



第4章 第2節

ゴム支承の性能検査と製品外観

1. せん断変形性能試験(せん断破壊試験)
2. 疲労耐久性能試験(圧縮疲労試験)
3. ゴム支承の外観
4. 性能検査による外観
5. 鋼材部品の溶融亜鉛めっき処理後の外観
6. アンカーボルト

1. せん断変形性能試験(せん断破壊試験)

1) 試験機能力と試験体形状

試験体はゴム支承製造会社が製作可能な最大寸法で確認するのがよいが、ゴム支承製造会社保有の二軸試験機(鉛直荷重載荷しながら水平変位を与える試験機)の能力の関係上、またせん断変形性能が座屈等の影響により確認が困難とならないよう二次形状係数が4程度以上とした、試験可能な試験体形状にて試験を実施するのがよい。

図1-1. に試験体の一例を示す。この試験体は国内最大クラスの二軸試験機(鉛直載荷力40MN、水平載荷力10MN)を使用した場合のせん断変形性能試験最大寸法の試験体であり、設計寸法は□1000mmである。

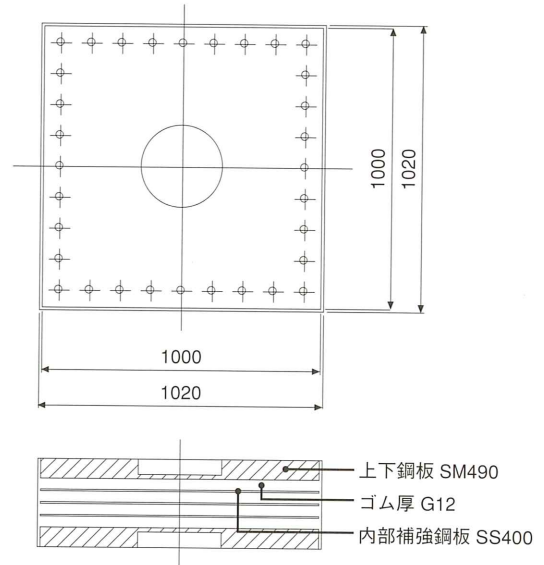


図1-1. 試験体の一例

2) 試験頻度

せん断変形性能試験はゴム支承の極限状況を確認するための試験であるため、日常検査の一つとして実施する試験ではない。そのため、ゴム支承製造会社は定期的にゴム種別毎に試験を実施し、せん断変形性能を確認するのがよい。

なおゴム材料はせん断弾性係数Gが大きくなるほど破断伸びが低くなり、支承本体としてのせん断変形性能が小さくなる傾向がある。このため一般的には品質管理の対象となるゴム材料の中で試験条件の厳しくなる、せん断弾性係数G12を用いて許容せん断ひずみ以上のせん断変形性能を確認すれば、それよりもせん断弾性係数Gの小さい(破断伸びが高い)ゴム材料を用

いたゴム支承本体に対しても性能を保証することが出来る。

3) 試験方法および試験条件

- ①せん断変形性能試験に先立ち、支承の基本性能が判定基準を満足するか確認する。一般的に確認される試験例を「表1-1. 基本性能確認試験の試験条件例」に示す。
- ②一般的なせん断変形性能試験の試験条件を「表1-2. せん断変形性能試験の試験条件例」に示す。

表1-1. 基本性能確認試験の試験条件例

検査項目	試験方法・条件	判定基準
水平せん断試験 ・せん断剛性 ・等価減衰定数	①鉛直荷重 設計死荷重相当(6N/mm ²) 載荷 ②水平変位 総ゴム厚の±175%、またはレベル2地震動の有効設計変位の正負繰り返し ③加振回数 分散支承では3回 免震支承では10回 ④評価 分散支承では3回目の値 免震支承では10回の平均値	①せん断剛性が設計値の±10%以内 ②免震支承では等価減衰定数が設計値以上 ③外観に有害な変形がなく、異状がないこと

表1-2. せん断変形性能試験の試験条件例

検査項目	試験方法・条件	判定基準
せん断変形性能	①鉛直荷重 死荷重相当(6.0N/mm ²) ②水平変位 片押し単調載荷	①破断ひずみが総ゴム厚の250%以上であること

4) 試験結果例

□1000mm試験体による試験結果の一例として、図1-2にせん断変形グラフを、写真1-1～1-5に試験状況を示す。図1-2のグラフ上で水平荷重が最大となった時点が破断点となり、この時の水平変位が破断ひずみとなる。



