

GRC打込み型枠に関する調査・研究報告の概要

日本GRC工業会
技術部会

はじめに

日本GRC工業会（以下工業会という）では平成5年7月に「GRC打込み型枠調査・研究委員会（以下委員会という）」を発足させて以来、GRC打込み型枠に関する調査・研究を実施しており、平成7年6月30日に「文献調査、形状予備試験、構造試験」について、平成11年3月20日には「耐火性能試験、中性化抑制効果、施工試験」について冊子でその成果を報告・発表している。また平成9年12月には、委員会の委員長を務められていた平居大分大学教授がGRCレビュー19号誌上において「GRC打込み型枠の適用」と題して今後の展開を示された。

GRC打込み型枠に関する調査・研究は平成11年3月をもって一応終了（耐久性についての長期材令試験を残して）したが、工業会技術部会ではその後も普及、実用化の方法、可能性等について調査してきた。ここで区切りとして委員会発足からこれまでの調査・研究成果の概要を報告する。

1. 委員会におけるGRC打込み型枠調査・研究の概要

GRCは構造用コンクリートに勝るとも劣らない性能を有する素材であるから、構造上、耐火上、

耐久性上問題のないことが評価されれば、単なる仕上げ材から構造用コンクリートの一部として活用することが可能になる。このような構造用打込み型枠が実用化されれば、従来の化粧型枠に比べ建設コストが低減し省資源にも寄与することから、工業会ではGRCの有望な用途と期待して平成5年7月に「委員会」を発足させ、調査・研究に取り組んできた。

1.1 委員会のメンバー

委員会は顧問として岸谷孝一東京大学名誉教授、委員長に平居孝之大分大学教授、委員として大学の先生方3名、大手建設会社の研究者方3名、工業会委員9名で構成された。

1.2 実験室調査・研究の概要

GRC打込み型枠はコンクリートとの一体化性及び耐火性能には問題はなく、中性化抑制効果についても促進試験であるが良い結果を得ており、物性的には実用性のあることが判っている。確認試験（中性化抑制効果は長期暴露試験中であり中間報告）の結果は表-1、表-2のとおりである。試験に使用したGRCの調合、曲げ強度は表-3のとおりである。

表-1 一体化、耐火性試験の結果

| 項目 | 試験結果*1 |
|-------------|--|
| コンクリートとの一体化 | コンクリートとの接着面のGRC打込み型枠の表面形状はエアセル円形へこみ及び亀甲金網半分打込みが適している。（製作を考慮しての結果） |
| | GRC打込み型枠を用いた実大梁は、在来合板型枠によるものに比べやや優れた耐力、ひび割れ強度、剛性を有している。また、設計荷重レベルの範囲において、GRC打込み型枠とコンクリートの間に十分な応力伝達の性能を有している。 |
| 耐火性能 | GRC打込み型枠（U型）を用いたRC梁の試験では、型枠とコンクリートの接着も良好であり、型枠断面寸法の部分をコンクリートと同等（かぶり）として考えられる耐火性能がある。ただし、GRC打込み型枠単体での耐火認定を得るには部材断面寸法の検討が必要。 |
| その他 | 構造計算においてGRC打込み型枠の厚さを部材断面の一部とみなせるかどうかは、鉄筋コンクリート構造計算規準の関係もあり、今後の検討課題である。 |

表-2 中性化抑制効果試験結果

| 項目 | 試験結果*1 |
|--|---|
| 促進試験 炭酸ガス槽（温度30℃、湿度60%、CO ₂ 濃度10%）で強制劣化 | GRC打込み型枠を使用したコンクリートの中性化抑制効果は大変優れている。打放しコンクリート（在来型枠使用）では3ヶ月（屋外暴露20年に相当）で中性化深さ14.3mm、鉄筋に若干の発錆が認められたが、GRC打込み型枠を使用したコンクリートでは中性化深さ0mm、鉄筋の発錆なし、2年（屋外暴露80年に相当）でも中性化深さ0mm、鉄筋の発錆も認められなかった。 |
| 屋外暴露試験 供試体は平成8年10月28日に成形したので材齢5年は平成13年、材齢10年は平成18年になる | 一般地域及び海岸近接地域に屋外暴露して、材齢28日、1年、5年、10年にてコンクリートの圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比及び中性化深さを測定、鉄筋の発錆状況を観察している。 材齢1年の結果では、打放しコンクリート（在来型枠使用）において中性化深さは一般1.3mm、海岸1.4mmであるが、GRC打込み型枠を使用コンクリートは中性化深さ0mmであり、鉄筋の発生もなく、GRC打込み型枠は優れた中性化抑制性能を予測させるものである。 |

