

質 疑 応 答

質 問

PC 鋼線には、ストレス コロージョンという欠陥が生ずるということを知りましたが、これはどのような現象でしょうか。またどの点に注意したらこの欠陥を防げるでしょうか、お教え下さい。

【東京都 目良 誠二】

解 答

まず言葉の定義から説明いたしましょう。コロージョン (corrosion) という言葉を辞書で引いてみますと腐食となっています。これは化学作用を受けて金属などがむしばまれてゆくことです。似た言葉にエロージョン (erosion) という言葉もあります。これも腐食ですがコロージョンと対比して用いるときは機械的作用をうけて金属などがむしばまれてゆくことをさします。しかしストレス コロージョン (stress corrosion) はこのどちらとも違う性質のもので、金属などにあるストレス (応力) がかかっている状態で化学的作用をうけたときに材料に生じてくる欠陥をいいます。多くはきれつ状態であらわれ材料の破断という最悪の状態に達する場合も少なくありません。ここにいうストレスはもちろん引張応力でもねじり応力でもさしつかえありません。しかし一般的に言えば応力の値が低いときは化学作用を常時うけていても一般の腐食と進行程度はあまり変わりません。しかしこの逆に高い応力下では一見化学的作用を受けていると思われぬような微弱な条件でも材料の腐食が進行するものです。なかには低い応力のもとでも化学的腐食に弱い材料ではこの現象がおこることがあります。たとえば引抜黄銅管は加工ひずみが残っているというだけで、アンモニア ガスをわずかに気中に含有する工業都市では知らぬ間に縦にきれつが生じます。これは時間割れ (season cracking) と称しますが広義にはストレス コロージョンの一種です。しかしわれわれは材料が加工状態でもっているひずみ応力程度ではストレス コロージョンとは申しません。少なくとも材料の破断強度の何割かの応力下で化学的作用をうけて生ずる腐食をストレス コロージョンと呼んでおります。

PC 鋼線は高い割合の引張力で緊張しますから条件次第ではこの可能性があるわけです。もちろんストレス コロージョンは PC 鋼線でその性質が発見されたものではなく、すでにいくつかの他の例が知られていたのです。PC 鋼線のこの現象を説明しやすく、また割合によく知られていた先例をあげてみましょう。機械部品等に

用いられる線バネには以前は冷間引抜きを行なって製造した高張力鋼線が使用され、バネ加工後 300°C ぐらいで溶融するソルト (配合化学薬品) でいくぶん温度をあげて、ひずみ取り処理を行なっておりました。ところがこの数 10 年前からよくにた強度を出すのに冷間引伸しによらず連続焼入れ、焼戻しを行なったオイル テンパー線 (oil-tempered wire : oil quench and tempered wire の意) が次第に使われてきました。しかし引抜き鋼線同様のソルト浴で低温焼鈍していると、使用中に非常に早い時期に疲労破断がおこることがわかってきました。この原因を調査してゆくとオイル テンパー線の表面にあらわれてきている微細な金属の結晶組織の結晶粒界をつぎつぎと沿ってきれつが進行していることが認められ、結晶粒をどんどんつきすすんでゆく一般の疲労破壊とは性質が異なっていることが判明しました。この現象は結局ソルトに亜硝酸塩等が用いられている場合、特に激しくおこることがわかり、これらのソルト処理後、単に洗滌したくらいではこれらの化学薬品が材料の表面に残存して高応力の使用条件化で、急速な破壊となったものとされました。それでこのようなオイル テンパー線はもっとも無難な熱風炉でひずみ取り焼鈍が行なわれるようになり、問題も解決してアメリカ合衆国等では非常によく使用されています。冷間引抜き鋼線でストレス コロージョンがおこりにくいのは、金属結晶が引抜き作業をくりかえされたために細く長く伸びており、結晶粒界をたどって腐食が進むのがオイル テンパー線に比較すればなかなか困難だからだと申せます。

