

技術相談

設計上疑問のこと、現場でお困りのこと等、何でも技術上の御質問をお寄せ下さい。本欄で権威あるお答えをいたします。ただし

1. 要領を得た簡潔な質問とする
2. 質問の採否、または部分的加除修正は編集委員会に一任されたい。
3. 質問者の会員種別、住所および氏名を明記する。
4. 回答はすべて誌上で行い、直接個人的にはこれを行わない。

【問 1】溶接橋の特殊鋼材

溶接橋の設計の場合、厚板になると SM 材や SMW 材を使用するのがよいと聞きますが、SS 材とこれらの材料との溶接上の相違ならびに SM 材や SMW 材を使用したときの検査方法はどうかでしょうか。(栗原 幸一)

【回答】

まことに時を得た質問と思います。説明の都合上一般なことを述べ本論に入りたいと思います。紙数の都合のためいきなり専門的な言葉が出る箇所もありますが、お許し願います。

さて溶接構造に使用する鋼材は溶接性の高いことが望まれます。従つてこの溶接性について説明を必要と思います。溶接性とは溶接に適合する鋼材の性質を示すものでありますが、その要素はまことに複雑であります。そこでこれを最も明快に説明している Stout 氏の定義を借りることにしましょう。彼は工作上の溶接性と使用上の溶接性とに分けて考え、前者を接合性 (joinability)、後者を使用性 (performance) とよんで、この 2 つの性質で鋼材の溶接性があらわされるとしています。

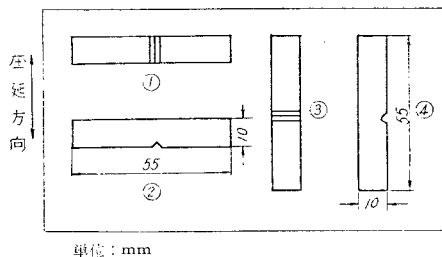
接合性は広い意味の亀裂を溶接部およびその付近に生ずることなく溶接接合できる難易に関係する性質であります。一方設計または工作が不完全のために溶接部に欠陥が存在しますと、その欠陥のまわりに、いちじるしい応力集中が生ずるようになります。この応力集中のため微少な亀裂を発生し、ついに破壊に進展するような結果になることがままあります。普通このような応力集中も鋼材がのびやすい場合には、その効果を緩和し、危険を未然に防ぐことができます。しかし溶接によつてその鋼材が脆くなりやすい場合とか、気温が低下し鋼材の脆さが促進されるようではこのような長所を発揮することができません。しかも応力集中の生じている箇所では、それにともなつて応力状態も単純な一軸状態ではなく、多軸状態になつていきます。一軸応力状態でのびやすい鋼材が、多軸応力状態でのびやすいとはいえません。このような不都合な状態になつても、破壊へと進展することに対し抵抗する

鋼材の性質を使用性とよんでいます。つまり溶接されたものが、使用後破壊する場合その原因が鋼材にあるとしますと、それはその鋼材の溶接性に対する選択が不十分であつたこととなります。その直接の原因が溶接中にすでに存在するような場合と、使用状態に到つて次第にめばえていくものとあります。

私達が鋼材を溶接することはその現象から申しますと次のようなことになると思います。すなわち、溶接材はもちろん溶融するわけですが、溶接される鋼材もその一部は溶融します。その結果インゴットの中にあつたと同じ状態に戻ります。また鋼材全体から考えますと局部的な加熱および冷却でありますから、その溶融固化の現象中、温度の不均一な分布による熱応力が生じます。また周囲の条件によつては急激な冷却を生じます。このように鋼材の一部にしるその温度の冷却の割合が高いときにはその部分の結晶組織が変り、通常、橋に用いられている軟鋼のよい性質が失われる結果となり、さらにこのような結晶組織が変わるばかりでなく、時によつてはいわゆるビード下亀裂とよばれる現象が生じます。なお同じような溶接部の亀裂であります。まわりが固定された状態で溶接しますと生ずることがあります。これは溶接方法が不良であつて、材料のせいではありません。できるだけその冷却中の収縮を邪魔しないような順序で溶接せねばならないことはいうまでもありませんが念のため申しそえます。

さて材料のせいであるビード下亀裂の原因は炭素、硫黄、燐、水素などの含有量と、熱影響部の変態点温度の低下の程度であります。これが生ずる可能性のある鋼材は接合性が不良です。一度溶融した鋼材が凝固しはじめるとき、まわりからだんだんと凝固しはじめます。溶融鋼中に含有される不純物のうち、鉄の凝固点よりもその凝固点の高いものは鉄の凝固に先立つて凝固します。一方凝固点の低いものは未凝固部分に押しやられてそのかたまりを生じます。炭素、硫黄、燐などはこの例です。このようなかたまりは周囲の凝固部分より熱応力を受けますと、その抵抗強度が低いので亀裂を生じ、割れ目となつて残ります。これがサルファー亀裂とよばれているものです。普通溶接棒の心線の炭素、硫黄、燐を構造用の鋼材よりいちじるしく低く制限しているのはこのような現象の発生を防ぐためであります。これに類似の現象はインゴットの中でもおこります。すなわちインゴットを鋳込んだときに凝固のはじまるのは鋳型側壁からでありまして、内部に向つて次第に凝固し、結晶が成長してゆきます。凝固点の低い硫黄化合物は中央部に集積する傾向を生じます。このような集積を生じたインゴットをロールで圧延して鋼板をつくりますと、この集積された硫黄化合物は薄い層となつて鋼板内部に存在することになり

