

課題情報シート

テーマ名 :	「曲面建築物の一般化と発展」～曲面建築物における設計・施工要領及び施工の一例～		
担当指導員名 :	谷畑伸一郎	実施年度 :	27 年度
施設名 :	近畿職業能力開発大学校		
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	建築施工システム技術科
課題の区分 :	総合施工・施工管理実習	学生数 :	5 人
		時間 :	26 単位 (468h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

鉄筋コンクリート造により曲面を作成するのに当たり、ポイントを記します。

(1) 鉄筋加工

鉄筋は曲げてもスプリングバックにより変形前に戻ろうとします。そのため、このスプリングバックを見込んで曲げ加工する必要があります。最終的には、原寸印刷した加工図に併せて確認をします。2 つの方法を試みました。1 つめとして、合板にボルトを打ち込みボルトに沿わせて曲げ加工を行いました。この場合、多角形となるためより滑らかに加工するにはボルトの数を増やす必要があります。もう 1 つの方法として、ボルトではなく、木材を連続的に使用し徐々に曲線に近づけました。こちらのほうがより滑らかな曲線を再現できました。

(2) 型枠加工

2 次元曲げ型枠（曲げは 1 方向）と 3 次元曲げ型枠（曲げは 2 方向）の 2 種類を加工しました。加工は、曲げ型枠の代わりに 4mm 単版を 3 層重ねることで曲面型枠を作製しました。端太も曲線状となるため厚い合板をジグソーで切って作製しました。2 次元曲面型枠は比較的難易度は低かったのですが、3 次元曲面は 2 方向で曲面があるため、作りながら修正を加えることを行い、難度は高かったです。

(3) 型枠建て込み

直線状の型枠と異なり、2 方向に曲面のある 3 次元型枠はセパレーターを通すことが困難であり、元型枠を建てこんだ後にセパレーターを介して返し型枠のセパレーター位置を決めるなどの工夫を行いました。

【学生数の内訳】 躯体図：1 名、型枠加工・組立て：1 名、鉄筋加工・組立て：1 名、コンクリート：1 名、施工・施工管理：1 名

【訓練（指導）のポイント】

コンクリート打設は、生コンとポンプ車によることを計画していましたが、型枠の加工が

いつ終わるかの目処が全く立たなかったため、手配することができず、手練り（ミキサー）することにしました。型枠作製・組立ての時間制限がなくなったものの、学生の作業自体は増えます。納期から逆算した時間管理指導が中心となりました。学生は自発的に毎日遅くまで残って取り組みました。定型の訓練ではなく、手探りの実習であったため、多くのハードルが生じ、学生のアイデア出しも不可欠であったことからモチベーションは下がりませんでした。また、作業が多岐に渡るため一人ひとりの担当（作業リーダー）を明確にしました。作業は全学生で取り組むものの、図面作成などの段取りは作業リーダーが行います。担当ごとに技術指導し、作業時には作業リーダーがグループ員に説明する活動とすることができました。リーダー・サブリーダーの積極性に恵まれたことも指導しやすかったポイントです。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 近畿職業能力開発大学校
住所 : 〒596-0817 大阪府岸和田市岸の丘町3丁目1番1号
電話番号 : 072-489-2112 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/osaka/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

曲面建築物の一般化と発展

～ 曲面建築物における設計・施工要領及び施工の一例 ～

指導教員

谷畑伸一郎

本開発課題は、テーマ設定の条件である“標準課題の進展型”として、鉄筋コンクリート造曲面建築物の試行モデルの施工に取り組んだ。手順書および施工要領書を作成することで曲面建築物の一般化に努め、さらには発展への展望を目的とした。一連の加工・施工の中で、鉄筋の曲線加工・曲げ型枠の製作だけでなく配筋・型枠建て込みも特殊となるため、試行錯誤を繰り返した。私たちは、本課題に取り組むにあたり、技能と技術に着目し、技能を加工・施工、技術を図面・要領書として報告書にまとめた。

Keywords : 曲面建築物, 曲げ型枠, 技能と技術, 施工要領書.

