうか。すぐに考えられるのはこの3人が同時に墜落した場合に最大の力がこの可変壁とトップロープの支点到及ぶことであろう。これがアルパインクライミングの墜落の場合なら言うまでもなくダイナミックな概念でこの問題に対処してきた。ところが、最大で1.5メートルのランニングビレーの支点を越えないように規定された(総合基準5)スポーツクライミングでは静的な力の範囲で考えればよいことになっているから、わずか15メートル程の人工壁でダイナミックな力を考える必要はほとんどない。だからフランス安全基準では人工壁のトップロープ支点強度が規定された訳で(総合基準5)、それに従えば静荷重で支点一カ所に1,000daN、残りの2カ所に375daNを負荷し、さらに最低でも10秒の時間に耐えればよいことになっている。分類すればその組み合わせは3通り(図II-5-1~3)であり、いずれの場合も躯体に掛かるせん断応力等の反力の合計に変わりがない。

さらに、固定壁まで含めるとどうなるのか。図(II-6-1~5)は固定壁と躯体間さらに可変壁を支え



図(II-5-1)

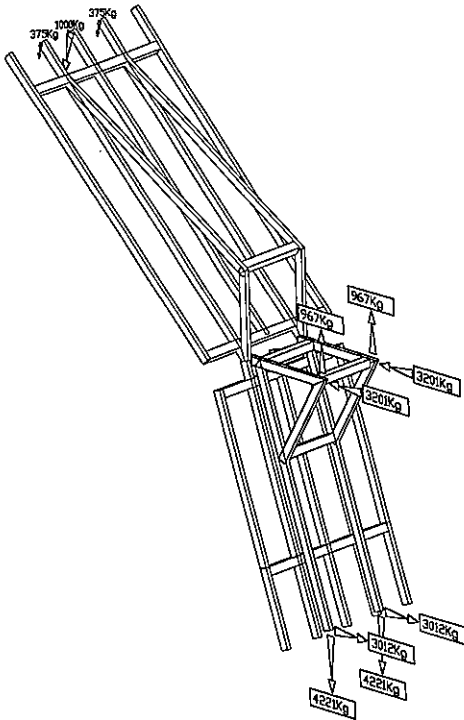


図 (II-5-2)

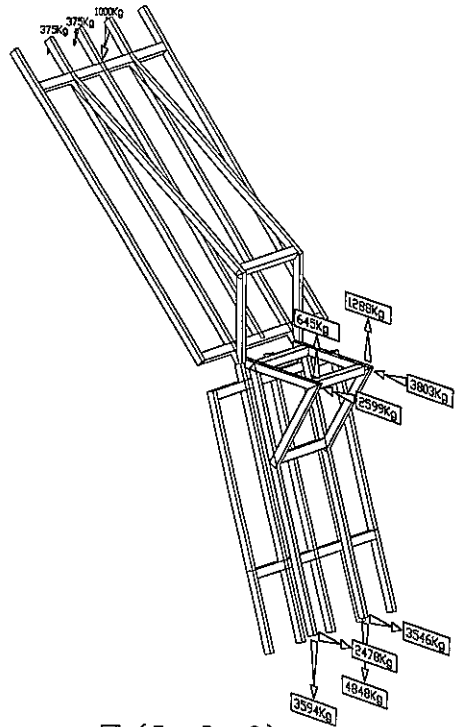


図 (II-5-3)

るベース部と躯体との接点を現したものである。図から一つの躯体上に設置される（この場合はコンクリート壁）固定壁は可変壁を含めた人工壁全体の一部と考えられる。固定壁にはトップロープ支点が2カ所与えられているので、可変壁を含めたこの人工壁全体のトップロープ支点数、言い替えば人工壁全体を一度に登ることの出来るクライマーの最大数は5人ということになる。図 (II-6-1) から図 (II-6-5) までは同様に1カ所に1,000daN、残り4カ所に375daNを負荷した組み合わせである。この5通りの組み合わせを図 (II-7) で示し、36カ所の躯体接点ごとにその半力の大きさをX、Y軸方向にまとめたのが図 (II-8) になる。躯体強度の構造計算に根拠を与えるために最低要求される最も基本的な表といえる。