写真1-1. せん断変形250%時

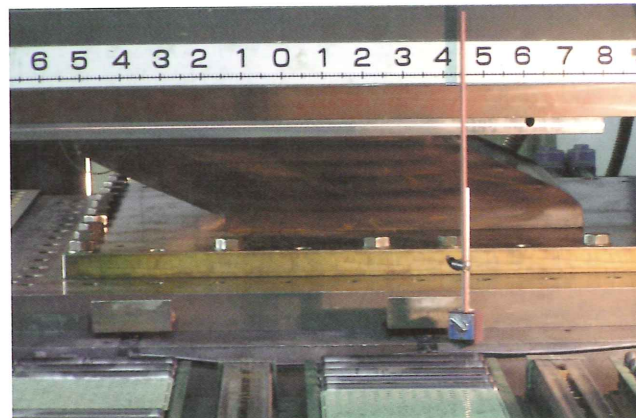


写真1-2. せん断変形300%時

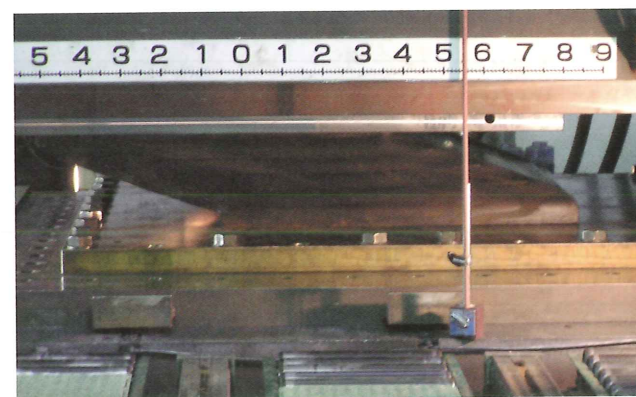


写真1-3. せん断変形350%時

5) 注意事項

せん断変形性能試験を実施した試験体は極限状態まで加振され、破壊もしくは限界状態となっているため、支承としての性能を保持していない。このため試験後の試験体はゴム支承として実橋に使用することは不可能である。

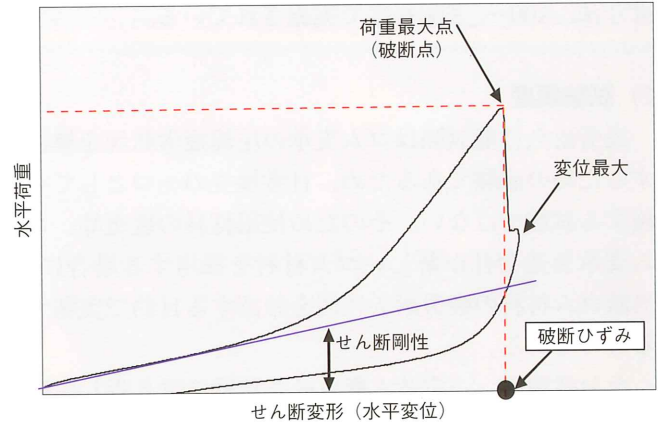


図1-2. 試験結果例



写真1-4. 破断直後



写真1-5. 試験後の試験体

2. 疲労耐久性能試験（圧縮疲労試験）

1) 試験機能力と試験体形状

疲労耐久性に使用する試験機は、ゴム支承を高速で繰り返し荷重载荷により疲労させるため、日常検査で使用される二軸試験機ではなく高速サーボ機構をもつ油圧アクチュエータで試験する必要がある。このため、今まで実施されてきた試験体は、ゴム支承製造会社もしくは試験機関所有の試験機能力の関係によって、設計寸法□100～□600程度で実施されている。

2) 試験頻度

疲労耐久性能試験はゴム支承の圧縮疲労状況を確認するための試験であるため、日常検査の一つとして実施する試験ではない。そのため使用材料の変更等、ゴム支承製造会社が新しいゴム材料を採用する場合に、当該ゴム材料の疲労耐久性能を確認する目的で実施するものである。

なお試験は、一定せん断させた状態で繰り返し圧縮

荷重を载荷することで発生するひずみが、ゴム支承に異常な影響を与えない事を確認するものであり、ひずみに対する余裕の少ない弾性係数G12を使用した試験体により性能を確認すれば、その他のせん断弾性係数の材料を使用したゴム支承についても性能が保証されると言える。

なお、日常検査においてはこれまでに行われた疲労耐久性の試験結果（報告書）により、性能が保証されていることを確認するのがよい。

3) 試験条件

疲労耐久性能試験の疲労条件および判定基準を「表2-1. 圧縮疲労条件」に示す。

試験ではこれに合わせて、初回、および50万回疲労毎に基本性能の確認試験、および外観、残留ひずみの確認を行うことがある。基本性能試験条件を「表2-2. 基本性能確認試験例」に示す。

表2-1. 圧縮疲労条件

検査項目	試験方法・条件	判定基準
疲労耐久性能試験 ・圧縮疲労試験	①水平変位 一定せん断ひずみ70% ②鉛直荷重 圧縮応力振幅5.5～12.0N/mm ² ③载荷回数 200万回 ④振幅速度 2Hz (0.5sec)	①200万回疲労後において外観に亀裂などの異状がなく、圧縮変形性能に著しい変化がないことを確認する。