1. 緒言

今年度は、2020年東京五輪での使用に向けた新国立競技場が話題になった。建築家ザハ氏のデザインが国際コンペで選ばれたものの、建設計画が白紙撤回された。ザハ氏は、3次元曲面を多用したデザインが特徴であるが、奇抜すぎて建築されないことも多く、アンビルト(実現しない建築)の女王の異名を持つ。また、曲面を有することは、複雑な形態をイメージさせ、現在の需要状況から曲面提案が敬遠されがちであり、学生が技能・技術を学ぶ機会は少ない。しかし、近年では曲面建築物は、コンピューター技術の発展および施工技術の向上を背景に一般化されつつある。本開発課題では、この曲面建築物の試行モデルの施工を行い、手順書および施工要領書を作成することで学生に対して、曲面建築物の一般化の推進に努め、さらには発展への展望を目的に取り組んだ。私たちは本課題に取り組むにあたり、技能と技術に着目し、技能を加工・施工、技術を図面・要領書と区分して、試行モデルの製作を通して各種報告書を作成した。

2. 図面作製および積算

2.1 設計図面作製および積算 見積りから納入まで長い期間を要するため、先に積算用図面を作成した。図面作製に当たり、本建築物は3次元曲面と鉄筋および型枠共に難解でありイメージしづらいため、3次元CADによる3D図面を作成することで各部の納まりを確認した。

3. 躯体工事までの準備作業

3.1 作業手順書および施工要領書 施工に必要な手順書および要領書を作成した。

3.2 現地調査(不陸測量) 初めに、地面の不陸状態を確認した。候補場所全体の測量を行い、結果をグラフ化した後、不陸の少ない区間を建築場所として選定した。

3.3 地縄 建物の基準となる中心にベンチマーク(B.M.)を設置し、その後パイロンを被せて養生した。地縄張りは基礎角度及び壁芯の位置に行った(図1)。

3.4 遣り方 あらかじめ水貫に水系を張る墨を出した。また、打設を手練りで行うため、トロ舟の搬入口として、水貫の中心の一部を離す計画とした(図2)。



図1 地縄



図2 遣り方

4. 地業工事

4.1 砂利地業 不陸の測量結果を基に砂利及び目潰し、砂利の量の算定を行なった。高低基準は地業を行う場所で一番高い点とした。砂利地業に先立ち、鉄筋及び薄いベニヤ板を用いた流れ止めを設置した。締固め作業は約10kgのタコを人力で持ち上げ、地面に落とす計画とした(図3)。

4.2 捨てコンクリート地業 今後の解体・撤去を考慮し、今回はGLより上での施工とした。捨てコンクリートのレベルは、基礎型枠建て込みに必要な場所を揃えた(図4)。打設後はシートを被せ、養生を行った。

4.3 地墨出し 鉄筋及び型枠の位置を確認するための地墨出しを行なった。水貫に水系を張り、尺杖・下げ振りおよび事前に製作した大鋸を用いて、地墨出しを行なった。



図3 砂利地業



図4 捨てコンクリート地業

5. 基礎工事

5.1 鉄筋の加工方法選定

5.1.1 曲面の鉄筋加工方法の模索 インターネットによる調査と実際に実習場での試し曲げによって、曲げ加工の方法を模索した。

5.1.2 加工種類の選定 模索した結果、スプリングバックを見込んだジグに当て手曲げした加工（以下、SPBと称する）と折り曲げながら徐々に曲線に近づける方法（以下、BNDと称する）が施工性と精度が良かったことから、この方法を選定した。また、加工方法の違いにより、実際施工された建築物にどのような影響があるのか、また、加工時と施工時の加工と施工時間の違いを知るため両方法により行った。

