

地域性を踏まえたコンクリートの生産コスト・物性・影響要因に関する研究

DB11099 小松 功武

1. はじめに

表 1 に山梨県詳細データを示す。図 1 に首都圏詳細データを示す。山梨県は、通常の日本の行政上は中部地方に分類されるが日本の首都圏整備法においては、「首都圏」という語は、日本の首都の東京都およびその周辺の埼玉県、千葉県、神奈川県、茨城県、栃木県、群馬県及び山梨県の区域を一体とした広域を指している。山梨県が首都圏として分類されているのは東京までの距離が 100km と他の県と比べてとても近いことが要因だと考えられる。これらの地域性や人口は生産活動の大きさやサステナビリティに影響するのでコンクリートの生産コスト、物性、環境要因を図る上で大事な指標となる。

一般的にコンクリートの生産量は人口に比例する傾向がある

表 1 山梨県の地域性に関する調査結果

項目	内容
地方区分	中部地方
面積	4,465.37km ²
総人口	839,838 人 (東京の 6%)
人口密度	188 人/km ² (東京の 2.5%)
現在進行中のプロジェクト	リニア中央新幹線(着工 2014 年~2045 年)
隣接都道府県	神奈川県, 東京都, 埼玉県, 長野県, 静岡県
甲府から東京都千代田区までの距離	107.148 km

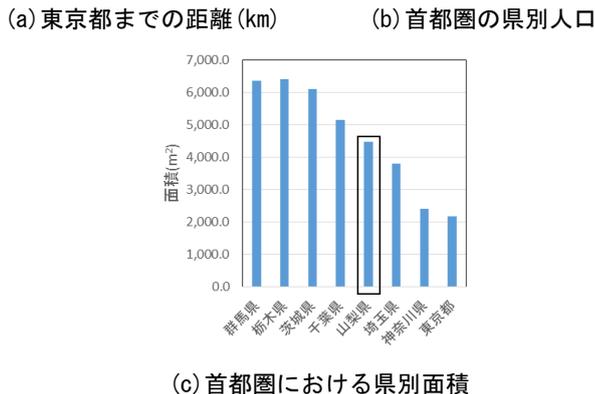
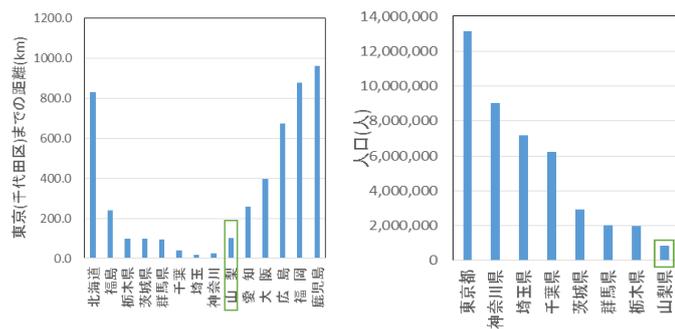


図 1 首都圏に関する地域性の関係の調査結果

るため本研究ではコンクリートの地域性を調査するにあたり人口が首都圏内で最も少ない山梨県にある生コン工場を対象に生産コスト、物性・影響要因の調査をし地域性を踏まえたコンクリートの生産コスト・物性・影響要因に関する研究を行う。

2. 研究概要

2.1 調査方法

図 2 に研究概要を示す。表 2 に調査の内容と方法を示す。表 3 と表 4 に各種実験の設定条件と算定方法を示す。

研究 1 として生産コストとして各都県コンクリート組合が定める基本配合 1m³あたりのコンクリート単価と各呼び強度、セメント、スランプ値による値段変動をヒアリング調査して分析評価する。

