

開発途上国の建築物の安全性に関する基礎的研究 —鉄筋の品質の国際比較研究—
その3 成分分析結果の検討

開発途上国 建築物 安全性
鉄筋 成分分析 国際比較

正会員 ○荒木 美香 1* 正会員 榎府 龍雄 2*
正会員 北 茂紀 3* 正会員 佐久間順三 4*
正会員 今井 弘 5* 正会員 大野 吉昭 6*
正会員 室岡 直道 2* 正会員 岸 志津佳 2*

1. はじめに

その3では開発途上国で入手した鉄筋試験体の成分分析結果について報告する。対象国、試験体等はその2と同一であり、その1のフィリピン試験体の結果も参照する。

2. 成分分析の結果の概要と考察

(1) 成分分析の概要

その1に示した方法で、炭素(C)、珪素(Si)、マンガン(Mn)、燐(P)、硫黄(S)、銅(Cu)、クロム(Cr)、錫(Sn)、ニッケル(Ni)、モリブデン(Mo)、バナジウム(V)、ニオブ(Nb)を対象に分析を行う。また材の溶接性に影響する、複数の成分の組み合わせた指標値である炭素当量 C_{eq} を算出する。表1に結果及び日本の規格 JIS G 3112(SD345、SD390)とフィリピンの規格 CDPNS49(415W)の規格値を示す。

(2) 成分分析結果の概要

成分分析の結果、日本の SD390 の規格値を超える成分(表1 グレー)を中心に考察する。また銅(Cu)、クロム(Cr)の結果から高炉材と電炉材の違いについて考察する。

(3) 各成分についての考察

①炭素、炭素当量について

炭素量、炭素当量の結果をそれぞれ図1、図2に示す。

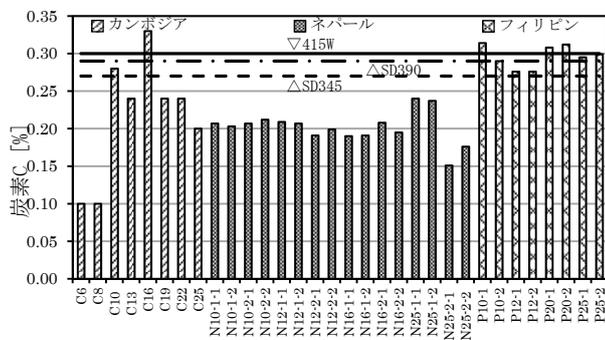


図1 成分分析結果(炭素 C)

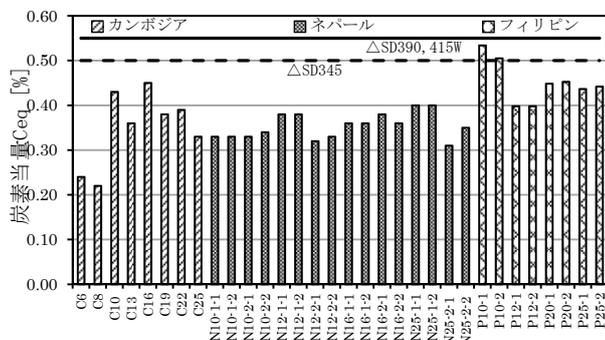


図2 成分分析結果(炭素当量 C_{eq})

カンボジアの C6、C8 は、炭素量が 0.10%であり、ここに示す規格値の 1/3 程度と低い。これはその2で報告した強度が低いという結果と整合する。

フィリピンの試験体は、他の2国と比較して全体的に炭素量が高い傾向にある。P10-1はSD390相当であると予想されるが(その2 4章参照)、炭素量 0.31%は JIS 規格の 0.29%を超えており、また溶接性を示す炭素当量 C_{eq} 0.53%は高めで規格の 0.55%に近い値である。また P10は同一材で炭素含有量が異なっており、材質が均一でない可能性がある。これはネパールの N25-2にも同じ傾向がみられる。規格が 415W である試験体 P20の炭素量は 0.31%であり、基準値 0.30%を超えている。

③硫黄について

硫黄の結果を図3に示す。

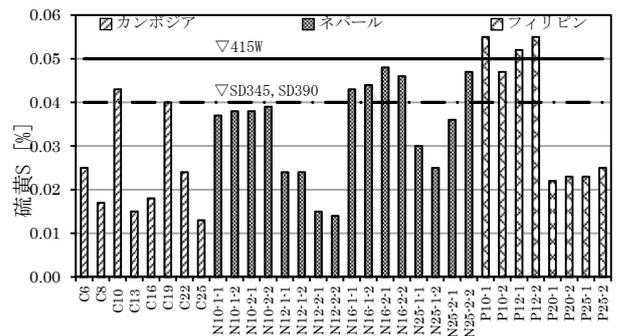


図3 成分分析結果(硫黄 S)