※試験により発生した残留ひずみは異状ではない

表2-2. 基本性能確認試験例

検査項目	試験方法・条件	判定基準
圧縮载荷試験 ・圧縮ばね定数	①鉛直荷重 圧縮応力度1.5～6.0N/mm ² ②载荷回数 3回 ③評価 3回目の値	①初回の圧縮ばね定数が設計値に対して±30%以内
水平せん断試験 ・せん断剛性 ・等価減衰定数	①鉛直荷重 死荷重反力载荷 ②水平変位 総ゴム厚の±175%、またはレベル2地震動の有効設計変位の正負繰り返し ③加振回数 分散支承では3回 免震支承では10回 ④評価 分散支承では3回目の値 免震支承では10回の平均値	①初回のせん断剛性が設計値の±10%以内 ②免震支承では初回の等価減衰定数が設計値以上

4) 注意事項

疲労耐久性能試験を実施した試験体は極限に近い状態まで疲労されているため、今後、支承としての性能

を継続して発揮することは難しい。このため試験後の試験体はゴム支承として実橋に使用することは不可能である。

5) 試験状況と試験結果写真



写真2-1. 疲労試験状況（全景）

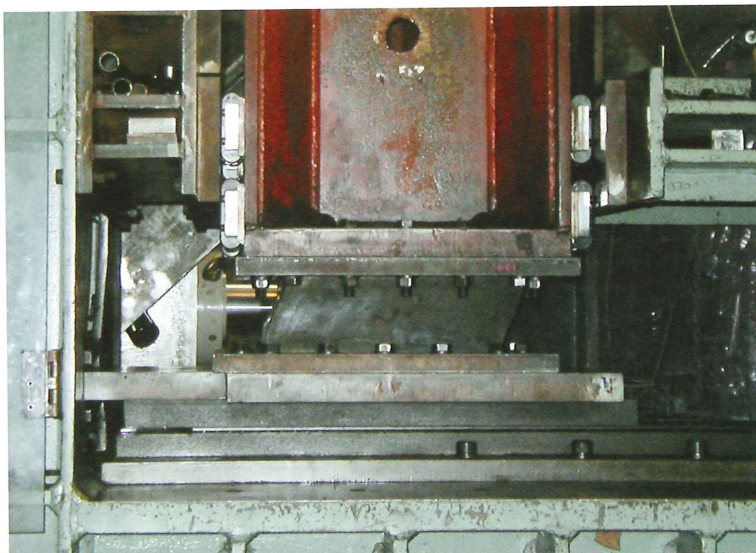


写真2-2. 疲労試験状況（近景）



写真2-3. 疲労試験前試験体



写真2-4. 200万回疲労試験後試験体 外観異常なし

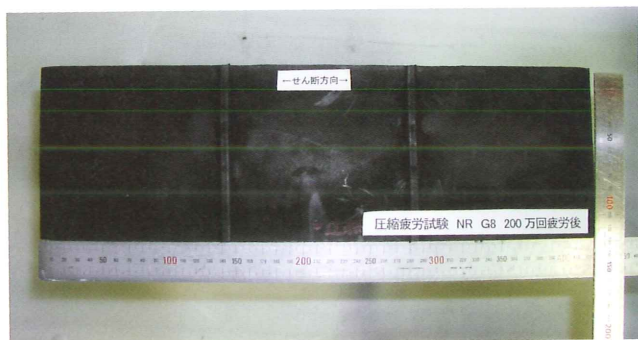


写真2-5. 200万回疲労後試験体加振方向



写真2-6. 200万回疲労後試験体 加振直角方向

3. ゴム支承の外観

1) ゴム支承の製造時に生じる外観

ゴム支承は金型（モールド）を使用して加硫成型するため、下記の要因による外観が生じることがある。

- ① ベントホール痕
- ② 金型の合わせ面のバリ
- ③ 金型研磨痕の転写
- ④ 製造番号刻印用溝痕

これらは主に金型に起因するため、各支承製作会社の金型構造により外観が異なる。しかしこれらの製造時に生じる外観の違いは支承性能には全く影響しない。加硫成型時に生じる外観の例を写真3-1～3-6に示す。