PC 鋼線にはいま述べましたバネ鋼線同様、冷間引伸しを行なった高張力鋼線とオイル テンパー処理を行なった高張力鋼線の 2 種類があります。従ってストレス コロージョンの対象は一般に後者についてであることがおわかりと思います。オイル テンパー線といえども前述のバネの例と同様、なんでもかでもこの現象がおこるものではありません。ストレス コロージョンが生ずるのはほんの限られた条件においてであり、また十分避けることのできるものなのです。

まずオイル テンパー線が非常に優れた真直性をもつ材料であることを申し述べましょう。ところがこれを輸送保管に便利のようにコイル状にまいたとします (そしてこれが常例である訳ですが)。もし線径とコイル径の比が小さい場合、すなわち無理して小さな coil にすると線の外側には大きな引張応力がかかります (小さく巻くにしても塑性域で曲げぐせをつけてしまえば応力は低くなりますが、これでは PC 鋼線に不適當になります)。この状態で有機物の多い腐食性の土壌、汚泥等に

長時間接触させておくことが、海水の飛沫のかかってくる場所に放置などすると、はなはだしい場合にはコイルの状態のままで線が破断し始めます。たとえコイル状では異常が発見されなくても PC 鋼線をケーブルとして配置し緊張したときにグラウトまでの間に破断することがあります（グラウト後は破断の例を聞きません、またおこらぬものとされています）。従ってわれわれはオイル テンパー線は作業にさしかえない範囲で大きなコイル（コイル径は線径のほぼ 300 倍にする）にしています。コイルを立てるのも、上に品物でもさらに積まれることを予想すると好ましくありません。保管に前述のような無関心な状態はさけるように十分注意を願うことにしています。F.I.P. の第 1 回の会議では、これらの注意に加えてあまり曲げたケーブルにオイル テンパー PC 鋼線は使用しない方がよからうともいわれました。

欧州ではこれらの諸注意を払って、さかんにオイル テンパー PC 鋼線が使用されています。一般の丸線もありますし、最近の Leonhardt 工法の扇状定着に用いられる、だ円リブつき鋼線の例もあります。これに反してアメリカ合衆国では、こと PC 鋼線に関してオイル テンパー線は全く用いません。理由はよくわかりませんが、あるいは自然に現代の形になってしまったのかもしれない。

せん。

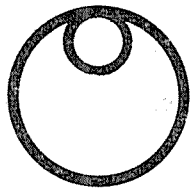
われわれは一応オイル テンパー線は上記の処置でストレス コロージョンを避けられるものと考えておりますが、さらに製造技術上からも熱処理に際して金属の結晶粒子が粗大化しないように十分の注意を払い、また同様に熱処理中の微細な割れ (micro crack) の発生をみないよう作業方式を考えて製造を行なっています。

いま F.I.P. ではこのストレス コロージョンの現象をふくめて、PC 鋼線の破断例を各国にわたって調査総合しております。いずれこの結果からもストレス コロージョンの実体について、より明確なことがわかってくると思います。

最後にストレス コロージョンの性質上、冷間引伸し線についても必ずしも楽観は許しません。実験的にはより激しい条件では冷間引伸し線でもこの現象を現出させることができます。アメリカ合衆国で以前 PC ヒューム管のコンクリートに塩化カルシウムを多く配合して、相当な事故を起した例もあるからです。

重ねて申しますがストレス コロージョンは線の製造会社、使用者側双方で注意することにより避けうるものといえましょう。

【住友電気工業 KK 宮川 一郎】



株式会社 十二製作所

取締役社長 南出他十郎

本社 東京都千代田区丸ノ内 1 丁目 1 番地
 (国際観光会館 4 階 432 号室)
 電話 丸ノ内 (231) 7812・5081 番

工場 東京都江東区南砂町 1 丁目 1016 番地
 電話 深川 (641) 2306・5329 番