

氏名	竹中哲哉 たけ なか てつ や
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第324号
学位授与の日付	昭和45年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	構造用低炭素鋼鑄物の遠心力鑄造に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 森田志郎 教授 尾崎良平 教授 盛利貞

### 論文内容の要旨

本論文は、遠心力鑄造法による建築土木構造用低炭素鋼管柱の製造工程における諸問題を実験的に解明して、その工業的製造法を確立するに至った研究をまとめたもので、序言および7章よりなっている。

序言においては、特殊形状の鋼管の工業的製造に遠心力鑄造法を適用すれば、圧延鋼材の成形加工法によるよりもその生産工程を著減できる利点があるにもかかわらず、この方法が従来実施できなかった理由を調べて、その工業的製造を可能にするための手段を探求することが、著者が本研究に着手した動機であると述べている。

第1章において、著者は詳細な文献調査結果と自己の実地経験とに基づいて、遠心力鑄造炭素鋼管に発生する高温亀裂、肉厚断面における化学成分特に炭素の偏析ならびに成層現象などの問題の解決が、その工業的製造法の確立に対する必須条件であると提案し、一方、建築土木構造用鋼管は優れた熔接性の点からその鋼種が低炭素鋼に限定される前提条件の下に、JIS規格熔接用圧延鋼材 SM 50 B に匹敵する鑄造用鋼として、Dearden-O'Neill の炭素当量を0.45%以下とする化学成分を設定した経過を述べた後、本研究の目的と実施方針を述べている。

第2章において、遠心力鑄造低炭素鋼管では特に大口徑厚肉管の内周部に高温亀裂発生の頻度が高く、しかも回転鑄型支持ローラーの位置附近に集中する現象から、著者はその一原因として、従来研究されていない回転鑄型の振動に着目し、まず模型実験によって回転鑄型の振動と鑄造管の内面状態との関係を調べている。小型遠心力鑄造機を用い、鑄型に種々の振動を興えて振動計によって得た電磁オッシログラム上の最大振巾をもって振動状態を評価し、振動抑制には支持ローラーの外周部と軸との間に防振ゴム環を挿入する著者考案の方法を用い、パラフィンと木蠟の熔融混合物を鑄造して、鑄型の振動と回転数が凝固管の内面状況に及ぼす効果を観察した。熔湯の注入により鑄型に不規則振動が生じ易く、その最大振巾が増すが、鑄型の仕上げ精密度の向上により減少し、防振ゴム環の挿入によって更に著減する。防振ゴムの硬度60度が最適であり、ゴム環に加わる圧力が  $5.74\text{Kg/cm}^2$  の場合、最大振巾は回転数が500~900rpm

の範囲では大差なく、1000rpm 以上になって増す傾向がある。最大振巾が0.06mm 以下では鑄造管内面の平滑度が著しく改良され、回転数が525~790rpm (G No. 30~70) の範囲ではその増加と共に更に改良されるが、0.06mm 以上で管内面に白濁異常部が支持ローラー附近に発生し易く、振巾増加と共に全内面に拡大することを認め、これらの現象が低炭素鋼管内面の高温亀裂発生状態に対する著者の実地観察とよく一致していることを見出した。なお、著者は白濁異常部発生の原因は鑄型内の熔融物の内表面の乱れによる空気の巻き込みにあると考察している。

第3章においては、前章の研究結果に基づき、著者は工場生産用砂型遠心力鑄造機において、硬度60度の防振ゴム環を支持ローラーの中心部とタイヤ部との連結部に挿入する方法を考案し、この防振支持ローラーを使用した場合と使用しない従来の場合とについて多数の低炭素鋼管を鑄造し、鑄型の最大振巾と高温亀裂発生状態との関係を求め、亀裂発生防止法を確立している。防振支持ローラー使用は特に熔鋼鑄込直後の最大振巾の減少に有効であり、高温亀裂は鑄型の最大振巾が小さい場合には発生せず、その振巾増加と共に管内内表面層において支持ローラー附近に発生することが認められた。著者はこの現象を、振動により熔鋼の内表面に乱れが生じ、熔鋼表面層の酸化程度が大となって酸化物介在量が増し、内表面層における鋼の結晶粒の結合が弱められる結果であろうと考察している。