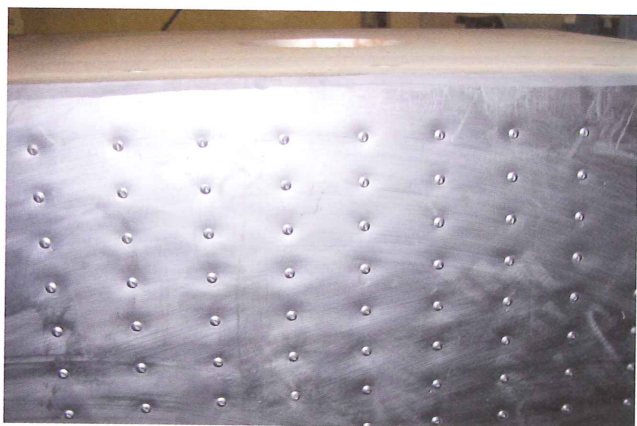


写真3-1. ベントホール痕



写真3-2. ベントホール痕



写真3-3. 金型合わせ面の痕

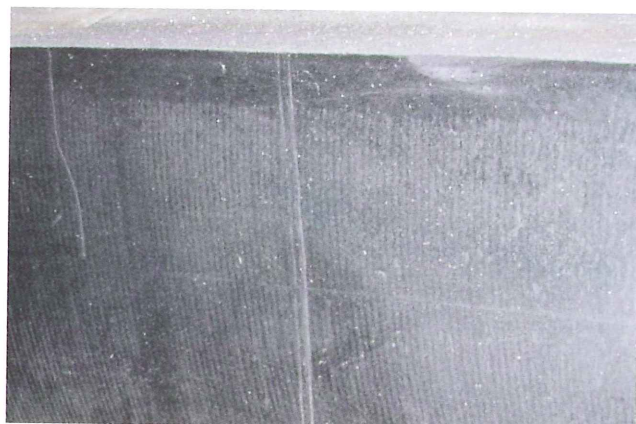


写真3-4. 金型研磨痕



写真3-5. 金型研磨痕



写真3-6. 製造番号刻印用溝痕

4. 性能検査による外観

1) せん断変形に伴う面外変形

ゴム支承がせん断変形を受けた場合、せん断変形率の増大により水平力が大きくなると、内部鋼板に作用する曲げ応力により、支承便覧図-3.6.9に示すような面外変形が発生する。この現象はパット型ゴム支承の

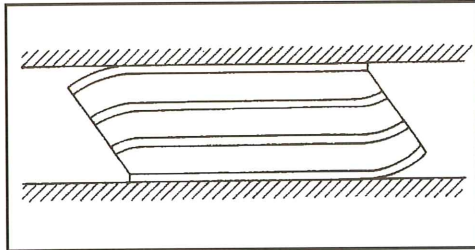


図-3.6.9 せん断変形に伴う面外変形 (支承便覧 152頁)

様な内蔵鋼板（特に上下鋼板）の厚さが薄いゴム支承で顕著であり、せん断試験時に写真4-1～4-3に示す様な「まくれあがり」現象として発生する。特に写真4-4、4-5は図-3.6.9の面外変形を再現するためにゴム支承を切断し、試験を実施した。



写真4-1. せん断変形時の支承端部のまくれあがり

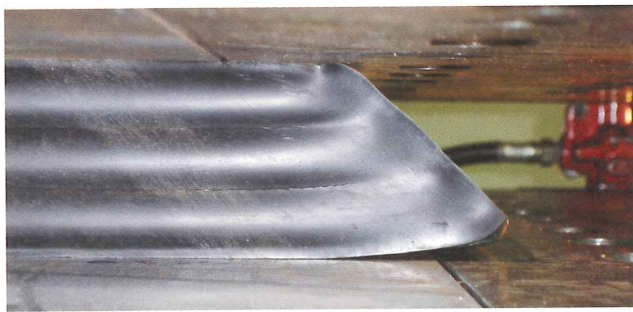


写真4-2. 下鋼板端部のまくれあがり



写真4-3. 上鋼板端部のまくれあがり



写真4-4. 下鋼板の面外変形

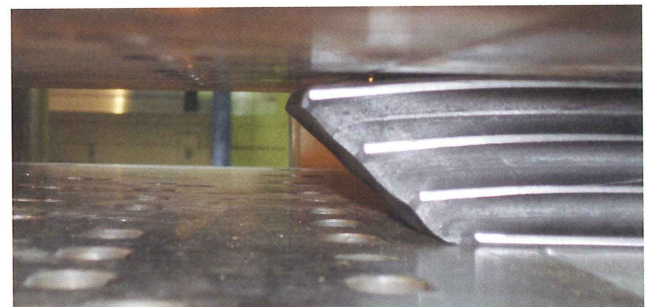


写真4-5. 上鋼板の面外変形

2) 性能検査後のゴム支承製品外観

a) 試験治具の痕

ゴム支承の性能検査時には、安全のためにゴム支承上下に試験治具をボルトで連結した上で二軸試験機に固定する。この時の試験治具は支承形状毎に専用の試験治具を製作、使用するのではなく、既存の試験治具に各支承のボルト配置に合わせて、その都度ボルト穴を追加加工していくため、試験治具には様々なボルト穴が配置されている。そのため試験後のゴム支承上下面には、治具に挟み込まれていた痕として写真4-6の様な治具のボルト穴が転写されていることがあるが支承性能には影響はない。