研究 2 として高炉セメント・早強ポルトランドセメント・普通ポルトランドセメントなどのセメント別出荷量(1960~

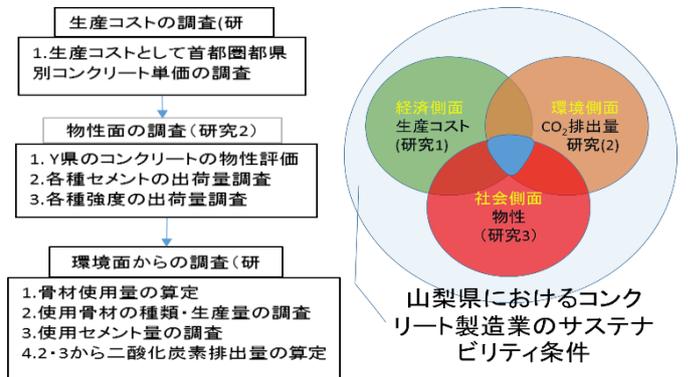


図 2 研究概要

表 2 研究内容と調査方法

研究名	調査方法	内容
研究 1	1)各コンクリート組合にコンクリート単価のヒアリング	1)生産コストとして首都圏都県別コンクリート単価の調査
研究 2	1)山梨県工場 F 氏にヒアリング調査	1) 山梨県のコンクリートの物性評価
研究 3	2)A 工場の出荷データから調査	2)各種セメントの出荷量調査 (普通ポルトランドセメント N、早強ポルトランドセメント H、高炉セメント BB)
研究 3	3)コンクリート調査表の調査	3)各種強度の出荷量調査 (18,21,24,27,30,33,36,40N/mm ²)
研究 3	1)山梨県の工場技術部長にヒアリング	1)骨材使用量の算定
研究 3	2)原単位から算定	2)使用骨材種類・生産量の調査
研究 3		3)使用セメント量の調査
研究 3		4)上記 2 と 3 から二酸化炭素排出量の算定

表 3 首都圏都県別コンクリート単価と物性の関係性の試算条件(研究 1)

評価データ	首都圏各都県におけるコンクリート生産コストと物性の関係性の調査	
生産コストの設定方法	各都県のコンクリート工場又はコンクリート協同組合に組合が設定しているベースコンクリート 1m ³ あたりの元値をヒアリング調査して生産コストとして設定。	
関係性の算定方法	物性面の値として呼び強度、スランプ値、平均強度を使用する。コンクリート単価と物性面の回帰分析し関係性を調査する。関係性は決定係数 R ² を求めて数値化。	
単価データ	東京都	三多摩コンクリート協同組合にヒアリング調査した 15000 円
	埼玉	埼玉中央生コン共同組合にヒアリング調査した結果 13100 円。
	千葉	千葉中央生コンクリート協同組合にヒアリング調査した結果 13100 円。
	山梨	山梨生コンクリート協同組合にヒアリング調査した結果 11000 円。

表 4 コンクリート用骨材概要と骨材の輸送時環境負荷評価の試算条件(研究 3)

評価データ	陸路による骨材採掘地から消費地までの片道輸送時の環境負荷量 (トンキロ値、CO ₂ 排出量)	
輸送距離の設定方法	骨材受入精密検査表で採掘値と採掘地までの距離を試算する。(インクリメント P 社のルート検索を用いて、非高速道路、最短距離の条件で試算) 山梨県の南アルプス市の駒場 (片道 9.3km)、富士川支流の早川 (片道 37.1km)、南アルプス市上今諏訪 (片道 4.4km) というのがわかった。	
環境負荷の算定方法	ロジスティック分野の CO ₂ 排出量算定方法共同ガイドライン ⁵⁾ にある改良トンキロ法に準じ、10t トラック最大積載時運搬距離と年間総輸送回数の積による総トンキロ値を求め総トンキロ値の CO ₂ 排出量 (10t トラックの燃費 3.5km/L ⁶⁾ 、3.16kg-CO ₂ /軽油 L ⁴⁾ 、トンキロあたり CO ₂ 排出量 75.8g-CO ₂ /t・km) を算定	
骨材データ	細骨材	細骨材 A : 産地は南アルプス市駒場で骨材種類は砕砂。 細骨材の 60%がこの砂。
		細骨材 B : 富士川支流の早川の川砂で細骨材の 40%がこの砂である。
	粗骨材	粗骨材 A : 産地は南アルプス市駒場で大きさは 20mm である。1 : 1 の割合で配合。
		粗骨材 B : 産地は南アルプス市駒場で大きさは 20mm である。1 : 1 の割合で配合。
原単位	砂利砕石 : 0.00565kg-CO ₂ /kg	
	コンクリート : 7.84kg-CO ₂ /t	
	ポルトランドセメント : 0.836kg-CO ₂ /kg	
	軽油 : 3.16kg-CO ₂ /L	