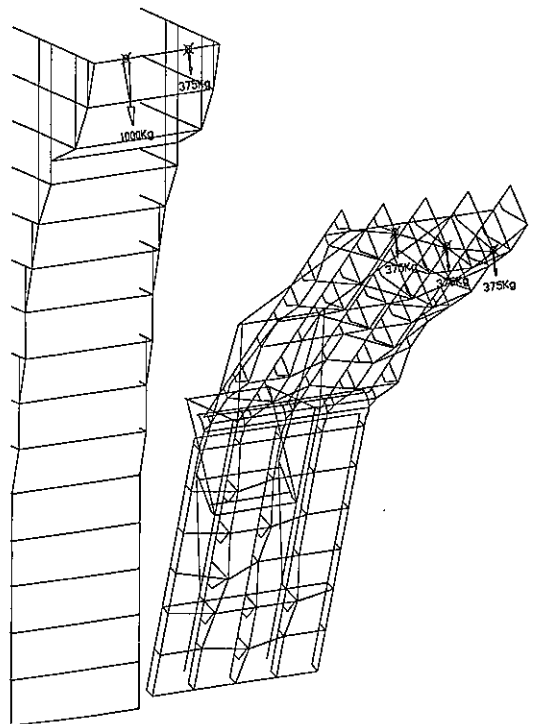
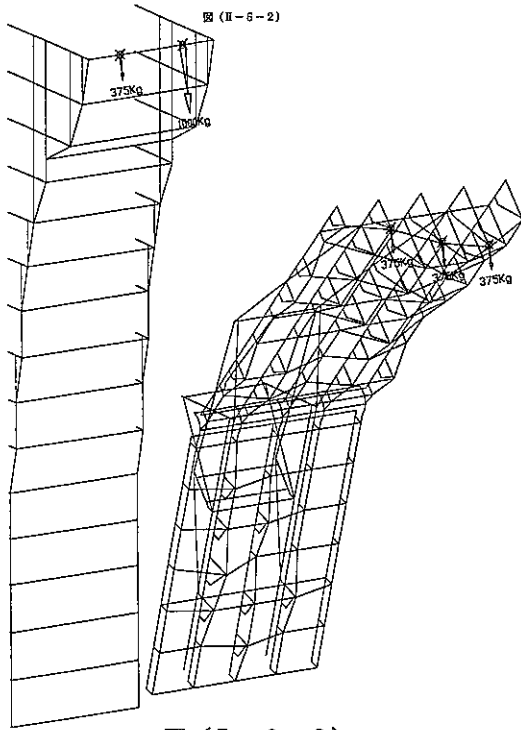
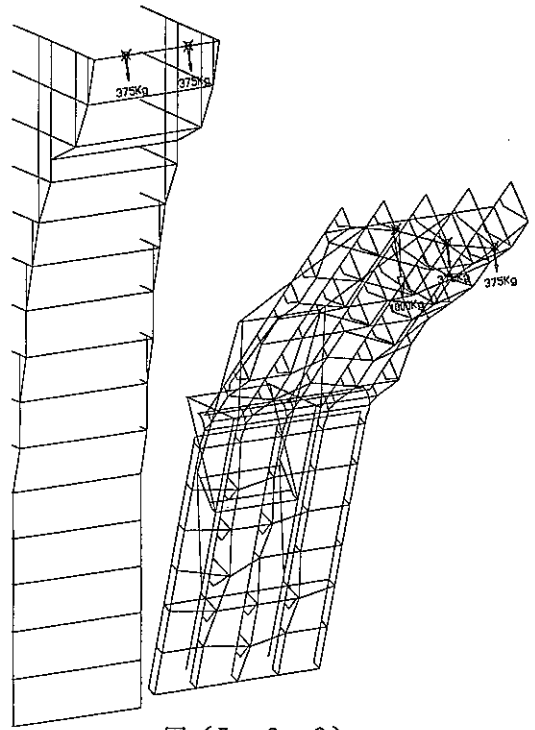


