

「名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を考えてみよう」

2 班（大東班）

| 学籍番号 | 氏 名 |
|--------|-------|
| C08006 | 伊藤 雅也 |
| C08007 | 岩越 巧典 |
| C08008 | 岩瀬 洋平 |
| C08009 | 江口 拓海 |
| C08010 | 大海 佑太 |

アドバイザー教員：水澤教授 酒造教授

目 次

| | ページ |
|-------------------------|-----|
| 1．はじめに | 1 |
| 2．調査内容と方法 | 1 |
| 2．1 調査内容 | 1 |
| 2．2 調査方法 | 1 |
| 3．中間報告までの取り組み | 2 |
| 3．1 資料調査 | 2 |
| 3．2 現場見学 | 3 |
| 4．考察..... | 4 |
| 4．1 橋が壊れる原因 | 4 |
| 4．2 橋を長持ちさせるための対策 | 5 |
| 5．まとめ..... | 7 |
| 6．参考文献 | 7 |
| 7．謝辞..... | 7 |
| 8．感想，各自の貢献内容 | 8 |
| C08006 伊藤 雅也..... | 8 |
| C08007 岩越 巧典..... | 9 |
| C08008 岩瀬 洋平..... | 10 |
| C08009 江口 拓海..... | 11 |
| C08010 大海 佑太..... | 12 |

1. はじめに

名古屋市南部に架かっている橋は、いったいどんなものがあるのか水澤副学長に聞きに行き、天白橋にかかる橋を見るといいとおっしゃっていたので、大東教授の車で現場見学へ行った。

西から東へ順に天白川にかかる天白大橋、鉄道橋、千鳥橋、天白扇川橋、JR の鉄橋、新幹線の鉄橋、大慶橋、汐見橋、星園橋の現場見学に行った。これらの橋を図 1 に示す。



図-1 現場見学に行った地図

2. 調査内容、および分担

2.1 調査内容

- ・名古屋市南部の橋を現地調査に行き橋の全体や所在プレートを写真にとった。
- ・橋の壊れる原因を図書館やネットやアドバイザー教員に聞き調べた。

2.2 分担

報告書の作成 (岩越, 岩瀬)

表・グラフ作成 (江口, 大海)

分からないワードの調査 (伊藤)

主な調査 (全員)

アドバイザー教員 (水澤副学長、酒造教授)

3．中間報告までの取り組み

3．1 資料調査

名古屋市南部にどんな橋があるかをネットで調べた。そうすると検索に引っかからず、右も左もわからない状態は続いた。そこでパソコン室から見える一本の大きな橋の名前を聞き、それを調べてみることにした。名前は名港トリトンと言い1985年（昭和60年）伊勢湾岸自動車道の開通に伴い建設された。三つの橋は、それぞれ赤、白、青の三色に色分けられている。これに愛称を募集した結果、多数の応募の中から選ばれた。トリトンが海の神ポセイドンの息子であることや、「トリ」が「三つ」を意味する「tri-」に通じることからこの愛称が使用されることになった。橋長は、それぞれ西から758m、1,170m、700mに及び、世界的にも大規模な往復6車線の海上斜張橋梁群である。また、世界有数の長大斜張橋が三橋連立しているのは世界的にも珍しい。名港トリトンは以下の斜張橋をさす。写真-1に中央橋を示す。

名港トリトンのことを水澤先生に聞いたところ名古屋市南区が入っている部分とそうでない部分があるらしくややこしくなりそうなので断念した。



写真-1 名港トリトンの中央橋

3.2 現場見学

大東先生の車で天白川にかかる橋を見に言った。橋の看板に1等級や2等級と書いてある看板があり、これはそれぞれの車が通れる重さをあらわす標識である。1等級は約10トン、2等級は5トンまでの重さが通れる。しかし、それが守られていないのが現実である。

橋を支える橋脚は主にコンクリートで出来ていることが多いが、名古屋市は鋼もたくさんあることがわかった。下の写真-2の鉄道橋は、形式がワーレントラスのトラス橋だが、そのトラスは鋼で出来ていることがわかる。ほかにも汐見橋、天白大橋、水道橋など現場見学に行ったほとんどの桁が鋼で出来ていた。鷺見先生の情報によると、橋脚という実際に橋を支えている大事な部分は全国的に見て、コンクリートで出来ているものが多い。しかし名古屋市はコンクリートではなく、アルミで出来た橋脚も多いことが現場見学によりわかった。写真で撮ったものを調べた結果、鉄道橋や新幹線など公共の橋はコンクリートだったが、それ以外アルミで出来ているものが多かった。