現在)・呼び強度 : 18~36N/mm²の各種コンクリートの生産量・スランプ : 8,12,15,18,21cm の割合・1960 年代から現在までの骨材種類の変化・骨材の最大寸法 : 20 mm 他の割合・配合計画書骨材試験成績表・コンクリート用砕石試験成績書・最多のコンクリートに関する年ごとのコンクリート出荷量をヒアリングと実測して調査・評価する。

研究 3 として物性・影響要因の調査製造コストと物性の他に人口・電気使用量・水使用量・ガソリンの使用量・労働量・騒音・環境負荷などの関係性を様々な視点から調査する。

2.2 コンクリート単価と物性の関係性の評価(研究 1)

表 3 に東京都、埼玉、千葉、山梨の生産コストとして組合が定める元値、生産コストから物性の関係性の試算方法を図 3 に山梨県の実績と呼び強度の回帰直線のグラフと生産コストとスランプ値の回帰直線のグラフを図 4 に東京都の実績とスランプ値の回帰直線のグラフと生産コストとスランプ値の回帰直線のグラフを示す。

分析の結果、首都圏では生産コストのベースとなる普通ポルトランドセメント、呼び強度 18N、スランプ 18cm 基本配合価格は山梨県が一番安く 11000 円だが一番高い東京都では 15000 円と 4000 円も違う結果になると考えられる。付加価値(呼び強度、スランプ、セメント種類)による価格上昇率はほとんど同じで地域差が少ないと考えられる。

2.3 山梨県のコンクリートの社会側面の調査(研究 2)

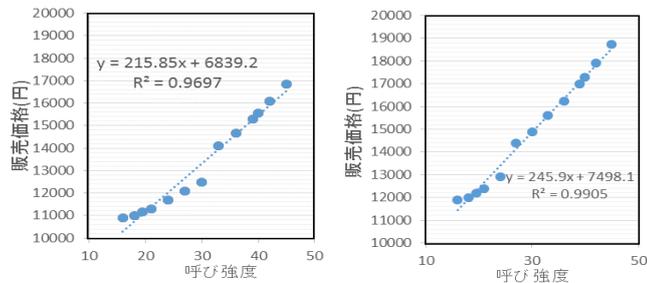
図 6 に山梨県の生コン工場の過去 5 年間の呼び強度別のコンクリートの生産量を示す。18N/mm²と 21N/mm²の呼び強度のコンクリートが他の呼び強度に比べてとても多く生産されているが 33N/mm²以上の呼び強度のコンクリートはほとんど生産されておらず大きな差があることが分かった。

図 5 に全国区と首都圏と山梨県の建築構造用コンクリートの呼び強度分布と管理材齢強度について示す。

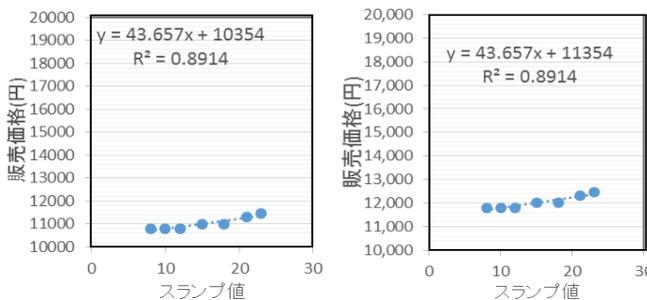
山梨県は全国区や首都圏と比べると呼び強度が 18N/mm²と 21N/mm²が多く生産されており全体の生産量のうち 63.5%を占めることがわかった。首都圏では呼び強度 30N/mm²から 40N/mm²の耐久グレード標準のコンクリートが一番多く生産されており構成割合は 53%で全体生産量の半分以上を占める結果となった。全国区では呼び強度 24N/mm²から 27N/mm²の耐久グレード標準のコンクリートが 47%の割合で生産されており全国区、首都圏、山梨県の実績データは全く違うと考えられる。全国区、首都圏の水セメント比は 58.1、53.5 と一定になっているのに対して山梨県の水セメント比のデータは呼び強度上がるごとに低くなっている。全国区、首都圏では水セメントが 5%も差があり、用途や消費者のニーズが場所によって違いがあると考えられる。図 7 に過去 5 年間の山梨県 A 工場におけるセメントの種類別、呼び強度別のコンクリート生産