図 (II-6-1)

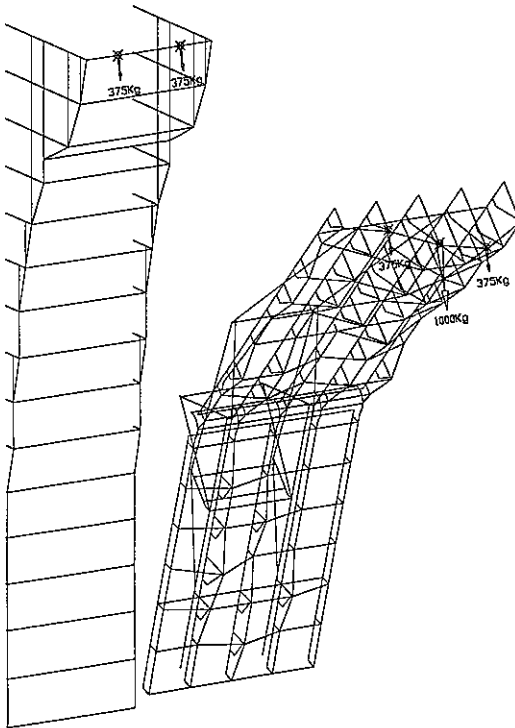
5. 研究論文



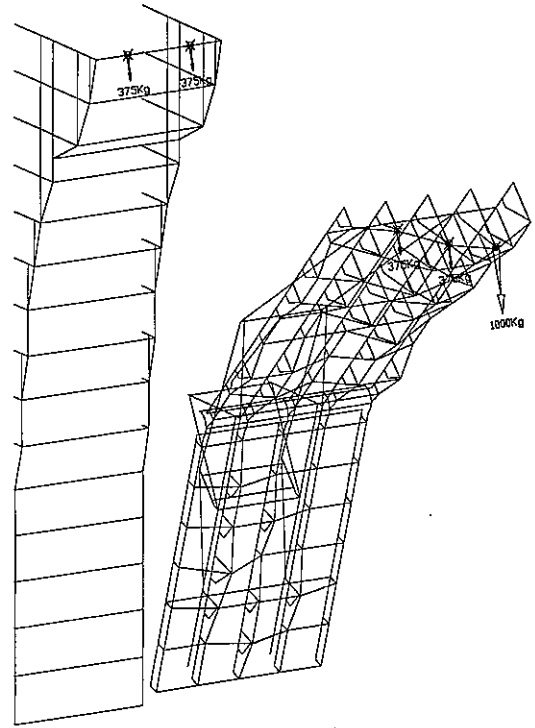
☒ (II-6-2)



☒ (II-6-3)



☒ (II-6-4)



☒ (II-6-5)