人道橋は人しか通れないということで落書きや柵などが壊されていた。人道は人しか通れない橋安全面では非常に優れているが、その安全性が裏目に出て落書きや破壊といった、橋の寿命をより縮める行為が行われると感じた。



写真-2 鉄道橋 形式はトラス

名古屋市南部に現地調査に行った結果、名古屋市南部の橋の材料には鋼が多く使われている事が分かった。主に、橋の大事な部分の桁（上部の構造体を支えているもの）に多く使われていた。特に電車など通る鉄道橋には沢山の鋼が使われていた。

4. 考察

4.1 橋が壊れる原因

この結果から、私達は鋼橋の壊れる原因について調べた。鋼橋の壊れる原因はいろいろあるが特に重要な「疲労損傷」と「腐食」について調べた。

疲労損傷

A、疲労損傷とは

静的な強度よりかなり小さい外力であっても、それらが多数回繰り返し作用することにより亀裂が発生する。構造物あるいは部材の最終的な破断は、靱性（鋼の衝撃に対する強さや、粘り強さ）や延性（物体が破壊されずに引き延ばされる性質）が大きく低下することによっておこる破壊（脆性破壊）あるいは、通常通りの延性を保持して破壊にいたる現象（延性破壊）による亀裂の急激な成長として起こる。

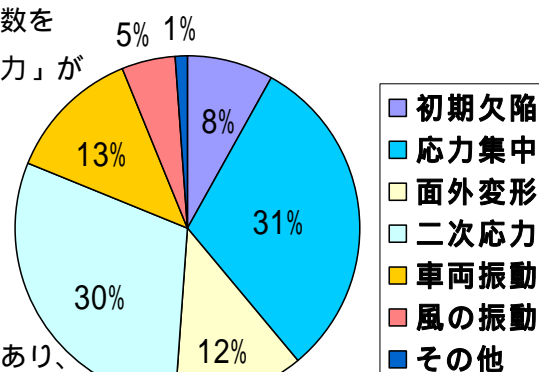
B、疲労損傷の原因

右のグラフは、国内および国外について原因別の損傷事例数を示したものである。図を見てみると「応力集中」と「二次応力」が共に30%を占めている事がわかる。「応力集中」とは、橋の構造上に必ずできるつなぎ目やノッチ（切り欠き）材料によるひび割れの弱い部分に大きな応力が集中することである。この応力は通常時の約3倍以上もの負荷がかかると言われている。

次に「二次応力」とは、一般的にトラスの二次応力のことであり、理想的なヒンジではなく、トラスはガセットプレートで補強されるので、トラスの各点に曲げモーメントが発生する。

この曲げモーメントによる応力が「二次応力」と呼ばれ、そしてこの「二次応力」は、発生しないことはまずありえないとされている。

この二つ以外にも、車が走ると揺れる車両振動や熱などにより生じる面外変形、初期欠陥、風の振動などがあり、いずれも疲労損傷の代表的な原因だとされている。



腐食

A、腐食とは

右の図は錆の発生メカニズムを表した模式図である。鋼材の原料である鉄鉱石は、エネルギー的に安定した酸化化合物の状態自然界に存在している。鋼材はこの酸化物を還元、精錬して製造されるため自然界では不安定な存在であり、酸素や水と結合して安定な状態である錆に戻ろうとする。この現象を「腐食」と呼ぶ。

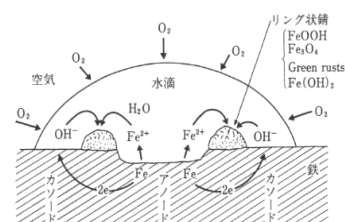


図-3 錆の発生メカニズムの模式図

B、腐食の要因と影響

大気中の腐食要因としては、湿度、温度、降雨量、日照、汚染物質などがあり、これらの影響度によって腐食速度が決まってくる。錆は水と酸素の存在で発生するも

のであるから、湿度は腐食の直接的要因であり影響度は大きい。腐食が生じると部材断面が減少するため強度および剛性が低下する。局部腐食が生じた場合には、腐食箇所に応力集中が起こり疲労強度の低下がおこる。また、腐食が進行している環境中でその部材に繰り返し応力が作用する場合には、通常の疲労破壊応力より小さい応力で破壊する、いわゆる腐食疲労の現象がおこる。