表 6 コンクリート中間処理業者 A に行ったヒアリング調査

ヒアリング内容	回答
1)コンクリートの廃棄は1tあたり500円と都内と比べるとすごく安いのは理由があるか。	周りの廃棄業者さんの値段が安いので合わせている。
2)年間何tぐらいコンクリートを処理するか。	月800tから1000t処理しているので年間9600から12000tくらい。
3)廃棄されたコンクリートはどうなるか。	歩道のブロックの骨材として使用。
4)何社のコンクリートを処理しているか？	山梨県内の生コン工場4社と取引がある。
5)コンクリート輸送に使うトラックは何台あるか。	コンクリートの運搬用として輸送トラックが5台。
6)輸送時に使うトラックは何t車か。	コンクリート輸送には10tトラックを使用。
7)一ヶ月に使うガソリンの量はどのくらいか。	コンクリート輸送時に月平均約3000Lのガソリンを使用。
8)コンクリート処理マニフェストについてどう思うか。	ユーザーに信頼していただくために必要だと思っている。
9)一ヶ月のコンクリート輸送距離は何キロか。	コンクリート輸送に月平均3000km走行している。

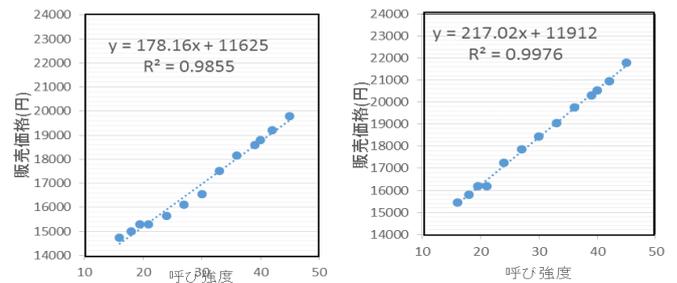


a) Nセメント、スランプ18cm b) Hセメント、スランプ18cm

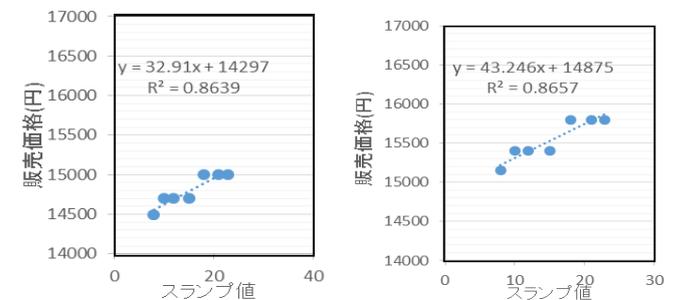


g) 呼び強度 18N、Nセメント h) 呼び強度 18N、Hセメント

図 3 山梨県の生産コストと呼び強度スランプ値の関係性



a) Nセメント、スランプ18cm b) Hセメント、スランプ18cm



c) 呼び強度 18N、Nセメント d) 呼び強度 18N、Hセメント

図 4 東京都の生産コストと呼び強度スランプ値の関係性

量と全体生産量のコンクリート生産量を示す。

普通ポルトランドを使用したコンクリートは40019 m³生産された。高炉セメントを使用したコンクリートは42000 m³生産されている。生産量は大差がないが呼び強度別の生産量は大きな差があることがわかった。特徴的なのは高炉セメントの呼び強度18N/mm²と21N/mm²である。18N/mm²と21N/mm²は高炉セメントの生産量の内32000m³生産されており全体の約75%を占めている。21N/mm²以上の呼び強度のコンクリートはほぼ生産されていないと考えられる。