写真4-6.試験治具のボルト穴の転写

b) 老化防止剤の滲出

ゴム支承には耐候性（耐オゾン性、耐光性、耐熱性等）を良くするため、様々な老化防止剤等の配合薬品を配合している。これらの老化防止剤はゴムの変形によってゴム内部より滲出し、ゴム表面へ出現する機構としている。老化防止剤がゴム表面へ出現する事により、純粋なゴム表面を老化防止剤が覆い、老化の様々な外的要因から保護する役割を果たす。この時、老化

防止剤の種類等によって埃状に見えるもの、ツヤ出した様に見えるもの様々である。

ゴム支承の性能検査時においても、圧縮方向、せん断方向とゴムが変形するためゴム表面へ老化防止剤が滲出している。特にせん断試験後においては高伸長されるため顕著である。これらの老化防止剤は拭き取らない方が良い。



写真4-7. 性能検査後の老化防止剤の滲出



写真4-8. 性能検査後の老化防止剤の滲出



写真4-9. 性能検査後の老化防止剤の滲出



写真4-10. 性能検査後の老化防止剤の滲出

c) ふくらみとしわ

1層厚が厚いゴム支承では、試験後の側面部がふくらむことがある。これは試験により加圧するための残留応力によるものである。また同時に内部鋼板を配置した付近の側面被覆ゴム部にしわが入ることが

ある。これはクラックに見えるが、被覆ゴムと内部鋼板との接着力、および本体ゴムの膨出の関係で出現するものであり、支承性能には問題ない。

写真4-11に試験後のふくらみとしわの発生状況を、写真4-12にしわの拡大を示す。



写真4-11. 試験後のふくらみおよびしわの発生



写真4-12. しわの拡大

5. 鋼材部品の溶融亜鉛めっき処理後の外観

1) 鋼材の加工痕について

鋼材が厚い支承の鋼製部品はガス切断、溶断等により加工されるため、小口などの切断面に加工痕が残ってしまう。これに溶融亜鉛めっきを施すと、めっき面が光を反射し、加工痕の凹凸が浮き出る様に見えてし

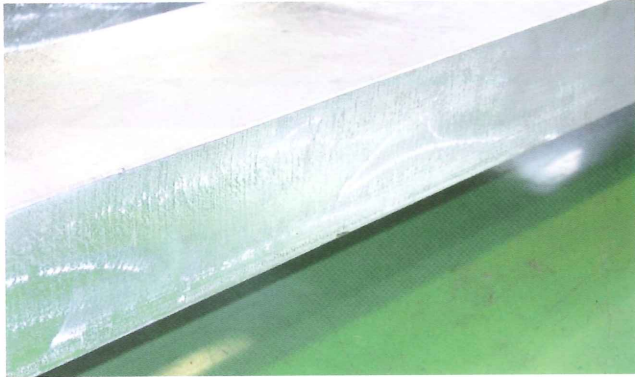


写真5-1. 鋼材切断面へのめっき

まう。これは母材に打痕がある場合も同様である。しかしこれは鋼材加工不良もしくはめっき不良ではなく、防せい効果および使用上には全く影響がない。鋼材加工痕の例を写真5-1～5-4に示す。

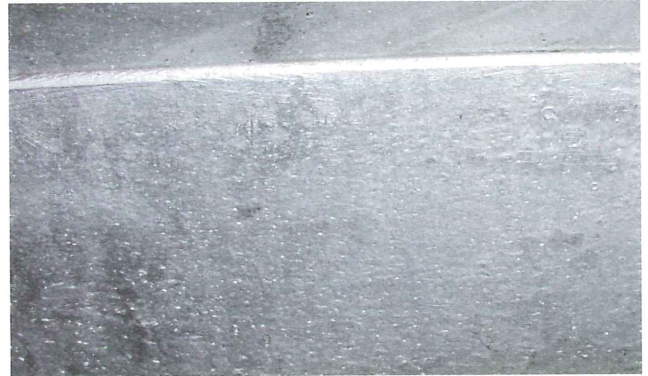


写真5-2. 鋼材切断面へのめっき



写真5-3. 鋼材切断面へのめっき



写真5-4. 鋼材の打痕へのめっき

2) 耐食性に影響を及ぼさないめっきの外観欠陥および補修例

溶融亜鉛めっき作業に伴い、かけ、ざらつき、たれ、ふくれの耐食性に影響を及ぼさない外観欠陥が

発生することがある。これらは防せい効果および使用上には影響がないが、外観を補修した上で使用する。耐食性に影響を及ぼさない外観欠陥例を写真5-5～5-6に、また補修後の例を写真5-7～5-10に示す。