4.2 対策

疲労損傷

一般的に言って、鋼橋に生じる応力の大きさは鋼材の静的強度に比べてかなり小さい場合が多い、したがって、微小な疲労亀裂の発生が部材や構造物全体の崩壊にただちにつながるものではなく、疲労亀裂の初期段階で適切な対策を講じることにより、最終的な不安定破壊に対しては十分な安全性を確保することができる。

原因別損傷事例数のグラフで共に30%を占めた応力集中と二次応力について対策をまとめた。まず、応力集中はノッチやつなぎ目の部分に生じる急な角度やとがった箇所に丸みをつけそこに掛かる応力を小さくする。ひび割れには鋼板による補強が必要である。しかし、この補強により他の箇所にもひび割れが生じやすくなり、その度に補強をしなくてはならない。次に二次応力は部材の細長比、自重による部材のたわみ、温度変化断面の急変から起こるのでいずれも小さくなるようにして二次応力の発生をなるべく抑える。

この二つ以外にも原因はあり、熱による面外変形、車両振動には橋の階級に合わせた交通規制をすること。風の振動には、振動時のエネルギーを吸収し、構造物の振動を低減させる事が出来るオイルダンパー方式がある。

下の図は、応力集中などによって損傷した鋼材を示しており、その損傷した部分を補強する仕方を示している。

上の文でも書いたように、鋼材にはノッチ（切り欠き）やひび割れができる。ノッチのような急な角度やとがった箇所には丸みをつけそこに掛かる応力を小さくする。ひび割れには鋼板によって上から補強することが必要である

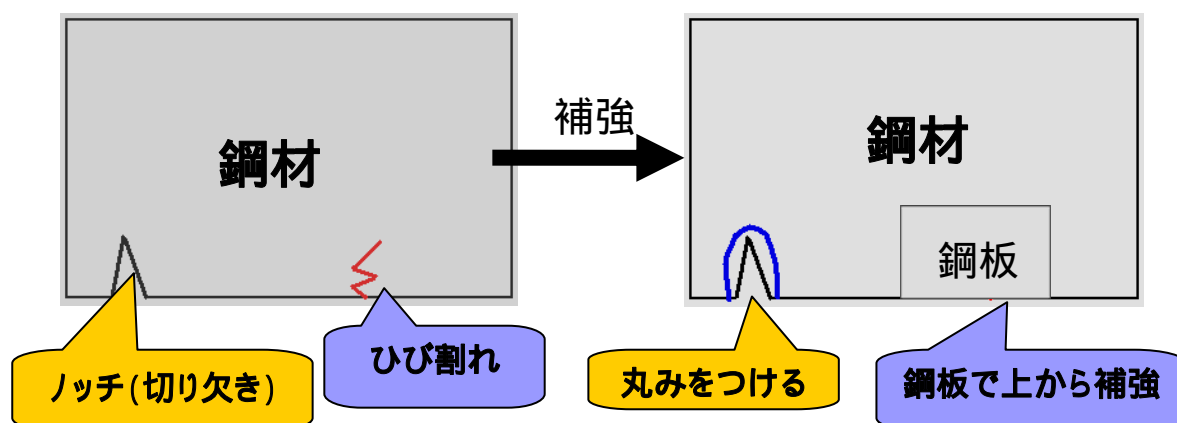


図-4 応力集中の対策図

腐食

一般的には塗装によって腐食を防ぐほか、耐候性鋼（たいこうせいこう）と呼ばれる特殊な鋼材を用いたりして、めっきや金属溶射などの技術を使うこともある。

右の図は、普通の鋼と耐候性鋼の時間と腐食量を表す関係図です。図を見て分かるように、普通の鋼に比べて耐候性鋼は年数が経っても腐食量が少ない。

そして、右の写真は、耐候性鋼が使われている鋼橋です。

耐候性鋼とは鋼表面に保護性錆（ほごせいさび）を形成するように設計された低鉄合金鋼で、

耐候性鋼・ウェザリングスチールとも呼ばれている。

塗装せずにそのまま使用してもあまりさびず、

またそのさびが比較的緻密な特殊なさびが生成する事から、「さび」で錆を制する不思議な鋼と呼ばれている。

また、耐候性鋼の錆の色は茶褐色で非常に美しい色合いをしている。

下の図は平面防食のメカニズム、それに対するめっきの効果を表した図である。ここには、従来のめっきにアルミニウム、マグネシウム、ケイ素を添加して耐食性を高めためっき層の効果が書いてある。