普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートの生産量は呼び強度18 N/mm²から30 N/mm²まで大きな大差はないが24N/mm²以上の呼び強度のコンクリートは普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートが最も生産されている。

図8に18N/mm²から30N/mm²の呼び強度のコンクリートをセメント・月別の生産量を示す。

高炉セメントを使用したコンクリートは7月と10月から12月までの年末がコンクリートの生産量が最も多く需要のピークと考えられる。逆に普通ポルトランドセメントを使用したコ

ンクリートと早強ポルトランドセメントを使用したコンクリートは8月を中心とした夏期に生産が最大だと考えられる。

2.4 山梨県のコンクリートの影響要因の調査(研究3)

2.4.1 2013年のコンクリート生産時に排出するCO₂量

表4に材料・燃料・コンクリートのCO₂原単位²⁾³⁾⁴⁾を示す。図9に山梨県A工場における年度別のコンクリート生産量を示す。図10に山梨県A工場における骨材使用量を示す。

CO₂排出量はまずコンクリート生産量(m³)からコンクリート生産量の質量(t)を求める。平成24年度のコンクリート生産量を調べると21163m³である。生産量からCO₂排出量算定した結果CO₂排出量(kg)=50791(t)×7.89=398203(kg)よって年間のCO₂は398203kgと考えられる。

2.4.2 輸送時に排出するCO₂排出量の算定・計算

表3に山梨県に流入するセメントおよび骨材の需要調査と骨材の輸送時環境負荷評価の試算条件を示す。図11と図12に今回算定したトンキロ値、年間CO₂排出量の図を示す。トンキロ値からCO₂排出量を算定した結果年間40t排出していると考えられる。

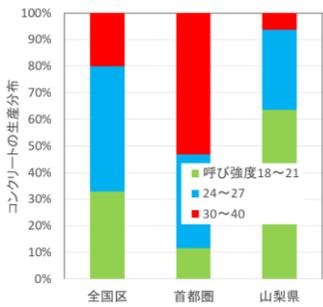


図 5 全国区と首都圏と山梨県の構造用コンクリートの呼び強度分布

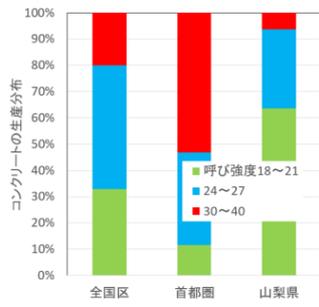
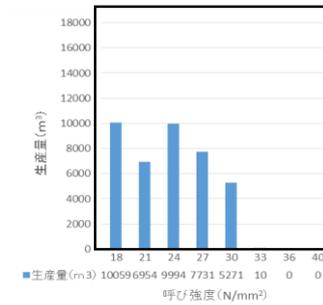
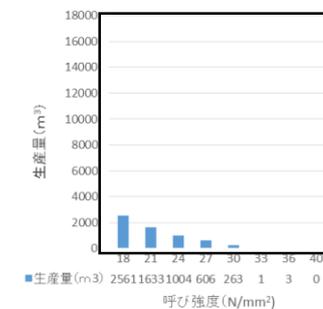


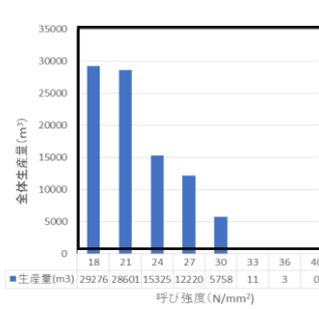
図 6 山梨県 A 工場の呼び強度別コンクリートの生産量 (5 年)



a) Nセメント



b) BBセメント



c) Hセメント

d) 5年間の生産量

図 7 山梨県 A 工場におけるセメント、呼び強度別・全体生産量

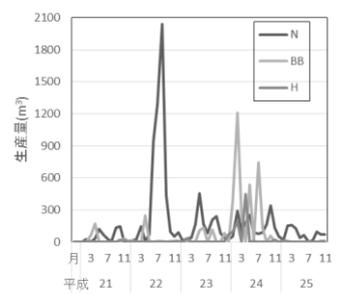
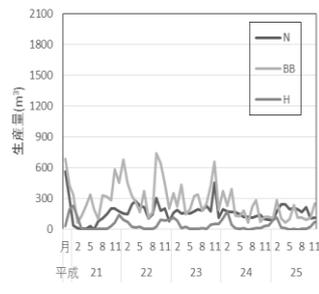