5.1.3 SPB加工型の製作 SPBの型は、合板に栈木を60本程度並べ、ビスで固定し、原寸図に近い形になるように鉄筋が曲がる位置に栈木を止めたものを製作した(図5)。

5.1.4 BND加工型の製作 合板に原寸図を貼り付け、コーチボルトを縦筋と横筋の重なる箇所に打ち込んだものを製作した(図6)。



図5 SPBの型



図6 BNDの型

5.2 基礎鉄筋加工

5.2.1 加工する鉄筋の種類

- ・上端鉄筋 D10, 立ち上り横鉄筋 D13
- ・下端鉄筋（長尺・短尺）D10

5.2.2 上端鉄筋および立ち上がり部横鉄筋の加工

①SPBによる加工 型に設置し、曲げ加工を行った(図7)。曲げ加工後、半自動鉄筋曲げ機によってフックをつくり、再度原寸確認して、鉄筋を結束線でまとめた。

②BNDによる加工 直接、型に鉄筋を曲げながら入れることはできないため、凸部の中心部分以外のコーチボルトを外し、直線状の鉄筋をセットし、中心から順次コーチボルトを取り付けながら鉄筋を曲げた(図8)。

5.2.3 下端鉄筋の加工 鉄筋曲げ加工は6.2.2と同様に行った。また、下端鉄筋は全長を計測し、電動鉄筋切断機で必要分より余分に切断した。フックと立ち上り部を半自動鉄筋曲げ機で曲げて、出来たものを原寸図に合わせ確認した。



図7 SPBでの加工



図8 BNDでの加工

5.3 鉄筋の組立て(実習場内と現場施工)

5.3.1 鉄筋組立て箇所・タイミング 施工性の違いと現場施工の要領を知るため、実習場・現場施工の双方で行った。組立てのタイミングとしては、実習場で加工

後(図9)と現場で敷き桟設置後の組立とした(図10)。

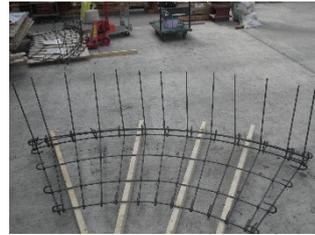


図9 地組み



図10現場配筋

5.3.2 組立て順序 上端鉄筋・下端鉄筋(長尺)を結束し、下端鉄筋(長尺)・立ち上り横鉄筋を結束した後、下端鉄筋(短尺)を上端鉄筋と立ち上り横筋に結束線で結束した。

5.4 型枠製作

5.4.1 各種型枠部材加工 せき板は、合板に溝を掘り曲げる。合板を曲げやすくするため、傾斜丸鋸盤で合板に溝を掘り製作する。また、作業効率を上げるため、傾斜丸鋸盤と併用して使用する曲げ合板製作用のジグを製作した(図11)。櫛は、原寸図とカーボン紙を用いて合板に墨を写し、ジグソーで切り出し櫛を製作する(図12)。また、鉋を用いて、せき板の当たる箇所を微調整した。

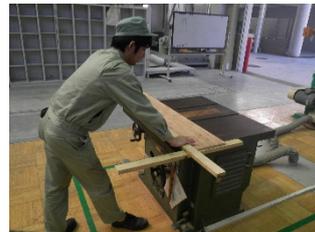


図11 曲げ合板の製作

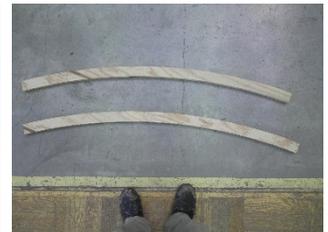


図12 櫛の製作

5.4.2 型枠組立 櫛に沿うように合板を曲げ、ボンドと釘で固定する。その際櫛が割れないようシャコ万で締めながら釘を打つ(図13)。面木・縦端太を取り付け、剥離材を塗布する。

5.5 型枠建て込み

5.5.1 敷桟打ち付け 敷桟を捨てコンにコンクリート釘で打ち付け、薄ベニヤによりレベル調整する。

5.5.2 型枠建て込み 敷桟と墨に合わせて合板を建てこむ。水準器とレベルレーザーを用いてレベルを見る。

5.5.3 セパレーター孔開け 内型枠は製作時に加工し、外型枠に関しては合板を曲げる際に位置が変わるため、セパレーター孔は現場加工とした。レベルレーザーを用いて、墨を出して加工した。

5.5.4 端太取り付け・固め 内型枠の端太は断面を大きくした櫛を代用し、パイプサポートで押さえた。外端太は引張力を負担すること、また、加工の容易さから鉄筋を束ねたものとした。固め方としては、8の字を描くようにチェーンで締め付け、開き止めとして上部を栈木で固定した(図14)。