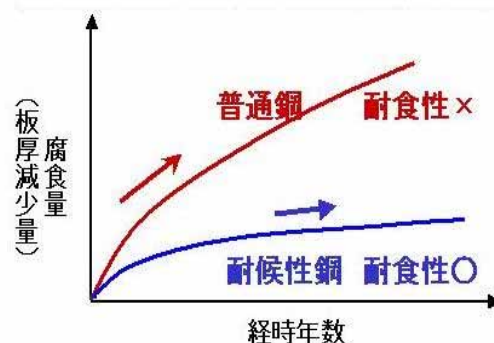


図-5 無塗装仕様における時間と腐食量の関係図



写真-3 耐候性鋼を使った橋

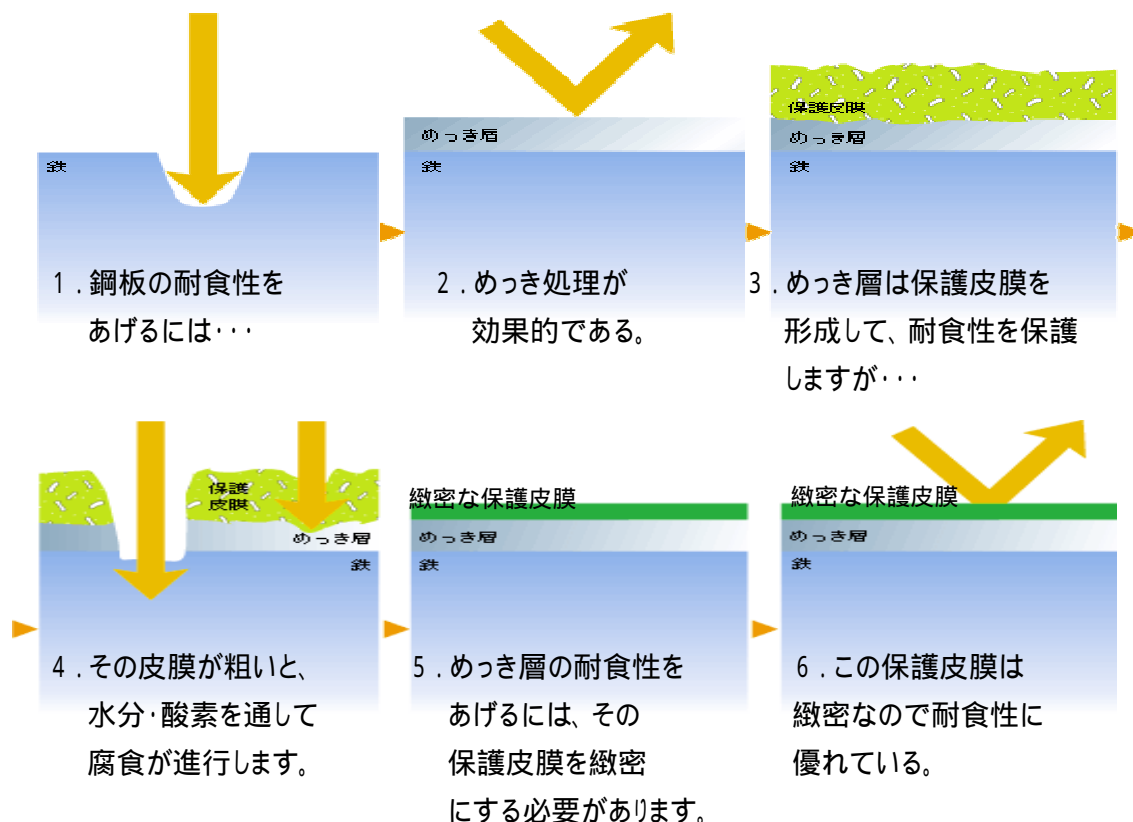


図-6めっきの効果

5.まとめ

私達2班は、「名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を考えよう」というテーマの下で調べていろいろな事が分かった。