硫黄の JIS (SD390) の規格値は 0.040%以下であるが、各国でこれを超える試験体が存在する。

②銅、クロムについて

銅、クロムの結果をそれぞれ図4、図5に示す。

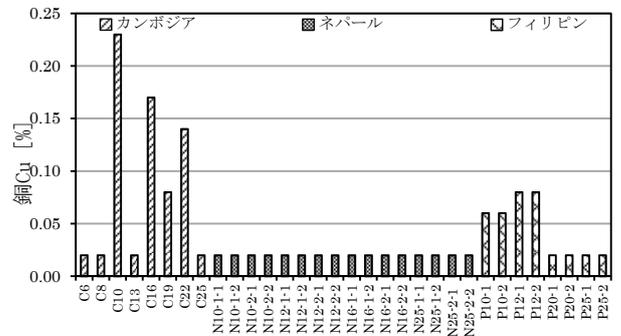


図4 成分分析結果(銅 Cu)

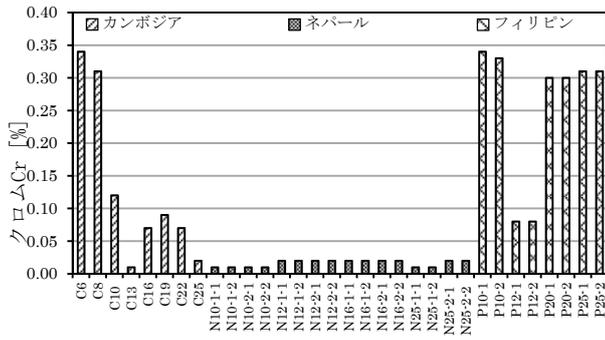


図5 成分分析結果(クロム Cr)

電炉材の場合、銅(Cu)、クロム(Cr)、錫(Sn)、ニッケル(Ni)の除去が難しいとされているが、図4,5及び表1からネパールの試験体はこれらの含有量がすべて低く、高炉材から製造されたものと推察される。

3. まとめ

その1~3により報告した4か国の鉄筋の、形状、機械的性質、成分分析から、以下のことが把握できた。

- ・小規模な街中の建材店などでは、ミルシートの無い状態で鉄筋が流通している場合が多い。
- ・試験体の単位質量値などが、現地の呼び径の規格値を満たしていない例がある。ただし、当該国以外の異なる規格による製造の可能性もある。
- ・地場で認識されている製造国とは異なる国のものと思われるものが存在する。
- ・降伏点が明瞭でない、降伏点が高いなど、降伏点以上の応力を経験している廃材と推察される材が流通している場合がある。
- ・日本に比べて全体的に、降伏点、引張強度が高く、炭素量、炭素当量が高めである。
- ・同一材で炭素含有量が異なり、材質が均一でない可能性のある材が存在する。
- ・硫黄が高い試験体が見られ、中にはJISの規格値を超える試験体が存在する。
- ・銅、クロムの含有量が低く、高炉材から製造されたものと推察されるものが存在する。