図 13 型枠組立

図 14 型枠建て込み

5.6 基礎コンクリート打設

5.6.1 コンクリート練りと搬入 ミキサーにより練ったコンクリートをトロ舟に移し、フォークリフトで打設箇所へ搬入する。

5.6.2 コンクリート打設 スコップでコンクリートを型枠の中へ入れ、同時にバイブレータで締め固めていく(図 15)。これを繰り返す、面木を目安として充填させる。

打設後は、天端をコテで押さえ、レベルレーザーでレベルを合わせ、仕上げた。その後、養生を行い、1 週間後に脱型を行った。

養生方法としては、当日はブルーシートでシート養生を行い、翌日からは散水養生とした(図 16)。



図 15 締め固め



図 16 散水養生

6. 躯体工事

6.1 壁鉄筋の加工 基礎と同様にSPBとBNDの両方法により加工した。

6.2 加工する鉄筋の種類

- ・ 3次曲面部横鉄筋 D10, 縦筋 D10
- ・ 吊りフック用鉄筋(解体時のシャックル取付用)

6.3 横筋・縦筋および吊りフック用鉄筋の加工 横筋は基礎と同様に行った。

縦筋は横筋と同じように鉄筋を曲げる際、鉄筋は基礎上端から 800mmは直線のため、端から 800mmの位置にBNDの型の中心を合わせて曲げる方だけ曲げ加工した(図 17)。フックおよび吊りフック用鉄筋の加工では、電動鉄筋切断機と半自動鉄筋曲げ機を用いて加工した。加工後、原寸図を用いて確認した(図 18)。



図 17 縦筋加工



図 18 原寸図での確認

6.4 壁配筋手順

6.4.1 縦筋の配筋 縦筋の配筋として、基礎鉄筋が@200mmであることを確認し、結束した。また、壁の開口部側のかぶり 100mmを確保できるように配慮した。結束は、結束線 2本使いによるたすき掛けとし、それを4箇所均等に、横筋とかぶらない位置に結束を行う。また、縦筋上部がB.M.を向くように基礎鉄筋に重ね継ぎ手とした。

6.4.2 横筋の配筋

① 2次曲面の配筋 上部曲がり箇所へ結束し、そこから徐々に下に向かうように結束を行う手順とした(図

19)。

② 3次曲面の配筋 下から順に、あらかじめ縦筋の両側に横筋のフックを掛けるように配置しておく(図 20)。



図 19 2次曲面配筋



図 20 3次曲面配筋

横筋の結束の手順として、縦筋の結束部分を記す印に横筋の中心をまず結束をし、次に横筋の左右両端を縦筋に結束していき、横筋の中心と両端のおおよそ中心部分の縦筋の印位置に横筋を結束して、残りの箇所も同じように結束線 2本使いによるたすき掛けとした。

6.5 配筋検査 鉄筋の2次曲面部に鉄筋ゴムピッチをつけ、測量用リボンテープで鉄筋のピッチが分かるように取り付け黒板に検査概要を書いて工事写真を撮った(図 21)。また、検査結果を検査表にまとめた(図 22)。3次曲面部の検査も同様に行った。

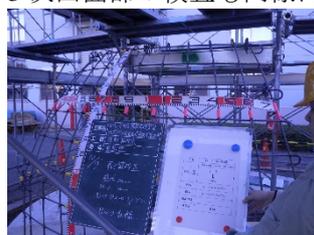


図 21 配筋検査工事写真

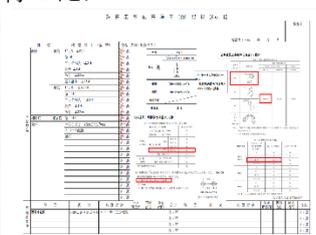


図 22 検査表(イメージ)

6.6 型枠製作

6.6.1 各種型枠部材加工 せき板は、厚さ 4mmの単板を3枚張り合わせたものとした。また、3次曲面のせき板は、櫛の芯に沿わせるように鉋で微調整(図 23)を行いながら製作した。