まず名古屋市南部の橋を調査した結果、鋼橋が多いことが分かった。主に、橋の大事な部分の桁に多く使われていた。電車などの通る鉄道橋も多くあり、その鉄道橋にはたくさんの鋼材が使われていた。そのことから鋼橋について壊れる原因をインターネットや図書館の文献などで調べ、疲労損傷と腐食が原因のほとんど占める事が分かった。

そしてまず、それぞれの要因・原因・メカニズムを調べた。

疲労損傷は静的な強度よりかなり小さい外力であっても、それらが多数回繰り返し作用することにより亀裂が発生する。腐食のメカニズムとは鋼材は酸化物を還元、精錬して製造されるため自然界では不安定な存在であり、酸素や水と結合して安定な状態である錆に戻ろうとする。

そして、疲労損傷についてノッチ(切り欠き)・ひび割れには、その度に補修をする。腐食については、特殊な鋼の耐候性鋼を使う、めっき加工をするなど、それぞれについて対策をまとめた。

実際にすべての対策をするのは難しく、それに他にも熱による面外変形、車両振動、風の振動などさまざまな問題点があり、それらについても対策をしないとイケないため、橋を長持ちさせる事は簡単な事ではないと感じた。

そこで、いい部材を使うということもあるが金銭面の問題もあるため、名古屋市南部の橋を長持ちさせるためには、やはり橋の維持管理、定期的な点検をしっかりとる事が重要だと言える。

やはり調べてみて、橋を長持ちさせる事は簡単じゃない事が分かった。しかし、上にも書いたように橋の維持管理、定期的な点検をしっかりと行う事によってさまざまな事を防げ、そしてそれは何よりも重要な対策だと言えるだろう。

私達はさまざまな事を調べたが、それはまだ一部にすぎません。なのでまた橋について調べる機会があれば、もっと深く調べてみたいと思った。

6.参考文献

著書；鋼橋の劣化と損傷の評価，

Yahoo 地図

<http://map.yahoo.co.jp/pl?lat=35.09007694&lon=136.92818306&mode=map&sc=3&pointer=on>

錆びない鋼/耐候性 <http://weathering-steel.com/index.html>

7.謝辞

水澤副学長：疲労損傷の説明や、対策を丁寧に教えていただきとても助かりました。どうもありがとうございました。

大東教授：名古屋市南部の橋の現地調査をするとき、車を出していただき、またカメラも貸していただきました。ありがとうございました。

8. 感想・各自の貢献内容

「都市環境プロジェクト実習を終えて」

C08006 伊藤 雅也

感想：

私たちの班は、名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を調査しました。このテーマは専門用語が多く、理解するのが大変でした。最初は何をやればいいのかわからず、なかなか進みませんでした。そのおかげで中間報告会の前日まで、急いで作業をすることになり、改めて計画をもって取り組むことが大事だと感じました。

対策方法を考えるにあたってインターネットや図書館で調査しましたが、調査を進めていくとわからないところもたくさんあり、アドバイザー教員の水澤副学長に聞くことにしました。水澤副学長には、調査に行く橋はどこがいいのかのアドバイスをしてくれました。また、今後の対策など、インターネットには載っていないことまで詳しく教えていただいたので良かったです。最終報告会では、ギリギリまで皆で学校に残りポスターとレジュメの作成や発表の練習をしました。本番では、制限時間内までに発表ができるか心配でしたが、練習した甲斐もありスムーズにできて、時間内に終わることができました。

都市環境プロジェクト実習の授業で学んだことは、社会にでも役に立つと思うのでそれを生かしていきたいです。この授業をやり、皆と協力し合うことやチームワークの大切さを改めて学ぶことができました。私はこの授業は自分にとってとてもプラスになったと思います。最初は嫌々で始めたテーマですが、水澤副学長にも親切に教えてもらえて楽しく調査することができました。

私の貢献内容：

この班での調査の中で私はおもにインターネットでわからないワードや名古屋市南部の橋を調べ、水澤副学長にわからないところを聞きに行きました。最終報告会では腐食についての発表をしました。この授業で皆と助け合うことができ、私なりに精一杯作業できたので良かったです。

感想：

私の班では名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を調べました。名古屋市南部と言ってもピンと来なかったのでアドバイザー教員の水澤先生に相談しに行きました。それで天白川にかかっている橋を見るとよいとおっしゃったので早速、大東先生の車で現場を見にいきました。天白大橋、鉄道橋、千鳥橋、天白扇川橋、JRの鉄橋、新幹線の鉄橋、大慶橋、汐見橋、星園橋の順に見に行きました。