表1 各国の鉄筋の成分分析結果 JIS規格(SD390)の規定を超えるものを■で示す。

サンプル			記号	化学成分 (%)												
入手国・地域	呼び径	番号		C	Si	Mn	P	S	Ceq	Cu	Cr	Sn	Ni	Mo	V	Nb
カンボジア・バ ットアンバン州 街中の建材店	6mm(丸鋼)	—	C6	0.10	0.19	0.38	0.013	0.025	0.24 ※3	0.02	0.34	0.001	0.01	0.000	0.005	0.002
	8mm	—	C8	0.10	0.08	0.33	0.024	0.017	0.22 ※3	0.02	0.31	0.001	0.04	0.000	0.004	0.001
	10mm	—	C10	0.28	0.24	0.63	0.014	0.043	0.43 ※3	0.23	0.12	0.017	0.09	0.026	0.004	0.001
	13mm	—	C13	0.24	0.23	0.64	0.033	0.015	0.36 ※3	0.02	0.01	0.001	0.01	0.000	0.004	0.001
	16mm	—	C16	0.33	0.15	0.53	0.009	0.018	0.45 ※3	0.17	0.07	0.030	0.06	0.019	0.003	0.002
	19mm	—	C19	0.24	0.29	0.67	0.028	0.040	0.38 ※3	0.08	0.09	0.005	0.03	0.002	0.008	0.003
	22mm	—	C22	0.24	0.22	0.75	0.013	0.024	0.39 ※3	0.14	0.07	0.030	0.05	0.008	0.003	0.002
	25mm	—	C25	0.20	0.25	0.67	0.022	0.013	0.33 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.005	0.002
ネパール・ カトマンズの 公共建築物 建設現場 ※2	10mm	No.1	N10-1-1	0.21	0.06	0.73	0.019	0.037	0.33 ※3	0.02	0.01	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
			N10-1-2	0.20	0.06	0.74	0.020	0.038	0.33 ※3	0.02	0.01	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
		No.2	N10-2-1	0.21	0.06	0.73	0.019	0.038	0.33 ※3	0.02	0.01	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
			N10-2-2	0.21	0.06	0.74	0.020	0.039	0.34 ※3	0.02	0.01	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
	12mm	No.1	N12-1-1	0.21	0.21	0.95	0.025	0.024	0.38 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
			N12-1-2	0.21	0.21	0.95	0.025	0.024	0.38 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.004	0.001
		No.2	N12-2-1	0.19	0.22	0.71	0.019	0.015	0.32 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
			N12-2-2	0.20	0.21	0.69	0.019	0.014	0.33 ※3	0.02	0.02	0.001	0.02	0.000	0.003	0.001
	16mm	No.1	N16-1-1	0.19	0.22	0.91	0.027	0.043	0.36 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
			N16-1-2	0.19	0.22	0.91	0.028	0.044	0.36 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
		No.2	N16-2-1	0.21	0.22	0.93	0.029	0.048	0.38 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
			N16-2-2	0.20	0.22	0.92	0.028	0.046	0.36 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.003	0.001
	25mm	No.1	N25-1-1	0.24	0.17	0.89	0.025	0.030	0.40 ※3	0.02	0.01	0.002	0.01	0.000	0.005	0.004
			N25-1-2	0.24	0.17	0.90	0.022	0.025	0.40 ※3	0.02	0.01	0.001	0.01	0.000	0.004	0.001
		No.2	N25-2-1	0.15	0.20	0.88	0.027	0.036	0.31 ※3	0.02	0.02	0.001	0.01	0.000	0.004	0.001
			N25-2-2	0.18	0.22	0.94	0.032	0.047	0.35 ※3	0.02	0.02	0.002	0.01	0.000	0.005	0.002
フィリピン・ マニラ首都圏 街中の建材店 ※2	10mm	No.1	P10-1	0.31	0.50	0.77	0.035	0.055	0.53 ※3	0.06	0.34	0.005	0.03	0.006	0.010	0.003
		No.2	P10-2	0.29	0.47	0.76	0.034	0.047	0.51 ※3	0.06	0.33	0.005	0.03	0.006	0.009	0.003
	12mm	No.1	P12-1	0.28	0.18	0.57	0.035	0.052	0.40 ※3	0.08	0.08	0.006	0.04	0.008	0.007	0.001
		No.2	P12-2	0.28	0.18	0.57	0.035	0.055	0.40 ※3	0.08	0.08	0.006	0.04	0.008	0.007	0.002
フィリピン・ マニラ首都圏 大手建設会社※ 1 ※2	20mm (415W)	No.1	P20-1	0.31	0.20	0.66	0.022	0.022	0.45 ※4	0.02	0.30	0.002	0.01	0.000	0.005	0.001
		No.2	P20-2	0.31	0.21	0.66	0.023	0.023	0.45 ※4	0.02	0.30	0.002	0.01	0.000	0.005	0.001
	25mm (415W)	No.1	P25-1	0.30	0.18	0.66	0.027	0.023	0.44 ※4	0.02	0.31	0.001	0.01	0.000	0.006	0.001
		No.2	P25-2	0.30	0.19	0.67	0.027	0.025	0.44 ※4	0.02	0.31	0.002	0.01	0.000	0.007	0.001
日本規格	SD345			0.27 ≤	0.55 ≤	1.60 ≤	0.04 ≤	0.04 ≤	0.50 ≤							
	SD390			0.29 ≤	0.55 ≤	1.80 ≤	0.04 ≤	0.04 ≤	0.55 ≤							
フィリピン規格 CDPNS49	415W			0.30 ≤	0.50 ≤	1.50 ≤	0.05 ≤	0.05 ≤	0.55 ≤							

※1 フィリピンの試験体P20, P25のみミルシートが存在し、規格が415Wであることが分かっている。
 ※2 ネパールとフィリピンの場合1つの試験体を2か所で試験しており、記号の末尾の数値で区別する。例えばN10-1-1とN10-1-2は同一。
 ※3 日本で広く使われている $Ceq=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14$ より算出。
 ※4 CDPNS49に基づき $Ceq=C+Mn/6+Cu/40+Ni/20+Cr/10+Mo/50-V/10$ より算出。

- 1*佐藤淳構造設計事務所
- 2*独立行政法人国際協力機構
- 3*北茂紀建築構造事務所
- 4*設計工房佐久間
- 5*毛利建築設計事務所
- 6*一般財団法人ベターリビング

- 1* Jun Sato Structural Engineers Co, Ltd.
- 2* Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 3* Kita Shigenori Structural Design Office
- 4* Sakuma Architect's Atelier
- 5* Mohri, Architect & Associates, Inc.
- 6* The Center for Better Living (CBL)