図 8 山梨県 A 工場における呼び強度、月別のコンクリート生産量

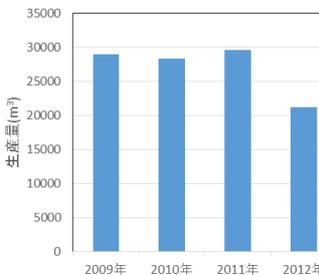


図 9 山梨県 A 工場の年度別のコンクリート生産量 (平成 21 年～平成 24 年)

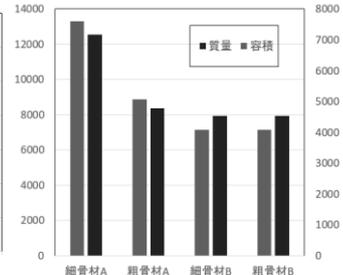


図 10 山梨県 A 工場の細骨材・粗骨材使用量 (平成 24 年度)

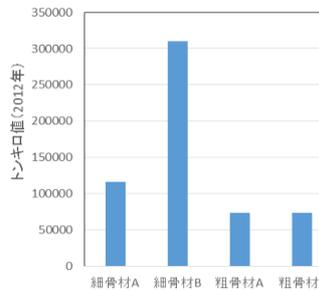


図 11 山梨県 A 工場の骨材輸送時のトン

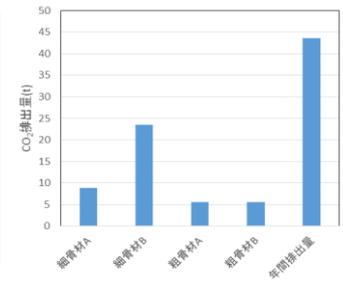


図 12 山梨県 A 工場の骨材輸送時に排出される CO₂ 排出量

2.4.3 コンクリートの中間処理費 (研究 3)

本実験の影響要因の調査として山梨県におけるコンクリートの処理をコンクリート処理業者 A にヒアリング調査を行った。表 6 にコンクリート処理業者 A に対するヒアリング結果を示す。調査した結果はコンクリートを処理する値段が都内に比べてとても安価だと考えられる。

3. まとめ

本研究により以下の知見が得られた。

- 1) コンクリート単価が一番安いのは山梨県と東京では 1m³あたり 4000 円と大きく違うが付加価値による値段上昇は同じ結果になった。
- 2) 山梨県のある生コン工場のコンクリートの生産分布と首都圏全体のコンクリート分布には大きな違いがあり地域性があると分析できる。
- 3) 高炉セメントを使用したコンクリートは呼び強度別の生産量で 18N/mm² と 21N/mm² が他の強度に比べて非常に多く生産されている。

4) 山梨県の生コン工場 A では高炉セメントを使用したコンクリートが最も多く生産されているので土木工事の比率が多いと考えられる。

5) 排出されたコンクリートの処理費は都内 1t 当たり約 20000 円となったが山梨県は 500 円となり差があると考えられる。

参考文献

- 1) 田村雅紀：ひび割れ簡易計測による方法、建築技術、2008 年 8 月号、P148
- 2) 土木建設業における環境負荷評価 (LCA) 研究小委員会講演要旨集、1997
- 3) Portland Cement association (PCA) R&B serialNo.2137 Environmental Life Cycle Inventory of Portland Cement Concrete、2008
- 4) 地球温暖化対策推進に関する法律施行令、2002
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁：ロジスティック分野における CO₂ 排出ガイドライン 2006
- 6) 産業環境管理協会：JEMAI-LCA 解説マニュアル、2006

謝辞

本研究の実施にあたり、株式会社小松陸送藤本氏、株式会社小松陸送、アコナ、埼玉中央生コン共同組合、三多摩生コンクリート協同組合、千葉中央生コンクリート協同組合関係各位より多くの助力を賜り感謝致します。