ほとんどの橋の材料に鋼が使われていることがわかりました。特に鉄道橋など重要な橋にはたくさんの鋼材が使われており、改めて鉄道の重要性がわかりました。この結果から鋼という部材についてもっと詳しく調べて見ることにしました。

鋼材は非常に強度の強い材料で、とても値段が高いことがわかりました。しかしそんな鋼材でも、寿命はあり主に疲労損傷と腐食が起こることがわかりました。そのふたつはどのようなときおこり、どのような損傷をもたらすかを調べ、ある共通点が見つかりました。それは双方が初期に補強をすればそれほどほどの損害を生まないということです。つまりしっかりと定期的に検査し弱っている部分をすぐに補強するそれが一番の長持ちさせる方法だと考えました。補強する仮定をどのようにみんなに説明するかそれが一番の悩みでした。これではだめだととりあえず水澤先生に相談に行きました。水澤先生は快くその悩みを解決してくれました。〔絵に描いて説明すればわかりやすい。〕そうやって水澤先生は私たちにわかりやすく絵で説明してくれました。曖昧だった部分も解消されてより完璧によりわかりやすい発表原稿ができるとその時思いました。しかし現実甘くなくその絵を描くに一苦労しました。疲労損傷の部分をよく知っているのは私しかいなかったもので、家に帰り一人で製作しました。文字とあわせて約6時間くらいかかりました。でも終わった後は達成感に満ち溢れていました。

発表の練習をしなくても自分は大丈夫だと思っていましたが、いざ練習してみると思ったように言葉がでないことに気づかされました。正直あせりました。みんなはカンニングペーパーみたいなものを作りずらずらと読んでいました。急いで自分も作り、発表を迎えました。時間をかけた分失敗したらどうしようという気持ちであせりました。しかし一回話してしまえばなんともありませんでした。

調べて行くうちに私は橋について少し詳しくなり、自転車や歩いているとき橋があると橋の全体を見ながら観察したり、名板を見たりするようになりました。自分が少し詳しくなったので家族や友達にその話をして、少しでも多くの人々が橋のことを知りそして少しでもいたわりの気持ちを抱いてくれた私はもっともっと橋は長持ちするだろうと思いました。

私の貢献内容：

この班での調査の中で、私はわからない部分や息詰まったらアドバイザー教員に積極的に聞きに行きました。現場見学では大東先生に借りたデジタルカメラで橋の撮影を行い撮影した橋を分析しました。中間発表は積極的に取り組み、大海君と二人で発表しました。

ラストスパートの最終報告は岩瀬君と二人で基本のベースを作り、みんなに指示を出し主に疲労損傷の部分を担当して発表しました。

感想

私の班では、「名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を考えよう」というテーマのもとで、インターネットや文献、アドバイザー教員の水澤教授に話を聞くなどして調べ、実際に名古屋市南部に現場調査に行き、どのような橋か調べ写真に撮ってきました。

現場調査に行った結果、名古屋市南部の橋の材料には鋼が多く使われている事が分かりました。主に、橋の大事な部分の桁（上部の構造体を支えているもの）に多く使われていた。特に電車など通る鉄道橋にはたくさんの鋼材が使われていました。

この結果から、私達は鋼橋の壊れる原因について調べました。鋼橋の壊れる原因はいろいろあるが特に重要な「疲労損傷」と「腐食」について調べた。そして対策についてまとめました。

しかし、この2つだけでもたくさんのパターンがあり、すべてをまとめるのは難しいと感じた。そして橋の壊れる原因は、この2つ以外でも災害や車両振動などさまざまなものがあるため、正直言ってこれらすべての対策をすることは出来ないんじゃないかと思いました。だからやっぱり、重要なこの2つについての対策をしっかりとしないといけないと思います。

しかしこの「疲労損傷」と「腐食」は、症状が表面に出やすいため、定期的な点検をしっかりとて症状が出たらその度に補修をするという事が大切です。「疲労損傷」では、切れ目ができて補修するとその近くにまた切れ目ができやすくなってしまうため、その度に補修をしなくてはなりません。「腐食」の対策でめっきがありますがこれも完全に防げるというものではありません。しかし、特別なめっきなども出来てきているため、それを使うことによって長持ちするようになるだろう。