写真5-5. めっきのかけ



写真5-6. めっきのたれ



写真5-7. 平面部の膨れの補修例

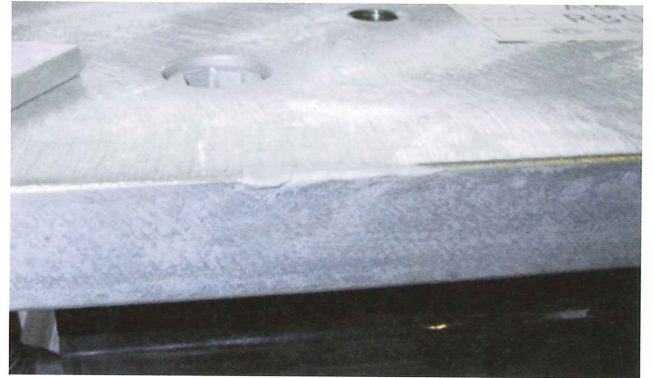


写真5-8. 端部のかけの補修例



写真5-9. 端部のかけの補修例



写真5-10. 小口のバフかけ補修例

長期保管されためっき製品には、降雨または多湿（湿潤）状態により酸化皮膜が発生することがあり、これが白さびと呼ばれている。フランジ付きゴム支承などではめっきされた鋼板とゴムとの加硫接着により変色することがあり、またフォークリフト等の

重機による工場内移送中に押痕が付くことがある。

しかしこれらはめっき面が削れる、めっき膜厚が減少する、というのではなく、防せい効果および使用上には全く影響がないため、通常はそのままの状態で使用する。写真5-11～5-15に例を示す。

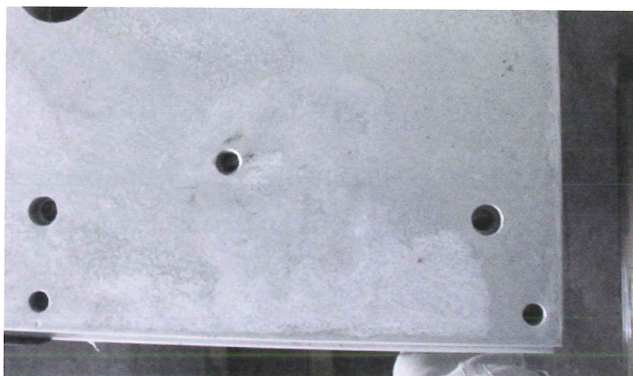


写真5-11. 白さび



写真5-12. 白さび



写真5-13. 加硫後のめっき面の変色



写真5-14. 加硫後のめっき面の変色（拡大）

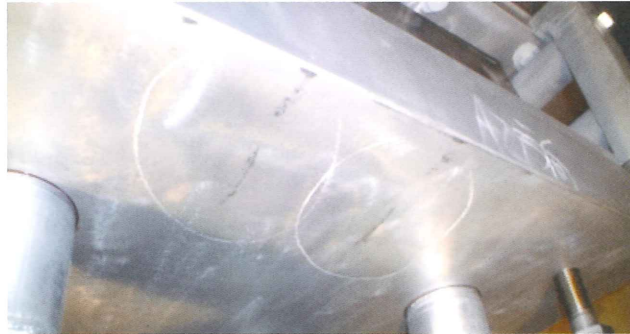


写真5-15. フォークリフトによる押痕

（めっきにかけ、きず等は無く、耐食性には問題がない）

3) あってはならないめっきの欠陥

熔融亜鉛めっき施工が不良であると、不めっき、たれ、かすびき等が発生する。まためっき施工後に外的要因により母材まで至る深いきずが付くことが

ある。これらは耐食性に影響を及ぼす、あってはならない欠陥であり、欠陥の程度によっては補修では防せい効果が期待出来ないため、再めっきする必要がある。一例を写真5-16～5-19に示す。