*1 結果の詳細は工業会発行の冊子「GRC打込み型枠調査・研究委員会報告」（平成7年6月30日号及び平成11年3月20日号）に提示

表-3 GRCの調合及び曲げ強度

| 材 料 | 調 合 | | 曲げ強度（材齢14日） | |
|-------------|----------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | セメント100に対する重量比 | 品 名 | LOP (N/mm ²) | MOR (N/mm ²) |
| セメント | 100 | 早強ポルトランドセメント | 11.5~ 14.4 | 20.5~ 22.0 |
| 骨材 | 90 | 珪砂5号 | | |
| 混和材 | 10 | シリカフューム(マイクロシリカ) | | |
| 混和剤 | 3 | 減水剤(マイティ150V) | | |
| 水 | 30 | 水道水 | | |
| 耐アルカリ性ガラス繊維 | 7 | 耐アルカリガラス繊維25mm | | |

1.3 施工試験

実構造物の現場施工試験に使用したGRC打込み型枠は、「梁」型枠で形状は幅300mm×高さ435mm×長さ2,305mm、厚さ19mmであり、試験施工の結果は表-4のとおりである。

1回の試験であり断定はできないが、GRC打込み型枠は型枠に必要な剛性及び強度を有し、コンクリートとの接着性も良好であり型枠として使用できる。ただし、型枠の取付（工事）方法、工事歩掛り等の検討は今後の課題である。

表-4 GRC打込み型枠の試験施工の結果

| 項目 | 試験結果*2 |
|--------------------------|--|
| コンクリート打込み時に型枠に発生する応力について | 応力が大きくなると思われる条件で実施した計算と同程度以下の応力である |
| コンクリートとの接着性について | 剥離診断試験機において材齢28日及び1年で確認、良好である |
| 打込み型枠の取付及びコンクリートの打込みについて | 打込み型枠の取付 GRC打込み型枠と在来型枠の取り合いのため、夫々の寸法精度を確保する必要がある GRC打込み型枠にセットする開き止めの位置によっては、こて仕上に支障を来すので、開き止めの方法を検討する必要がある。床型枠があれば開き止めは不要と思われる |
| | コンクリート打込み 試験施工に使用したGRC打込み型枠は、両端支持の状態、打込まれたコンクリートの重量に耐える剛性と強度を有した。長スパンの梁は打込み型枠を厚くするよりも、支保工の数を増やして対応 |

*2 結果の詳細は工業会発行の冊子「GRC打込み型枠調査・研究委員会報告」（平成11年3月20日号）に提示

2. 実用化について

2.1 型枠工事の概況

鉄筋コンクリート建設工事の型枠材には合板、鋼板、メッシュ、プラスチック、ゴム、PC板等があるが合板及び鋼板以外はあまり見かけない。近年の建設不況も影響して合板の大量使用に対する批判も薄れがちのようであり、床を除くと型枠工事に関しては在来工法が一般的である。

一方、打込み型枠の研究開発は、合板の大量消費が南洋材の保護育成（地球環境保護）の観点から批判されたり、型枠工も不足であったことから一時期大いに着目され、コンクリート系を含む各種材料により盛んに行われている。中には市場に出されている物もあるが大量に普及するに至っていないのが現状である。

2.2 合板型枠の工事費

型枠工事の主流である合板の型枠工事費は平面の場合、3,650～4,150 円/㎡、曲面や円柱は9,830～12,150円/㎡と推定される。

2.3 技術認定

GRC打込み型枠の厚さを「かぶり」に含めることは実用化のポイントの一つであり、公的に承認を得るには、技術評価・認定の審査を受け、認定品とする方法があるが、かなりの費用（少なくとも250万円）が必要である。名義は連名も可能であるので、認定を取得することにより工業会のメンバー夫々のGRC打込み型枠の普及活動に役立てることができる。

2.4 GRC打込み型枠の可能性

GRC打込み型枠の重量を35kg/㎡としてコ

スト試算すると、GRC打込み型枠の工事費は在来の合板と比べると倍以上の開きがあり、市場に一般的な用途でもって受け入れられるのは困難である。

ただし、曲面や円形断面のような複雑な部位ではコスト競争力もあり、さらに鉄筋コンクリートの耐久性の向上、優れた意匠性、地球環境対策（合板型枠使用縮小による）等の付加価値を有するのでGRC打込み型枠活用の機会があると思われる。

おわりに

長年にわたり「GRC打込み型枠に関する調査・研究」にご協力戴いた各位に感謝申し上げますと共に、「製造におけるコストの低減」や「合理的な取付方法」に関する画期的な対応策を発見するか、又は市場に大変化（合板の使用不可、型枠工の不足等）が起こりGRC打込み型枠に市場性が発生することを期待して、機会あるごとに使用実績を作る努力を続けることを提案し、この調査・研究を終了とする。

なお、GRC打込み型枠の調査・研究に関する試験として実施した長期暴露による中性化試験は、GRCに関する貴重なデータが得られるので平成18年（材齢10年）まで継続し結果は別途報告する。

（編集委員から）

- 岸谷孝一東京大学名誉教授は、平成8年逝去されました。
- 平井孝之大分大学教授は、現在日本文理大学の教授です。