櫛は、基礎型枠と同様とした。ただし、櫛の角度は、原寸図と自由矩を用いて、ジグソーの角度を設定して加工した(図 24)。



図 23 鉋での微調整



図 24 櫛の加工

6.7 型枠組立て

6.7.1 2次曲面の組立手順 櫛に3枚の単板を張り合わせ、栈木を取り付ける(図 25)。組立てた型枠を原寸図に合わせ、セパレーターを開ける。

6.7.2 3次曲面の組立手順 櫛同士を釘で打ち付け固定し、3次曲面の枠を製作する。原寸図に合わせて、下の櫛をビスで固定し、単板を枠に張り合わせていく(図 26)。この際、隣り合わせの合板との隙間を無くするため、鉋で調整する。これを厚さ 12mmとなるように行った。また、3枚目は化粧面となるため、より精度

良く調整した。



図 25 2次曲面の組立



図 26 3次曲面の組立

6.8 型枠建て込み

6.8.1 下壁型枠建て込み

下壁の型枠を地墨に合わせ建て込む。レベル調整は詰め物を型枠の下に挟み、レベルレーザーと差し矩を用いて確認しながら行った。また、最後に水準器を用いて確認を行った。

6.8.2 上壁型枠建て込み 下壁せき板の面を合わせるように調整しながら、外型枠を建てこむ(図 27)。同様に側型枠・内型枠の順に建て込む。また、納まりを確認した後打設を考慮し、外型枠のみ取り外す。

6.8.3 セパレーター孔開け 位置決めは、レベルレーザーを B.M.上に据え付け、下壁のセパレーター位置を映すことで横の位置を決めた。高さはガイドを用いて墨出しを行った。

6.8.4 端太取り付け セパ用座金を用いて、曲げパイプを取り付ける。また、上壁の型枠を自立させるため、根がらみクランプにより縦端太用曲げパイプを3本取り付ける。

6.8.5 建ち直し・固め 最上部の横端太をパイプサポートで突っ張り、また型枠用チェーンとターンバックルを用いて引っ張ることで建ち直し・固めを行う(図 28)。



図 27 型枠建て込み



図 28 建ち直し・固め

7. 壁コンクリート打設

7.1 コンクリート練りと搬入 基礎コンクリート同様、ミキサーにより練り合わせたコンクリートをトロ舟に移し、フォークリフトにより運搬した。



図 29 打設状況



図 30 脱型後

7.2 壁コンクリート打設 上壁は3次曲面になっていることから、パイププレートだけでは充填が難しい。そのため、念入りに木槌で型枠の合板部分を叩き、音で判断しながら充填を行なう(図 29)。壁コンクリート打

設完了後は、レベルレーザー及び標尺を用いてコンクリート天端の不陸を調整し高さをそろえ、金ごてで仕上げる。

7.3 壁コンクリート養生 打設完了後コンクリート露出部分にブルーシート掛けを行い、打設1日経過後は散水し、養生を行なった。また、1週間後に脱型を行った(図 30)。

8. その他、計画及び作業項目

8.1 安全計画 安全対策として行った項目を以下に示す。

- ・作業開始前に KYK および準備体操を行うことで災害発生の防止に努めた。

- ・施工現場周辺の配慮として、関係者以外の立ち入りを制限する看板を表示し仮囲いを設け、必要資材がある場合も、パイロンやトラ綱等で仮囲いを行った。

8.2 受入計画 ダンプによる骨材の搬入のため、作業場との位置関係やゲート通過、転回の有無など計画図に示した。また、受入資材の置き場を製作した。

8.3 打設計画・仮設計画

8.3.1 基礎コンクリート 打設計画では、中央にトロ舟を搬入し、打設を行う手順とした。そのため仮設計画として、基礎コンクリート打設に先立ち、B.M.保護や作業場確保を行い、能率をあげるため建築予定地の中央に簡易構台を設けた。

8.3.2 壁コンクリート 打設計画では、すべての型枠が建て込まれていると打設の際に、パイププレートが底まで届かないため、壁の打設は2段階に分けた。打設手順は下壁の打設を行い、完了後に上壁の外型枠を建て込み上壁の打設を行なう計画とした。下壁打設の際は地盤の上に合板を敷き、台車でトロ舟を搬入する計画とした。また上壁は、足場の2層目からの打設とした。そのため仮設計画として、建築予定地外周部と中央部に仮設足場を組立て、アンチを掛け渡す計画とした。