写真5-16. 不めっきによるはく離

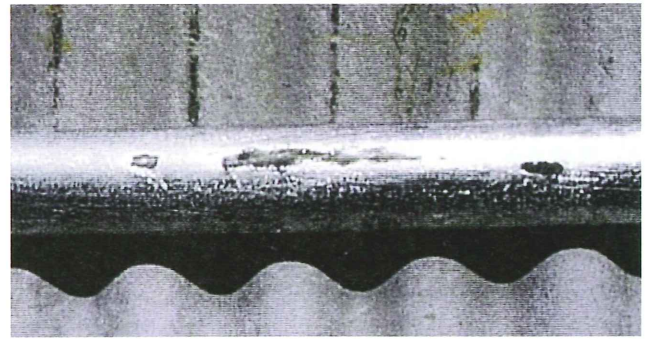


写真5-17. 丸鋼の不めっき

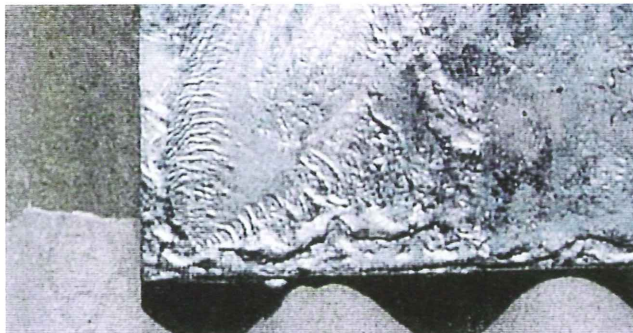


写真5-18. めっきのたれ

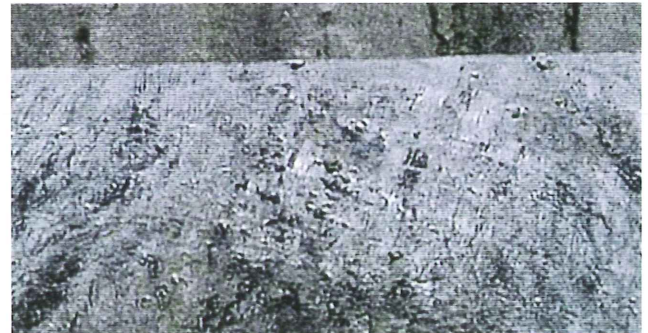


写真5-19. かすびき痕

4) ボルトの補修

ダクロタイズド処理した六角ボルト・六角穴付きボルトは、鋼材部品の組み立てによる締め付けにより、

防せい被膜がはがれてしまうことがある。このため一般的には鋼材組み立て後にボルトヘッド部を補修材でタッチアップする。

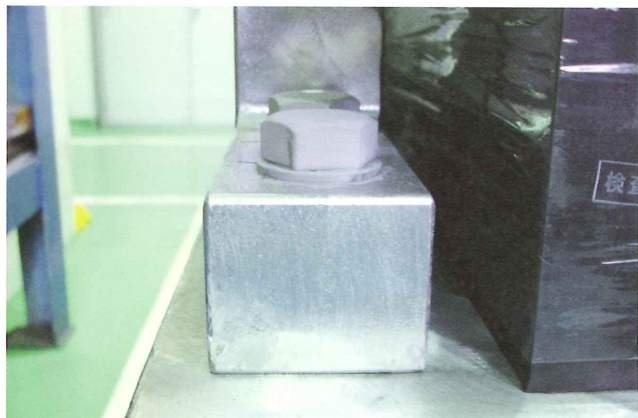


写真5-20. 六角ボルトへのタッチアップ

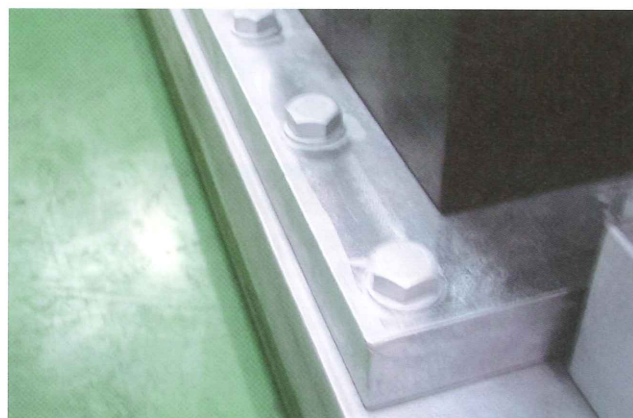


写真5-21. 六角ボルトへのタッチアップ



写真5-22. 六角ボルトへのタッチアップ



写真5-23. 六角穴付きボルトへのタッチアップ

5) 補修方法および補修材

溶融亜鉛めっきの耐食性に影響を及ぼさない外観欠陥のうち、ざらつき、たれ、ふくれ等、表面が凸部となった場合には、グラインダー、サンダーベルト等により、表面をならす程度に補修し、めっき表面を仕上げるのがよい。ただし防せい効果を保持させるために表-4.2.14で規定されている付着量以下となつてはならないため、補修後には製品を直接電磁式膜厚計により膜厚を測定し、付着量を確認するのがよい。

また、鋼板端部の溶融亜鉛めっきのかけ、ダクロタイズド処理した六角ボルト・六角穴付きボルトのボル

トヘッドの防せい皮膜のはがれ等の補修には、亜鉛含有量が90%以上の高濃度亜鉛末塗料（ローバル、ZRC、スーパージンクジンクリッチ等）を塗布するのがよい。これらは高濃度の亜鉛粉末を有機溶剤に含浸させた塗料であり、「常温亜鉛めっき」とも呼ばれており、乾燥後は溶融亜鉛めっきと同様な防せい効果を期待することが出来る。また含有されている亜鉛の形状（球状粉末、リン片状粉末）の差、および補修方法（刷毛塗り、スプレー）により仕上がり面が異なることがあるが、防せい効果・耐食性に差異は全くない。

6. アンカーボルト

支承に使用されるアンカーボルトは、支承便覧の図-3.5.4に、(a)丸鋼、(b)異形棒鋼、(c)異形化丸鋼が示されている。また異形化丸鋼はSR235等の細径の丸鋼を溶接したものであり、全周溶接したもの、千鳥溶接したものがある。また防せい処理として溶融亜鉛めっきを施すことがある。写真6-1～6-6に各アンカーボルトの例を示す。