これまで調べてきて実際にすべての対策をすることは難しく、橋を長持ちさせる事は簡単な事ではないと感じた。いい部材を使うということもあるが金銭面の問題もあるため、名古屋市南部の橋を長持ちさせるためには、これまで何度も言っているようにやはり橋の維持管理、定期的な点検をしっかりと、そこで「疲労損傷」や「腐食」があった場合、その度に早急な補修をすることが現時点で一番重要なんじゃないかと思いました。

私の貢献内容

この班の中で、私は基本的にインターネットや図書館にある文献で、橋の壊れる原因などを調べるという役目でした。そこで「疲労損傷」や「腐食」の原因や対策を調べ、まとめる事ができました。

中間報告では、レジェメとパワーポインターを部分的に担当しました。レジェメでは本文を考えました。パワーポインターでは、文の流れを考えました。

最終報告会では、レジェメ、パワーポインター、ポスターのすべてで部分的に担当しました。レジェメでは、対策の部分から下のほとんどを考え書き込みました。パワーポインターでは、自分の担当の「腐食」の対策の所を担当しました。ポスターでも、「腐食」の対策の所を担当し書き込みました。

自分としては、しっかりと調べることができ、中間報告や最終報告の担当したところをしっかりとやることができたと感じているので、貢献できたのではないかと思います。

「都市環境プロジェクト実習の課題を終えて・・・」

C08009 江口拓海

感想：最初はただ漠然としたテーマに決まり、少し「嫌だな」とも思いました。大学に、入学して約半年、テーマである「**名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を考えてみよう**」の知識は殆ど無に等しかったからです。しかし、調査をしていて初めて聞く専門用語や橋の壊れる原因、それらの原因に対する対策法が少しずつだけ判ってきました。これにより若干の興味を持ち課題に取り組む事ができました。

大きな原因である「**疲労損傷**」と「**腐食**」、腐食はサビだという事が判り身近な事だから作業がやりやすかったです。疲労損傷は文字通り橋が疲れて壊れる事です。

多くの車が橋を通ったから、強い風が何回も吹いたから等など、正直判りにくい事も沢山あり苦労しました。

そんな時、TA（ティーチングアドバイザー）や水澤教授に酒造教授が判らない事を沢山教えてくれてサポートしてくれました。

この講義で学んだ内容や専門用語など、これからの学生生活や社会に出ても頼りになると思います。

私の貢献内容

- ・レジュメやプレゼン時のグラフを作成
- ・ネットや文献による資料収集
- ・パワーポイントの作成
- ・ポスターの作成
- ・レジュメの作成

「名古屋市南部の橋を長持ちさせる方法を考えよう」

C08010 大海佑太

感想：

僕達は、テーマを決める時に、相談した中で一番選びたくないのがこのテーマでした。決まった最初の授業でも、テーマを難しく考えすぎて全く話が進まなくて大変でしたが、先生達に相談しながら調べる内容や構成を決め、役割分担を決めました。

まずインターネットで調べてみたのですが、検索しても情報が得られないので、やっぱりこのテーマでは難しすぎて、最後まで調べることはできないのではないかと思います。

なので、もう一度先生達に相談して、今度は、テーマの範囲を少し広くして南区の橋から、南部の橋について何橋があるか調べ、現地調査に出かけて橋の構造上重要になってくる箇所の写真を撮って来ました。それから持ち帰った写真を確認して、橋の重要箇所である桁について調べました。

橋の桁とは、橋を支えている物でその部分に鋼などの強度のある金属の鋼材で補強することで、橋を長持ちさせることができます。

もうこの時点で、結論が出ている気がしたんですが、次に橋の壊れる原因について調べることにしました。調べる順番が違おうかと思いながら、調べていてもなかなか意味が分からないので、結局アドバイザー教員の先生に話を聞きに行って、橋の壊れる原因などを教えてもらい、専門的な言葉についても説明してもらいました。

今回はテーマが難しくて、なかなか進まなくて先生にかなり助けてもらい、終わらせることができました。少し難しく考えすぎて、内容が専門的すぎかなと思いました。

私の貢献内容

- ・ インターネットでの調査
- ・ 図書館での文献調べ
- ・ パワーポイントの作成
- ・ 報告の口頭発表
- ・ 発表原稿の訂正
- ・ 現場調査