8.4 各種検査 鉄筋及び型枠の組立時の検査表を作成し、検査を行った。不可となった点は、即時修正し、再検査した。

9. 結言

本課題では、試行モデルを製作し、それに伴う施工要領書および報告書をまとめた。これらを基に、曲面建築物に抵抗を抱いている学生方や施工現場に携わったことが無い方に対して少しでも興味を抱いてくれることを望む。また、これをきっかけに曲面建築物の知識が学生方に普及することで、施工技術等の発展に寄与していくことが出来れば幸いである。

なお、この先の「応用課題実習」において、本試行モデルへの屋根の施工・構造設計など曲面建築物に関するさらなる課題に取り組む予定である。

10. 謝辞

本論文を作成するにあたり、株式会社 T社の皆様には、ご教示かつご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

(2016年1月20日提出)

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：平成27年7月30日

科名：建築施工システム技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合施工・施工管理実習 (開発課題実習)		曲面建築物の起用と発展 ～曲面建築物における設計・施工要領及び施工の一例～	
担当教員		担当学生	
建築施工システム技術科 谷畑伸一郎			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>曲面の構造は、実習する上でとして触れる機会がない。難易度の高さもわからないため、手探りで情報収集から始め、施工・施工要領書の作成を目指す。これら一連の活動は、これまで学んだ施工・施工管理に関する技能・技術、安全活動の集大成とする。具体的には、施工計画・施工図作成・実施工・施工管理・報告書作成・プレゼンテーション能力の習得を目標とする。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>今話題となっている新国立競技場は曲面を多用していることが特徴であり、曲面に対する関心が高まることを想定している。その影響を受け、建築業界における曲面の利用を視野に入れる必要がある。しかしながら曲面を有することは、複雑な形態をイメージさせ、現在の需要状況から曲面提案の拒絶されがちである。そこで曲面建築の一般化に努めることで、起用と発展に展望していくといえる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 曲面建築物の現在の需要を理解し、今後の起用と発展に対する検討を行うことで問題提起を行う。 2. 曲面構造の構造体の一例を取り上げ、試行モデルの製作を行うことで設計、施工のプロセスを学ぶ。 3. 作業の手順書及び施工要領書作成し、曲面建築物の一例として、今後の建築業界に寄与していく。 			
実習テーマの特徴・概要			
<p>曲面の再現として、鋳型からの再現のできるRC造を想定している。鋳型としての曲面型枠、コンクリート内の曲線鉄筋、型枠を抑える曲面端太など一つ一つの難易度が高い。一般に普及しているとすれば、そのノウハウは実習を通して広くオープンにしたい。実務では行われている内容だが、実習としては取り組みにくいものである。したがって、標準課題の発展型としても成立することが特徴である。具体的には、壁面をいくつか型枠・配筋・支保工・コンクリート打設の施工を行う。施工管理としてその過程を施工要領書としてまとめる。整理すると以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 曲面建築物の起用と発展の検討とまとめ ・ 曲面構造体の設計、施工（木造屋根とRC造外壁） ・ 各作業手順書、施工要領書の作成 ・ 必要に応じて各曲面のある構造体の強度実験 			
No	取組目標		
①	曲面建築物の情報を集めます。		
②	施工法の情報を集め、特徴ごとに仕分けし、メリット・デメリットを整理し、各問題点と解決策を見つけます。		
③	取り組む構造体の施工性に独自性を持って創意工夫をします。計画に当たっては、品質、コスト（材料費、手間費）及び納期をバランス良く調和させます。		
④	施工にあたっては、技能・技術の複合に対応します。		
⑤	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）を身につけ職業人としての行動ができるようにします。		
⑥	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。（課題発見、分析能力）		
⑦	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。（計画推進力）		
⑧	グループメンバーの意見を取りまとめて課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を成立させます。（コミュニケーション力）		
⑨	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローしあって、グループのモチベーションを維持します。（チームワーク力）		
⑩	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		