図一1 0°C V ノッチ衝撃試験片採取要領
(おのおのにつき最低3個づつとる)



ます。これがラミネーションとよばれているもので、接合性を不良にする要素となります。インゴットに用いる素材に硫黄が多かつたり、特殊の製鋼法で硫黄を除去するようにしないと、この危険性があります。そのため規格の上で鋼材の硫黄および燐の含有量を制限しております。特に SM 材は SS 材に比較してこの制限量をきびしくしております。

SM 材と SS 材のもう一つのいちじるしい相異は曲げ試験の曲げ半径がきびしいことです。鋼材中に有害なラミネーションが存在しますと、小さい曲率まで曲げていますと亀裂が発生します。従つてこの判定に役立ちます。規格の面からいうと SM 材が SS 材よりよいということになります。ただここで注意していただきたいことは、規格のミルシートに示す分析はレードル分析といわれる方法によつています。これはインゴットの湯より標本をとつて分析します。このとき平均化をはかります。従つて実情は SS の場合でも非常に低い値を示し、0.05% 以下という標準はあまいものです。事実 0.03% 付近のものではラミネーションとかサルファバンドは避けられません。このため溶接される面はサルファプリントをとつたり、また 図一1 のように鋼板より 4 種類の V ノッチの衝撃試験片をとつて 0°C で試験をおこない、その結果のばらつきの状態を調べますと、その程度が判定でき安心できます。何らかの方法で板厚方向の引張試験をおこなうのもよい目安になります。SM 材といつても特に厚いものは無条件に安心してはなりません。なお衝撃試験は使用性の判定にも役立ちます。板が厚くなりますと多軸応力状態の影響がいちじるしくなります。特に溶接橋のように隅肉溶接を多用する場合には応力集中箇所も多いと考えねばなりません。従つて使用中いちじるしく低温度にならされる場合には低温度になり、多軸応力状態を受けても脆くならない鋼材を選ばねばなりません。

SMW が Mn/C を規定しているのはこの意図があるからです。しかしこれも 2.5 はあまい値です。これではおそらく使用性の標準としている 0°C V ノッチ衝撃値の 3.5 kg・m/cm² にはとうてい達しられません。そ

の点現行の SM 材の規格は残念ながら特に寒い地方の溶接橋の立場からいうと中途半端です。このため珪素によつてキルドすることを要求されることが必要と思います。この成果は衝撃試験で判定されます。このような鋼材を使用したときには水素の与え方の少い低水素系の溶接棒を使用していただきたい。また念のため試験材の表面に単一ビードをひき断面の硬度の模様も調べるとよいでしょう。

引張強度 50 kg/mm² 以下の鋼材では安心とは思いますが無駄ではありません。これは変態点の低下によるビード下亀裂と関係するからです。すなわち普通の鋼材では変態点は 730°C 付近です。溶接熱影響部のように急冷却を受ける部分はこの温度がいちじるしく低下し、場合によつては 300°C をわることもあります。この低下の原因として溶接後の冷却の割合、炭素、マンガ、珪素の量および水素などの存在があげられます。変態点では鋼材は一たん収縮過程にあつたものが膨脹現象を生じ、変態点応力を発生します。一方鋼材は靱脆温度といつて、300°C 前後で変形する能力が低下します。従つて H が多かつたり、C・Mn などが多くて、変態温度が 300°C くらいに低下するとビード下亀裂の危険性を生じます。この危険性は熱影響部の硬度で判定されます。溶接性を要求した高張力鋼で熱影響部の硬度を制限しているのはこのためです。Mn 量の増える厚板の SMW のようなキルド鋼でもこの点を要心するにこしたことはありません。それと同時に H を溶接部に供給しないように注意してほしいわけです。以上で大体の模様がわかるように SM 材に要求すべき本来の性質が満足されるかを常に吟味し、実質を重んずることを検査の重点にして載きたい。これで始めて厚板に SMW 材を用いた意図が満足されるのです。