溶接部には開先防錆塗装を施すことがある。開先防

錆塗装は溶接に影響を及ぼさない防錆効果を求められているため、完全な防錆効果を期待することが出来ず、そのために錆が発生することがある。また不めっき仕様のアンカーボルトに一時的な防錆効果を期待して、サビラズ等の簡易防錆剤を塗布することもあるが、屋外放置などの環境によっては錆が発生することがある。

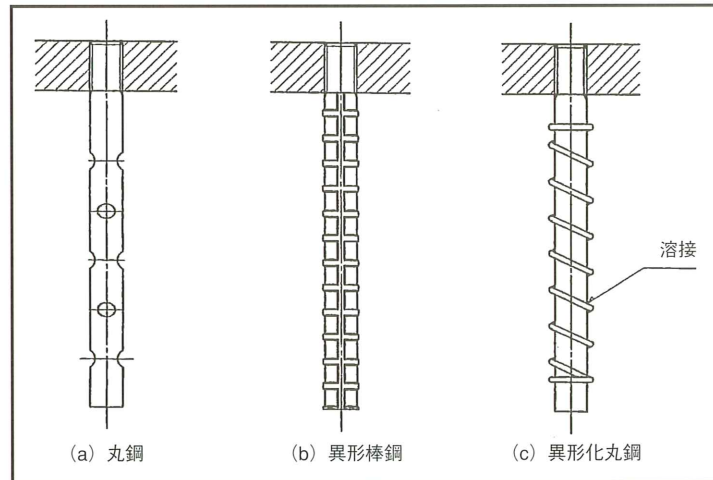


図-3.5.4 アンカーボルトの種類の一例 (支承便覧 130頁)



写真6-1. 丸鋼アンカーボルト

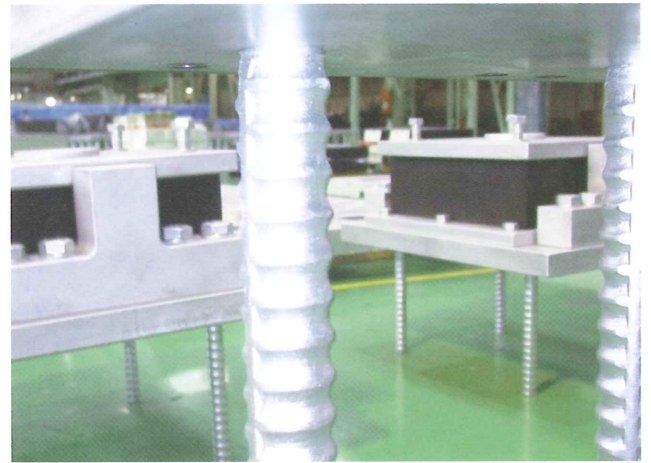


写真6-2. 异形棒鋼アンカーボルト



写真6-3. 異形化丸鋼アンカーボルト防せい無し



写真6-4. 異形化丸鋼アンカーボルト亜鉛めっき



写真6-5. 細径丸鋼の全周溶接



写真6-6. 細径丸鋼の千鳥溶接

●執筆者

技術委員会

今井 隆 技術委員長(株式会社ビービーエム)
小坂 晃 (ニッタ株式会社)
西村 貴明 (株式会社ブリヂストン)

品質保証部会

大仲 敏章 品質保証部会長(横浜ゴム株式会社)
江口 誠治 (東海ゴム工業株式会社)
島田 哲也 (株式会社ビービーエム)
鈴木 宗克 (東京ファブリック工業株式会社)
仙田 利明 (オイレス工業株式会社)
原 暢彦 (東京ファブリック工業株式会社)

道路橋支承便覧ゴム支承ガイドブック

〔不許複製〕

支承部構造の設計 <改訂のポイント>

品質管理と検査 <検査方法と判定基準の手引き>

平成17年8月 初版発行

非売品

編集 ゴム支承協会 技術委員会
品質保証部会

発行者 ゴム支承協会

発行所 ゴム支承協会

〒107-0051 東京都港区元赤坂1-5-26 東部ビル
TEL 03-5411-2490 FAX 03-5411-2491

印刷所 株式会社フジプランニング

〒101-0047 東京都千代田区内神田3-17-8 アルプスビル
TEL 03-3255-1066 FAX 03-3255-0239

05070500

本書の無断複写は、著作権法上での例外を除き、部分、全体を問わず禁じられています。
本書の内容を引用転載、複写される場合には、そのつど事前に当協会の承諾を得てください。

道路橋支承便覧 ゴム支承ガイドブック

支承部構造の設計<改訂のポイント>
品質管理と検査<検査方法と判定基準の手引き>

 RBA ゴム支承協会

オイレス工業株式会社
山陽化学株式会社
東海ゴム工業株式会社
東京ファブリック工業株式会社
ニッタ株式会社
株式会社ビー・ビー・エム
株式会社ブリヂストン
横浜ゴム株式会社