第4章においては、遠心力鑄造低炭素鋼管における成分偏析と成層現象に関する研究を述べている。まず、前章と同じ防振支持ローラーを備えた砂型および金型遠心力鑄造機を用いて鑄造した外径900mm、厚さ80mm、長さ2.7mの低炭素鑄鋼管の断面における成分偏析と鑄型回転数、鑄込温度ならびに冷却速度との関係を調べ、偏析には化学成分が最外層より相当内部まで大差なく、内面附近で急増する内面集中型偏析と、最外層より肉厚の約1/3までは大差ないが、それより内面にかけて漸増する漸増型偏析の2種があり、特に炭素において顕著であることを見出した。著者はこの現象を考察して、回転鑄型内の熔鋼は最外層より凝固を開始し、晶出した $\gamma$ 固溶体樹枝状晶間の残液は内部の流動熔鋼と混合され易いので残液に濃縮された炭素の拡散も速かに行なわれて、流動溶鋼が比較的多い間は溶鋼中の炭素量増加が顕著ではなく、従って逐次晶出する $\gamma$ 固溶体の炭素量も初期のそれと大差がないが、凝固が進行して内部の流動熔鋼量が減じ、混合熔鋼の炭素量増加、従って晶出する固溶体の炭素量増加が顕著となると考え、冷却速度が大きいかまたは鑄込温度が低く、回転数が低い条件下では、樹枝状晶間の残液と内部の流動熔鋼との混合が十分に行なわれ難くて漸増型偏析を生じ、その逆の条件下では上述の混合が十分に行なわれる結果内面集中型偏析を生ずると説明し、他の元素についても同様に考えられると述べている。熔接の際にその内面を削除する建築土木用構造用鋼管に対しては、内面集中型偏析が望ましく、これは鑄型回転数の増加と鑄込温度の上昇並びに砂型の使用によって得られ易いことを明らかにした。

次に、金型鑄造低炭素鋼管の断面に生成する成層現象をサルファプリント、顕微鏡組織およびEPMA走査によって調べた結果、成層現象は化学成分の顕著な偏析ではなく、鑄型内の熔鋼の流れの積層に基づく湯境部の生成であることを明らかにしている。即ち先行する熔鋼表面に酸化物層が生じて、その上に重なる後続する熔鋼層との間に極めて薄い酸化膜層が介在することになり、また後続熔鋼層にも酸化物が混入し易く、これらの酸化物と熔鋼中炭素との反応による気孔の生成、断面切削時の介在酸化物脱落による小孔の生成などによりサルファプリントに濃色層が生ずると述べている。回転数が増すほど先行熔鋼層の

厚さが大となり、外表面から最初の顕著な成層境界部が内方に移動し、一方鑄型の振動が大きい場合は熔鋼の流れに乱れが生じ易く、先行熔鋼層の厚さが小となり、かつ酸化反応量も増大する結果多数の顕著な成層部を生ずることになる。これらの考察に基づき、成層現象の生成は鑄型回転数の増加および最大振巾の減少により防止できることを示した。