【問 2】小工事向きのコンクリート材料計量設備

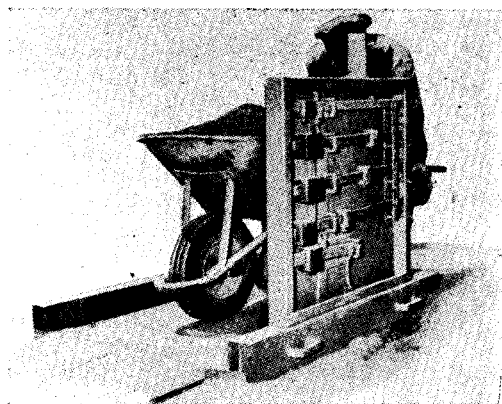
コンクリートを造る場合その材料を計量するには容積よりも重量で行う方がよいことはわかつておりますが、小工事では大工事のようなバッチャプラントを設備することはなかなか経済的に困難です。そこで小工事向きの重量計量設備について御教示下さい。

(和田 敏雄)

【回答】

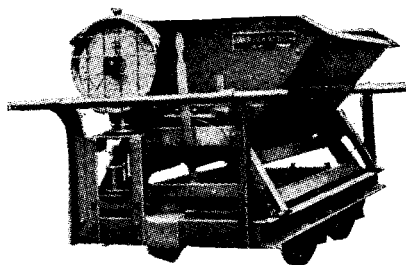
小工事向きの重量計量設備というどうしても安価なものでなければなりません。しかし安価だからといつて不正確では意味がありません。大工事のバッチャプラントは能率を上げるというコンクリート製造速度の点から、いろいろの工夫が凝らされていますが、小工

図-2 手車計量機



事においてはこの速度が小さいこと、人力を加味することによって、安価正確な設備をうることに心掛けるべきでありましょう。この考えで大工事におけるパッチプラントをながめてみると、まず水および AE 剤は重量でなくても容積でも十分正確に計量できますから、これは安価な容積計量にする。つぎにセメントは容積では不正確ですが、これをばらで取扱うとアーチングやフラッシングを防止するために工夫を必要とすること、等で高価になるので袋単位で取扱うこととし、その計量設備を設けないことにすればこれまた安価になります。こうすると残るのは骨材の重量計量だけになります。すなわち、最も簡単なしかも正確なコンクリート材料の計量方法としては水および AE 剤を手で容器で計量し、セメントを袋単位で人力で解袋し、骨材のみを正確なハカリにかけて計量することになります。

図-3 骨材計量機



骨材計量機は市販のものもいろいろありますが、簡単な方式としては正確な台ハカリの床を地面と同じ高さに据付け、手車で骨材を運搬するときその上を手車を通過させて計量すればよい。ハカリには骨材の種類に応じて数本のハカリさおを取付ける。図-2はその一例で、この場合手車に骨材を順次数種類入れて累積計量してもよし、また一手車1種類としてつぎつぎに手車を通過させて個別計量を行うこともできます。なお図-2において、さお箱の上につりあい指示計がついていて、ハカリの両側から見ることができ、これによつて計量を確認します。図-3は手車とハカリを一体にしたようなものです。

以上いずれも 10~15 万円程度のものでありますから小工事向きといえることができます。

なおさらに工事の規模が大きくなれば小型パッチプラント、トロリパッチャ等が考えられますが、これらについては日本建設機械化協会発行「建設の機械化」誌、1956 年 1 月号、p.39 および日本セメント技術協会発行「セメント・コンクリート」誌、1954 年 11 月号を参照して下さい。

読者欄

寸言

暫らく地方勤めをして、地方にいる一会員としてみた、土木学会に対する希望を述べさせて載せます。それを一言でいうと、土木学会の行事や土木学会誌が、何か一般会員から遊離した、一つのぎまつた型にはいつているようにみえます。その原因をいろいろと考えてみると、一つは企画に新しさのないこと、もう一つは、一般会員の立場をあまり考えない行事や記事が多いということではないのでしょうか。この 4 月から学会誌の編集方針が変わるそうですが、いままでの学会誌は私どもがみると、

あまり興味のない記事が多くて一寸眺めたあとは積んでおくといった有様です。小説新潮や文芸春秋のような雑誌と違って、編集の焦点の合わせ方がむづかしいこともよくわかるのですが、編集方針としては、もつと一般会員の意見をとり入れて、多くの会員の技術に役立つような親切な記事をのせるようにして載せたいと思います。むづかしい内容の学術論文、技術論文を多くの会員に理解できるように解説したり、外国や国内の技術を紹介したり、大会、講演会等の様子を要領よくまとめたり等いろいろ考えられます。もちろんこ

こにあげたのは一例ですが、広く会員から意見をもとめたいいろいろなことが出てくると思います。その意見の求め方も、学会誌で広告するというのではなく、いくつかの考え方をあげて、班組織を利用して賛否を求めるような方法をとらないと、成果がないと思います。いままでも役員その他の方々がいろいろと努力されていることはよくわかり、敬意を表しますが、もつと会員のためになる土木学会になるためには企画を強める必要があります、そのためには、企画の中心をつくる必要があるのではないのでしょうか。

【正員 仁杉 巖】