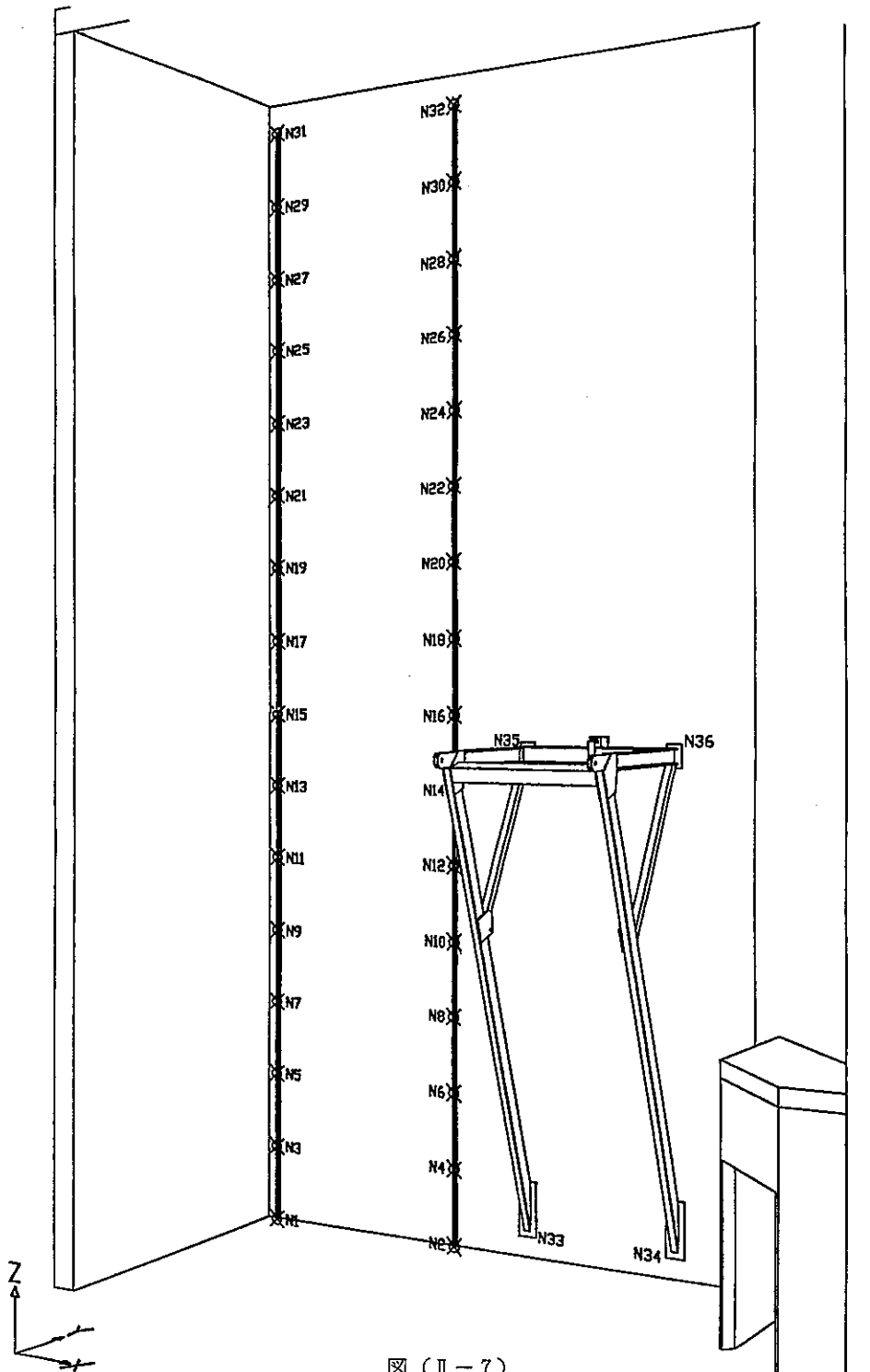


図 (II - 7)

5. 研究論文

以上、実際の人工壁を取り上げて安全基準とどう関わるかを簡単ですが述べてみた。人工壁は計画の段階で使用者と管理者を交え、人工壁を手掛ける私達業者との十分な準備段階が不可欠であり、それに労した労力は施設の出来具合に確実に比例する。計画が実行に移される段階では細かい配慮の上に製造されたパネルを用い、人工壁として構造上十分な強度計算の上に施工される。人工壁が施工される^く躯体の強さの計算とその建造は建築家と構造計算の専門家の仕事として関わってくる。一言で言えば人工壁は時間と労力そして理想の高さの求められる総合的な仕事である。

(フランス山岳会員)