第5章においては、上述の基礎的研究の結果得られた最適鑄造条件で、塩基性アーク炉の熔鋼を用いて、著者設定の基準化学成分を有する肉厚27~75mm、外径500~900mm、長さ2.7~5mの単純円筒状金型遠心力鑄造低炭素鋼管10本を鑄造し、SM50Bと同様な性質を得るのに適した熱処理条件を調べた後、肉厚断面の各層におい軸方向及び円周方向の試験片を採取して、引張試験、衝撃試験および曲げ試験を行ない、それらの結果の方向性を検討し、さらに熔接性を調べている。熱処理条件としては920°Cで肉厚27mmの場合は4h、75mmの場合は10h加熱後空冷する焼準処理を採用した。機械的性質には方向性は認められないが、内面集中型偏析による炭素量の変化に対応して、最外層よりある厚さまでは引張強さ、伸び、衝撃値はいずれも高品質が勝れていることを認めた。また、室温熔接では厚さ20mm以下の場合にのみ良好な結果が得られるに過ぎないが、予熱熔接により良好結果が得られることを認めた。これらの結果により、供試管の材質がSM50Bと同じかこれよりも優れた機械的性質と実用的に良好な熔接性を有することを確認した。

第6章においては、建築土木構造用管柱とし要求される特殊形状の遠心力鑄造低炭素鋼管の2種につき、それらの特に肉の厚いリングスティフナー部の機械的性質を調べた結果を述べ、この肉厚部が直管部および大径部より優るとも劣らない性質を有し、SM50Bに匹敵するものであることを確認している。

最後に、これらの遠心力鑄造低炭素鋼管が、多くの高層および超高層建築物、新大阪駅、地下鉄、地下街など多くの建築土木構造に実用されて、著者の研究結果が十分に効果を挙げていることを、実例を以て示している。

第7章においては、上述の結果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、建築土木構造に要求される特殊形状の鋼管柱が、圧延鋼材の成形加工によっては要求条件を満たした製品として供給され難いため、その工業的製造に成型の融通性と生産工程の短縮の利点をもつ遠心力鑄造法を適用することに着目し、その製造工程における主要な諸問題を解決して、本邦並びに外国を通じて初めてその工業的製造法を確立したものである。この鋼管は施工上優れた熔接性を具備する必要から、低炭素鋼が用いられるので、まず著者は Dearden-O'Neill の炭素当量を0.45%以下として、熔接構造用圧延鋼材 JIS 規格 SM50B の材質に匹敵する化学成分を設定し、この鋼種を用いて遠心力鑄造鋼管を製造する場合に解決すべき問題は、管内面における高温亀裂の生成、肉厚断面における化学成分の偏析並びに成層現象の生成であることを指摘し、これらの現象の生成機構を模型実験および現場実験によって解明し、その防止法を見出している。得られた成果のうち主要なものは次の如くである。

1. 高温亀裂の生成には回転鑄型の振動が重要な因子であり、最大振巾を小にするとその生成が防止できる。その理由は振動により鑄型内の熔鋼内表面に乱れを生じ、表面層の酸化程度が大となり酸化物介在

量が増して結晶粒の結合が弱められるからである。この事実は著者が初めて確認したものであり、著者は独自に防振支持ローラーを考案して高温亀裂防止に成功した。特に従来法では亀裂を防止できなかった13クローム鋼中空ロール鋳造に成功したことは注目に値する。

2. 遠心力鋳造低炭素鋼管の肉厚断面における成分偏析には、内面集中型と漸増型とがあり、特に炭素の偏析が他元素よりも著しいことを見出し、それらの偏析機構を考察して、建築土木構造に望ましい内面集中型偏析は鋳型の回転数増加と鋳込温度上昇とによって得られることを明かにしている。

3. 遠心力鋳造低炭素鋼管の肉厚断面における成層現象は、成分偏析によるものではなく、鋳型内に鋳込まれた熔鋼の先行層表面の酸化と後続層との間の反応により小孔の生成する結果であることを明らかにし、鋳型の回転数増加と最大振巾の減少とにより成層現象が防止できることを見出した。

4. 上述の基礎的実験結果を実際の鋳鋼管の製造に適用して、その信頼性と実用性を実証した。

これを要するに、本論文は従来全く工業的に製造できなかった特殊形状の建築土木用鋼管を遠心力鋳造法によって鋳造する場合の主要問題点を指摘してこれらを解決し、その工業的製造法を確立したもので、その研究過程において多くの新しい知見を得ており、学術上、工業上に寄与するところが大きい。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。